
Analisa Kinerja PLTU Pangkalan Susu Unit 1 Ditinjau Dari Aspek Heat Rate dan Efisiensi

Roby Zein¹, Junaidi², Yulfitra³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Harapan Medan, Sumatra Utara Indonesia (20216)

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Harapan Medan, Sumatra tara, Indonesia (20216)

robyzein@gmail.com

Abstrak

PLTU Pangkalan Susu merupakan pembangkit listrik tenaga uap yang berlokasi di desa Tanjung Pasir, kecamatan Pangkalan Susu, kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara, memiliki 4 (empat) unit pembangkit dengan masing – masing kapasitas 200 MW. Komponen utama pada PLTU secara garis besar yaitu *Boiler, Turbine, Generator* dimana prinsip kerja dari PLTU yaitu dengan mengubah energi kimia pada bahan bakar/batu bara menjadi energi panas dalam bentuk uap pada *boiler* yang kemudian diubah menjadi energi mekanik untuk memutar turbin *generator* yang kemudian terkonversi menjadi energi listrik pada keluaran *generator*. Kinerja pembangkit listrik yang baik yaitu pembangkit listrik yang memenuhi beberapa kriteria penting termasuk *heat rate, efisiensi, reliability* dan dampak lingkungan. Berdasarkan usulan batas *heat rate* dan perbandingan beberapa efisiensi jenis pembangkit. Hasil penelitian menunjukkan *heat rate* rata – rata sebesar 3033,79 kcal/kWh dengan efisiensi *thermal* rata – rata sebesar 31,39 % dimana deviasi antara perhitungan menggunakan metode langsung (*input – output*) dan metode tidak langsung (*heat loss/balanced energy*) hingga 6,39 %. PLTU Pangkalan Susu memiliki kinerja yang baik berdasarkan usulan *heat rate* untuk PLTU dan data perbandingan beberapa efisiensi pembangkit untuk batas maksimal *heat rate* untuk pltu 100 s.d 200 MW yaitu 3.339 kcal/kWh dengan efisiensi PLTU subcritical sebesar 30 – 40 %. Hasil penelitian ini juga menunjukkan secara signifikan hubungan korelasi beban, efisiensi *thermal* dan *heat rate* dimana *heat rate* berbanding terbalik dengan efisiensi dan beban; efisiensi berbanding lurus dengan beban.

Kata Kunci: Kinerja PLTU, Heat Rate, Efisiensi Thermal, Input – Output, Heat Loss/Balanced Energy

Abstract

PLTU Pangkalan Susu is a steam power plant located in Tanjung Pasir village, Pangkalan Susu sub-district, Langkat district, North Sumatra Province, has 4 (four) generating units with a capacity of 200 MW each. The main components in a PLTU in general are Boiler, Turbine, Generator where the working principle of a PLTU is to convert chemical energy in fuel/coal into heat energy in the form of steam in the boiler which is then converted into mechanical energy to rotate the generator turbine which is then converted into electrical energy at the generator output. Good power plant performance is a power plant that meets several important criteria including heat rate, efficiency, reliability and environmental impact. Based on the proposed heat rate limit and comparison of several types of generator efficiency. The research results show an average heat rate of 3033.79 kcal/kWh with an average thermal efficiency of 31.39% where the deviation between calculations using the direct method (input - output) and the indirect method (heat loss/balanced energy) is up to 6.39 %. The Pangkalan Susu PLTU has good performance based on the proposed heat rate for the PLTU and comparative data on several generator efficiencies for the maximum heat rate limit for 100 to 200 MW PLTU, namely 3,339 kcal/kWh with a subcritical PLTU efficiency of 30 - 40%. The results of this research also show a significant correlation between load, thermal efficiency and heat rate where heat rate is inversely proportional to efficiency and load; efficiency is directly proportional to load.

Keywords: PLTU Performance, Heat Rate, Thermal Efficiency, Input - Output, Heat Loss/Balanced Energy

A. Pendahuluan

PLTU Pangkalan Susu merupakan pembangkit listrik tenaga uap yang berlokasi di desa Tanjung Pasir, kecamatan Pangkalan Susu, kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara, yang menjadi salah satu pemasok utama system kelistrikan di provinsi Sumatera utaradan. PLTU Pangkalan Susu memiliki 4 (empat) unit pembangkit dengan masing - masing kapasitas 200 MW.

