

PENGARUH PERUBAHAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI GENERATOR PADA UNIT 2 PLTU BENGKAYANG 2X50 MW PT.PLN INDONESIA POWER UPK SINGKAWANG

Adi Gunawan¹, Ayong Hiendro², Yandri³

adignwan890@gmail.com¹, ayong.hiendro@ee.untan.ac.id², yandri.hasan@ee.untan.ac.id³

Universitas Tanjungpura

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bengkayang merupakan salah satu perusahaan yang dikelola oleh PT. PLN Indonesia Power dan menjadi satu-satunya perusahaan milik negara yang memiliki otoritas pembangkitan dan distribusi listrik. Kebutuhan energi listrik masyarakat cenderung bersifat fluktuatif (tidak tetap) dari waktu ke waktu, sehingga mengakibatkan energi listrik yang dihasilkan oleh generator juga mengalami fluktuasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi generator pada unit 2 PLTU Bengkayang PT PLN Indonesia Power UPK Singkawang. Penelitian ini dilakukan di PLTU Bengkayang 2X50 MW PT PLN Indonesia Power UPK Singkawang yang berlokasi di Dusun Tanjung Gundul, Kecamatan Sei Raya Kepulauan, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. Data yang diambil yaitu daya output generator, temperatur turbin, tekanan uap turbin, dan flow turbin. Kemudian melakukan analisis data dengan mengitung daya aktual turbin dan efisiensi generator. Berdasarkan dari hasil analisis dan pembahasan, beban generator mempengaruhi terhadap efisiensi generator. Semakin besar beban generator maka generator akan semakin efisien. Hal ini dapat dilihat dari nilai-nilai efisiensi generator yang bervariasi hasilnya tergantung dengan beban pada generator. Efisiensi generator yang paling tinggi yaitu pada tanggal 1 Agustus dengan beban 42,06 MW dan nilai efisiensi generator sebesar 99,71%. Dan efisiensi terendah terjadi pada tanggal 4 Agustus dengan beban 31,64 MW dan nilai efisiensi generator sebesar 76,57%.

Kata Kunci: Efisiensi Generator, Perubahan Beban, PLTU.

PENDAHULUAN

Saat ini, tenaga listrik menjadi tenaga penggerak sektor industri di Indonesia[1]. Energi listrik merupakan suatu keperluan pokok bagi manusia untuk mendukung berbagai aspek kehidupan, termasuk aktivitas sehari-hari, industri, dan perkantoran. Seiring dengan kemajuan kehidupan manusia, kebutuhan akan energi listrik terus meningkat. Pada tahun 2022, terjadi peningkatan yang signifikan dalam konsumsi listrik dibandingkan dengan tahun 2021, yaitu dari 1.123 kWh/kapita menjadi 1.268 kWh/kapita. Hal ini menunjukkan perlunya keandalan perusahaan jasa ketenagalistrikan dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat [2].

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bengkayang merupakan salah satu perusahaan yang dikelola oleh PT. PLN Indonesia Power dan menjadi satu-satunya perusahaan milik negara yang memiliki otoritas pembangkitan dan distribusi listrik[3]. PLTU Bengkayang ini terletak di Kecamatan Sungai Raya Kepulauan, Kabupaten Bengkayang, Provinsi Kalimantan Barat. PLTU Bengkayang memiliki skala 2X50 MW yang dibangun sejak tahun 2011 dan beroperasi pada tahun 2018.

Kebutuhan energi listrik masyarakat cenderung bersifat fluktuatif (tidak tetap) dari waktu ke waktu, sehingga mengakibatkan energi listrik yang dihasilkan oleh generator juga mengalami fluktuasi[3]. Salah satu komponen penting dalam sistem PLTU adalah generator. Perubahan-perubahan dalam kebutuhan listrik ini seringkali memengaruhi efisiensi generator. Generator merupakan sistem yang berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Oleh karena generator berperan sebagai komponen vital dalam pembangkit listrik, maka generator harus beroperasi secara efisien dan optimal terhadap

perubahan beban setiap waktunya [4].

