

ANALISIS KONSUMSI BAHAN BAKAR PLTDG DI PT. PLN INDONESIA POWER UBP BALI

I Wayan Sugara Yasa^{1*}, I Wayan Suriana² Irma suryanti³ I Wayan Dikse Pancane⁴

¹²³⁴ Universitas Pendidikan Nasional Denpasar, Jalan Bedugul no. 39 sidekarya Denpasar Selatan Kota Denpasar Bali Telp : (0361) 723868, Fax 903610 723077

Kata Kunci: bahan bakar, efisien, ekonomis

Correspondent Email:
sugarayasa@undiknas.ac.id



Copyright © [JPI](#) (Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung).

Abstrak. Penelitian ini fokus dalam mengkaji pemilihan bahan bakar yang tepat agar mendapatkan bahan bakar yang efisien dan ekonomis untuk jenis pembangkit listrik tenaga diesel gas (PLTDG) yang bisa menggunakan dua bahan bakar yang berbeda secara bergantian yaitu bahan bakar LNG (*Liquefied Natural Gas*) dan HSD (*High Speed Diesel*). Penelitian ini menggunakan jenis data sekunder dengan metode studi literatur, observasi dan wawancara. Dari hasil penelitian menunjukkan persentase pembebanan pada pembangkit memiliki pengaruh terhadap efisiensi thermal dimana semakin tinggi persentase pembebanan maka semakin menurun nilai efisiensi thermal. Bahan bakar jenis LNG memiliki efisiensi yang lebih baik karena dengan nilai rata-rata persentase pembebanan yang jauh lebih tinggi dari HSD namun memiliki nilai efisiensi thermal yang hampir sama. Begitu juga dengan biaya produksi energi listrik per kWh bahan bakar LNG memiliki biaya produksi yang lebih ekonomis dari bahan bakar HSD. Penelitian ini menyarankan pada pembangkit berjenis thermal agar menggunakan bahan bakar LNG sebagai bahan bakar utama.

Abstract. This study focuses on examining the selection of the right fuel to obtain efficient and economical fuel for the type of diesel gas power plant (PLTDG) which can use two different fuels alternately namely LNG (*Liquefied Natural Gas*) and HSD (*High Speed Diesel*) fuels. This study uses secondary data with literature study methods, observations and interviews. The results of the study show that the percentage of loading on the generator has an effect on thermal efficiency where the higher the percentage of loading, the lower the thermal efficiency value. LNG type fuel has better efficiency because with an average value of the percentage of loading that is much higher than HSD but has almost the same thermal efficiency value. Likewise, the cost of producing electrical energy per kWh of LNG fuel has a more economical production cost than HSD fuel. This study recommends that thermal power plants use LNG fuel as the main fuel.

1. PENDAHULUAN

Pada sistem Bali untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut dibangun beberapa unit pembangkit tenaga listrik mulai dari pembangkit yang dibangun oleh perusahaan BUMN maupun perusahaan milik swasta[1]. Selain itu sub sistem bali juga menerima kiriman energi listrik dari sistem

kelistrikan jawa melalui sistem kabel laut (SKLT). Khusus untuk perusahaan BUMN yang bertanggung jawab dalam pembangkitan tenaga listrik di Bali adalah PT. PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) Bali dimana perusahaan ini bergerak di bidang pembangkitan tenaga listrik yang luas jangkauan bisnisnya meliputi hampir seluruh

wilayah Indonesia dan merupakan anak usaha dari PT. PLN (Persero)[2]. PT. PLN Indonesia Power UBP Bali memiliki beberapa jenis pembangkit listrik yang digunakan berbasis Mesin Diesel Gas (PLTDG) dan Gas Turbin (PLTG) yang tersebar di tiga wilayah provinsi Bali yaitu Pesanggaran, Gilimanuk, dan Pamaran[3]. Kedua jenis pembangkit listrik ini memiliki sistem yang sangat kompleks terdiri dari berbagai sistem lain yang sudah terintegrasi[4]. Sistem kontrol yang baik akan mengoptimalkan kinerja dari kedua jenis pembangkit listrik ini[5].

Pada PLTDG di PT. PLN Indonesia Power UBP Bali terdapat 12 unit pembangkit yang terbagi menjadi 4 blok, dimana masing-masing blok terdiri dari 3 unit pembangkit[6], [7]. Bahan bakar yang digunakan untuk mengoperasikan unit pembangkit PLTDG yaitu *Liquefied Natural Gas* (LNG) dan *High Speed Diesel* (HSD) yang dapat digunakan secara bergantian sesuai permintaan dari *dispatcher*[8]. Untuk penggunaan 2 jenis bahan bakar tersebut terdapat pada PLTDG Blok 4 yang dimana terdiri dari unit 10,11 & 12[9]. Dengan digunakannya 2 jenis bahan bakar tersebut tentunya setiap jenis bahan bakar memiliki kualitas yang berbeda mulai dari *heat rate*, efisiensi, ataupun dari segi biaya sehingga dapat mempengaruhi produksi energi listrik pada setiap unit pembangkit[10]. Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis membahas tentang “Analisis Konsumsi Bahan Bakar PLTDG di PT. PLN Indonesia Power UBP Bali. Adapun tujuan yang ingin dicapai dari pembahasan permasalahan ini adalah: Dapat menghitung tara kalor (*heat rate*) berdasarkan data konsumsi bahan bakar dan produksi kwh dari 2 jenis bahan bakar yang digunakan pada PLTDG Blok 4 di PT. PLN Indonesia Power UBP Bali, Dapat menghitung nilai efisiensi thermal dari 2 jenis bahan bakar yang digunakan pada PLTDG Blok 4 di PT. PLN Indonesia Power UBP Bali, Dapat menghitung biaya produksi energi listrik per Kwh dari 2 jenis bahan bakar yang digunakan pada PLTDG Blok 4 di PT. PLN Indonesia Power UBP Bali.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu.

Studi Analisis Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Studi Kasus PT.PLN Pembangkitan TanjungJati[11].

2.2. Proses Pembangkitan Tenaga Listrik

PLTDG merupakan pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai *prime mover*. Fungsi dari *prime mover* yaitu menghasilkan energi mekanis yang akan memutar rotor generator untuk mengubah energi gerak atau energi mekanis menjadi energi listrik[12].

