

Studi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Dari Limbah Kelapa Sawit Di PT. Inti Indo sawit Subur SP 5 Siak

Andika Purba¹, Usaha Situmeang², Arlenny³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.

Jl. Yos Sudarso Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email : andikapurba456@gmail.com, usaha@unilak.ac.id, arlenny@unilak.ac.id

Correspondend Author : arlenny@unilak.ac.id

Submitted : 25 Juli 2022

Accept : 26 Mei 2024

Abstrak

Pembangkit listrik tenaga biogas memproduksi energi listrik dari sumber energi yang berasal dari hasil pembakaran biogas, biogas dihasilkan dari gas yang melalui proses dekomposisi senyawa organik oleh secara anaerobik. Ada pun beberapa keuntungan yaitu energi yang dihasilkan oleh biogas tidak menimbulkan polusi dan bisa mengurangi emisi rumah kaca, biogas merupakan solusi yang tepat untuk menggantikan bahan bakar fosil. Dalam penelitian mengenai studi kinerja pembangkit listrik tenaga biogas dari limbah kelapa sawit di PT. Inti Indosawit Subur diketahui pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu memiliki 2 unit gas *engine* dalam proses pembangkitan listrik dan masing-masing kapasitas pembangkitnya adalah 1,4 MW, berdasarkan hasil perhitungan efisiensi kinerja pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu untuk faktor kapasitas rata-rata nilai efisiensinya adalah 66,881 %, faktor kapasitas netto memperoleh efisiensi 80.578 %, efisiensi termal sebesar 40,021 %, dan faktor produktivitas memperoleh sebesar 66.881 % untuk nilai efisiennya, serta untuk konsumsi bahan bakar pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu rata-rata menghabiskan sebesar 0,492 Nm³/kWh untuk konsumsi bahan bakarnya.

Kata Kunci : *Biogas, Gas Engine, Pembangkit Listrik Tenaga Biogas*

Abstract

Biogas power plants produce electrical energy from energy sources that come from the combustion of biogas, biogas is produced from gas that goes through an anaerobic decomposition process of organic compounds. There are also several advantages, namely the energy produced by biogas does not cause pollution and can reduce greenhouse emissions, biogas is the right solution to replace fossil fuels. In research on the study of the performance of biogas power plants from palm oil waste at PT. Inti Indosawit Subur, it is known that the biogas power plant has 2 units of gas engines in the power generation process and each generating capacity is 1.4 MW, based on the results of the calculation of the performance efficiency of the artificial biogas power plant for the average capacity factor value. the efficiency is 66.881 %, the net capacity factor is 80.578 % efficiency, the thermal efficiency is 40.021 %, and the productivity factor is 66.881 % for the efficient value, and the fuel consumption of an artificial biogas power plant is 0.492 Nm³/kWh on average for fuel consumption.

Keywords : *Biogas, Gas Engine, Biogas Power Plant*

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu berisi komponen utama yaitu gas *engine*, digester *tank*, *material storage tank*, tangki pemurnian/scrubber *tank*, bio *clean*, dan *vibrating*

screen. Saat mengoperasikan sistem pembangkit dan memelihara peralatan yang ada di pembangkit listrik tenaga biogas tergolong modern karena menggunakan komputerisasi dalam pengoperasiannya. Dilengkapi juga dengan sistem proteksi yang canggih untuk melindungi

komponen vital pembangkit dan meminimalkan kemungkinan untuk mengalami kerugian yang mungkin terjadi. Digester merupakan bagian penting dari pembangkit listrik tenaga biogas yang memproduksi gasnya harus tetap stabil. Limbah kelapa sawit adalah salah satu sumber energi terbarukan yang ketersediaannya melimpah di Indonesia.

Oleh karena itu, salah satu perusahaan swasta yaitu PT. ASIAN AGRI membangun Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dari limbah kelapa sawit untuk mempromosikan penggunaan energi baru terbarukan. Energi yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Biogas buatan satu digunakan untuk membantu kebutuhan produksi PT. Inti Indosawit Subur. Pembangkit Listrik Tenaga Biogas ini memiliki 2 unit pembangkit dengan kapasitas masing-masing 1,4 MW dan total kapasitas daya yang dihasilkan sebesar 2,8 MW, tetapi dalam pengoperasiannya hanya 1 unit saja yang digunakan untuk pembangkitan energi listriknya.

