

STUDI PENGARUH *HEAT RATE* TERHADAP KINERJA PADA PLTU BIOMASSA DI PT. HARJOHN TIMBER

Ikhwan Nanda Kumara¹⁾, Kho Hie Khwee²⁾, Yandri³⁾

^{1,2,3,4)}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura

Jln. Prof. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

Email: ndakmr@gmail.com, andreankho@yahoo.co.id, yandri.hasan@ee.untan.ac.id

ABSTRAK

Sebagai salah satu upaya mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sekaligus pemanfaatan limbah kayu sisa hasil produksi pada PLTU Biomassa dengan kapasitas 7,5 MW di PT. Harjohn Timber yang merupakan perusahaan kayu lapis yang telah beroperasi selama 15 tahun. Salah satu upaya untuk menjaga kinerja dari pembangkit di perusahaan tersebut adalah dengan melakukan evaluasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung *specific fuel consumption*, *heat rate*, dan efisiensi termal. Metode langsung digunakan dalam penelitian ini dengan mengumpulkan data dari pembangkit sehingga dapat dilakukan analisis perhitungan.

Nilai kalori dari serbuk kayu adalah 5.940,44 kcal/kg dan HHV dari serbuk kayu sebesar 24.854,8 kJ/kg. Hasil perhitungan menunjukkan *specific fuel consumption* bruto dan netto terendah sebesar 0,68 kg/kWh dan 0,77 kg/kWh pada beban 6877 kW dan tertinggi sebesar 0,99 kg/kWh dan 1,2 kg/kWh pada beban 4171 kW, kemudian *heat rate* bruto dan netto terendah sebesar 16.876,82 kcal/kWh dan 19.256,99 kcal/kWh pada beban 6877 dan tertinggi sebesar 24.518,69 kcal/kWh dan 29.908,11 kcal/kWh pada beban 4171 kW, serta efisiensi termal bruto dan netto terendah sebesar 3,5% dan 2,9% pada beban 4147 kW dan tertinggi sebesar 5,1% dan 4,5% pada beban 6877 kW. Daya tertinggi yang dihasilkan pembangkit sebesar 6877 kW dari nilai kerja aktual berdasarkan spesifikasi 7088 kW dengan nilai *heat rate* bruto dan netto sebesar 16.876,82 kcal/kWh dan 19.256,99 kcal/kWh dan daya terendah yang dihasilkan pembangkit sebesar 4147 kW dari nilai kerja aktual berdasarkan spesifikasi 7088 kW dengan nilai *heat rate* bruto dan netto sebesar 24.518,69 kcal/kWh dan 29.908,11 kcal/kWh.

Kata kunci : *Heat Rate, Specific Fuel Consumption, Efisiensi Termal, kalori, PLTU Biomassa Harjohn Timber*

1. PENDAHULUAN

PT. Harjohn Timber yang merupakan pabrik kayu lapis menggunakan pembangkit listrik tenaga uap dengan kapasitas 7,5 MW sebagai pembangkit utama. Pembangkit tersebut menggunakan bahan bakar biomassa berupa limbah kayu sisa hasil produksi yang berasal dari pabrik kayu tersebut. Limbah kayu tersebut terlebih dahulu diolah menjadi serbuk kayu sehingga bisa digunakan sebagai bahan bakar boiler [1].

Salah satu hal yang menjadi parameter penting dalam menentukan seberapa besar efisiensi yang telah dihasilkan oleh PLTU adalah efisiensi termal. Efisiensi termal sendiri dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan nilai kalori dari batubara yang dipakai dan nilai laju kalor (*heat rate*) yang dihasilkan oleh perangkat boiler dan turbin generator yang digunakan. Mengingat bahan bakar fosil terus mengalami penyusutan tanpa bisa dilakukannya daur ulang maka bahan bakar energi baru terbarukan berupa bahan bakar biomassa merupakan salah satu solusi untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil secara masif dan terus menerus [2].

Penelitian ini dilakukan dengan metode pengolahan data langsung dengan melakukan pengumpulan data dari unit pembangkit. Setelah data diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan untuk memperoleh *specific fuel consumption*, *heat rate*, dan efisiensi termal. Hasil dari perhitungan tersebut selanjutnya akan dibandingkan terhadap beban bruto dan netto yang dihasilkan pembangkit. Sehingga dapat diketahui pengaruh dari *heat rate* terhadap efisiensi dan kinerja pembangkit. Maka diharapkan dengan penelitian ini dapat meningkatkan upaya pengurangan penggunaan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utama pada pembangkit listrik terutama di Kalimantan Barat [3].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