Proses pembangkitan energi listrik pada PLTDG yaitu, bahan bakar dipompa dan dialirkan menuju ruang bakar, bersamaan dengan udara bersih akan dimasukkan ke dalam tangki udara start melalui saluran masuk kemudian dialirkan ke turbocharger, di dalam turbocharger udara tekanan dan suhu dinaikan dan dialirkan menuju ruang bakar[13]. Di dalam ruang bakar udara bertekanan dan suhu tinggi akan dimanfaatkan di dalam silinder, kemudian suhu didalam silinder dinaikan dan bahan bakar disemprotkan kedalam silinder sampai suhu tinggi melebihi titik nyala bahan bakar, sehingga mesin diesel menyala dan menimbulkan ledakan bahan bakar pada ruang bakar tersebut menggerakkan torak/piston, yang kemudian pada poros engkol diubah menjadi energi putar[14]. Energi putar ini digunakan untuk memutar turbin gas, sehingga turbin gas dapat memutar generator. Apabila generator sudah memiliki excitasi/penguat/fluksi yang cukup, maka generator dapat membangkitkan energi Listrik.

2.3 Unit 10, 11 & 12 Generator PLTDG Pesanggaran

Unit Generator yang digunakan di PLTDG Pesanggaran merupakan jenis generator sinkron buatan pabrikan engine Wartsila yang berasal dari Finlandia. Spesifikasi setiap generatornya adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1

Spesifikasi generator PLTDG unit 10, 11 & 12.

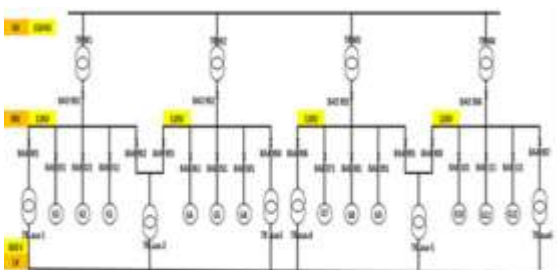
Generator Unit 10, 11 & 12	
<i>Engine Type</i>	18V 50DF
<i>Output</i>	20798 kVA
<i>Voltage</i>	11 kV
<i>Frequency</i>	50 Hz
<i>Current</i>	1092 A
<i>Power Factor</i>	0.8

(Sumber: PT. PLN Indonesia power UBP Bali, 2025)

**Gambar 2.1** Mesin PLTDG Unit 10,11 & 12
(Sumber: PT. PLN Indonesia power UBP Bali, 2025)

Mesin generator yang digunakan di PLTDG Pesanggaran memiliki tipe 18V50DF, yang berarti mesin ini memiliki 18 silinder yang disusun V dengan diameter silinder sebesar 50 cm dan dapat beroperasi pada dua jenis bahan bakar (DF atau Dual Fuel) yaitu diesel dan gas.

2.4 Single Line PLTDG 200 MW

**Gambar 2.2** Single Line PLTDG Blok 1, 2, 3 & 4

(Sumber: PT.PLN Indonesia power UBP Bali, 2025)

2.5 Sistem Kontrol

Fungsi dari sistem kontrol adalah untuk mengurutkan sistem operasi turbin gas pada saat *starting*, *running*, *shutdown*, dan untuk mendapatkan kebutuhan keamanan selama semua bagian beroperasi. Sistem kontrol yang baik sangatlah diperlukan untuk meningkatkan efisiensi kerja dari pembangkit dan proses-proses yang ada di lapangan, karena semuanya bergantung dari pembangkit. Sistem kontrol yang ada di Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gas (PLTDG) :

1. The Wartsila Unified Controls (UNIC)
2. Wartsila Plant/Propulsion Control Sistem (WPCS).
3. Wartsila Operator's Interface Sistem (WOIS)
4. Wartsila Information Sistem Environment (WISE)

2.6 Bahan Bakar

Biasanya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi.

1. Bahan Bakar LNG

Pengoperasian PLTDG saat melayani beban seluruhnya menggunakan bahan bakar LNG (Liquified Natural Gas). Gas alam merupakan gas yang terdiri atas beberapa komponen hidrokarbon ringan.

2. Bahan Bakar HSD

High Speed Diesel (HSD) adalah salah satu jenis bahan bakar yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak bumi. Minyak mentah dipisahkan fraksi-fraksinya pada proses destilasi sehingga dihasilkan fraksi solar dengan titik didih 250°C sampai 300°C. Bahan bakar HSD merupakan jenis solar yang memiliki angka performa *cetane number* 45.

2.7 Nilai Kalor

Nilai kalor dari suatu bahan bakar yang dibakar adalah besarnya panas yang dihasilkan oleh bahan bakar dengan jumlah tertentu dalam satuan kcal/kg bahan bakar. Bahan bakar memiliki nilai kalor antara 10.000-11.000 kcal/kg atau 18.300- 19.800 Btu/lb.

Nilai *heat rate* akan berbanding terbalik dengan efisiensi termal, artinya semakin rendah jumlah energi berarti akan semakin baik atau efisien. *Specific Fuel Consumption*

dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$SRC \left(\frac{\text{Liter}}{\text{Kwh}} \right) = \frac{\text{Pemakaian Bahan Bakar}}{2 \text{Produksi bahan bakar (Kwh)}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Besarnya *Heat Rate* dapat dihitung berdasarkan perhitungan SFC di atas yaitu:

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = \text{LHV} \times \text{SFC} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

$$\text{LHV (kcal/liter)} = \text{Nilai kalor} \times \text{SG} \dots\dots(2.3)$$

Adapun nilai persentase pembebanan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$PP = \frac{\text{Jumlah Beban (MW)}}{P \text{ Max (MW)}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

Untuk mencari jumlah beban (MW) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P \text{ (MW)} = \frac{\text{Jumlah Prduksi (KWh)}}{2 \text{Waktu Produksi 1 Tahun}} \dots\dots(2.5)$$

Sehingga Efisiensi Thermal dapat diketahui dengan persamaan:

$$\eta_{th} = 1 + \frac{860}{1 \text{Heat Rate}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

2.8 Perhitungan Biaya Produksi Energi Listrik Per kWh

Biaya Produksi Energi Listrik per kWh =

$$\frac{\text{Harga bahan bakar}}{1 \text{Produksi Kwh/liter}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

Produksi kWh per liter =

$$\frac{\text{Total produksi Kwh}}{\text{total konsumsi bahan bakar}} \dots\dots\dots(2.8)$$

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini metode yang dilakukan yaitu dengan menggunakan pendekatan metode kualitatif. Penelitian ini berada di PT Indonesia Power UBP Bali pesanggaran. Adapun data yang digunakan berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang didapat melalui observasi langsung ke Lokasi penelitian dokumen serta data sekunder diperoleh dari kajian literatur terdahulu. Analisa Data

Pengambilan data berdasarkan pencatatan/rekaman dari operator PLTDG blok 4 di PT. PLN Indonesia Power UBP Bali.