Berdasarkan perbandingan antara energi yang di suplai dengan energi yang di keluarkan pembangkit atau perhitungan efisiensi, dari jam kerja pembangkit, pembebanan pembangkit yang diberikan, dan menganalisa pemeliharaan dilakukan untuk menjaga kinerja pembangkit, dan menganalisa apakah kinerja pembangkit tersebut sudah memenuhi standar yang ditetapkan SPLN 111-4-1995 untuk pembangkit sejenis yang memiliki prinsip yang sama, yaitu PLTD.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

Menganalisa kinerja pembangkit listrik tenaga biogas dari limbah kelapa sawit di PT. Inti Indo Sawit Subur Sp 5 Siak.

Agar penelitian ini tidak memiliki cakupan yang luas maka penelitian ini diberikan batasan sebagai berikut :

- a. Ruang lingkup energi yang dibahas hanya sebatas sistem kerja dari Pembangkit listrik tenaga biogas pabrik saja.
- b. Tidak membahas proses pengolahan limbah kelapa sawit menjadi biogas.
- c. Penulis hanya membahas berdasarkan perbandingan energi input dan output Pembangkit Listrik Tenaga Biogas yang ada di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) tersebut.

- d. Hanya menggunakan indikator kinerja efisiensi *Thermal* Pembangkit.
- e. Pembahasan hanya sampai pembangkit menghasilkan energi listrik.
- f. Penulis tidak membahas dari segi ekonomi pembangkit.
- g. Perhitungan energi yang dihasilkan hanya untuk ruang lingkup Pabrik saja.

2. METODE PENELITIAN

Pembangkit listrik tenaga biogas adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan biogas sebagai sumber dari pembangkit listrik. Berdasarkan tahapan kerjanya, sistem pembangkit listrik tenaga biogas memiliki 3 langkah yaitu proses *digestion*, pengolahan biogas dan pembakaran biogas[6].

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik oleh mikro organisme dalam kondisi anaerobik. Untuk dapat menghasilkan biogas, limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) dari proses penggilingan kelapa sawit dapat diolah secara anaerobik baik dengan metode tradisional menggunakan kolam, atau dengan cara yang lebih modern, menggunakan digester terbuka[4].

Proses produksi biogas terdiri dari beberapa langkah. Krisis energi yang muncul membuat masyarakat semakin bijak dalam mencari sumber energi alternatif. Pada umumnya sumber energi alternatif tersebut harus dapat memenuhi kebutuhan manusia dan memiliki harga yang terjangkau. Limbah biogas dapat meningkatkan produksi pertanian karena kandungan hara, enzim dan hormon pertumbuhan yang terdapat di dalamnya[2].

Biogas merupakan teknologi untuk menghasilkan energi melalui pemanfaatan limbah seperti limbah pertanian, limbah peternakan dan kotoran manusia [5]. Biogas sebagian besar mengandung gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), dan beberapa kandungan senyawa lain yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen sulfida (H_2S), (NH_3), hidrogen (H_2), serta oksigen (O_2)[3]. Kandungan komposisi senyawa kimia yang terdapat pada biogas seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Biogas Secara Umum

Komponen	%
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0,3
Hidrogen (H ₂)	1-5
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0,1-0,5

Komponen Pembangkit Tenaga Biogas

Komponen pembangkit listrik tenaga biogas berupa komponen-komponen yang digunakan untuk pembangkitan energi listrik.

Digester Tank

Digester Tank merupakan alat untuk mengolah limbah yang bertujuan untuk menetralkan pH limbah dan menangkap gas yang terproduksi oleh limbah karena proses mikroorganisme. Pada proses pengolahan ini POME dikondisikan untuk mencapai nilai parameter yang dibutuhkan untuk masuk ke dalam digester tank. Di dalam digester tank juga terjadi proses penyaringan dan penghilangan benda seperti serat atau kotoran[6].

Scrubber Tank

Biogas yang dipakai sebagai bahan bakar *gas engine*, konsentrasi H₂S harus dikurangi ke tingkat standar *gas engine* dengan konsentrasi di bawah 200 ppm. Ini dilakukan untuk menghindari terjadinya korosi pada ruang bakar *gas engine*, dan mengoptimalkan proses operasi serta memperpanjang usia *gas engine*. Umumnya Pembangkit listrik tenaga biogas menggunakan *scrubber tank* untuk menjaga umur *gas engine* dan berguna untuk proses pemurnian biogas[6].

Dehumidifier

Cara kerja pada *Dehumidifier* dengan mengekstrak air dari biogas. Biogas adalah bahan yang sangat penting dalam pembangkitan listrik di pembangkit listrik tenaga biogas yang digunakan sebagai bahan bakar *gas engine*, jadi kualitas biogas harus dijaga agar *gas engine* dapat berjalan secara optimal untuk menghasilkan listrik. Alat ini dapat mengeringkan yang dapat mengurangi kadar air dalam biogas untuk di salurkan ke *gas engine*[6].