Kinerja pembangkit listrik yang baik yaitu pembangkit listrik yang memenuhi beberapa kriteria penting termasuk heat rate, efisiensi, reliability dan dampak lingkungan. Berdasarkan usulan batas heat rate dan perbandingan beberapa efisiensi jenis pembangkit, untuk batas maksimal heat rate untuk pltu 100 s.d 200 MW yaitu 3.339 kcal/kWh dengan efisiensi PLTU subcritical sebesar 30 - 40 %. Semakin besar efisiensi suatu pembangkit listrik maka semakin baik kinerja system pembangkit listrik tersebut. Mengetahui besarnya nilai heat rate suatu pembangkit listrik tenaga uap, maka dapat diketahui seberapa besar nilai efisiensi pembangkit listrik tenaga uap tersebut. Selanjutnya, dengan mengetahui besar nilai efisiensi pembangkit listrik, dapat diketahui seberapa ekonomis suatu pembangkit listrik tenaga uap tersebut dalam memproduksi energi listrik.

B. Tinjauan Pustaka

Kinerja sebuah PLTU dikatakan efisien dapat dianalisis dari 4 parameter utama yaitu Efisiensi Boiler, Heat Rate, Efisiensi Thermal Turbin dan Efisiensi Thermal Plant. Efisiensi boiler adalah perbandingan antara energi uap yang dihasilkan boiler dengan energi bahan bakar yang masuk ke boiler

a. Metoda Perhitungan Langsung/Input - Output (Direct Method)

$$\eta_{\text{Boiler}} = (Q_{\text{out}}/Q_{\text{in}}) \times 100\%$$

$$\eta_{\text{Boiler}} = (Q_{\text{ro}}/(mf \times H_f)) \times 100\%$$

- η_{Boiler} : Efisiensi Boiler (%)
 Q_{in} : Panas masuk
 Q_{out} : Panas keluar
 Q_{ro} : Boiler Heat Output (kJ/h)
 mf : Laju aliran batu bara (kg/h)
 H_f : High Heating Value (kJ/kg)

b. Metoda tidak langsung (Balanced Energy/Heat Loss Method)

$$\eta_{\text{Boiler}} = 1 - (\text{Heat Losses} - \text{Heat Credit})$$

$$\eta_{\text{Boiler}} = (100 - [L1] + [L2] + [L3] + [L4] + [L5] + [L6] + [L7] + [L8] + [L9] + [L12] + [L13] - [B1]) / (H_f * 100 + [L10] + [L11]) * \{ (Q_{\text{ro}}) / ((Q_{\text{ro}}) - [B2]) \}$$

Dimana:

- η_{Boiler} : Efisiensi Boiler (%)
L1 : Heat Loss due to Heat in Dry Flue Gas (kJ/kg)
L2 : Heat Loss due to Moisture in Fuel (kJ/kg)
L3 : Heat Loss due to Moisture from Burning of Hydrogen in Fuel (kJ/kg)
L4 : Heat Loss due to Moisture in Air (kJ/kg)
L5 : Heat Loss due to Combustible in Refuse (kJ/kg)
L6 : Heat Loss due to Sensible Heat in Bottom Ash (kJ/kg)
L7 : Heat Loss due to Sensible Heat in Fly Ash (kJ/kg)
L8 : Heat Loss due to Formation Carbon Monoxide (kJ/kg)
L9 : Heat Loss due to of NOx (kJ/kg)
L10 : Heat Loss due to Surface Radiation and Convection ABMA Chart (%)
L11 : Heat Loss due to Uncounted Losses Design from Manufacture (%)
L12 : Heat Loss due to Calcination (kJ/kg)
L13 : Heat Loss due to Water in Sorbent (kJ/kg)
B1 : Heat Credit (kJ/kg)
B2 : Power Consumption of Pulverizer / Forced Draft Fan / Primary Air Fan / Coal Feeder (kJ/h)
 H_f : High Heating Value (kJ/kg)
 Q_{ro} : Boiler Heat Output (kJ/h)

Heat rate merupakan jumlah energi yang dibutuhkan untuk memproduksi listrik sebesar 1 kWh. *Heat rate* merupakan tolak ukur untuk membandingkan nilai energi input dengan energi yang dihasilkan dalam 1 kWh. Nilai *heat rate* sangat penting untuk mengukur biaya operasi suatu PLTU, *heat rate* juga digunakan sebagai tolak ukur performa kerja dari suatu PLTU.