Teknik pengolahan data yang digunakan yaitu menghitung terlebih dahulu SFC setelah itu baru melanjutkan menghitung LHV dan menghitung *Heat Rate*, sehingga dapat menghitung efisiensi thermal dengan rumus :

$$\eta_{th} = 1 + \frac{860}{\text{heat rate}} \times 100\%$$

Selanjutnya untuk menghitung biaya energi listrik per Kwh dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

Biaya Produksi Energi Listrik per kWh =

$$\frac{\text{harga bahan bakar}}{\text{produksi Kwh per liter}}$$

4. PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Nilai *Heat Rate* Bahan Bakar PLTDG Blok 4

Perhitungan nilai *heat rate* diperlukan agar mengetahui jumlah energi yang diperlukan untuk menghasilkan energi listrik 1 Kw dalam waktu 1 Jam. Nilai *heat rate* dapat diketahui jika nilai dari LHV (*low heat rate*) dan SFC (*specific fuel consumption*) sudah diketahui terlebih dahulu. Maka dari itu untuk mencari nilai LHV dan SFC diperlukan data-data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Daya Pembangkitan Energi Listrik PLTDG Blok 4

PLTDG	Unit	Daya Terpasang (MW)	Daya Mampu (MW)
Blok 4	Pesanggaran 4.10	16,64	15,2
	Pesanggaran 4.11	16,64	15,2
	Pesanggaran 4.12	16,64	15,2

*Sumber: PT. PLN Indonesia Power UBP
Bali, 2025*

PT. PLN Indonesia Power UBP Bali Unit Pesanggaran Blok 4 terdiri dari 3 unit PLTDG yaitu unit 10,11&12 dengan total keseluruhan daya yang mampu dibangkitkan sebesar 45,6 MW. Apabila dihitung lebih rinci setiap unitnya mampu membangkitkan daya rata-rata sebesar 15,2 MW.

Tabel 4.2 Data Konsumsi Bahan Bakar PLTDG Unit 10.

No	Tahun	Jenis Bahan Bakar	
		LNG (Liter)	HSD (Liter)
1	2023	21.857.441,004	1.454.889
2	2024	17.821.707,222	6.482.656

*Sumber: PT. PLN Indonesia Power UBP
Bali, 2025*

Tabel 4.3 Data Konsumsi Bahan Bakar PLTDG Unit 11

No	Tahun	Jenis Bahan Bakar	
		LNG (Liter)	HSD (Liter)
1	2023	21.806.268,575	885.377
2	2024	13.157.186,286	7.855.576

*Sumber: PT. PLN Indonesia Power UBP
Bali, 2025*

Tabel 4.4 Data Konsumsi Bahan Bakar PLTDG Unit 12

No	Tahun	Jenis Bahan Bakar	
		LNG (Liter)	HSD (Liter)
1	2023	29.745.261,824	1.195.047
2	2024	18.910.406,189	5.568.250

*Sumber: PT. PLN Indonesia Power UBP
Bali, 2025*

Pada tabel 4.2, 4.3, dan 4.4 terdapat data konsumsi bahan bakar PLTDG blok 4 yaitu unit 10,11&12 dengan menggunakan bahan bakar LNG dan HSD pada tahun 2023 dan 2024. Dimana untuk setiap unitnya nilai konsumsi bahan bakar menggunakan LNG lebih banyak dibandingkan dengan HSD.

Tabel 4.5 Data Produksi kWh PLTDG Unit 10

No	Tahun	Jenis Bahan Bakar	
		LNG (kWh)	HSD (kWh)
1	2023	83.333.633,878	5.985.546,122
2	2024	68.376.126,488	26.580.373,512

*Sumber: PT. PLN Indonesia Power UBP
Bali, 2025*

Tabel 4.6 Data Produksi kWh PLTDG Unit 11

No	Tahun	Jenis Bahan Bakar	
		LNG (kWh)	HSD (kWh)
1	2023	84.004.634,686	3.648.043,314
2	2024	51.104.885,111	32.326.514,889

*Sumber: PT. PLN Indonesia Power UBP
Bali, 2025*

Tabel 4.7 Data Produksi kWh PLTDG Unit 12

No	Tahun	Jenis Bahan Bakar	
		LNG (kWh)	HSD (kWh)
1	2023	109.821.102,450	4.920.231,550
2	2024	71.478.606,754	22.760.193,246

*Sumber: PT. PLN Indonesia Power UBP
Bali, 2025*

Pada tabel 4.5, 4.6, dan 4.7 terdapat data produksi kWh bahan bakar PLTDG blok 4 yaitu unit 10,11&12 dengan menggunakan bahan bakar LNG dan HSD pada tahun 2023 dan 2024. Dimana untuk setiap unitnya data produksi kWh dengan bahan bakar LNG lebih banyak dibandingkan dengan HSD.

Tabel 4.8 Nilai Kalor Bahan Bakar

No	Bahan Bakar	Nilai Kalor	Satuan
1	LNG	8.568,51	kcal/liter
2	HSD	9.060,00	kcal/liter

Sumber: Perhitungan peneliti, 2025

Pada tabel 4.8 terdapat data nilai kalor bahan bakar. Karena dalam perhitungan membutuhkan nilai kalor dengan satuan kcal/liter maka satuan bahan bakar LNG dikonversi dari nilai kalor 252.000,00 kcal/mmBTU menjadi 8.568,51 kcal/liter.

Tabel 4.9 Berat Jenis Bahan Bakar

No	Bahan Bakar	Berat Jenis
1	LNG	1,00026
2	HSD	1,0001221

Sumber: PT. PLN Indonesia Power UBP Bali, 2025

Pada tabel 4.9 terdapat data berat jenis atau *specific gravity* dengan menggunakan bahan bakar LNG dan HSD pada PLTDG Blok 4 yaitu unit 10,11&12.

4.2 Perhitungan Nilai SFC (*Specific Fuel Consumption*) PLTDG Blok 4

Adapun total data konsumsi bahan bakar terdapat pada tabel 4.2 untuk unit 10, tabel 4.3 untuk unit 11 dan tabel 4.4 untuk unit 12. Sedangkan total produksi kWh terdapat pada tabel 4.5 untuk unit 10, tabel 4.6 untuk unit 11 dan tabel 4.7 untuk unit 12.