Flare Biogas

Flare biogas digunakan untuk membakar kelebihan biogas. Sebuah pabrik biogas tanpa *gas engine* atau boiler harus terus-menerus menggunakan *gas flare* untuk mengatur gas. Operator tidak boleh membuang kelebihan biogas langsung ke atmosfer karena sangat mudah terbakar pada konsentrasi tinggi dan juga dapat

memicu emisi gas rumah kaca[6].

Gas Engine

Gas engine adalah mesin pembakaran dalam yang menggunakan bahan bakar gas seperti gas alam atau biogas. Setelah proses produksi telah mengurangi pengotor dalam biogas ke tingkat tertentu, biogas dialirkan ke mesin gas untuk menghasilkan listrik. Mesin gas berbahan bakar biogas membutuhkan kadar air kurang dari 80% dan konsentrasi H₂S kurang dari 200 ppm. Parameter ini tergantung pada spesifikasi mesin gas. Mesin gas mengubah energi yang terkandung dalam biogas menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator yang menghasilkan listrik[5].

Kinerja Pembangkit

Kinerja *gas engine*/pembangkit adalah nilai yang dicapai selama operasi dan kemampuan alat untuk beroperasi. Adapun beberapa macam kelompok unjuk kerja yang ditetapkan pembangkit. Adapun beberapa indikator dalam kinerja pembangkit yang mempengaruhi nilai efisiensi dari pembangkit adalah faktor kapasitas, faktor produktivitas, konsumsi bahan bakar, efisiensi *thermal* dan lain-lain[1].

Efisiensi

Efisiensi merupakan hasil dari perbandingan antara capaian dengan sumber daya yang digunakan untuk menghasilkan capaian tersebut, secara singkat efisiensi merupakan perbandingan antara output dengan input. Sasaran efisiensi salah satunya adalah penghematan[1].

Konsumsi Bahan Bakar (SFC)

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin gas per periode dari energi yang dihasilkan. Konsumsi bahan bakar spesifik adalah konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan setiap satuan energi listrik kWh. Dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut [1] :

$$SFC = \frac{\text{Pemakaian Bahan Bakar Per Periode}}{\text{kWh Produksi Bruto Per Periode}} \times 100\% \quad (1)$$

Efisiensi Thermal (η_{th})

Efisiensi *thermal* adalah perbandingan dari daya listrik (kWh) yang dihasilkan oleh generator secara keseluruhan per periode dengan jumlah energi *thermal* yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik per periode. Dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut [1]. :

$$\eta_{th} = \frac{kWh \text{ produksi Bruto Per periode} \times \text{Jam Periode}}{\text{pemakaian bahan bakar sebenarnya} \times (Kcal)} \times 100\% \quad (2)$$

Faktor Kapasitas (CF)

Faktor kapasitas adalah besarnya manfaat unit suatu pembangkit listrik dalam menghasilkan energi listrik secara menyeluruh dalam jangka waktu tertentu, dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut [1]. :

$$CF = \frac{\text{Produksi Energi Listrik Per Periode}}{\text{Kapasitas Unit Terpasang} \times \text{jam Periode}} \times 100\% \quad (3)$$

Faktor Kapasitas Netto (NCF)

Adalah perbandingan dari daya *output bruto* yang dihasilkan oleh gas *engine* dengan daya mampu *netto* dan jam periode, yang dikonsumsi oleh gas *engine* dalam menghasilkan listrik, dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut [1]. :

$$NCF = \frac{\text{Daya Output bruto}}{\text{Daya Mampu netto} \times \text{jam Periode}} \times 100\% \quad (4)$$

Faktor Produktivitas (OF)

Faktor produktivitas adalah peforma dalam menghasilkan energi listrik dari suatu pembangkit dalam jangka waktu tertentu dengan daya yang tersedia, dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut [1] :

$$OF = \frac{\text{Produksi bruto Energi Listrik Per Periode}}{\text{Kapasitas unit terpasang} \times \text{jam kerja}} \times 100\% \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gas Engine JGS 420 GS-BL

Prinsip kerja gas *engine* untuk proses pembakarannya memakai percikan bunga api lewat *sparkplug* (busi), setelah gas ini masuk ke ruang bakar lewat *valve intake* menunggu *timing* percikan bunga api dan langsung terbakar. Gas *engine* adalah mesin pembakaran yang menggunakan bahan bakar gas seperti biogas. Untuk bentuk dan gas engine, seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Gas Engine J420 GS-BL