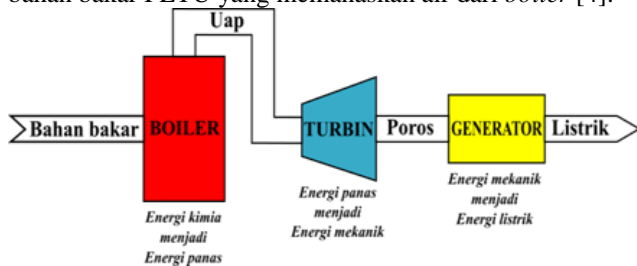
Terdapat beberapa penelitian terdahulu tentang kajian pembangkit listrik tenaga uap, penelitian tersebut dilakukan dengan metode dan lokasi yang berbeda-beda. Diantaranya adalah penelitian tentang Analisa pengaruh laju kalor terhadap efisiensi termal PLTU Sintang (3 x 7 MW). Penelitian tersebut dilakukan di PLTU batu bara Sintang. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode pengolahan data langsung dari data yang diperoleh dengan menghitung *specific fuel consumption* bruto dan *specific fuel consumption* netto, *heat rate* bruto dan *heat rate* netto, dan efisiensi termal. Dari perhitungan tersebut didapatkan hasil pada saat pembangkit beroperasi pada beban 3764 kW *specific fuel consumption* bruto dan *specific fuel consumption* netto sebesar 1,84 kg/kWh dan 2,21 kg/kWh dan pada beban 6978 kW sebesar 1,41 kg/kWh dan 1,61 kg/kWh. *Heat rate* netto dan *heat rate* brutto pada beban 3763 kW sebesar 7001,96 kcal/kWh dan 8422,45 kcal/kWh. Efisiensi termal bruto dan netto pada beban 3764 kW sebesar 12,28% dan 10,21 % dan pada beban 6978 kW sebesar 16,01 % dan 13,98 % [1].

Selanjutnya penelitian tentang analisa kebutuhan bahan bakar boiler dengan melakukan uji kalori pada pabrik kelapa sawit PT. Sentosa Prima Agro. Penelitian tersebut dilakukan di di PLTU biomassa Ketapang pada PT. Sentosa Prima Agro. Penelitian ini bertujuan mencari nilai kalori, kebutuhan bahan bakar dan *specific fuel consumption* dengan melakukan uji kalori bahan bakar biomassa berupa cangkang, fiber, dan campuran di laboratorium dan simulasi perhitungan. Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan hasil berupa nilai kalori bahan bakar boiler dari cangkang, fiber, dan campuran masing-masing sebesar 5.190,43 kcal/kg, 4.868,91 kcal/kg, dan 4.851,61 kcal/kg. Kebutuhan bahan bakar boiler dari cangkang, fiber, dan campuran

masing-masing sebesar 801,26 kg/jam, 864,17 kg/jam, dan 867,84 kg/jam. *Specific fuel consumption* dari cangkang, fiber, dan campuran masing-masing sebesar 1,074 kg/kWh, 1,158 kg/kWh, dan 1,163 kg/kWh [2].

2.2 Definisi

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik, di mana suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang mengkonversikan energi kimia listrik dengan menggunakan uap air sebagai fluida kerjanya. Uap air yang digunakan sebagai fluida ini di dapat dari hasil pembakaran pada boiler akibat reaksi kimia dari bahan bakar PLTU yang memanaskan air dari boiler [4].



Gambar 2.1 Proses Konversi Energi PLTU.

PLTU ini bekerja berdasarkan pada prinsip atau siklus rankine. Konversi energi tingkat pertama yang berlangsung dalam PLTU adalah konversi energi primer menjadi energi panas (kalor). Hal ini dilakukan dalam ruang bakar dari kaltet uap PLTU. Energi panas ini kemudian dipindahkan ke dalam air yang ada di dalam pipa katel untuk menghasilkan uap yang dikumpulkan dalam drum dari katel. Uap dari drum katel dialiri ke turbin uap. Dalam turbin uap energi entalpi uap dikonversikan menjadi energi mekanis penggerak generator akhirnya energi pada turbin uap ini dapat dikonversikan menjadi energi listrik oleh generator [5].

2.3 Bahan Bakar

Limbah kayu yang digunakan adalah limbah kayu sisa hasil produksi industri. Limbah kayu sebelum masuk ke tungku pembakaran, dihancurkan terlebih dahulu menggunakan mesin penggiling yang disebut dengan *wood crusher*. Limbah kayu yang sudah dihancurkan menjadi serbuk tersebut dapat meningkatkan efisiensi pembakaran, sehingga parameter *Gross Calorific Value (GCV)* dalam melakukan perhitungan efisiensi digunakanlah *GCV* dari serbuk kayu tersebut. Berdasarkan penelitian dengan korelasi *Tillman*, dengan tingkat kesalahan 21,21 %, nilai kalor dari serbuk kayu dalam satuan *High Heating Value (HHV)* adalah sebesar 24,85 MJ/kg. Jika dikonversikan ke dalam satuan *GCV*, maka nilainya menjadi 5940,44 kcal/kg (1 kcal = 4148 J) [6].

2.4 Kebutuhan Panas Boiler

Dalam mengubah air menjadi uap, Boiler membutuhkan panas (*kalor*). Panas tersebut dihasilkan dari bahan bakar, pada PKS bahan bakar yang digunakan adalah campuran cangkang dan serabut. Untuk menghitung kebutuhan panas yang dibutuhkan boiler digunakan rumus sebagai berikut [7]:

$$Q = \frac{G (h_{\text{uap keluar}} - h_{\text{uap masuk}})}{\eta}$$

Dimana:

- Q = kebutuhan panas boiler (kJ/jam)
- G = laju aliran massa uap (kg/jam)
- h uap masuk = entalpi uap masuk
- h uap keluar = entalpi uap keluar
- η = efisiensi boiler