Perhitungan Turbine Heat Rate

$$\text{GHRT} = Q/\text{pgg}$$

$$\text{NHRT} = Q/\text{pg}_{\text{net}}$$

$$Q = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}$$

$$Q_{\text{in}} = Q_{\text{ms}} + Q_{\text{hrs}} + Q_{\text{mu}}$$

$$Q_{\text{out}} = Q_{\text{f}} + Q_{\text{crs}} + Q_{\text{is}} + Q_{\text{ir}}$$

$$Q_{\text{ms}} = M1 \times H1$$

$$Q_{\text{hrs}} = M3 \times H3$$

$$Q_{\text{mu}} = M_{\text{mu}} \times H_{\text{mu}}$$

$$Q_{\text{f}} = M_{\text{f}} \times H_{\text{f}}$$

$$Q_{\text{crs}} = M2 \times H2$$

$$Q_{\text{is}} = M_{\text{is}} \times H_{\text{is}}$$

$$Q_{\text{ir}} = M_{\text{ir}} \times H_{\text{ir}}$$

$$\text{Pgg} = P_{\text{g}} - P_{\text{exe}}$$

$$\text{Pgnet} = P_{\text{g}} - P_{\text{aux}} - P_{\text{exe}}$$

Dimana:

GHRT : Gross Turbine Heat Rate (kJ/kWh)

NHRT : Nett Turbine Heat Rate (kJ/kWh)

Q : Total Heat Consumption (kJ/h)

Pgg : Generator Gross Output (kW)

Pgnet : Generator Nett Output (kW)

Pexe : Excitation power

Paux : Auxiliary Power

Qms : Heat pada Main Steam (kJ/h)

M1 : Laju aliran Main Steam (kg/h)

H1 : Entalpi Main Steam (kJ/kg)

Qhrs : Heat pada Hot Reheat Steam (kJ/h)

M3 : Laju Hot Reheat Steam (kg/h)

H3 : Entalpi Hot Reheat Steam (kJ/kg)

Qmu : Heat pada Make up (kJ/h)

Mmu : Laju Make up Water ke Kondensor (kg/h)

Hmu : Entalpi Make Up Water (kJ/kg)

Qf : Heat pada Final feed water (kJ/h)

Mf : Laju Final Feed Water (kg/h)

Hf : Entalpi Final Feed Water (kJ/kg)

Qcrs : Heat pada Cold reheat steam (kJ/h)

M2 : Laju Cold Reheat Steam (kg/h)

H2 : Entalpi Cold Reheat Steam (kJ/kg)

Qis : Heat pada Superheater Spray (kJ/h)

Mis : Laju Superheater Spray (kg/h)

His : Entalpi Superheater Spray (kJ/kg)

Qir : Heat pada Reheater Spray (kJ/h)

Mir : Laju Reheater Spray (kg/h)

Hir : Entalpi Reheater Spray (kJ/kg)

Efisiensi *thermal* turbin adalah kemampuan turbin untuk merubah energi panas yang dikandung uap menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator. Dalam termodinamika, efisiensi *thermal* adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal seperti mesin pembakaran dalam dan sebagainya.

$$\eta_{\text{Thermal Turbine}} = (\text{Energi kalor dalam 1 kWh} / \text{GHRT}) \times 100\%$$

dimana:

GHRT : Gross Heat Rate Turbin (kJ/kWh)

Energi kalor 1 kWh : 3600 kJ

Efisiensi *Thermal Plant* merupakan perbandingan *energy* yang dihasilkan dengan *energy* yang dimasukkan dalam suatu periode tertentu pada suatu sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Efisiensi *thermal plant* adalah presentase keluaran *energy* terhadap masukan kalor. Adapun *energy* yang terdapat pada PLTU adalah energi yang berasal dari bahan bakar, energi yang ada pada fluida kerja dan energi yang dihasilkan berupa energi listrik. Efisiensi *thermal plant* dapat dihitung dengan membanding *energy* kalor dalam 1 kWh terhadap *heat rate plant*.

Perhitungan Efisiensi Thermal Plant metode input – out put

$$\eta_{\text{Thermal plant}} = (\text{Energi kalor dalam 1 kWh} / \text{GHRP}_{\text{input - out put}}) \times 100\%$$

Perhitungan Efisiensi Thermal Plant metode heat loss (balanced energy)

$$\eta_{\text{Thermal plant}} = (\text{Energi kalor dalam 1 kWh} / \text{GHRP}_{\text{heat loss}}) \times 100\%$$

dimana:

GHRP : Gross Heat Rate Plant (kJ/kWh)

Energi kalor 1 kWh : 3600 kJ

C. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan bertujuan Untuk mengetahui kinerja PLTU Pangkalan Susu Unit 1 dan mengetahui nilai efisiensi thermal PLTU Pangkalan Susu Unit 1

1. Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik penumpulan data yang dilakukan dalam penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

1. Studi Literatur

Pada penelitian ini dilakukan studi literatur yaitu informasi buku dan referensi pada jurnal yang terkait dengan teori dan data-data yang dibutuhkan untuk analisis kinerja PLTU Pangkalan Susu Unit 1