Untuk spesifikasi gas engine, seperti pada Tabel 2

Tabel 2 Spesifikasi Gas Engine J420 GS-BL

Type	JGS 420 GS-BL
Rated Power	1413 kW
Rated current	2039 A
Rated voltage	400 V

Pembebanan Gas Engine Januari – Mei 2022

Berupa pembeban gas *engine* perjam, perhari dan perbulan dari bulan Januari sampai Mei 2022. Untuk beban puncak harian seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Beban Puncak Pada Bulan Januari – Mei 2022

Tgl.	Beban (kWh)				
	Januari	Februari	Maret	April	Mei
1.	783	750	933	892	700
2.	763	992	863	879	608
3.	771	929	783	679	613
4.	787	913	1.000	929	800
5.	795	917	823	967	800
6.	817	788	813	1.025	808
7.	863	925	896	1.033	821
8.	917	946	946	1.075	529
9.	683	958	946	1.075	896
10.	1.067	913	894	983	967
11.	979	975	1.396	1.104	921
12.	1083	904	942	1.075	1.008
13.	1.121	654	860	978	1.133
14.	1.088	954	958	525	1.158
15.	1.033	850	908	954	1.008
16.	988	913	946	1.050	875
17.	1.071	942	975	839	1.154
18.	1.063	975	1.033	1.063	1.217
19.	1.046	917	963	1.030	1.171
20.	942	796	875	929	1.175
21.	1.025	1.031	929	1.050	1.146
22.	917	996	946	1.017	1.050
23.	850	933	1.000	1.075	1.142
24.	1.052	808	938	1.075	1.179
25.	850	979	1.017	1.008	1.200
26.	1.000	904	1.017	1.058	1.063
27.	923	758	954	1.096	1.200
28.	760	633	1.029	1.088	1.154
29.	1.008	-	913	1.100	1.039
30.	863	-	850	992	560
31.	1.013	-	938	-	1.158

Berdasarkan Tabel 2 maka diperoleh beban puncak pada bulan Januari adalah sebesar 1.121 kWh, bulan Februari sebesar 1.031 kWh, bulan Maret sebesar 1.396 kWh, dan bulan April sebesar 1.104 kWh, serta bulan

Mei sebesar 1.271 kWh.

Pembekalan harian gas engine Januari – Mei 2022, seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Beban Harian Gas Engine Januari - Mei 2022

Tgl.	Beban (kWh)				
	Januari	Februari	Maret	April	Mei
1.	18.800	18.000	22.400	21.400	16.800
2.	18.300	23.800	20.700	21.100	14.600
3.	18.500	22.300	18.800	16.300	14.700
4.	18.100	21.900	21.600	22.300	19.200
5.	17.500	22.000	19.600	23.200	19.200
6.	19.600	18.900	19.500	24.600	19.400
7.	20.700	22.200	21.500	24.800	19.700
8.	22.000	22.700	22.700	25.800	12.200
9.	16.400	23.000	23.500	25.800	21.500
10.	25.600	21.900	18.500	23.600	23.200
11.	23.500	23.400	33.500	26.500	22.100
12.	26.000	21.700	22.600	25.800	24.200
13.	26.900	15.700	20.020	23.900	24.000
14.	25.500	22.900	23.000	26.200	27.800
15.	24.800	20.400	21.800	22.900	24.200
16.	23.700	21.900	22.700	25.200	21.000
17.	25.700	22.600	23.400	19.300	27.700
18.	25.500	23.400	24.800	25.500	29.200
19.	25.100	22.000	23.100	23.700	28.100
20.	22.600	19.100	21.000	22.700	28.200
21.	24.600	24.300	22.300	25.200	27.500
22.	23.200	23.900	22.700	24.400	25.200
23.	20.400	22.400	24.000	25.400	27.400
24.	24.200	19.400	22.500	24.200	28.300
25.	20.400	23.500	24.400	25.400	28.800
26.	24.000	21.700	24.400	26.300	25.500
27.	20.300	18.200	22.900	26.100	28.800
28.	26.400	15.200	24.700	26.100	27.700
29.	24.200	-	21.900	26.400	24.900
30.	20.700	-	20.400	23.800	25.800
31.	24.300	-	22.500	-	27.800
Jml.	697.500	598.400	697.420	723.900	738.000

Pemakaian Daya Listrik PLTBg PT. Inti Indosawit Subur

Alokasi pemakaian daya listrik dari pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu digunakan untuk mensuplai daya ke KCP, untuk Mill yang ada di PT. Inti

Indosawit Subur dan sebagian lagi digunakan untuk pemakaian sendiri, seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Laporan Pemakaian Daya Listrik Bulanan