2.5 Konsumsi Bahan Bakar Boiler

Konsumsi bahan bakar merupakan jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam boiler (kg/jam), Untuk mencari nilai tersebut harus diketahui terlebih dahulu nilai kalor bahan bakar *Low Heating Value (LHV)* dan jumlah Kebutuhan panas pada boiler (Q), selanjutnya yaitu membagi jumlah Kebutuhan panas boiler (Q) dengan nilai kalor bahan bakar (LHV) maka didapatkan konsumsi bahan bakar. Adapun rumus untuk mencari kebutuhan bahan bakar adalah sebagai berikut [8]:

$$Q_f = \frac{Q}{LHV}$$

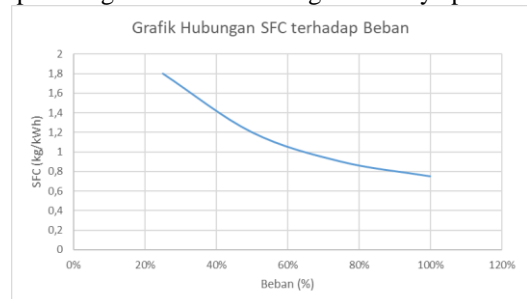
Dimana:

- Q_f = kebutuhan bahan bakar boiler (kg/jam)
- Q = kebutuhan panas boiler (kJ/jam)
- LHV = *Low Heating Value* (kJ/kg)

$$LHV = HHV - 3240 \text{ (kJ/kg)}$$

2.6 Specific Fuel Consumption (SFC)

Specific Fuel Consumption (SFC) atau konsumsi bahan bakar spesifik adalah jumlah bahan bakar yang dibutuhkan suatu pembangkit untuk membangkitkan daya per kWh.



Gambar 2.2. Grafik Hubungan SFC terhadap Beban.

Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung SFC [9]:

1. SFC Bruto

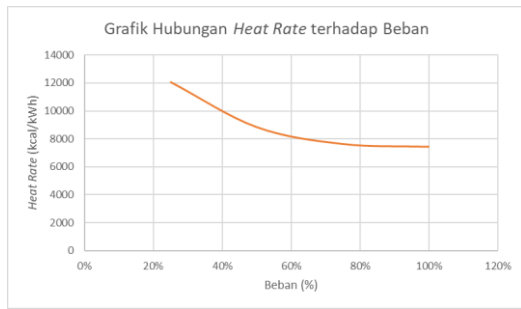
$$SFC_B = \frac{Q_f}{kWh_B}$$

2. SFC Netto

$$SFC_N = \frac{Q_f}{kWh_B - kWh_{PS}}$$

2.7 Heat Rate

Heat rate atau laju kalor adalah jumlah kalori yang dibutuhkan suatu pembangkit untuk membangkitkan daya per kWh.



Gambar 2.3. Grafik Hubungan *Heat Rate* terhadap Beban.

Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung *heat rate* [10]:

1. *Heat Rate* Bruto

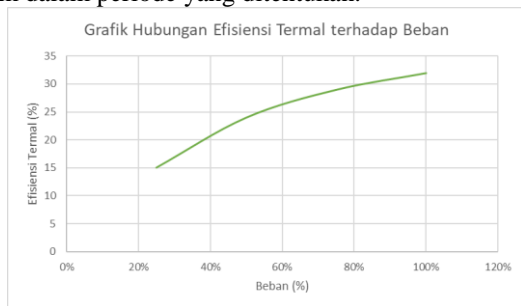
$$HR_B = \frac{Q_f \times HHV}{kWh_B}$$

2. *Heat Rate* Netto

$$HR_N = \frac{Q_f \times HHV}{kWh_B - kWh_{PS}}$$

2.8 Efisiensi Termal

Efisiensi termal adalah perbandingan antara energi yang dihasilkan dengan energi dimasukkan dalam suatu sistem dalam periode yang ditentukan.



Gambar 2.4. Grafik Hubungan Efisiensi Termal terhadap Beban.

Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung Efisiensi Termal [11]:

1. Efisiensi Termal Bruto

$$\eta_{th_B} = \frac{860}{HR_B} \times 100\%$$

2. Efisiensi Termal Netto

$$\eta_{th_N} = \frac{860}{HR_N} \times 100\%$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PLTU PT. Harjohn Timber, yang berlokasi di Desa Kuala Dua, Kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat, Penelitian dilakukan dari tanggal 19 April 2021 s/d 3 Juni 2021.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap di PT. Harjohn Timber. Sedangkan peralatan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. 1 unit laptop
2. 1 buah kalkulator
3. 1 buah *smartphone*

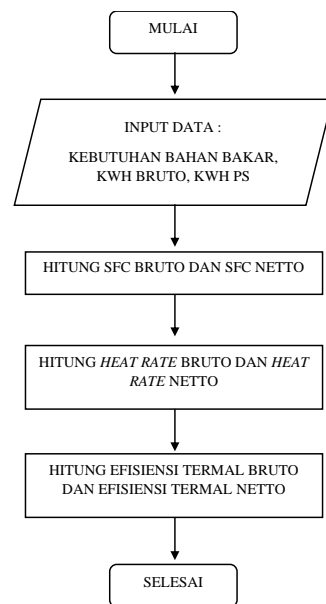
4. *Software Microsoft Word*

5. *Software Microsoft Excel*

6. *Software ChemicalLogic SteamTab Companion*

3.3 Prosedur Penelitian

Diagram alir penelitian dalam skripsi ini digunakan pada gambar *flowchart* berikut:

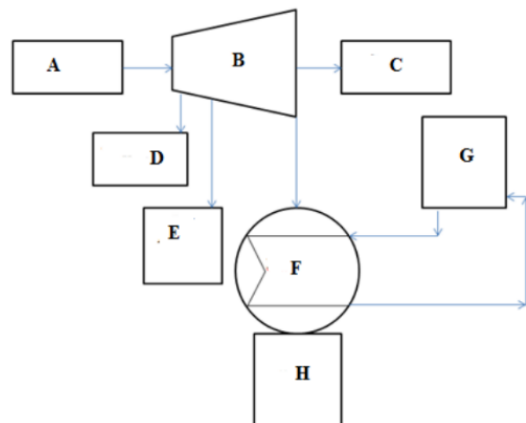


Gambar 4. Diagram Alir Penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan di PT. Harjohn Timber, dengan mengamati boiler beroperasi secara langsung di lapangan. Boiler tersebut dioperasikan menggunakan bahan bakar utama limbah kayu sisa hasil produksi yang telah diolah menjadi serbuk kayu. Selain itu PLTU Biomassa di PT. Harjohn Timber juga menggunakan bahan bakar batu bara sebanyak 30% dari total kebutuhan bahan bakar harian jika pasokan limbah kayu tidak mencukupi kebutuhan bahan bakar harian PLTU.



Gambar 4.1. Sistem PLTBm PT. Harjohn Timber.

Keterangan Gambar 4.1 :

- A) Boiler digunakan untuk menghasilkan uap tekanan tinggi. Air di dalam boiler dipanaskan hingga menjadi uap superheated. Uap yang dihasilkan digunakan untuk proses di dalam turbin.
- B) Turbin yang digunakan untuk mengubah energi

potensial uap menjadi gerak putar. Energi potensial uap berasal dari boiler.

- C) Generator untuk menghasilkan listrik dari gaya putar turbin uap yang dikopel ke generator, putaran generator menghasilkan listrik.
- D) *Heat Pressure Heater* digunakan untuk memanaskan kembali air umpan sebelum masuk economizer. Penggunaan *Heat Pressure Heater* bertujuan untuk menghemat bahan bakar boiler.
- E) *Low Pressure Heater* digunakan untuk memanaskan air kondensat sebelum masuk ke deaerator.
- F) Kondensator digunakan untuk mengubah uap menjadi air dengan metode perpindahan panas antara uap dan air pendingin dari cooling tower.
- G) *Cooling Tower* atau menara pendingin merupakan tempat penghasil air pendingin yang akan disirkulasikan ke dalam kondenser.
- H) *Hotwell* yaitu tangki penampung air hasil kondensasi.

4.2. Spesifikasi Boiler

Tabel 4.1. Spesifikasi Boiler.

Manufaktur	: WU XI HUAGUANG type UG-50/3.82-MT
Bahan bakar	Wood + Coal
Kapasitas boiler	50 t/h
Tekanan maksimal	3,82 MPa
Temperatur maksimal	450 °C
Efisiensi	81%

4.3. Spesifikasi Turbin Uap

Tabel 4.2. Spesifikasi Turbin Uap.

Laju Aliran Massa	Speed	Tekanan Inlet	Suhu Inlet	Tekanan Outlet
Uap (<i>m</i>)		(<i>P</i> ₁)	(<i>T</i> ₁)	(<i>P</i> ₂)
Ton/h	Rpm	MPa	°C	MPa
35	3000	3,43	435	0,0079



Gambar 4.2. Spesifikasi Teknis Turbin Uap di PLTBm PT. Harjohn Timber.

Mencari nilai kerja aktual turbin (*W_t*) secara spesifikasi:

$$W_t = m (h_1 - h_2)$$

$$W_t = 35.000 (3.304,8 - 2.575,78)$$

$$W_t = 25515700 \text{ kJ/jam}$$

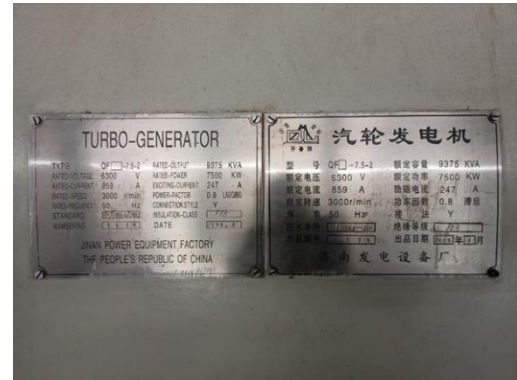
$$W_t = 7088 \text{ kW}$$

$$(1 \text{ kJ/jam} = 2.7777778 \times 10^{-7} \text{ MW})$$

4.4. Spesifikasi Generator

Tabel 4.3. Spesifikasi Generator.

Merk	: Jinan Power
Rated voltage	: 6300 V
Rated current	: 859 A
Rated speed	: 3000 rpm
Rated frequency	: 50 Hz
Rated power	: 7500 kW
Exciting current	: 247 A
Power factor	: 0,8



Gambar 4.5. Spesifikasi Teknis Generator di PLTBm PT. Harjohn Timber.

