

ANALISIS UNJUK KERJA PLTD-G 40 KW BERBAHAN BAKAR MINYAK DIESEL DAN PELET BIOMASSA (STUDI KASUS DI PT INDONESIA POWER BALI)

Yohana Fransisca Sarumpaet¹, I Nyoman Satya Kumara², Wayan Gede Ariastina³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud No.88, Kuta Selatan Badung, Bali 80361

yohanafransisca1@gmail.com¹, satya.kumara@unud.ac.id²

ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar fosil pada pembangkit listrik masih menjadi tulang punggung pembangkitan listrik di dunia, termasuk di Indonesia. Hal ini dapat terus meningkat seiring dengan naiknya permintaan listrik, Sementara itu, jumlah bahan bakar fosil terbatas dan menghasilkan emisi gas buang sehingga perlu digunakan metode pembangkitan listrik yang bersih dan dapat diperbaharui. Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gasifier (PLTD-G) yang dilakukan oleh PT Indonesia Power bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak diesel dengan menggunakan *syngas* yang diperoleh dari gasifikasi pelet biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis unjuk kerja PLTD-G di PT Indonesia Power Bali. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan *syngas* dapat mengurangi penggunaan minyak diesel, hal ini ditunjukkan dengan perbandingan persentase penggunaan diesel yaitu sebesar 56% dan *syngas* 44%. Hasil penelitian juga menunjukkan PLTD-G PT Indonesia Power Bali memiliki efisiensi sebesar 63% dan faktor kapasitas sebesar 58%.

Kata kunci : PLTD-G, Gasifikasi, Biomassa, *Syngas*

ABSTRACT

*Fossil-fueled power plants are still the world's backbone in terms of electricity generation, including in Indonesia. This will continue to increase due to the high demand of electricity. Meanwhile, the amount of fossil fuels is limited and fossil fuel creates exhaust emissions. Therefore, it is required to look for clean and renewable electricity generation methods. The development of Diesel Gasifier Power Plant carried out by PT Indonesia Power Bali aims to reduce the use of diesel by using *syngas* obtained from gasification of biomass pellets. This study analyzes the performance of the Diesel Gasifier Power Plant at PT Indonesia Power Bali. The results show that the use of *syngas* reduces the use of diesel, this is indicated by the fuel consumption ratio between diesel and *syngas*, which is 56% diesel and 44% *syngas*. The results also show that the Diesel Gasifier Power Plant has an efficiency of 63% and a capacity factor of 58%.*

Key Words : Diesel Gasifier Power Plant, Gasification, Biomass, *Syngas*

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik di dunia, termasuk pula di Indonesia, masih didominasi oleh pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Sampai tahun 2018, kapasitas terpasang pembangkit listrik di Indonesia mencapai 64.924,80 MW dengan persentase pembangkit listrik berbahan bakar fosil sebesar 81,3% dan hal ini dapat terus

meningkat seiring dengan semakin bertambahnya populasi manusia yang menaikkan permintaan listrik [1]. Hal ini memunculkan sebuah pemikiran untuk menggunakan energi alternatif yang bersih dan dapat diperbaharui sehingga dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.

Indonesia sangat kaya dengan potensi biomasa. Biomassa merupakan

energi yang terdapat pada material organik seperti hewan, tumbuhan, serta limbah [2]. Energi pada biomassa dapat dikonversi ke bentuk energi lain, seperti panas dan listrik [3]. Namun jumlah pembangkit listrik yang memanfaatkan biomassa di Indonesia masih sedikit sehingga perlu dikembangkan secara lebih intensif, mengingat potensinya yang besar. Total potensi energi biomassa dari sampah di Indonesia sebesar 2.065 MW dan yang baru terealisasi hanya sebesar 1.857,5 MW sampai tahun 2018 [4].

PT Indonesia Power merupakan salah satu anak Perusahaan PT PLN (Persero) yang berfokus sebagai penyedia tenaga listrik melalui pembangkitan tenaga listrik dan penyedia jasa operasi dan pemeliharaan pembangkit listrik di Indonesia. Unit Pembangkitan Bali merupakan salah satu unit pembangkit milik PT Indonesia Power yang menyediakan tenaga listrik khusus untuk Pulau Bali dengan total kapasitas terpasang mencapai 610,53 MW pada tahun 2019 [5]. Sejak Bulan Februari 2015, PT Indonesia Power Unit Pembangkitan Bali yang saat itu bernama Unit Pembangkitan dan Jasa Pembangkitan (UPJP) membawahi PLTG Gilimanuk, PLTG Pemaron, UJP PLTU Jeranjang, UJP PLTU Sanggau, dan UJP PLTU Barru dan PLTDG Pesanggaran. Selanjutnya sejak tahun 2016, PT Indonesia Power Unit Pembangkitan Bali hanya membawahi PLTDG dan PLTG Pesanggaran, PLTG PLTG Gilimanuk, dan PLTGU Pemaron dengan mengoperasikan 22 unit pembangkit [5].