Bulan	Laporan Alokasi Pemakaian Daya Listrik Dari Biogas (kWh)				
	Daya Untuk KCP	Daya Untuk Mill	Pemakaian Sendiri / Biogas	Jumlah	Jam Operasi
Januari	335.060	142.485	219.955	697.500	761
Februari	255.280	133.999	209.121	598.400	672
Maret.	326.400	122.678	248.342	697.420	742
April	300.730	133.003	290.167	723.900	731
Mei	319.200	132.838	285.962	738.000	747

Data Pemakaian Bahan Bakar

Berikut adalah data pemakaian bahan bakar pada bulan januari hingga bulan mei 2022, dan nilai kalor, data pemakaian bahan bakar seperti Tabel 6.

Tabel 6. Pemakaian Bahan Bakar

Bulan	Pemakaian Bahan Bakar Perbulan	
	Bahan Bakar Gas Engine (Nm ³)	Nilai Kalor
Januari	347.984	38.600
Februari	293.606	34.300
Maret.	322.642	38.400
April	366.985	36.500
Mei	373.288	37.500

Hasil Perhitungan

Dimana hasil perhitungan dilakukan dari data Tabel yang di dapatkan dari, data kinerja sistem produksi energi listrik pada pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu, dalam 5 bulan seperti pada Tabel 3, 4, 5 dan 6, untuk menghitung faktor efisiensinya

1. Konsumsi Bahan Bakar (SFC)

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar didapat berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 4, 5 dan 6 dengan Persamaan (1)

$$SFC = \frac{\text{Pemakaian Bahan Bakar Per Periode}}{\text{kWh Produksi Per Periode}} \times 100\%$$

a. Bulan Januari

$$SFC = \frac{347.984}{697.500} \times 100 \% \\ = 0,498 \text{ Nm}^3/\text{kWh}$$

b. Bulan Februari

$$\text{SFC} = \frac{293.606}{598.490} \times 100 \% \\ = 0,490 \text{ Nm}^3/\text{kWh}$$

c. Bulan Maret

$$\text{SFC} = \frac{322.642}{697.420} \times 100 \% \\ = 0,462 \text{ Nm}^3/\text{kWh}$$

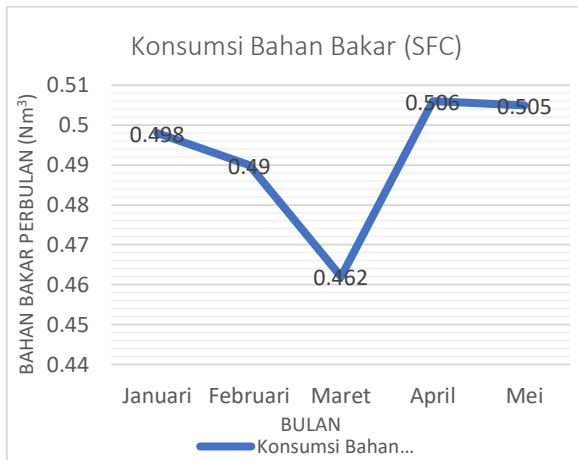
d. Bulan April

$$\text{SFC} = \frac{366.985}{723.900} \times 100 \% \\ = 0,506 \text{ Nm}^3/\text{kWh}$$

e. Bulan Mei

$$\text{SFC} = \frac{373.288}{738.000} \times 100 \% \\ = 0,505 \text{ Nm}^3/\text{kWh}$$

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu pada bulan Januari untuk konsumsi bahan bakarnya menghabiskan rata-rata 0,498 Nm³/kWh nya, sementara untuk bulan Februari dari hasil perhitungan untuk konsumsi bahan bakar menghabiskan rata-rata 0,490 Nm³/kWh, pada bulan Maret menghabiskan rata-rata 0,462 Nm³/kWh, pada bulan April menghabiskan rata-rata 0,506 Nm³/kWh, dan pada bulan Mei menghabiskan rata-rata 0,505. Untuk lebih jelasnya seperti Gambar 2.