Salah satu masalah yang sering terjadi pada pengoperasian generator adalah penurunan efisiensi[5]. Efisiensi dari generator dapat mempengaruhi kinerja generator. Pengoperasian generator harus dalam keadaan stabil agar generator dapat bekerja secara optimal. Salah satu hal yang dapat mempengaruhi kestabilan pada generator adalah beban generator [6]. Mangume et al, melaporkan semakin tinggi nilai beban yang dihasilkan generator maka semakin besar efisiensi yang dicapai[7].

Berdasarkan uraian diatas, kebutuhan energi listrik dapat berubah sesuai dengan penggunaan beban sehingga dapat berpengaruh terhadap efisiensi pada generator yang berperan sebagai pembangkit energi listrik. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi generator pada PLTU Bengkayang 2X50 MW. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai tingkat efisiensi generator pada PLTU Bengkayang 2X50 MW.

METODOLOGI

Generator

Generator adalah sebuah mesin listrik yang mengkonversi energi kinetik atau gerak menjadi energi listrik sehingga generator harus beroperasi dengan efisiensi yang tinggi agar energi listrik yang dihasilkan bisa berkualitas[8].

Daya Generator

Daya generator adalah besaran daya elektrik yang dapat dibangkitkan oleh generator akibat berputarnya rotor generator yang dikopel dengan poros turbin. Daya ini dinyatakan dalam satuan watt (W), kilowatt (kW), atau megawatt (MW) dan merupakan indikator utama dari kapasitas dan kinerja sebuah generator.

Untuk menghitung efisiensi generator adalah dengan membandingkan daya masukan generator dan daya keluaran generator, Dimana daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan turbin. Sedangkan untuk mencari daya yang dihasilkan oleh turbin dengan cara mengalirkan energi yang dihasilkan oleh turbin dengan efisiensi dari turbin, yang mana dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$P_{Turbin} = W_T \times \eta_{Turbin} \quad (2)$$

Dimana:

W_T = Kerja Turbin (MW)

η_{Turbin} = Efisiensi Turbin (%)

Efisiensi Generator

Efisiensi adalah ukuran tingkat penggunaan sumber daya dalam suatu proses. Semakin besar efisiensi generatornya maka keandalan sistem juga semakin baik. Pengoperasian generator dituntut suatu kestabilan agar dapat bekerja secara optimal. Perubahan beban menyebabkan ketidakstabilan generator yang dapat mempengaruhi efisiensi generator.

Secara umum efisiensi dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara output terhadap input dalam suatu proses. Dalam konteks generator, efisiensi digunakan untuk menilai seberapa baik konversi energi yang terjadi. Generator mengubah daya mekanik dari turbin menjadi daya listrik, dan efisiensi generator dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\eta_{generator} = \frac{P_{Output}}{W_{T(aktual)}} 100\% \quad (3)$$

Dimana:

$\eta_{generator}$ = Efisiensi generator (%)

P_{Output} = Daya beban generator (MW)

$W_{T(aktual)} = \text{Daya aktual turbin (MW)}$

Turbin Uap

Turbin uap merupakan penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik, yang selanjutnya diubah menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin. Poros turbin, baik secara langsung maupun dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang akan digerakkan. Bergantung pada jenis mekanisme yang digunakan, turbin uap dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti industri, pembangkitan tenaga listrik, dan transportasi. Proses pengubahan energi potensial menjadi energi mekanik berupa putaran poros dilakukan dengan beberapa cara. Pada dasarnya, turbin uap terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor yang merupakan komponen utama turbin. Selain itu, terdapat komponen pendukung lain seperti bantalan, kopling, dan sistem bantu yang berfungsi untuk meningkatkan kinerja turbin.