PT Indonesia Power memiliki Rencana Jangka Panjang Perusahaan (RJPP) ingin memperkuat lini energi terbarukan dalam pembangkitan listrik [6]. Oleh karena itu di tahun 2017, PT Indonesia Power Bali mulai mengembangkan pilot proyek Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gasifier (PLTD-G) berbahan bakar minyak diesel dan *syngas* hasil gasifikasi pelet biomassa yang berlokasi di Pesanggaran.

Gasifikasi didefinisikan sebagai proses yang mengubah material berkarbon seperti biomassa, dalam kasus ini diperoleh dari sampah organik, menjadi gas yang memiliki nilai kalor disebut *syngas*. *Syngas* kemudian dapat dikonversi menjadi

berbagai macam produk akhir, salah satunya listrik [7].

Negara-negara maju mulai menerapkan teknologi *waste to energy* (WTE) gasifikasi sebagai solusi alternatif pengelolaan sampah. Pada gasifikasi sampah tidak dibakar, tetapi diproses bersama oksigen secara kimia sehingga tidak menghasilkan emisi. Pada kenyataannya, penggunaan teknologi gasifikasi untuk menghasilkan *syngas* juga dapat mengurangi penggunaan bahan bakar diesel. Hal ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui unjuk kerja dari PLTD-G berbahan bakar minyak diesel dan pelet biomassa dari pilot proyek di PT Indonesia Power Bali sehingga dapat diketahui besarnya penghematan bahan bakar diesel dengan adanya bahan bakar pelet biomassa, besarnya efisiensi, dan besarnya faktor kapasitas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi pemangku kepentingan dan masyarakat dalam memahami pembangkitan listrik dengan gasifikasi pelet biomassa untuk membangun pembangkit listrik yang bersih dan berkelanjutan.

2. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL GASIFIER

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gasifier memiliki prinsip kerja yang dalam pengoperasiannya menggunakan bahan bakar ganda, yaitu minyak diesel/solar dan *syngas*. *Syngas* yang digunakan diperoleh dari proses gasifikasi material berkarbon (batu bara, minyak bumi, biofuel, biomassa, atau limbah organik) di dalam gasifier [8]. Material karbon yang digunakan harus dikompres dan dipadatkan menjadi kecil, contohnya seperti pelet dan *refuse-derived fuel* (RDF). Proses pembangkitan listrik diawali dengan menginjeksi diesel/solar untuk bahan bakar *starting* mesin. Apabila mesin sudah beroperasi selama 5 menit, maka *syngas* murni dapat diinjeksikan ke *inlet* bahan bakar mesin dengan hisapan *blower*. Mesin diesel yang telah *running* akan memutar generator untuk menghasilkan listrik [9]. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gasifier bertujuan untuk

mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dengan memanfaatkan bahan bakar dari sumber terbarukan.

2.1 Sistem PLTD-G PT Indonesia Power Bali

Sejak tahun 2017, PT Indonesia Power Bali bekerja sama dengan STT PLN mulai mengembangkan pilot proyek Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gasifier (PLTD-G) berkapasitas 40 kW berbahan bakar minyak diesel dan syngas hasil gasifikasi pelet biomassa yang berlokasi di Pesanggaran. Jenis dan spesifikasi teknis gasifier PLTD-G yang ada di PT Indonesia Power UP Bali ditunjukkan pada Tabel 1. Foto gasifier ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Spesifikasi Gasifier di PLTD-G PT Indonesia Power Bali