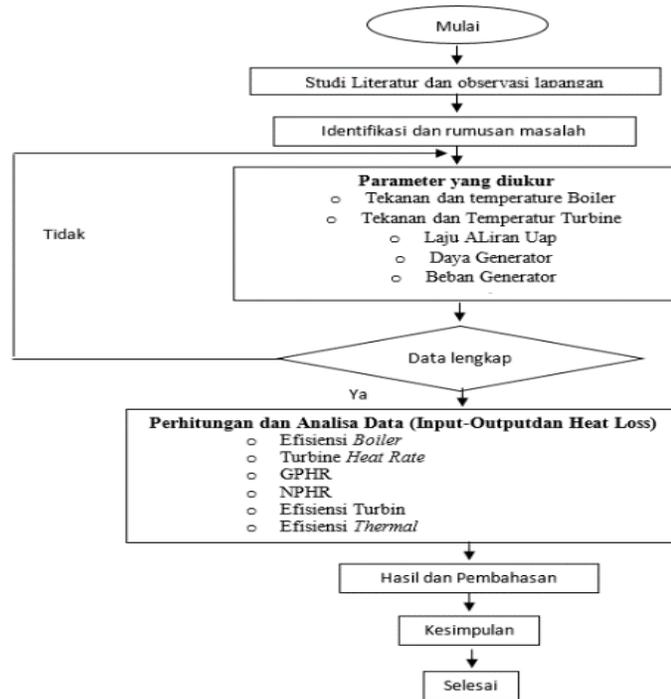
2. Observasi Lapangan

Penelitian secara langsung terhadap objek penelitian untuk memperoleh data-data yang akan diperlukan dengan turun langsung ke lapangan dan memahami sistem yang ada di PLTU Pangkalan Susu Unit 1.

3. Wawancara

Wawancara kepada pihak pekerja perusahaan untuk memperoleh data-data yang diperlukan.

2. Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

D. Perhitungan Dan Pembahasan

1. Perhitungan Parameter Kinerja PLTU

1.1. Efisiensi Boiler

Data - data parameter yang diperoleh selama penelitian yaitu data - data *performance test* yang dilakukan selama 6 bulan dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni pada tahun 2023. Masing - masing *performance test* dilakukan dalam rentang waktu 2 jam. Data - data tersebut kemudian dikumpulkan, dikelola dan diolah untuk mempermudah perhitungan.

Tabel Data Q_{out}

No	Performance Test	Heat _{main steam} (kJ/h)	Heat _{Economizer} (kJ/h)	Heat _{SH spray Water} (kJ/h)	Heat _{reheat} (kJ/h)	Heat _{RH spray water} (kJ/h)	Q _{ro} (kJ/h)	Q _{out} (kJ)
1	19 Januari 2023	1370732687,48	333015802,39	31856338,76	172634954,08	58865382,99	1237360883,42	2474721766,83
2	23 Februari 2023	1370049077,14	338822171,08	23463759,61	164634308,84	54709493,89	1227106949,18	2454213898,35
3	17 Maret 2023	1948735415,67	546766338,40	15868469,21	234408700,05	45575806,57	1666085114,69	3332170229,38
4	11 April 2023	1395707170,62	338556249,65	16624889,69	179572558,28	53353897,73	1273452487,28	2546904974,55
5	15 Mei 2023	1103962312,45	250664479,37	17142224,33	136256716,22	61667653,83	1034079978,80	2068159957,61
6	13 Juni 2023	2008592916,39	575482758,3	17609375,6	237274402,42	72120959,05	1724896143,97	3449792287,93

Besar Q_{out} yang diperoleh dari data *performance test* yang dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2023 berkisar 2,07 TJ - 3,45 TJ. Data konsumsi batu bara diambil dari data masing - masing coal mill saat pelaksanaan

pengetesan. Data – tersebut dikumpulkan dan diolah kemudian disajikan pada table Total Konsumsi Batu Bara.

Tabel Total Konsumsi Batu Bara

No	Performance Test	Mill A (kg)	Mill B (kg)	Mill C (kg)	Mill D (kg)	Mill E (kg)	Total Coal (kg)
1	19 Januari 2023	13000	58000	43000	42000	56000	212000
2	23 Februari 2023	42000	47000	61000	0	59000	209000
3	17 Maret 2023	46000	60000	43000	73000	64000	286000
4	11 April 2023	44000	46000	0	49000	48000	187000
5	15 Mei 2023	39000	40000	37000		53000	169000
6	13 Juni 2023	51000	0	59000	74000	78000	262000

Besar total konsumsi batu bara yang diperoleh dari data performance test yang dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2023 berkisar 169 ton – 286 ton. Dengan menggunakan persamaan – persamaan pada Tinjauan Pustaka, maka diperoleh hasil perhitungan Efisiensi Boiler.