A. Perhitungan SFC (*Specific Fuel Consumption*) unit 10

1). SFC bahan bakar LNG tahun 2023

$$\text{SFC LNG} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{21.857.441,004 \text{ liter}}{83.333.633,878} \\ = 0,2623 \text{ Liter/kWh}$$

2). SFC bahan bakar HSD tahun 2023

$$\text{SFC HSD} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{1.454.889 \text{ liter}}{5.985.546,122 \text{ kWh}} \\ = 0,2430 \text{ Liter/kWh}$$

3). SFC bahan bakar LNG tahun 2024

$$\text{SFC LNG} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{17.821.707,222 \text{ liter}}{68.376.126,488} \\ = 0,2606 \text{ Liter/kWh}$$

4). SFC bahan bakar HSD tahun 2024

$$\text{SFC HSD} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{6.482.656 \text{ liter}}{26.580.373,512 \text{ kWh}} \\ = 0,2439 \text{ Liter/kWh}$$

B. Perhitungan SFC (*Specific Fuel Consumption*) unit 11

1) SFC bahan bakar LNG tahun 2023

$$\text{SFC LNG} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{21.806.268,575 \text{ liter}}{84.004.634,686 \text{ kWh}} \\ = 0,2596 \text{ Liter/kWh}$$

2). SFC bahan bakar HSD tahun 2023

$$\text{SFC HSD} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{885.377 \text{ liter}}{3.648.043,314 \text{ kWh}} \\ = 0,2427 \text{ Liter/kWh}$$

3). SFC bahan bakar LNG tahun 2024

$$\text{SFC LNG} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{13.157.186,286 \text{ liter}}{51.104.885,111 \text{ kWh}} \\ = 0,2574 \text{ Liter/kWh}$$

4). SFC bahan bakar HSD tahun 2024

$$\text{SFC HSD} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{7.855.576 \text{ liter}}{32.326.514,889 \text{ kWh}} \\ = 0,2430 \text{ Liter/kWh}$$

C. Perhitungan SFC (*Specific Fuel Consumption*) unit 12.

1). SFC bahan bakar LNG tahun 2023

$$\text{SFC LNG} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{29.745.261,824 \text{ liter}}{109.821.102,450 \text{ kWh}} \\ = 0,2708 \text{ Liter/kWh}$$

2). SFC bahan bakar HSD tahun 2023.

$$\text{SFC HSD} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{1.195.047 \text{ liter}}{4.920.231,550 \text{ kWh}} = 0,2428 \text{ Liter/kWh}$$

3). SFC bahan bakar LNG tahun 2024

$$\text{SFC LNG} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{18.910.406,189 \text{ liter}}{71.478.606,754 \text{ kWh}} = 0,2646 \text{ Liter/kWh}$$

4). SFC bahan bakar HSD tahun 2024

$$\text{SFC HSD} \left(\frac{\text{Liter}}{\text{kWh}} \right) = \frac{5.568.250 \text{ liter}}{22.760.193,246 \text{ kWh}} = 0,2446 \text{ Liter/kWh}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan tabel perhitungan SFC PLTDG blok 4 dengan menggunakan bahan bakar LNG dan HSD pada tahun 2023 dan 2024 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10

Hasil Perhitungan Nilai SFC Unit 10

No	Tahun	Nilai SFC (<i>Specific Fuel Consumption</i>)	
		LNG (Liter/kWh)	HSD (Liter/kWh)
1	2023	0,2623	0,2430
2	2024	0,2606	0,2439

Tabel 4.11

Hasil Perhitungan Nilai SFC Unit 11

No	Tahun	Nilai SFC (<i>Specific Fuel Consumption</i>)	
		LNG (Liter/kWh)	HSD (Liter/kWh)
1	2023	0,2596	0,2427
2	2024	0,2574	0,2430

Tabel 4.12

Hasil Perhitungan Nilai SFC Unit 12.

No	Tahun	Nilai SFC (<i>Specific Fuel Consumption</i>)	
		LNG (Liter/kWh)	HSD (Liter/kWh)
1	2023	0,2708	0,2428
2	2024	0,2646	0,2446

Pada tabel 4.10, tabel 4.11 dan tabel 4.12 terdapat perhitungan nilai SFC PLTDG blok 4 dengan menggunakan bahan bakar LNG dan HSD pada tahun 2023 dan 2024. Dimana perhitungan SFC dengan menggunakan bahan bakar LNG memiliki nilai SFC yang lebih tinggi. Sehingga bahan bakar yang dikonsumsi lebih banyak dibandingkan dengan HSD.

4.3 Perhitungan Nilai LHV (*Low Heat Value*) PLTDG Blok 4

Untuk perhitungan nilai dari LHV (*Low Heat Value*) PLTDG blok 4 dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.3. Adapun nilai kalor dari bahan bakar LNG dan HSD terdapat pada tabel 4.8 dan untuk nilai berat jenis (*specific gravity*) dari bahan bakar LNG dan HSD terdapat pada table 4.9.

- Nilai LHV (*Low Heat Value*) bahan bakar LNG pada PLTDG blok 4 LHV (kcal/ltr) = Nilai Kalor × Berat Jenis
 $\text{LHV (kcal/ltr)} = 8.568,51 \text{ kcal/liter} \times 1,00026 \text{ LHV (kcal/ltr)} = 8.570,74 \text{ kcal/liter}$
- Nilai LHV (*Low Heat Value*) bahan bakar HSD pada PLTDG blok 4 LHV (kcal/ltr) = Nilai Kalor × Berat Jenis
 $\text{LHV (kcal/ltr)} = 9.060,00 \text{ kcal/liter} \times 1,0001221 \text{ LHV (kcal/ltr)} = 9.061,11 \text{ kcal/liter}$

Tabel 4.13

Hasil Perhitungan Nilai LHV Bahan Bakar PLTDG Blok 4

No	Bahan Bakar	Nilai LHV (<i>Low Heat Value</i>)	Satuan
1	LNG	8.570,74	kcal/liter
2	HSD	9.061,11	kcal/liter

Dari hasil perhitungan nilai LHV (*Low Heat Value*) didapatkan bahwa nilai LHV bahan bakar LNG nilainya lebih rendah dari nilai LHV bahan bakar HSD.

4.4 Perhitungan Nilai *Hate Rate* PLTDG

Blok 4.