No	Parameter	Keterangan
1	Merk	Trillion Gasifier
2	Model	TG70
3	Serial Number	TG70000326
4	Type of Gasifier	Downdraft
5	Applicable Engine Rating	up to 70 HP @ 1500 rpm
6	Diesel Fuel Saving	50 – 85 %
7	Useable Biomass	Palm Oil Kernel Shell/ Rice Husk
8	Biomass Consumption	Aproximatelly 20 kg/hr - 32 kg/hr
9	Cooling Water Requirement	Minimum 20 m ³ (recycleable)
10	Dimension (L x W x H)	1917 mm x 1964 mm x 2524 mm
11	Weight (approx.)	650 kg
12	Designed By	Synergetic Group, Myanmar



Gambar 1. Gasifier di PLTD-G PT Indonesia Power Bali

Jenis dan spesifikasi teknis genset PLTD-G PT Indonesia Power Bali ditunjukkan pada Tabel 2. Foto genset ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Spesifikasi Mesin Genset Dual Fuel di PLTD-G PT Indonesia Power Bali

No	Parameter	Keterangan
1	Merk	Yamagen-Yanmar
2	Generator Model	YTG65TLV-0
3	Engine Model	4TNV106-GGE
5	Alternator Model	UCI224D1
7	Weight	1,100 kg
8	Stand By	44 KW/55.0 KVA
9	Prime	40 KW/50.0 KVA
10	Voltage	380/220 V
11	Ampere	75.97 A
12	Frequency	50 Hz /1500 rpm
13	Power Factor	0.8 (lagging)
14	Voltage Regulation	within ±1.5%
15	Excitation	Brushless, Rotating Exciter (with AVR)
16	Insulation	Class 'F'/'H'
17	Type of Combustion Chamber	Direct Injected
18	Starting System	Electric Starting Motor
19	Cooling System	Radiator with Fan
20	Lubricating System	Forced Lubrication with Trochoid Pump
21	Fuel Tank Capacity	150 Liter



Gambar 2. Genset di di PLTD-G PT Indonesia Power Bali

2.2 Parameter Unjuk Kerja PLTD-G

2.2.1 Specific Fuel Consumption

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi mesin per jam untuk setiap energi yang dihasilkannya. Konsumsi bahan bakar spesifik dapat dihitung dengan Persamaan 1 [10].

$$SFC = \frac{G_f}{N_e} \tag{1}$$

Keterangan:

- SFC = *Specific fuel consumption* (kg/kWh or liter/kWh)
 Gf = Konsumsi bahan bakar per jam (kg/jam atau liter/jam)
 Ne = Daya Efektif (Watt)

2.2.2 Efisiensi

Efisiensi merepresentasikan rasio antara jumlah energi yang dihasilkan oleh sebuah pembangkit listrik dengan jumlah energi yang digunakan untuk menghasilkan listrik. Untuk pembangkit listrik yang digerakkan oleh mesin bakar, efisiensi diperoleh dari perbandingan antara daya efektif generator dengan besarnya konsumsi bahan bakar [11].

$$\eta_{\text{pembangkit listrik}} = \frac{N_e}{G_f \cdot Q_c} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

- Ne = Daya efektif (Watt)
 Gf = Konsumsi bahan bakar/jam (kg/jam atau liter/jam)
 Qc = Nilai kalor bahan bakar (kJ/kg)

2.2.3 Faktor Kapasitas

Faktor kapasitas didefinisikan sebagai rasio antara jumlah listrik yang benar-benar dihasilkan oleh pembangkit listrik dengan keluaran listriknya yang semaksimal mungkin, selama suatu periode waktu. Faktor kapasitas dapat dihitung dengan Persamaan 3.

$$\text{Faktor Kapasitas} = \frac{\text{Ouput energi selama waktu T}}{\text{Daya terpasang} \times T} \quad (3)$$

3. METODE

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari PLTD-G kapasitas 40 kW PT Indonesia Power. Data pengoperasian PLTD-G diambil selama bulan Januari 2019. Analisis data dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

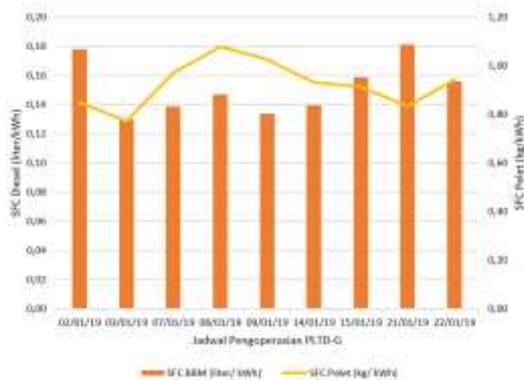
4.1 Specific Fuel Consumption

Dari spesifikasi mesin pada Tabel 2 diketahui kapasitas tangki solar PLTD-G PT Indonesia Power Bali adalah 150 liter sehingga 1% level bahan bakar sama dengan 1,5 liter solar. Konsumsi bahan bakar spesifik selama Januari 2019 diperoleh dengan Persamaan 1 dan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Specific Fuel Consumption* PLTD-G PT Indonesia Power Bali bulan Januari 2019