4.5 Perhitungan Specific Fuel Consumption (SFC)

Kebutuhan panas boiler pada pukul 07.00:

$$Q = \frac{G (h_{\text{uap keluar}} - h_{\text{uap masuk}})}{\eta}$$

$$Q = \frac{29.500 (3.298,82 - 465,63)}{0,8}$$

$$Q = 104.473.881,25 \text{ kJ/jam}$$

Kebutuhan bahan bakar boiler pada pukul 07.00:

$$Q_f = \frac{Q}{LHV}$$

$$Q_f = \frac{104.473.881,25}{21.614,8}$$

$$Q_f = 4.833,44 \text{ kg/jam}$$

SFC Bruto pada pukul 07.00:

$$SFC_B = \frac{Q_f}{kWh_B}$$

$$SFC_B = \frac{4.833,44}{5901}$$

$$SFC_B = 0,82 \text{ kg/kWh}$$

SFC Netto pada pukul 07.00:

$$SFC_N = \frac{Q_f}{kWh_B - kWh_{PS}}$$

$$SFC_N = \frac{4.833,44}{5901 - 900}$$

$$SFC_N = 0,97 \text{ kg/kWh}$$

Hasil perhitungan SFC pada pukul selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8. Data Hasil Perhitungan SFC Bruto dan Netto.

Beban (kW)	Jam Operasi	SFCB (kg/kWh)	SFCN (kg/kWh)
5901	07.00	0,82	0,97

5903	08.00	0,77	0,9
6433	09.00	0,74	0,86
5918	10.00	0,77	0,9
5722	11.00	0,78	0,93
5735	12.00	0,8	0,95
6222	13.00	0,73	0,85
6255	14.00	0,74	0,85
6153	15.00	0,79	0,92
5911	16.00	0,78	0,93
6044	17.00	0,71	0,82
5721	18.00	0,79	0,93
5966	19.00	0,76	0,88
6433	20.00	0,72	0,83
5721	21.00	0,8	0,95
5288	22.00	0,9	1,08
6144	23.00	0,77	0,91
5272	00.00	0,92	1,09
5431	01.00	0,88	1,04
4717	02.00	0,99	1,2
5735	03.00	0,82	0,97
6131	04.00	0,72	0,83
6221	05.00	0,76	0,89
6877	06.00	0,68	0,77

4.6. Perhitungan Heat Rate

Heat Rate Bruto pada pukul 07.00:

$$HR_B = \frac{Qf \times HHV}{kWh_B}$$

$$HR_B = \frac{4.833,4 \times 24.854,8}{5901}$$

$$HR_B = 20.358,28 \text{ kcal/kWh}$$

Heat Rate Netto pada pukul 07.00:

$$HR_N = \frac{Qf \times HHV}{kWh_B - kWh_{PS}}$$

$$HR_N = \frac{4.833,44 \times 24.854,8}{5901 - 900}$$

$$HR_N = 24.022,04 \text{ kcal/kWh}$$

Hasil perhitungan *heat rate* pada pukul selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.9. Data Hasil Perhitungan Heat Rate Bruto dan Netto.

Beban (kW)	Jam Operasi	HRB (kcal/kWh)	HRN (kcal/kWh)
5901	07.00	20.358,28	24.022,04
5903	08.00	19.040,04	22.465,88
6433	09.00	18.358,16	21.344,31
5918	10.00	19.061,17	22.479,87
5722	11.00	19.429,41	23.055,80
5735	12.00	19.882,43	23.583,39
6222	13.00	18.064,41	21.119,27
6255	14.00	18.448,22	21.365,62
6153	15.00	19.524,5	23.974,1
5911	16.00	19.497,11	22.998,89
6044	17.00	17.585,75	20.463,66
5721	18.00	19.575,17	22.991,08
5966	19.00	18.771,29	21.890,06
6433	20.00	17.978,34	20.715,5

5721	21.00	19.859,9	23.567,41
5288	22.00	22.333,22	26.913,87
6144	23.00	19.287,97	22.598,26
5272	00.00	22.787,22	27.167,4
5431	01.00	21.820,16	25.868,87
4717	02.00	24.518,69	29.908,11
5735	03.00	20.450,5	24.008,92
6131	04.00	17.801,16	20.666,33
6221	05.00	18.852,85	22.041,64
6877	06.00	16.876,82	19.256,99

4.7. Perhitungan Efisiensi Termal

Efisiensi Termal Bruto pada pukul 07.00:

$$\eta_{th_B} = \frac{860}{HR_B} \times 100\%$$

$$\eta_{th_B} = \frac{860}{20.358,28} \times 100\%$$

$$\eta_{th_B} = 4,2\%$$

Efisiensi Termal Netto pada pukul 07.00:

$$\eta_{th_N} = \frac{860}{HR_N} \times 100\%$$

$$\eta_{th_N} = \frac{860}{24.022,04} \times 100\%$$

$$\eta_{th_N} = 3,6\%$$

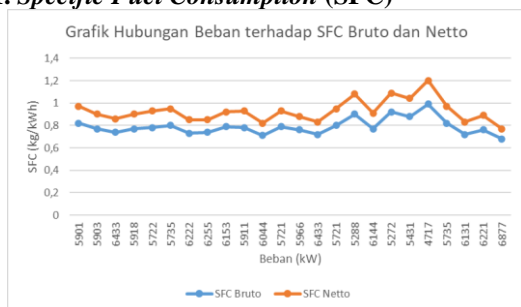
Hasil perhitungan efisiensi termal pada pukul selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut:

Tabel 4.10. Data Hasil Perhitungan Efisiensi Termal Bruto dan Netto.