Gambar 2. Konsumsi Bahan Bakar Bulan Januari-Mei 2022

2. Efisiensi Thermal (η_{th})

Untuk menghitung efisiensi *thermal* didapat berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 4, 5 dan 6 dengan Persamaan (2)

$$\eta_{th} = \frac{kWh \text{ produksi Bruto Per periode} \times \text{Jam Periode}}{\text{pemakaian bahan bakar sebenarnya} \times (Kcal)} \times 100 \%$$

a. Bulan Januari

$$\eta_{th} = \frac{697.500 \times 761}{347.984 \times 38,6} \times 100 \% \\ = \frac{530.797.500}{13.432.182} \times 100 \% \\ = 39,516 \%$$

b. Bulan Februari

$$\eta_{th} = \frac{598.490 \times 672}{293.606 \times 34,3} \times 100 \% \\ = \frac{402.185.280}{10.070.685} \times 100 \% \\ = 39,936 \%$$

c. Bulan Maret

$$\eta_{th} = \frac{697.420 \times 742}{322.642 \times 38,4} \times 100 \% \\ = \frac{517.485.640}{12.389.452} \times 100 \% \\ = 41,768 \%$$

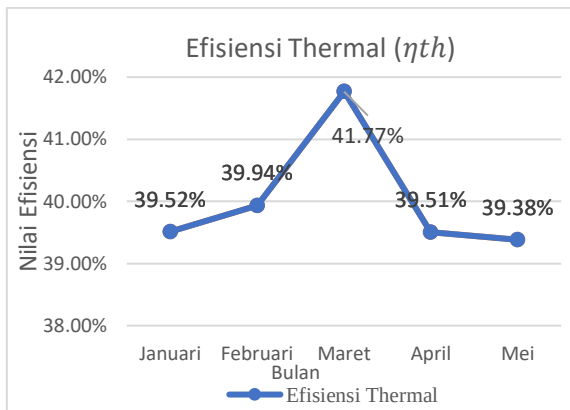
d. Bulan April

$$\eta_{th} = \frac{723.900 \times 731}{366.985 \times 36,5} \times 100 \% \\ = \frac{529.170.900}{13.394.952} \times 100 \% \\ = 39,505 \%$$

e. Bulan Mei

$$\eta_{th} = \frac{738.000 \times 747}{373.288 \times 37,5} \times 100 \% \\ = \frac{551.286.000}{13.998.300} \times 100 \% \\ = 39,382 \%$$

Dari hasil perhitungan yang dilakukan pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu pada bulan Januari memiliki efisiensi *thermal* sebesar 39.516 %, sementara untuk bulan Februari dari hasil perhitungan memperoleh nilai *efisiensi thermal* sebesar 39,936 %, untuk bulan Maret mendapatkan 41,768% untuk *efisiensi thermal* nya, dan untuk bulan April mendapatkan hasil efisiensi sebesar 39,505 %, serta untuk bulan Mei mendapatkan hasil efisiensi 39.382 %, seperti pada Gambar 3



Gambar 3. Efisiensi Thermal Bulan Januari-Mei 2022

3. Faktor Kapasitas (CF)

Untuk menghitung faktor kapasitas didapat berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 2, 4 dan 5 dengan Persamaan (3)

$$CF = \frac{\text{Produksi energi listrik per priode}}{\text{Kapasitas Unit Terpasang} \times \text{periode operasi jam}} \times 100 \%$$

a. Bulan Januari

$$\begin{aligned} CF &= \frac{697.500}{1.413 \times 761} \times 100 \% \\ &= \frac{697.500}{1.075.293} \times 100 \% \\ &= 64,866 \% \end{aligned}$$

b. Bulan Februari

$$\begin{aligned} CF &= \frac{598.400}{1.413 \times 672} \times 100 \% \\ &= \frac{598.400}{949.536} \times 100 \% \\ &= 63,020 \% \end{aligned}$$

c. Bulan Maret

$$\begin{aligned} CF &= \frac{697.420}{1.413 \times 742} \times 100 \% \\ &= \frac{697.420}{1.048.446} \times 100 \% \\ &= 66,519 \% \end{aligned}$$

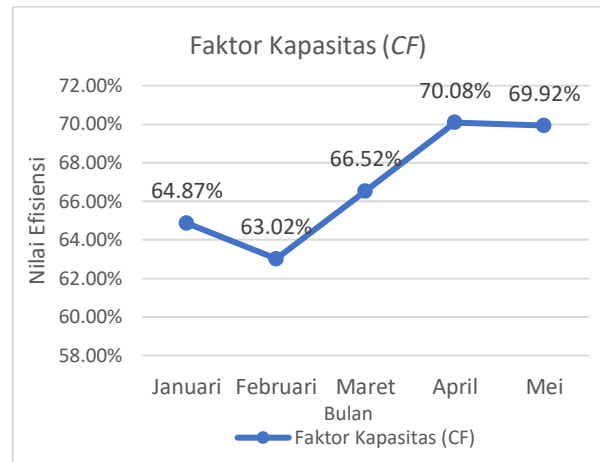
d. Bulan April

$$\begin{aligned} CF &= \frac{723.900}{1.413 \times 731} \times 100 \% \\ &= \frac{723.900}{1.032.903} \times 100 \% \\ &= 70,084 \% \end{aligned}$$