Tanggal	SFC	
	Diesel (liter/ kWh)	Pelet (kg/ kWh)
02/01/2019	0,18	0,85
03/01/2019	0,13	0,77
07/01/2019	0,14	0,97
08/01/2019	0,15	1,08
09/01/2019	0,13	1,03
14/01/2019	0,14	0,93
15/01/2019	0,16	0,91
21/01/2019	0,18	0,83
22/01/2019	0,16	0,94
Rata – Rata	0,15	0,92

Berdasarkan Tabel 3 dapat diperoleh grafik konsumsi bahan bakar spesifik pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Berdasarkan jumlah penggunaan bahan bakar spesifik pada Tabel 3, dapat dilihat penghematan penggunaan bahan bakar diesel karena adanya penggunaan bahan bakar pelet. Untuk mengetahui besarnya persentase penghematan bahan bakar diesel pada PLTD-G maka perlu dihitung persentase diesel dan syngas yang diperoleh dengan Persamaan 4 dan 5.

$$\% \text{ Diesel} = \frac{\text{SFC Diesel dan Syngas}}{\text{SFC Diesel murni}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\% \text{ Syngas} = 100\% - \% \text{ Diesel} \quad (5)$$

Keterangan:

%Diesel = Persentase jumlah BBM



Gambar 5. Diagram Persentase Penggunaan Bahan Bakar Diesel dan Syngas

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 5, persentase rata-rata perbandingan penggunaan diesel dan syngas. rata-rata penggunaan diesel adalah 56% dan syngas adalah 44%. Penggunaan syngas sudah

diesel yang digunakan
 $\% \text{ Syngas} = \text{Persentase jumlah syngas yang digunakan}$
 $\text{SFC Solar dan Syngas} = \text{SFC solar bercampur syngas}$
 $\text{SFC Diesel murni} = \text{SFC solar murni berdasarkan pengujian terakhir (0,27 liter/kWh)}$

Hasil perhitungan persentase diesel dan syngas ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase Penggunaan Bahan Bakar Diesel dan Syngas

Tanggal	SFC Diesel + Syngas	Diesel (%)	Syngas (%)
02/01/19	0,18	66%	34%
03/01/19	0,13	48%	52%
07/01/19	0,14	51%	49%
08/01/19	0,15	54%	46%
09/01/19	0,13	50%	50%
14/01/19	0,14	52%	48%
15/01/19	0,16	59%	41%
21/01/19	0,18	67%	33%
22/01/19	0,16	58%	42%
Rata-Rata		56%	44%

Berdasarkan Tabel 4 dapat diperoleh diagram persentase penggunaan bahan bakar pada Gambar 5.

cukup menghemat penggunaan bahan bakar diesel. Hal ini telah sesuai dengan prinsip kerja pengoperasian PLTD-G untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil

dengan memanfaatkan bahan bakar dari sumber terbarukan.

4.2 Efisiensi

Diketahui bahwa rata-rata daya output PLTD-G PT Indonesia Power Bali sebesar 25 kW, konsumsi bahan bakar solar sebesar 3,68 liter/jam, dan nilai kalor bahan bakar solar sebesar 9.240 kcal/liter [10]. Diketahui konstanta 1 watt sama dengan 1 joule/detik dan 1 kcal/jam sama dengan 1,16 joule/detik [12]. Efisiensi PLTD-G diperoleh dengan Persamaan 2.

$$\eta = \frac{25,000 \text{ w}}{3,68 \text{ liter/jam} \times 9,240 \text{ kcal/liter}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{25,000 \text{ Joule/detik}}{39.444 \text{ Joule/detik}} \times 100\%$$

$$\eta = 63\%$$

Berdasarkan perhitungan efisiensi yang telah dilakukan, PLTD-G memiliki efisiensi sebesar 63%. Apabila dibandingkan dengan pembangkit berbahan bakar fosil seperti PLTU yang memiliki efisiensi 30% – 45%, PLTG yang memiliki efisiensi sebesar 22% – 28%, PLTGU yang memiliki efisiensi sebesar 36% – 50%, dan PLTD yang memiliki efisiensi sebesar 27% – 30% [13], maka efisiensi PLTD-G 40 kW di PT Indonesia Power Bali lebih tinggi daripada efisiensi pembangkit berbahan bakar fosil seperti PLTU, PLTG, PLTGU, dan PLTD.