Daya Turbin

Daya turbin uap adalah ukuran energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin uap per satuan waktu. Turbin uap berfungsi mengubah energi termal dari uap bertekanan tinggi menjadi energi mekanik melalui proses ekspansi uap. Saat uap bertekanan tinggi masuk ke dalam turbin, ia melewati serangkaian bilah yang dipasang pada rotor turbin. Energi panas dari uap menyebabkan bilah-bilah ini berputar, menghasilkan energi mekanik pada poros turbin. Energi mekanik ini kemudian dapat digunakan untuk menggerakkan generator listrik atau berbagai mesin industri.

Daya turbin uap bergantung pada beberapa faktor, termasuk tekanan dan suhu uap masuk, laju aliran massa uap, serta perbedaan entalpi uap antara masuk dan keluar turbin. Daya ini biasanya diukur dalam satuan kilowatt (kW) atau megawatt (MW), tergantung pada kapasitas dan ukuran turbin.

Untuk menentukan daya turbin dengan menggunakan temperatur dan steam yang masuk dan keluar pada turbin dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$W_T = m(h_1 - h_2) \quad (1)$$

Dimana :

m = Laju aliran massa steam turbin (kg/h)

h_1 = Entalpi steam inlet turbin (kJ/kg)

h_2 = Entalpi steam exhaust turbin (kJ/kg)

Entalpi dan Entropi

Entalpi merupakan istilah termodinamika yang menyatakan jumlah energi internal total dalam suatu sistem termodinamika, ditambah dengan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja pada suatu zat. Entalpi total (H) tidak dapat diukur secara langsung, hanya perubahannya saja yang dapat dievaluasi, sebagaimana yang diamati dalam sistem mekanika klasik. Sementara itu, entropi merupakan besaran termodinamika yang mengukur jumlah energi dalam suatu sistem yang tidak dapat digunakan untuk melakukan kerja, dalam kaitannya dengan temperatur. Entropi suatu sistem tertutup akan selalu meningkat, dan pada saat perpindahan kalor, energi termal akan berpindah dari komponen yang bersuhu lebih tinggi ke komponen yang bersuhu lebih rendah. Untuk menghitung daya keluaran turbin pada PLTU Bengkayang, dapat digunakan rumus sebagai berikut:

Menentukan nilai kualitas uap dapat menggunakan persamaan:

$$x = \frac{s_1 - s_f}{s_g - s_f} \quad (4)$$

Dimana:

x = Nilai kualitas uap

s_1 = Nilai entropi berdasarkan tekanan uap masuk turbin (kJ/kg °C)

s_f = Nilai entropi saturated liquid berdasarkan tekanan uap keluaran turbin (kJ/kg °C)

S_g = Nilai entropi saturated vapor berdasarkan tekanan uap keluar turbin (kJ/kg °C)

Menentukan nilai entalpi keluar turbin dalam kondisi isentropis [(h) _2 s).

Untuk mencari nilai entalpi keluaran turbin dalam kondisi isentropis dapat menggunakan persamaan berikut:

$$h_{2s} = h_f + x \cdot (h_g - h_f) \quad (5)$$

Dimana:

h_{2s} = Nilai entalpi keluar turbin dalam kondisi isentropis (kJ/kg)

h_f = Nilai entalpi saturated liquid berdasarkan tekanan uap keluar turbin (kJ/kg)

x = Nilai kualitas uap

h_g = Nilai entalpi saturated vapor berdasarkan tekanan uap keluar turbin (kJ/kg)

Menentukan nilai daya isentropis

Untuk menghitung daya isentropis dapat menggunakan persamaan:

$$W_{isentropis} = m \cdot (h_1 - h_{2s}) \quad (6)$$

Dimana:

$W_{isentropis}$ = Nilai daya isentropis (MW)

m = laju aliran uap (T/h)

h_1 = Entalpi berdasarkan uap masuk turbin (kJ/kg)

h_{2s} = Entalpi uap keluar turbin dalam kondisi isentropis (kJ/kg)

Perhitungan yang terlibat dalam perhitungan efisiensi turbin uap dapat menggunakan persamaan:

$$\eta_{turbin} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} \quad (7)$$