e. Bulan Mei

$$\begin{aligned} CF &= \frac{738.000}{1.413 \times 747} \times 100 \% \\ &= \frac{738.000}{1.055.511} \times 100 \% \\ &= 69,918 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu pada bulan Januari memiliki nilai efisiensi faktor kapasitasnya sebesar 64,866 %, sementara untuk bulan Februari dari hasil perhitungan memperoleh hasil efisiensi faktor kapasitas sebesar 63,020 %, untuk bulan Maret mendapatkan hasil efisiensi 66,519 %, untuk bulan April mendapatkan hasil efisiensi 70,084 %, dan untuk bulan Mei mendapatkan hasil efisiensi 69,918 % untuk faktor kapasitas nya, seperti pada Gambar 4



Gambar 4. Faktor Kapasitas Bulan Januari-Mei 2022

4. Faktor Kapasitas Netto (NCF)

Untuk menghitung faktor kapasitas *netto* didapat berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 3, 4 dan 5 dengan Persamaan (4)

$$NCF = \frac{\text{Daya Output bruto}}{\text{Daya Mampu netto} \times \text{jam Periode}} \times 100\%$$

Daya mampu *netto* diperoleh dari Tabel 3. Beban Puncak Pada Bulan Januari – Mei 2022

a. Bulan Januari

$$\begin{aligned} NCF &= \frac{697.500}{1.121 \times 761} \times 100 \% \\ &= \frac{697.500}{853.081} \times 100 \% \\ &= 81,762 \% \end{aligned}$$

b. Bulan Februari

$$\begin{aligned} NCF &= \frac{598.400}{1.031 \times 672} \times 100 \% \\ &= \frac{598.400}{692.832} \times 100 \% \\ &= 86,370 \% \end{aligned}$$

c. Bulan Maret

$$\begin{aligned} NCF &= \frac{697.420}{1.396 \times 742} \times 100 \% \\ &= \frac{697.420}{1.035.832} \times 100 \% \\ &= 67,329 \% \end{aligned}$$

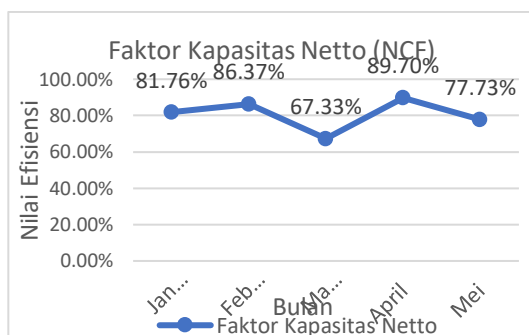
d. Bulan April

$$\begin{aligned} NCF &= \frac{723.900}{1.104 \times 731} \times 100 \% \\ &= \frac{723.900}{807.024} \times 100 \% \\ &= 89,699 \% \end{aligned}$$

e. Bulan Mei

$$\begin{aligned} NCF &= \frac{738.000}{1.271 \times 747} \times 100 \% \\ &= \frac{738.000}{949.437} \times 100 \% \\ &= 77,730 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu pada bulan Januari memiliki efisiensi faktor kapasitas *netto* (NCF) sebesar 81,762 %, sementara untuk bulan Februari dari hasil perhitungan faktor kapasitas *netto* (NCF) memperoleh efisiensi sebesar 86,370 %, untuk bulan Maret mendapatkan efisiensi 67,329 % untuk faktor kapasitas *netto* nya, sementara untuk bulan April dari hasil perhitungan faktor kapasitas *netto* (NCF) memperoleh efisiensi sebesar 89,699 %, dan untuk bulan Mei dari hasil perhitungan faktor kapasitas *netto* (NCF) memperoleh efisiensi sebesar 77,730 %. Seperti pada Gambar 5



Gambar 5. Faktor Kapasitas *Netto* Pembangkit Bulan Januari-Mei 2022

5. Faktor Produktivitas (OF)

Untuk menghitung faktor produktivitas didapat berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 2, 4 dan 5 dengan Persamaan (5)

$$OF = \frac{\text{Daya output bruto}}{\text{Daya Terpasang} \times \text{periode jam operasi}} \times 100 \%$$

a. Bulan Januari

$$\begin{aligned} OF &= \frac{697.500}{1.413 \times 761} \times 100 \% \\ &= \frac{697.500}{1.075.293} \times 100 \% \\ &= 64,866 \% \end{aligned}$$

b. Bulan Februari

$$\begin{aligned} OF &= \frac{598.400}{1.413 \times 672} \times 100 \% \\ &= \frac{598.400}{949.536} \times 100 \% \\ &= 63,020 \% \end{aligned}$$

c. Bulan Maret

$$\begin{aligned} OF &= \frac{697.420}{1.413 \times 742} \times 100 \% \\ &= \frac{697.420}{1.048.446} \times 100 \% \\ &= 66,519 \% \end{aligned}$$