Beban (kW)	Jam Operasi	η_{th_B} (%)	η_{th_N} (%)
5901	07.00	4,2	3,6
5903	08.00	4,5	3,8
6433	09.00	4,7	4
5918	10.00	4,5	3,8
5722	11.00	4,4	3,7
5735	12.00	4,3	3,7
6222	13.00	4,8	4,1
6255	14.00	4,7	4
6153	15.00	4,4	3,8
5911	16.00	4,4	3,7
6044	17.00	4,9	4,2
5721	18.00	4,4	3,7
5966	19.00	4,6	3,9
6433	20.00	4,8	4,2
5721	21.00	4,2	3,6
5288	22.00	3,9	3,2
6144	23.00	4,5	3,8
5272	00.00	3,8	3,2
5431	01.00	3,9	3,3
4717	02.00	3,5	2,9
5735	03.00	4,2	3,6
6131	04.00	4,8	4,2
6221	05.00	4,6	3,9
6877	06.00	5,1	4,5

4.8. Pembahasan

4.8.1. Specific Fuel Consumption (SFC)

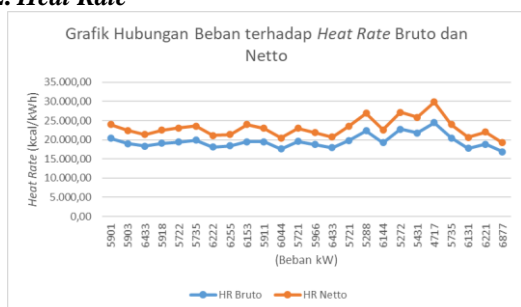


Gambar 4.9. Data Hasil Perhitungan SFC Bruto dan Netto.

Dari data tersebut diketahui SFC bruto dan netto terendah adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 6877 kW sebesar 0,68 kg/kWh dan 0,77 kg/kWh di jam operasi pukul 06.00 sampai 07.00 pagi. Sedangkan SFC bruto dan netto tertinggi adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 4147 kW sebesar 0,99 kg/kWh dan 1,2 kg/kWh di jam operasi pukul 02.00 sampai 03.00 malam.

Dari hasil yang telah diperoleh maka semakin rendah beban yang dibangkitkan maka nilai *specific fuel consumption* akan semakin tinggi. Sebaliknya semakin tinggi beban maka nilai *specific fuel consumption* akan semakin rendah.

4.8.2. Heat Rate



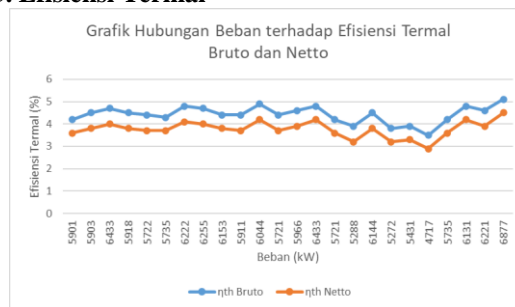
Gambar 4.10. Data Hasil Perhitungan Heat Rate Bruto dan Netto.

Dari data tersebut diketahui *heat rate* bruto dan netto terendah adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 6877 kW sebesar 16.876,82 kcal/kWh dan 19.256,99 kcal/kWh di jam operasi pukul 06.00 sampai 07.00 pagi. Sedangkan *heat rate* bruto dan netto tertinggi adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 4147 kW sebesar 24.518,69 kcal/kWh dan 29.908,11 kcal/kWh di jam operasi pukul 02.00 sampai 03.00 malam.

Dari hasil yang telah diperoleh maka semakin rendah beban yang dibangkitkan maka nilai *heat rate* akan meningkat. Sebaliknya semakin tinggi beban maka nilai *heat rate* akan menurun. Kondisi ini berbanding lurus dengan SFC yang akan semakin tinggi pada beban rendah dan semakin rendah pada beban tinggi.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai *heat rate* mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan. Semakin rendah nilai *heat rate* pada suatu pembangkit maka akan semakin baik efisiensinya sehingga kinerja dari pembangkit menjadi optimal.

4.8.3. Efisiensi Termal

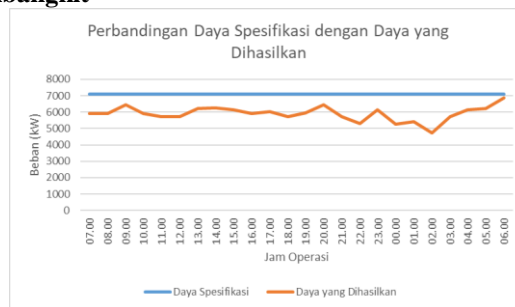


Gambar 4.11. Data Hasil Perhitungan Efisiensi Termal Bruto dan Netto.

Dari data tersebut diketahui efisiensi termal bruto dan netto terendah adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 4147 kW sebesar 3,5% dan 2,9% di jam operasi pukul 02.00 sampai 03.00 malam. Sedangkan efisiensi termal bruto dan netto tertinggi adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 6877 kW sebesar 5,1% dan 4,5% di jam operasi pukul 06.00 sampai 07.00 pagi.