Tabel Efisiensi Boiler PLTU unit 1 metode *input - output*

No	Performance Test	Q_{out} (kJ)	Q_{in} (kJ)	η_{Boiler} (%)
1	19 Januari 2023	2474721766,83	3293002360	75,15
2	23 Februari 2023	2454213898,35	3215776410	76,32
3	17 Maret 2023	3332170229,38	4637627280	71,85
4	11 April 2023	2546904974,55	3155997130	80,70
5	15 Mei 2023	2068159957,61	2816124740	73,44
6	13 Juni 2023	3449792287,93	4448097140	77,56

Besar efisiensi boiler yang diperoleh dari data performance test yang dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2023 berkisar 71,85 % - 80,70 %.

Tabel η_{Boiler} Unit 1 PLTU Pangkalan Susu berdasarkan data *performance test* menggunakan metode *Heat Loss*

No	Performance test	L Total	B1 Total	η_{Boiler}
1	19 Januari	21,18	0,56	79,39
2	23 Februari	19,44	0,46	81,01
3	17 Maret	22,23	0,47	78,24
4	11 April	19,97	0,74	80,77
5	15 Mei	22,82	0,64	77,82
6	13 Juni	18,95	0,58	81,63

Besar efisiensi boiler yang diperoleh dari data performance test yang dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2023 berkisar 77,82 % - 81,63 %.

1.2. Heat Rate

Untuk menghitung turbin *heat rate*, diperlukan parameter data yang diperoleh selama penelitian. Parameter data ini akan digunakan untuk menghitung total *heat consumption* Q.

Tabel Data parameter Total Heat Consumption.

Paramater	Unit	Value					
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
M1	kg/h	404131,55	401462,90	573403,67	409844,81	324267,79	589366,88
H1	kJ/kg	3458,29	3471,95	3443,48	3465,92	3472,24	3445,09
M3	kg/h	372594,64	369144,38	512488,63	393099,97	307823,82	533054,78
H3	kJ/kg	3537,58	3541,96	3535,71	3542,17	3540,41	3534,66
Mmu	kg/h	6251,11	11737,78	13642,22	8868,89	9582,22	10918,89
Hmu	kJ/kg	219,73	221,09	211,94	206,53	221,33	210,95
Mf	kg/h	354007,86	363261,50	545833,90	380544,58	294317,07	561090,24
Hf	kJ/kg	940,73	932,76	1001,73	889,70	851,73	1025,67
M2	kg/h	351461,31	349558,82	495889,74	373987,75	285914,93	506657,00
H2	kJ/kg	3074,25	3095,97	3078,32	3085,36	3097,77	3089,54
Mis	kg/h	42353,33	31343,33	20086,67	22150,00	23622,22	21941,11
His	kJ/kg	658,03	660,24	666,84	635,26	645,88	683,18
Mir	kg/h	21133,33	19585,56	16598,89	19112,22	21908,89	26397,78
Hir	kJ/kg	658,03	660,24	666,84	635,26	645,88	683,18

Dengan menggunakan persamaan – persamaan pada Tinjauan Pustaka, maka diperoleh hasil perhitungan Heat Rate.

Tabel GHRT dan NHRT PLTU Unit 1 Pangkalan Susu

No	Performance Test	Heat Consumption (kJ/h)	pgg Generator Gross Output (kW)	pgn Generator Nett Output (kW)	GHRT Gross Heat Rate Turbine (kJ/kWh)	NHRT Nett Heat Rate Turbine (kJ/kWh)
1	19 Januari 2023	1261778954,94	137205,56	123550,00	9196,27	10212,70
2	23 Februari 2023	1249265979,80	134333,33	121127,78	9299,75	10313,62
3	17 Maret 2023	1691657354,38	191714,44	175878,89	8823,84	9618,31
4	11 April 2023	1296077870,38	142627,78	128170,00	9087,13	10112,18
5	15 Mei 2023	1052097855,40	111940,00	99676,67	9398,77	10555,11
6	13 Juni 2023	1743036294,45	190958,89	174668,89	9127,81	9979,09

Besar net heat rate turbine yang dihitung berdasarkan data Performance test yang dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2023 berkisar 9,62 MJ/kWh – 10,55 MJ/kWh.