Berdasarkan perhitungan nilai SFC (*Specific Fuel Consumption*) dan nilai LHV (*Low Heat Value*) di atas, maka nilai *Heat Rate* untuk masing- masing bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2. Adapun nilai SFC (*Specific Fuel Consumption*) terdapat pada tabel 4.10 untuk unit 10, tabel 4.11 untuk unit 11 dan tabel 4.12 untuk unit 12. Sedangkan nilai LHV (*Low Heat Value*) bahan bakar LNG dan HSD terdapat pada tabel 4.13.

a. Perhitungan Nilai *Heat Rate* unit 10

- 1) Nilai *Heat Rate* Bahan Bakar LNG tahun 2023

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = \text{LHV} \times \text{SFC}$$

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = 8.570,74 \text{ Kcal/liter} \times 0,2623 \text{ Liter/kWh}$$

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = 2.248,10 \text{ Kcal/kWh}$$

- 2) Nilai *Heat Rate* Bahan Bakar HSD tahun 2023

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = \text{LHV} \times \text{SFC}$$

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = 9.061,11 \text{ Kcal/liter} \times 0,2430 \text{ Liter/kWh}$$

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = 2.201,85 \text{ Kcal/kWh}$$

- 3) Nilai *Heat Rate* Bahan Bakar LNG tahun 2024

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = \text{LHV} \times \text{SFC}$$

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = 8.570,74 \text{ Kcal/liter} \times 0,2606 \text{ Liter/kWh}$$

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = 2.233,53 \text{ Kcal/kWh}$$

- 4) Nilai *Heat Rate* Bahan Bakar HSD tahun 2024

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = \text{LHV} \times \text{SFC}$$

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = 9.061,11 \text{ Kcal/liter} \times 0,2439 \text{ Liter/kWh}$$

$$\text{Heat Rate (Kcal/kWh)} = 2.210,00 \text{ Kcal/kWh}$$

Berdasarkan perhitungan nilai *hate rate* diatas, didapatkan hasil perhitungan nilai *hate rate* dari bahan bakar LNG dan HSD pada tahun 2023 dan 2024 untuk setiap unit yang ada di blok 4 yaitu unit 10,11 dan 12 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14 Perhitungan Nilai *Hate Rate* Bahan Bakar Unit 10

No	Tahun	Nilai <i>Hate Rate</i>	
		LNG (Kcal/kWh)	HSD (Kcal/kWh)
1	2023	2.248,10	2.201,85
2	2024	2.233,53	2.210,00

Tabel 4.15

Perhitungan Nilai *Hate Rate* Bahan Bakar Unit 11.

No	Tahun	Nilai <i>Hate Rate</i>	
		LNG (Kcal/kWh)	HSD (Kcal/kWh)
1	2023	2.224,96	2.199,13
2	2024	2.206,11	2.201,84

Tabel 4.16

Perhitungan Nilai *Hate Rate* Bahan Bakar Unit 12

No	Tahun	Nilai <i>Hate Rate</i>	
		LNG (Kcal/kWh)	HSD (Kcal/kWh)
1	2023	2.320,99	2.200,04
2	2024	2.267,82	2.216,35

Pada tabel 4.14, tabel 4.15, tabel, 4.16 merupakan hasil perhitungan nilai *hate rate* pada setiap unit yang ada di blok 4 yaitu 10,11 & 12 dengan bahan bakar LNG dan HSD pada tahun 2023 dan 2024. Dimana didapatkan hasil nilai *hate rate* dengan bahan bakar HSD memiliki nilai yang lebih kecil/lebih rendah dibandingkan dengan nilai *hate rate* dari bahan bakar LNG.

4.5 Perhitungan Nilai Efisiensi Thermal Bahan Bakar PLTDG Blok 4.

Berdasarkan perhitungan nilai *hate rate* di PLTDG blok 4 yaitu unit 10,11 & 12 sudah dilakukan maka perhitungan untuk mencari nilai efisiensi thermal dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.6. Adapun nilai *hate rate* PLTDG blok 4 terdapat di tabel 4.14 untuk unit 10, tabel 4.15 untuk unit 11 dan tabel 4.16 untuk unit 12.

A. Perhitungan nilai efisiensi thermal pada unit 10

- 1) Efisiensi thermal bahan bakar LNG tahun

2023

$$\eta_{th} = \frac{860}{2.248,10} \times 100\%$$

$$= 38,25 \%$$

- 2) Efisiensi thermal bahan bakar HSD tahun 2023

$$\eta_{th} = \frac{860}{2.201,85} \times 100\%$$

$$= 39,05 \%$$

- 3) Efisiensi thermal bahan bakar LNG tahun 2024

$$\eta_{th} = \frac{860}{2.233,53} \times 100\%$$

$$= 38,50 \%$$

- 4) Efisiensi thermal bahan bakar HSD tahun 2024

$$\eta_{th} = \frac{860}{2.210,00} \times 100\%$$

$$= 38,91 \%$$

$$= 39,06 \%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan tabel perhitungan efisiensi thermal dengan menggunakan bahan bakar LNG dan HSD di PLDTG Blok 4 yaitu pada unit 10,11 & 12 pada tahun 2023 dan 2024 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.17

Hasil Perhitungan Nilai Efisiensi Thermal Unit 10

No	Tahun	Nilai Efisiensi Thermal	
		LNG	HSD
1	2023	38,25 %	39,05 %
2	2024	38,50 %	38,91 %

Tabel 4.18

Hasil Perhitungan Nilai Efisiensi Thermal Unit 11

No	Tahun	Nilai Efisiensi Thermal	
		LNG	HSD
1	2023	38,65 %	39,11 %
2	2024	38,98 %	39,06 %

Tabel 4.19

Hasil Perhitungan Nilai Efisiensi Thermal Unit 12

No	Tahun	Nilai Efisiensi Thermal	
		LNG	HSD
1	2023	37,05 %	39,09 %
2	2024	37,92 %	38,80 %

Untuk mengetahui perbandingan tinggi rendahnya sebuah nilai efisiensi terhadap pembebanan perlu dilakukan perhitungan nilai dari persentase pembebanan pada setiap unit yang ada pada PLTDG blok 4.

4.6 Perhitungan Persentase Pembebanan PLTDG Blok 4

Persentase pembebanan PLTDG blok 4 yaitu unit 10,11 & 12 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 dan 2.5. Adapun total kWh produksi dari setiap unit terdapat pada tabel 4.5 untuk unit 10, tabel 4.6 untuk unit 11 dan tabel 4.7 untuk unit 12. Daya mampu setiap pembangkit ada pada tabel 4.1. Selanjutnya untuk mencari waktu produksi selama 1 tahun PLTDG blok 4 ada pada keterangan di bawah ini:

Keterangan PP = Persentase Pembebanan

1 Tahun = 8.760 Jam.

- a. Perhitungan Persentase Pembebanan Unit 10

- 1) Persentase pembebanan bahan bakar LNG tahun 2023.

$$Unit\ 10 = \frac{83.333.633,878\ (kWh)}{8760}$$

$$= 9.512,97\ kW = 9,51297\ MW$$

$$PP = \frac{9,51297\ MW}{15,2} \times 100\%$$

$$= 62,58 \%$$

- 2) Persentase pembebanan bahan bakar HSD tahun 2023.

$$Unit\ 10 = \frac{5.985.546,122\ (kWh)}{8760}$$

$$\begin{aligned}
 &= 683,281 \text{ kW} = 0,683281 \\
 &\text{MW} \\
 PP &= \frac{0,683.281 \text{ MW}}{15,2} \times 100\% \\
 &= 4,49 \%
 \end{aligned}$$