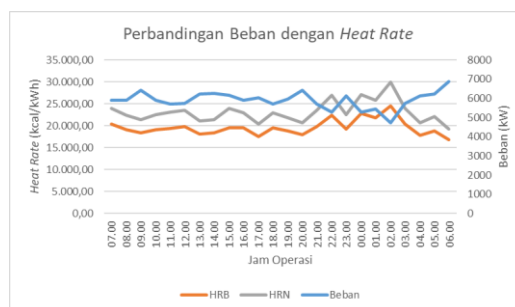
Dari hasil yang telah diperoleh maka semakin rendah beban yang dibangkitkan maka nilai efisiensi termal akan semakin rendah. Sebaliknya semakin tinggi beban maka nilai efisiensi termal akan semakin tinggi. Kondisi ini berbanding terbalik dengan SFC yang akan semakin tinggi pada beban rendah dan semakin rendah pada beban tinggi.

4.8.4. Pengaruh Heat Rate terhadap Kinerja Pembangkit



Gambar 4.12. Perbandingan Daya Spesifikasi dengan Daya yang Dihasilkan.

Daya rata-rata yang dihasilkan berdasarkan *longsheet* harian selama 24 jam dengan nilai tertinggi sebesar 6877 kW pada pukul 06.00 dan nilai terendah sebesar 4147 kW pada pukul 02.00.



Gambar 4.13. Perbandingan Beban dengan Heat Rate.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada beban 6877 kW diperoleh nilai *heat rate* sebesar 16.876,82 kcal/kWh dan pada beban 4147 kW sebesar 24.518,69 kcal/kWh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai *heat rate* pada suatu pembangkit maka akan semakin baik efisiensinya dan jumlah kalori yang

dibutuhkan untuk membangkitkan daya per kWh semakin kecil sehingga kinerja dari pembangkit menjadi optimal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai SFC bruto dan netto terendah adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 6877 kW sebesar 0,68 kg/kWh dan 0,77 kg/kWh. Sedangkan SFC bruto dan netto tertinggi adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 4147 kW sebesar 0,99 kg/kWh dan 1,2 kg/kWh.
2. Nilai heat rate bruto dan netto terendah adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 6877 kW sebesar 16.876,82 kcal/kWh dan 19.256,99 kcal/kWh. Sedangkan heat rate bruto dan netto tertinggi adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 4147 kW sebesar 24.518,69 kcal/kWh dan 29.908,11 kcal/kWh.
3. Nilai efisiensi termal bruto dan netto terendah adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 4147 kW sebesar 3,5% dan 2,9%. Sedangkan efisiensi termal bruto dan netto tertinggi adalah saat pembangkit beroperasi pada beban 6877 kW sebesar 5,1% dan 4,5%.
4. Nilai heat rate mempengaruhi daya yang dihasilkan generator. Semakin kecil nilai heat rate maka jumlah kalori yang dibutuhkan untuk membangkitkan daya per kWh akan semakin sedikit, begitu pula sebaliknya. Oleh karena itu semakin kecil nilai heat rate maka akan kinerja dari suatu pembangkit akan menjadi lebih efisien.
5. Nilai kalori dari suatu bahan bakar akan mempengaruhi besarnya nilai HHV bahan bakar tersebut. Nilai kalori dari serbuk kayu adalah sebesar 5940,44 kcal/kg sehingga diperoleh nilai HHV serbuk kayu sebesar 24.854,8 kJ/kg.
6. Nilai HHV akan mempengaruhi besarnya nilai heat rate pada suatu pembangkit. Semakin besar nilai HHV suatu bahan bakar maka heat rate pada suatu pembangkit akan semakin besar pula, begitu pula sebaliknya.
7. Laju aliran massa uap mempengaruhi besarnya nilai heat rate. Semakin besar laju aliran massa uap maka heat rate akan semakin besar, begitu pula sebaliknya.

5.2 Saran

Untuk mencapai penelitian yang lebih baik disarankan pada penelitian yang akan datang untuk melakukan analisis lebih mendalam tentang kondisi pabrik kayu, kondisi pembangkit, dan waktu pengamatan yang lebih lama sehingga diperoleh hasil yang lebih akurat.

REFERENSI

- [1] Nopianus Budianto. 2018. Analisa Pengaruh Laju Kalor terhadap Efisiensi Termal PLTU Sintang (3x7 MW). Jurnal Teknik Elektro. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura. Vol. 2, No. 1.
- [2] Taufiq Ginanjar. 2019. Analisis Kebutuhan Bahan Bakar Boiler dengan Melakukan Uji Kalori pada Pabrik Kelapa Sawit PT. Sentosa Prima Argo. Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin. Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura Vol. 1, No. 1.
- [3] Personalia, PT. Harjohn Timber Kubu Raya. 1984. Profil Perusahaan Alas Kusuma Group.
- [4] Agus Dwi Putra. 2017. Studi Potensi Limbah Biomassa Kelapa Sawit sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di PT. Perkebunan Nusantara XIII PKS Parindu. Jurnal Teknik Elektro. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura. Vol. 2, No. 1.
- [5] Isarani. 2017. Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap Biomassa Menggunakan Limbah Kayu. Jurnal Teknik Elektro. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura. Vol. 2, No. 1.
- [6] Gunawan Wibisono. 2019. Analisis Potensi Fiber dan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Sumber Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di PT. Pundi Lahan Khatulistiwa. Jurnal Teknik Elektro. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura. Vol. 1, No. 1.
- [7] Muhammad Syukrillah. 2019. Analisis Perhitungan Efisiensi Energi di Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM) PT. Harjohn Timber Kubu Raya. Jurnal Teknik Elektro. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura. Vol. 2, No. 1.
- [8] Sari Manna Simanjuntak. 2017. Studi Pengaruh Operating Heat Rate Terhadap Kinerja PLTU Labuhan Angin Sibolga. Jurnal Singuda Ensikom. Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- [9] Amiral Aziz dan Andi Rinaldi Hasan. 2015. Evaluasi Heat Rate dan Efisiensi Suatu PLTU Dengan Menggunakan Batubara Yang Berbeda Dari Spesifikasi Design. Pasca Sarjana. Teknik Mesin. Universitas Trisakti Jakarta.
- [10] Bambang Sugiantoro. 2007. Metode Analisis Energy Perhitungan Metode Direct and Indirect (Heat Rate/Tara Kalor) Bahan Bakar Batu Bara dan Pengaruhnya pada Performance Sistem Uap. Jurnal ITEKS. Sekolah Tinggi Teknologi Widorotomo Purwokerto. Vol. 2, No. 3. P-ISSN 1978-2497.
- [11] Bambang Winardi. 2009. Analisa Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkitan Listrik Tenaga Uap (Studi Kasus di PT. Indonesia Power Semarang). Fakultas Teknik Elektro. Universitas Diponegoro.
- [12] Wahyudi. 2006. Penelitian Nilai Kalor Biomasa: Perbandingan Antara Hasil Pengujian dengan Hasil Perhitungan. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Vol. 9, No. 2.