4.3 Faktor Kapasitas

Faktor kapasitas diperoleh dengan Persamaan 3 dengan diketahui produksi energi listrik pada 7 Januari sebesar 2394 kWh dan produksi energi akhir pada tanggal 22 Januari sebesar 3071 kWh sehingga total produksi energi pada bulan Januari mencapai 677 kWh. Total jam operasi pembangkit selama bulan Januari adalah 29 jam, maka faktor kapasitas pembangkit PLTD-G PT Indonesia Power Bali adalah sebagai berikut.

$$\text{Faktor Kapasitas} = \frac{677 \text{ kWh}}{29 \text{ h} \times 40 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$= 58\%$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, PLTD-G memiliki faktor

kapasitas yang mendekati faktor kapasitas pembangkit berbahan bakar fosil seperti PLTU yang memiliki faktor kapasitas 62%, PLTG yang memiliki faktor kapasitas 33,15%, dan PLTD yang memiliki faktor kapasitas 30% [14]. Hal ini menunjukkan bahwa pembangkit ini telah dimanfaatkan secara baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis unjuk kerja PLTD-G PT Indonesia Power Bali maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

Penggunaan pelet biomassa yang menghasilkan *syngas* dapat menghemat penggunaan bahan bakar diesel, hal ini ditunjukkan dengan perbandingan persentase penggunaan diesel yaitu sebesar 56% dan *syngas* 44%.

PLTD-G PT Indonesia Power Bali memiliki efisiensi sebesar 63% yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan pembangkit listrik berbahan bakar fosil penuh.

PLTD-G PT Indonesia Power Bali memiliki faktor kapasitas sebesar 58% yang hampir mendekati dengan faktor kapasitas pembangkit listrik berbahan bakar fosil penuh.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dirjen Ketenagalistrikan Kementrian ESDM. 2019. Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2018.
- [2] P. Basu. 2010. Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design. Elsevier Inc.
- [3] S. Alzate, B. Restrepo-Cuestas, and Á. Jaramillo-Duque. 2019. "Municipal Solid Waste as a Source of Electric Power Generation in Colombia: A Techno-Economic Evaluation under Different Scenarios," Resources, vol. 8, no. 1, p. 51
- [4] D. S. Primadita, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina. 2020. "A Review on Biomass for Electricity Generation in Indonesia," J. Electr. Electron. Informatics, vol. 4, no. 1, p. 1.
- [5] PT. Indonesia Power. 2019. Sustainability Report PT. Indonesia Power 2019.
- [6] PT. Indonesia Power. 2017.

- Sustainability Report PT. Indonesia Power 2017.
- [7] K. Brigham. 2020. "The future of waste-to-energy technology," CNBC.
- [8] P. J. Reddy. 2011. *Municipal Solid Waste Management: processing, energy recovery and global examples*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- [9] Y. F. Sarumpaet. 2020. *Menentukan Biaya Produksi Energi Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Dengan Metode Life Cycle Cost (Studi Kasus: PLTSA Lembang Klungkung)*. Skripsi. Universitas Udayana.
- [10] D. S. Primadita. 2020. *Perancangan Model Pengolahan Sampah Menjadi Energi Listrik Sebagai Solusi Permasalahan Sampah di Kota Denpasar*. Skripsi. Universitas Udayana.
- [11] K. Mujadi. 2012. "Uji Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Berpenggerak Motor Bakar Berbahan Bakar Sygas dari Gasifikasi Sekam Padi Uap-Udara," Universitas Sebelas Maret.
- [12] Bureau International des Poids et Mesures. 2006. *The International System of Units (SI) 8th Edition*.
- [13] Cahyadi. 2011. "Kajian Teknis Pembangkit Listrik Berbahan Fossil," *Ilm. Teknol. Energi*, vol. 1, no. 12, pp. 21–32.
- [14] ESDM. t.t. *Sektor Pasokan Energi Pembangkit Berbahan Bakar Fosil: Indonesia 2050 Pathway Calculator*.