Tabel Heat Rate Plant PLTU unit 1 Pangkalan Susu (metode input – output)

No	Performance Test	GHRT Gross Heat TurbineRate (kJ/kWh)	NHRT Nett Heat Rate Turbine (kJ/kWh)	η Boiler (%) direct method	GHRP Gross Heat Rate Plant (kJ/kWh)	NHRP Nett Heat Rate Plant (kJ/kWh)
1	19 Januari 2023	9196,267	10212,70	75,15	12237,06	13589,58
2	23 Februari 2023	9299,747	10313,62	76,32	12185,53	13514,02
3	17 Maret 2023	8823,839	9618,31	71,85	12280,79	13386,51
4	11 April 2023	9087,135	10112,18	80,70	11260,32	12530,50
5	15 Mei 2023	9398,766	10555,11	73,44	12797,90	14372,44
6	13 Juni 2023	9127,809	9979,09	77,56	11769,23	12866,85

Besar *net heat rate plant* yang dihitung berdasarkan data *Performance test* yang dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2023 berkisar 12,53 MJ/kWh – 14,37 MJ/kWh.

Tabel *Heat Rate Plant* PLTU unit 1 Pangkalan Susu (metode *heat loss*)

No	Performance Test	GHRT Gross Heat TurbineRate (kJ/kWh)	NHRT Nett Heat Rate Turbine (kJ/kWh)	η Boiler (%) balanced energy	GHRP Gross Heat Rate Plant (kJ/kWh)	NHRP Nett Heat Rate Plant (kJ/kWh)
1	19 Januari 2023	9196,267	10212,70	79,39	11584,15	12864,50
2	23 Februari 2023	9299,747	10313,62	81,01	11479,43	12730,94
3	17 Maret 2023	8823,839	9618,31	78,24	11277,93	12293,36
4	11 April 2023	9087,135	10112,18	80,77	11250,17	12519,21
5	15 Mei 2023	9398,766	10555,11	77,82	12077,73	13563,67
6	13 Juni 2023	9127,809	9979,09	81,63	11182,18	12225,05

Besar *net heat rate plant* yang dihitung berdasarkan data *Performance test* yang dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2023 berkisar 12,29 MJ/kWh – 13,56 MJ/kWh.

2. Efisiensi Thermal

Dengan menggunakan persamaan – persamaan pada Tinjauan Pustaka, maka diperoleh nilai efisiensi thermal.

Tabel Efisiensi *thermal* Turbin PLTU unit 1 Pangkalan Susu

No	Performance Test	GHRT Gross Heat TurbineRate (kJ/kWh)	η Thermal Turbine (%)
1	19 Januari 2023	9196,27	39,15
2	23 Februari 2023	9299,75	38,71
3	17 Maret 2023	8823,84	40,80
4	11 April 2023	9087,13	39,62
5	15 Mei 2023	9398,77	38,30
6	13 Juni 2023	9127,81	39,44

Besar efisiensi *thermal* turbin yang dihitung berdasarkan data *Performance test* yang dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2023 berkisar 38,30 % - 40,80 %.

Tabel Efisiensi *Thermal* PLTU unit 1 PLTU Pangkalan Susu

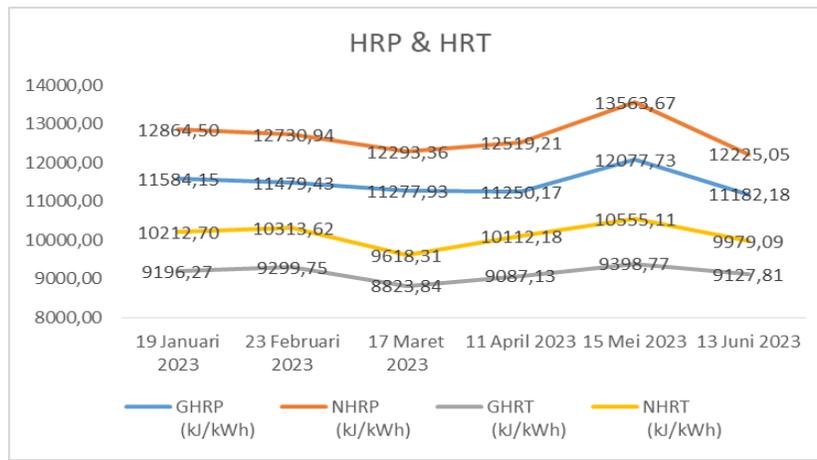
No	Performance Test	GHRP Gross Heat Rate Plant (kJ/kWh)	GHRP Gross Heat Rate Plant (kJ/kWh)	η Thermal Plant (%) (input - output method)	η Thermal Plant (%) (heat loss method)
1	19 Januari 2023	12237,06	11584,15	29,42	31,08
2	23 Februari 2023	12185,53	11479,43	29,54	31,36
3	17 Maret 2023	12280,79	11277,93	29,31	31,92
4	11 April 2023	11260,32	11250,17	31,97	32,00
5	15 Mei 2023	12797,90	12077,73	28,13	29,81
6	13 Juni 2023	11769,23	11182,18	30,59	32,19

Besar efisiensi *thermal plant* yang dihitung berdasarkan data *Performance test* yang dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2023 berkisar 29,81 % - 32,19 %.