- [13] Cahyo Adi Basuki. 2011. Analisis Konsumsi Bahan Bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan menggunakan metode Least Square. Undergraduate Thesis. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- [14] Farel Hasiholan Napitupulu. 2006. Pengaruh Nilai Kalor (Heating Value) suatu Bahan Bakar terhadap Perencanaan Nilai Kalor Bahan Bakar yang Dipergunakan. Jurnal Sistem Teknik Industri. Staf Pengajar Departemen Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- [15] Muhammad Ridho Rezeki. 2020. Studi Penentuan Titik Optimum Lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Kelapa Sawit Ditinjau dari Biaya Transprtasi dan Kedekatan Jaringan. Jurnal Teknik Elektro. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura. Vol. 1, No. 1.
- [16] Ridman. 2018. Studi Perbandingan Potensi Pemanfaatan Sampah sebagai Sumber Pembangkit Listrik dengan Teknologi Konversi Termal dan Gasifikasi di TPA Sorat Kabupaten Sambas. Jurnal Teknik Elektro. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura. Vol. 2, No. 1.
- [17] Andreas Poullikkas. 2012. "Heat Rate Curve Approximation for Power Plants Without Data Measuring Devices". Electricity Authority of Cyprus, Cyprus.

BIOGRAFI



Ikhwan Nanda Kumara, lahir di Meliau, 7 Juli 1996. Menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 7 Pancasila lulus tahun 2008 dan melanjutkan ke SMP Negeri 1 Meliau lulus tahun 2011, kemudian melanjutkan ke SMA Negeri 1 Sanggau lulus tahun 2014.

Memperoleh gelar Sarjana dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjungpura Pontianak pada tahun 2021.

ABSTRACT

As one of the efforts to reduce the use of fossil fuels as well as the utilization of wood waste left over from production at the 7.5 MW Biomass Power Plant at PT. Harjohn Timber which is a plywood company that has been operating for 15 years. One of the efforts to maintain the performance of the power plant in the company is to conduct an evaluation. The purpose of this research is to calculate the specific fuel consumption, heat rate, and thermal efficiency. The direct method used in this study is to collect data from the generator so that calculation analysis can be carried out.

The calorific value of sawdust is 5,940.44 kcal/kg and the HHV of sawdust is 24,854.8 kJ/kg. The calculation results show the lowest gross and net specific fuel consumption of 0.68 kg/kWh and 0.77 kg/kWh at a load of 6877 kW and the highest at 0.99 kg/kWh and 1.2 kg/kWh at a load of 4171 kW, then the lowest gross and net heat rate is 16,876.82 kcal/kWh and 19,256.99 kcal/kWh at 6877 load and the highest is 24,518.69 kcal/kWh and 29,908.11 kcal/kWh at 4171 kW load, as well as gross and net thermal efficiency the lowest was 3.5% and 2.9% at a load of 4147 kW and the highest at 5.1% and 4.5% at a load of 6877 kW. The highest power generated by the generator is 6877 kW from the actual working value based on the specifications of 7088 kW with a gross and net heat rate of 16,876.82 kcal/kWh and 19,256.99 kcal/kWh and the lowest power generated by the plant is 4147 kW from the actual work value. based on the specifications of 7088 kW with a gross and net heat rate of 24,518.69 kcal/kWh and 29,908.11 kcal/kWh.

Keywords: *Heat Rate, Specific Fuel Consumption, Thermal Efficiency, Calories, Harjohn Timber Biomass Power Plant*



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telp. (0561) 740186 Faximile (0561) 740186
Email: ft@untan.ac.id Website: http://teknik.untan.ac.id

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN JURNAL

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada Jurnal yang berjudul "**Studi Pengaruh *Heat Rate* terhadap Kinerja pada PLTU Biomassa di PT. Harjohn Timber**" yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura :

Nama : Ikhwan Nanda Kumara
Nim : D102114100
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Tegangan Listrik

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pontianak, 21 Juli 2021

Pembimbing Utama,

Ir. Kho Hie Khwee, M.T., IPM
NIP196505261992021001

Pembimbing Pendamping,

Yandri, S.T., M.T.
NIP196903291999031001