- 3) Persentase pembebanan bahan bakar LNG tahun 2024.

$$\begin{aligned}
 \text{Unit 10} &= \frac{68.376.126,488 \text{ (kWh)}}{8760} \\
 &= 7.805,49 \text{ kW} = 7,80549 \text{ MW} \\
 PP &= \frac{7,80549}{15,2} \times 100\% \\
 &= 51,35 \%
 \end{aligned}$$

- 4) Persentase pembebanan bahan bakar HSD tahun 2024

$$\begin{aligned}
 \text{Unit 10} &= \frac{26.580.373,512 \text{ (kWh)}}{8.760} \\
 &= 3.034,29 \text{ kW} \\
 &= 3,03429 \text{ MW} \\
 PP &= \frac{3,03429 \text{ MW}}{15,2} \times 100\% \\
 &= 19,96 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan persentase pembebanan diatas, didapatkan hasil perhitungan persentase pembebanan dari bahan bakar LNG dan HSD pada tahun 2023 dan 2024 untuk setiap unit yang ada di blok 4 yaitu unit 10,11 dan 12 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.20

Hasil Perhitungan Persentase Pembebanan Unit 10

No.	Tahun	Persentase Pembebanan	
		LNG	HSD
1	2023	62,58 %	4,49 %
2	2024	51,35 %	19,96 %

Tabel 4.21

Hasil Perhitungan Persentase Pembebanan Unit 11

No.	Tahun	Persentase Pembebanan	
		LNG	HSD
1	2023	63,09 %	2,74 %
2	2024	38,38 %	24,28 %

Tabel 4.22

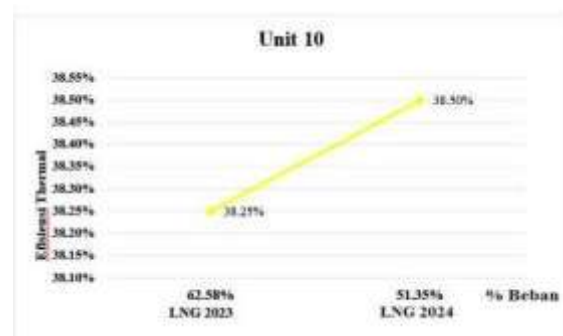
Hasil Perhitungan Persentase Pembebanan Unit 12

No.	Tahun	Persentase Pembebanan	
		LNG	HSD
1	2023	82,48 %	3,69 %
2	2024	53,68 %	17,09 %

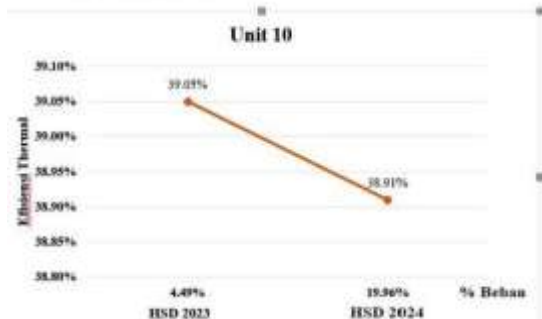
Pada tabel 4.20, 4.21, dan 4.22 terdapat nilai persentase pembebanan PLTDG Blok 4 yaitu unit 10,11 & 12 dengan menggunakan bahan bakar LNG dan HSD pada tahun 2023 dan 2024. Dimana untuk setiap unitnya nilai persentase pembebanan menggunakan bahan bakar LNG memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar HSD.

4.7 Hubungan Efisiensi Thermal dengan Persentase Pembebanan PLTDG Blok 4

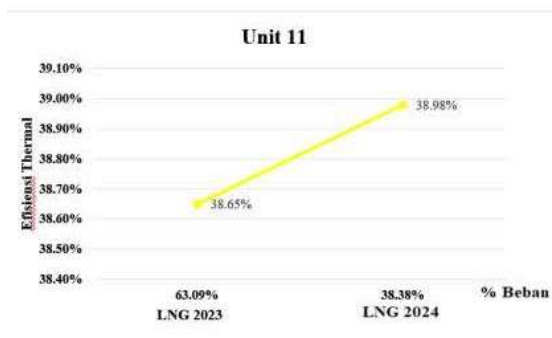
Berdasarkan perhitungan nilai efisiensi thermal pada tabel 4.17, tabel 4.18, tabel 4.19 dan untuk perhitungan nilai persentase pembebanan pada tabel 4.20, tabel 4.21 dan 4.22 untuk setiap unit di PLTDG Blok 4 yaitu unit 10,11 & 12 didapatkan hubungan antara nilai efisiensi thermal dengan nilai persentase pembebanan adalah sebagai berikut:



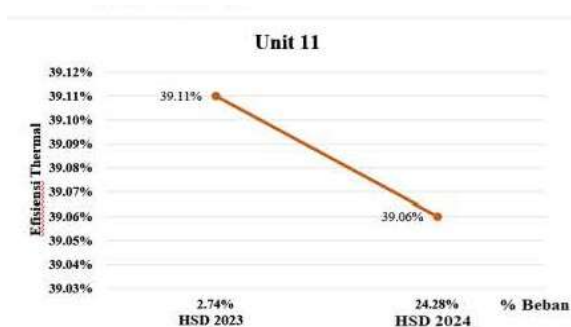
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Efisiensi Thermal Dengan Persentase Pembebanan Menggunakan Bahan Bakar LNG Pada Unit 10.



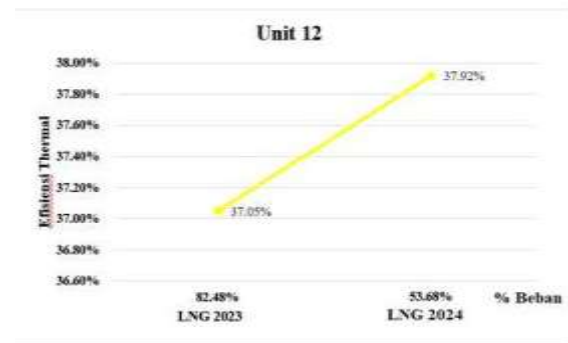
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Efisiensi Thermal Dengan Persentase Pembebanan Menggunakan Bahan Bakar HSD Pada Unit 10



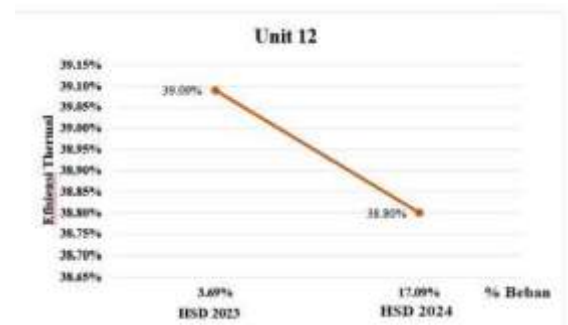
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Efisiensi Thermal Dengan Persentase Pembebanan Menggunakan Bahan Bakar LNG Pada Unit 11