3. Pembahasan Parameter Kinerja PLTU

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai heat rate tidak selalu konstan namun mengalami fluktuasi seperti yang terlihat pada grafik Heat Rate Januari 2023 s.d Juni 2023.

Grafik *Heat Rate* Januari 2023 s.d Juni 2023



Nilai *heat rate* terendah pada bulan Maret 2023 dan nilai *heat rate* tertinggi pada bulan Mei 2023. Deviasi perhitungan efisiensi *boiler* menggunakan metode *heat loss/balanced energy* dengan perhitungan efisiensi *boiler* menggunakan metode *input - output* ditampilkan pada tabel Deviasi Perhitungan Efisiensi Boiler Menggunakan Metode *Heat Loss* dan Metode *Input - Output*.

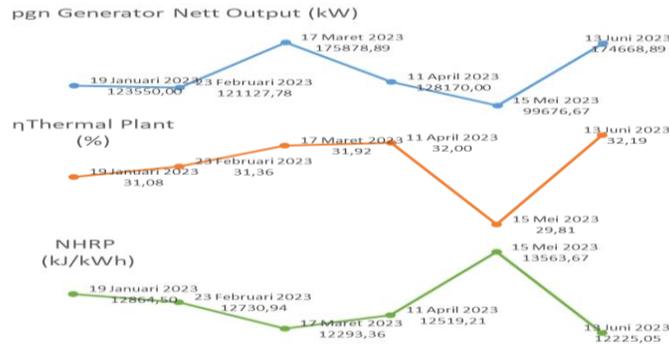
Tabel Deviasi Perhitungan Efisiensi *Boiler* Menggunakan Metode *Heat Loss* dan Metode *Input - Output*

No	Performance Test	η Boiler (%) Input - Output	η Boiler (%) Heat Loss	Deviasi (%)
1	19 Januari 2023	75,15	79,39	4,24
2	23 Februari 2023	76,32	81,01	4,69
3	17 Maret 2023	71,85	78,24	6,39
4	11 April 2023	80,70	80,77	0,07
5	15 Mei 2023	73,44	77,82	4,38
6	13 Juni 2023	77,56	81,63	4,07

Deviasi hingga 6,39 %, yang disebabkan pada perhitungan efisiensi *boiler* menggunakan metode *heat loss/balanced energy* memperhitungkan *heat credit* yang menambah efisiensi *boiler*. Hubungan korelasi beban, efisiensi *thermal* dan *heat rate* dimana

heat rate berbanding terbalik dengan efisiensi dan beban; efisiensi berbanding lurus dengan beban.

Grafik Perbandingan Beban, Efisiensi *Thermal* dan *Nett Heat Rate*



Tabel Usulan Batas *Heat Rate* PLTU di Indonesia

No.	Kapasitas PLTU	Batas Maksimal <i>Heat Rate</i> (kcal/kWh)
1	< 100 MW	3.632
2	100 < MW < 200	3.339
3	200 < MW < 500	2.707
4	>500 MW	2.495

Tabel Perbandingan beberapa efisiensi beberapa jenis pembangkit listrik [Nag,PK, 2002], [Burr, 1999]

Jenis Pembangkit	Kapasitas (MW)	Thermal Efisiensi (%)
PLTU batubara (ultra/supercritical)	400-600	40-45
PLTU batubara (subcritical)	200-800	30-40
PLTN	500-1000	31-34
Gas Turbine (PLTG)	50-100	22-28
Combined Cycle (PLTGU)	300-600	36-50
PLTD	1-30	27-30

Tabel Hasil Perhitungan *Heat Rate* dan Efisiensi *Thermal* PLTU Pangkalan Susu Unit 1 dapat dilihat untuk batas maksimal heat rate untuk pltu 100 s.d 200 MW yaitu 3.339 kcal/kWh dengan efisiensi PLTU *subcritical* sebesar 30 – 40 %.