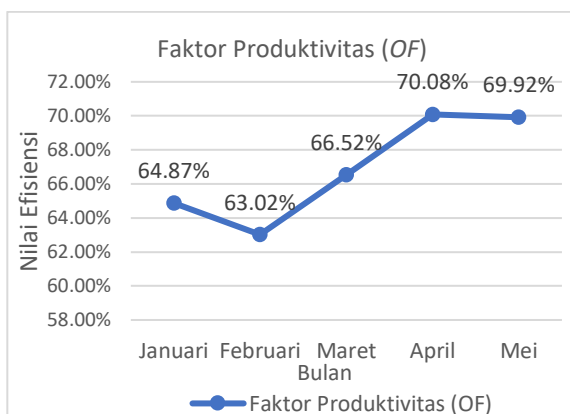
d. Bulan April

$$\begin{aligned} OF &= \frac{723.900}{1.413 \times 731} \times 100 \% \\ &= \frac{723.900}{1.032.903} \times 100 \% \\ &= 70,084 \% \end{aligned}$$

e. Bulan Mei

$$\begin{aligned} OF &= \frac{738.000}{1.413 \times 747} \times 100 \% \\ &= \frac{738.000}{1.055.511} \times 100 \% \\ &= 69,918 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu pada bulan Januari memiliki nilai efisiensi faktor produktivitasnya sebesar 64,866 %, sementara untuk bulan Februari dari hasil perhitungan memperoleh hasil efisiensi faktor produktivitas (OF) sebesar 63,020 %, untuk bulan Maret mendapatkan hasil efisiensi 66,519 %, untuk bulan April mendapatkan hasil efisiensi 70,084 %, dan untuk bulan Mei mendapatkan hasil efisiensi 69,918 % untuk faktor produktivitas nya. Seperti pada Gambar 6



Gambar 6. Faktor Produktivitas Pembangkit Bulan
 Januari-Mei 2022

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan kinerja pembangkit listrik tenaga biogas buatan satu, kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pembahasan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1 Berdasarkan hasil perhitungan di dapatkan hasil capaian efisiensi dari kinerja pembangkit, untuk konsumsi bahan bakar (SFC) menghabiskan rata-rata perbulanya 0,492 Nm³/kWh.
- 2 Berdasarkan hasil perhitungan di dapatkan hasil capaian efisiensi untuk efisiensi thermal (η_{th}) memperoleh rata-rata nilai efisiensi nya sebesar 40,021 % perbulannya, untuk faktor kapasitas (CF) memperoleh nilai efisiensi sebesar 66,881 %, dan untuk faktor kapasitas netto (NCF) memperoleh hasil capaian efisiensi rata-rata perbulannya sebesar 80.578 %, serta faktor produktivitas (OF) mendapatkan 66,881 % untuk rata-rata nilai efisiensi perbulannya.

Saran

Dari hasil studi di sarankan untuk meningkatkan kinerja pembangkit listrik tenaga biogas di PT. Inti Indosawit Subur di perlukan perawatan yang rutin, agar pembangkit bisa beroperasi dengan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ilintamon Anton., Pakiding, Marthinus., dan Tumaliang Hans, 2019, Analisis Unjuk Kerja Sistem Produksi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Waena, *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* Vol.8 No.3, P-ISSN: 2301-8402.
- [2] Karki, K B., 2001, *Response to bio-slurry Application on Maize and Cabbage in Lalipur District*. Final Field Research Report Submitted to Alternative Energy Promotion Centre of Ministry of Science and Technology, Pulchok, Nepal.
- [3] Pertiwinigrum, Ambar., 2016, *Instalasi Biogas*, Cv. Kolom Cetak, Yogyakarta.
- [4] Poh P.E. dan Chong, M F., 2009, *Development Of Anaerobik Digestion Methods For palm oil mill effluent (POME) treatment*. *Jurnal Teknologi*, Keluaran Khas. 100 1–9 The University of Nottingham Malaysia, Pustaka, Jakarta.
- [5] Wahyuni, Sri., 2011, *Menghasilkan Biogas Dari Aneka Limbah*, PT Argro Media.
- [6] Winrock, International., 2015, *Konversi POME Menjadi Biogas, Pengembangan Proyek di Indonesia*, USAID, Jakarta.