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Efisiensi Thermal Dengan Persentase Pembebanan Menggunakan Bahan Bakar HSD Pada Unit 11



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Efisiensi Thermal Dengan Persentase Pembebanan Menggunakan Bahan Bakar LNG Pada Unit 12



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Efisiensi Thermal Dengan Persentase Pembebanan Menggunakan Bahan Bakar HSD Pada Unit 10

Grafik di atas menunjukkan perbandingan antara persentase pembebanan dengan bahan bakar LNG dari tahun 2023 sampai dengan tahun 2024 memiliki nilai yang jauh lebih besar dibandingkan dengan persentase pembebanan dengan bahan bakar HSD pada setiap unit PLTDG Blok 4 yaitu unit 10, 11 & 12. Maka dari hubungan nilai efisiensi thermal dengan persentase pembebanan ini didapatkan hasil bahwa bahan bakar LNG lebih efisien daripada bahan bakar HSD, dikarenakan persentase pembebanan dengan bahan bakar LNG yang jauh lebih besar namun memiliki nilai efisiensi thermal yang hampir sama dengan nilai efisiensi thermal dengan bahan bakar HSD.

4.8 Perhitungan Produksi kWh Per Liter PLTDG Blok 4.

Perhitungan produksi kWh per liter PLTDG Blok 4 dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.8. Adapun data total konsumsi bahan bakar terdapat pada tabel

4.2 untuk unit 10, tabel 4.3 untuk unit 11 dan pada tabel 4.4 untuk unit 12, sedangkan data total produksi kWh terdapat pada tabel 4.5 untuk unit 10, table 4.6 untuk unit 11 dan pada tabel 4.7 untuk unit 12.

a. Perhitungan produksi kWh per liter unit 10.

1) Produksi kWh per liter bahan bakar LNG tahun 2023

$$\begin{aligned} & \frac{\text{produksi kWh/Liter}}{\text{total produksi Kwh LNG}} \\ &= \frac{83.333.633,878}{21.857.441,004} \\ &= 3,8126 \text{ kWh/liter.} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan tabel produksi kWh per liter dengan bahan bakar LNG dan HSD pada tahun 2023 dan 2024 di PLTDG Blok 4 yaitu unit 10,11 & 12 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.20

Hasil Perhitungan Persentase Pembebanan Unit 10

No.	Tahun	Persentase Pembebanan	
		LNG	HSD
1	2023	62,58 %	4,49 %
2	2024	51,35 %	19,96 %

Tabel 4.21

Hasil Perhitungan Persentase Pembebanan Unit 11

No.	Tahun	Persentase Pembebanan	
		LNG	HSD
1	2023	63,09 %	2,74 %
2	2024	38,38 %	24,28 %

Tabel 4.22

Hasil Perhitungan Persentase Pembebanan Unit 12

No.	Tahun	Persentase Pembebanan	
		LNG	HSD
1	2023	82,48 %	3,69 %
2	2024	53,68 %	17,09 %

Tabel 4.23

Hasil Perhitungan Produksi kWh Per Liter Unit 10

No.	Tahun	Produksi kWh Per Liter	
		LNG	HSD
1	2023	3,8126	4,1140
2	2024	3,8367	4,1002

Tabel 4.24

Hasil Perhitungan Produksi kWh Per Liter Unit 11.

No.	Tahun	Produksi kWh Per Liter	
		LNG	HSD
1	2023	3,8523	4,1203
2	2024	3,8842	4,1151

Tabel 4.25

Hasil Perhitungan Produksi kWh Per Liter Unit 12.

No.	Tahun	Produksi kWh Per Liter	
		LNG	HSD
1	2023	3,6920	4,1172
2	2024	3,7798	4,0875

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut didapatkan bahwa 1 liter bahan bakar HSD pada setiap unitnya dapat memproduksi kWh yang lebih banyak dibandingkan dengan bahan bakar LNG.

4.9 Perhitungan Biaya Produksi Energi Listrik Per kWh

Untuk melakukan perhitungan biaya produksi energi listrik per kWh dapat menggunakan persamaan 2.7. Selanjutnya hasil perhitungan produksi kWh per liter dapat dilihat pada tabel 4.23 untuk unit 10, 4.24 untuk unit 11, dan 4.25 untuk unit 12. Sedangkan harga bahan bakar dari masing-masing jenis yaitu LNG dan HSD dapat dilihat pada tabel 4.26 di bawah ini:

Tabel 4.26
Harga Bahan Bakar LNG dan HSD

No	Tahun	Harga Bahan Bakar (Rp)		Satuan
		LNG	HSD	
1	2023	9.394,48	11.607,93	Liter
2	2024	9.460,60	12.349,89	Liter

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan tabel biaya produksi energi listrik per kWh dengan bahan bakar LNG dan HSD pada tahun 2023 dan 2024 di PLTDG Blok 4 yaitu unit 10,11 & 12 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.27
Hasil Perhitungan Biaya Produksi Energi Listrik Per kWh Unit 10.

No.	Tahun	Biaya Produksi Energi Listrik Per kWh (Rp)	
		LNG	HSD
1	2023	2.464,06	2.821,57
2	2024	2.465,82	3.012,02

Tabel 4.28
Hasil Perhitungan Biaya Produksi Energi Listrik Per kWh Unit 11

No.	Tahun	Biaya Produksi Energi Listrik Per kWh (Rp)	
		LNG	HSD
1	2023	2.438,67	2.817,25
2	2024	2.435,66	3.001,11

Tabel 4.29
Hasil Perhitungan Biaya Produksi Energi Listrik Per kWh Unit 12

No.	Tahun	Biaya Produksi Energi Listrik Per kWh (Rp)	
		LNG	HSD
1	2023	2.544,55	2.819,37
2	2024	2.502,94	3.021,38

Pada tabel 4.27, tabel 4.28 dan tabel 4.29 terdapat hasil perhitungan biaya produksi energi listrik per kWh dengan bahan bakar LNG dan HSD pada tahun 2023 dan 2024 di setiap unit PLTDG Blok 4 yaitu unit 10,11 & 12. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa biaya produksi energi listrik per kWh dengan bahan bakar LNG memiliki biaya yang lebih murah

dibandingkan dengan bahan bakar HSD. Berdasarkan hal tersebut didapatkan hasil bahwa dengan menggunakan bahan bakar LNG PLTDG Blok 4 yaitu unit 10,11 & 12 akan lebih ekonomis jika dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar HSD.