No	Performance Test	NHRP Nett Heat Rate Plant (kJ/kWh)	NHRP Nett Heat Rate Plant (kcal/kWh)	ηThermal Plant (%)	
1	19 Januari 2023	12864,50	3073,22	31,08	
2	23 Februari 2023	12730,94	3041,31	31,36	
3	17 Maret 2023	12293,36	2936,78	31,92	
4	11 April 2023	12519,21	2990,73	32,00	
5	15 Mei 2023	13563,67	3240,25	29,81	
6	13 Juni 2023	12225,05	2920,46	32,19	
Nilai rata-rata		67	12699,46	3033,79	31,39

PLTU Pangkalan Susu Unit 1 memiliki nilai *heat rate* rata – rata sebesar 3033,79 kcal/kWh dengan nilai efisiensi *thermal* sebesar 31,39 %, maka dapat disimpulkan PLTU Unit 1 Pangkalan Susu berkinerja baik.

E. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Mengacu pada usulan batas *heat rate* PLTU di Indonesia dan data Perbandingan beberapa efisiensi jenis pembangkit, dapat dilihat untuk batas maksimal *heat rate* untuk pltu 100 s.d 200 MW yaitu 3.339 kcal/kWh dengan efisiensi PLTU subcritical sebesar 30 – 40 %, dimana PLTU Pangkalan Susu Unit 1 memiliki nilai *heat rate* rata – rata sebesar 3033,79 kcal/kWh dengan nilai efisiensi *thermal* sebesar 31,39 %, maka dapat disimpulkan PLTU Unit 1 Pangkalan Susu berkinerja baik.

Deviasi perhitungan efisiensi boiler dengan metode *heat loss/balanced energy* dengan perhitungan efisiensi boiler menggunakan metode *input - output* hingga 6,39 %, yang disebabkan pada perhitungan efisiensi boiler dengan metode *heat loss* memperhitungkan *heat credit* yang menambah efisiensi boiler.

Hasil penelitian ini menunjukkan secara signifikan hubungan korelasi beban, efisiensi *thermal* dan *heat rate* dimana *heat rate* berbanding terbalik dengan efisiensi dan beban; efisiensi berbanding lurus dengan beban.

2. Saran

Perhitungan *heat rate* menggunakan metode *heat loss* cukup rumit dan detail, diperlukan ketelitian dalam melakukan perhitungan. Efisiensi dan *heat rate* dapat ditingkatkan dengan pemilihan batu bara yang berkualitas baik, perawatan peralatan dan optimalisasi *economizer* dan *reheater* sehingga *heat losses* dapat diminimalisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2015. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2015 - 2024.
- PT PLN Indonesia Power Pltu Pangkalan Susu Power Generation Unit (PNS PGU). 2023. Laporan Performance Test 2023. Laki, R, F., Gunawan, H., & Gede, I, N. (2013). Analisa Konsumsi Bahan Bakar Motor Bensin Yang Terpasang Pada Sepeda Motor Suzuki Smash 110cc Yang Di Gunakan Pada Jalan Menanjak. *JURNAL POROS TEKNIK MESIN UNSRAT*.
- PT PLN (Persero). 2016. SPLN K5.001: 2016 “Panduan Perbaikan Heat Rate Pembangkit Thermal Dengan Bahan Bakar Batubara”
- PT PLN PuslitBang Ketenagalistrikan. 2017. Uji Heat Rate PLTU 5. Jakarta: PT PLN PuslitBang Ketenagalistrikan.
- Dosa Ion. 2013. Energy Balance of a Coal-Fired Power Plant in Condensing Operation, *Advances in Environment Technologies, Agriculture, Food and Animal Science*. Petrosani, jud. Hunedoara - Romania, p 187-192.
- James E Staudt and Jennifer Macedonia. 2014. Evaluation of Heat Rates of Coal Fired Electric Power Boilers. Paper was Presented at the Power Plant Pollutant Control “MEGA” Symposium August 19-21, 2014 Baltimore, MD.

The American Society of Mechanical Engineers, "Steam Turbines", Performance Test Code (PTC) 6, 2004.

Putra Iriansyah. 2013 " Mengenal Turbin Uap " Artikel Mechanical Engineering "

Sunarwo dan Supriyo. 2015. " Analisa Heat Rate Pada Turbin Uap Berdasarkan

Supriyanto Eko, dkk. 2014. " Kajian Heat Rate dan Simulasi Menggunakan Software Thermoflow (Studi Kasus PLTU Ombilin Unit 1 dan PLTU Tanjung Jati B Unit 4).

Soelaiman. (2004). Pembangkitan Energi Elektrik. Bandung: Lab Konversi Energi Elektrik Jurusan Teknik Elektro ITB.

Sentosa, Dian Swastatika. 2008. Session 17 " Steam Turbine Theori " .