5. KESIMPULAN

- berdasarkan nilai *heat rate* tersebut, bahan bakar LNG memiliki nilai *heat rate* yang lebih tinggi dari bahan bakar HSD yaitu sebesar 2,02%. Sesuai dengan landasan teori dari nilai *heat rate* yang menyatakan bahwa semakin kecil nilai *heat rate* maka semakin baik sebuah pembangkit dalam menghasilkan energi listrik. Artinya secara *heat rate* bahan bakar HSD memiliki nilai yang sedikit lebih bagus dari bahan bakar LNG.
- Dari hasil analisa dan pembahasan hubungan antara persentase pembebanan dengan efisiensi thermal didapatkan hasil bahwa semakin tinggi persentase pembebanan maka efisiensi thermal akan semakin menurun. Maka berdasarkan hasil tersebut, bahan bakar LNG memiliki efisiensi yang lebih baik karena dengan persentase pembebanan yang jauh lebih tinggi tetapi memiliki nilai efisiensi thermal yang hampir sama dengan bahan bakar HSD.
- Dari hasil perhitungan biaya produksi energi listrik per kWh pada setiap unit PLTDG Blok 4 yaitu unit 10,11 & 12 bahan bakar LNG memiliki biaya produksi energi listrik rata-rata Rp.2.475,28 /kWh sedangkan bahan bakar HSD memiliki biaya produksi energi listrik rata-rata Rp.2.915,45 /kWh atau bahan bakar LNG memiliki biaya produksi energi listrik per kWh lebih murah/ekonomis dari bahan bakar HSD yaitu sebesar 17,78%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada jajaran manajemen dan staf **PT PLN Indonesia Power UBP Bali** atas izin, bimbingan, serta dukungan

data yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Partogi, I. Kusuma, and K. Astawa, "Analisa Unjuk Kerja Sistem PLTG di PT Indonesia Power Unit Pembangkitan Bali," *Jurnal METTEK Volume*, 2018, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/I-Gusti-Bagus-Kusuma/publication/327543078_Analisa_Unjuk_Kerja_Sistem_PLTG_di_PT_Indonesia_Power_Unit_Pembangkitan_Bali/links/5ee7846aa6fdcc73be7bd33f/Analisa-Unjuk-Kerja-Sistem-PLTG-di-PT-Indonesia-Power-Unit-Pembangkitan-Bali.pdf?_sg%5B0%5D=started_experiment_milestone&origin=journalDetail
- [2] V. T. Turangan, J. J. Tinangon, and ..., "Analisis Penentuan Harga Pokok Produk Energi Listrik Pada PT. PLN (persero) Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Minahasa," *Jurnal EMBA: Jurnal ...*, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/emba/article/view/32011>
- [3] I. W. S. Yasa, "Optimalisasi Penghematan Power Supply (Ps) Pembangkit dengan Menggunakan Preheater Auto Thermal PLTDG Pesanggaran," pp. 47–51.
- [4] D. Permana, "Analisa Gangguan Trip Main Transformator Blok 3 PLTDG Pesanggaran Akibat Kegagalan Sistem Proteksi Restricted Earth Fault," *Universitas Pendidikan Nasional, Denpasar*, 2020.
- [5] G. E. A. Sumerta, I. W. A. Wijaya, and I. G. N. Janardana, "Analysis of the Influence of Using Water Inject Charge Water System Reliability PLTDG Pesanggaran 200 MW," *Jurnal Scientia*, 2023.
- [6] E. Zondra and M. P. Halilintar, "Analisis Eksitasi Generator Unit 3 Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Teluk Lembu PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Pekanbaru," *SainETIn: Jurnal Sains, Energi ...*, 2021, [Online]. Available: <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/article/view/7318>
- [7] I. W. S. Yasa, G. Nur, and M. Asna, "Analisis Sistem House Load Dalam Menunjang Kehandalan Penyaluran Listrik di PLTDG Pesanggaran," *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro ...*, 2021, [Online]. Available: <https://journal.undiknas.ac.id/index.php/teknik/article/view/3335>
- [8] P. S. A. Wicaksana, A. Pemayun, and ..., "KAJIAN BAHAN BAKAR HSD, MFO, LNG TERHADAP BIAYA DAN DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN DI PLTG PEMARON," *Jurnal SPEKTRUM Vol*, 2023, [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/download/100826/49702>
- [9] B. G. D. Wicaksono, G. K. M. Atmajaya, and ..., "Reflector Installation Analysis to Enhance the Power Output of Solar Panel on the Roof at the Building of PLTDG Pesanggaran," *2018 Conference on ...*, 2018, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8739536/>
- [10] R. H. Nugraha, E. Yuwono, and ..., "Analisis Konsumsi Energi Listrik Pelanggan Dan Biaya Pokok Produksi Penyediaan Energi Listrik dengan Machine Learning," *J-SAKTI (Jurnal ...)*, 2022, [Online]. Available: <http://ejurnal.tunasbangsa.ac.id/index.php/jsakti/article/view/424>
- [11] <https://scholar.google.com/scholar?q=Fajar+Sihombing>, <https://scholar.google.com/scholar?q=Karnoto+Karnoto>, and <https://scholar.google.com/scholar?q=Bambang+Winardi>, "ANALISIS KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP STUDI KASUS PT. PLN PEMBANGKITAN TANJUNG JATI," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 4, no. 4, Dec. 2015.
- [12] M. Mahmud and I. W. Utama, "ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN ARUS DI PLTDG PESANGGARAN," *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil ...*, 2019, [Online]. Available: <https://journal.undiknas.ac.id/index.php/teknik/article/view/474>
- [13] P. Ponidi, *Laporan Perancangan Dan Teknologi Perancangan Special Tools Charge Air Cooler Pltdg Pesanggaran Bali*. repository.um-surabaya.ac.id, 2018. [Online]. Available: https://repository.um-surabaya.ac.id/3770/2/Peer_Reviewer_Perancangan_Charge_Air_Cooler.pdf
- [14] R. A. Ferdinand, *Pengaruh variasi beban terhadap kinerja gas turbine generator PLTG PT. Pusri Palembang*. repository.ubb.ac.id, 2024. [Online]. Available: <http://repository.ubb.ac.id/9455/>
- [15] Syukran dan D. Suryadi, "Estimasi Penghematan Biaya Operasi PLTU dengan Cara Penggantian Bahan Bakar," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 2, hlm. 59–66, Okt 2023.
- [16] B. I. Gultom, "Benyamin Ignatius Gultom,

“Analisa Konsumsi Gas Alam Pada Gas Turbine Generator Di PT.PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Belawan Medan,” Universitas Sriwijaya, 2022.