Dimana:

η_{turbin} = Efisiensi berdasarkan uap turbin (%)

h_2 = Entalpi berdasarkan uap keluar turbin (kJ/kg)

h_1 = Entalpi berdasarkan uap masuk turbin (kJ/kg)

h_{2s} = Nilai entalpi keluar turbin dalam kondisi isentropis (kJ/kg)

Menentukan nilai daya aktual turbin

Adapun cara menghitung nilai daya aktual turbin adalah dengan menggunakan persamaan berikut:

$$W_{T(aktual)} = \eta_{turbin} \cdot W_{isentropis} \quad (8)$$

Dimana:

$W_{T(aktual)}$ = Daya aktual turbin (MW)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Generator

Generator adalah mesin yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Generator memperoleh energi mekanik dari prime mover atau penggerak mula. Prinsip kerja dari generator sesuai dengan hukum Lenz, yaitu arus listrik yang diberikan pada stator akan menimbulkan momen elektromagnetik yang bersifat melawan putaran rotor sehingga menimbulkan gaya gerak listrik pada kumparan rotor.

Tabel 1 Spesifikasi Generator PLTU Bengkayang

Generator Specifications	
Manufacturer	Shanghai Electric
Type	Q55001 2015-04
Capacity	55000 kW/68750 kVA
Voltage	10,5 kV

Current	3780 A
Power Factor	0,8
Excitation	215 V/1248 A
Cooling	Water
Type	Synchronous Generator
Phase	3 Phase

Spesifikasi Turbin Uap

Turbin yang digunakan di PLTU bengkayang UPK Singkawang memiliki tipe condensing single stage turbine. Turbin kondensasi (condensing turbine) adalah turbin yang mengalirkan uap pada tekanan yang lebih rendah dari tekanan atmosfer ke kondensor. Kalor laten uap buang selama proses kondensasi semuanya hilang pada turbin ini. Turbin satu tingkat (single stage) dengan satu atau lebih tingkat kecepatan adalah turbin yang biasanya berkapasitas kecil dan turbin ini kebanyakan dipakai untuk menggerakkan kompresor sentrifugal.

Tabel 2 Spesifikasi Turbin Uap PLTU Bengkayang

Steam Turbine Specifications	
Manufacturer	Qingdao Jieneng Steam Turbin Group Co.,LTD
Model	N55-8.83
Type	High Pressure Impuls Condensing Turbine
Rotational Speed	3.000 rpm
Output Power	55 MW
Maximum Capable Power	57,5 MW
Steam Inlet Pressure	8,83 MPa
Steam Outlet Pressure	0,00858 MPa
Heat Rate	9.376 kJ/kWh (rated)

Perhitungan Efisiensi Gerator

Untuk menghitung nilai efisiensi generator ditentukan menggunakan persamaan (3) dengan parameter data nilai daya masukan dan daya keluaran generator. Untuk daya masukan generator sama dengan nilai daya turbin. Sedangkan, untuk daya keluaran generator sama dengan daya beban generator. Sebagai contoh perhitungan efisiensi generator dapat dilihat dibawah ini menggunakan data pada tanggal 1 Agustus 2024 pada Jam 00.00:

$$P_{input} = W_{T(aktual)} = 42,36 \text{ MW}$$

$$P_{output} = 41,31 \text{ MW}$$

Kemudian data tersebut diolah menggunakan persamaan (3) yang mana proses perhitungan sebagai berikut.

$$\eta_{Generator} = \frac{P_{Output}}{W_{T(aktual)}} 100\%$$

$$= 41,31/42,36 100\%$$

$$= 97,52 \%$$

Untuk hasil perhitungan efisiensi generator dari tanggal 1 Agustus 2024 sampai dengan 7 Agustus 2024 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3 Perhitungan Efisiensi Generator

Tanggal	Jam	Waktual	Pout Generator	Efisiensi Generator
		MW	MW	%
1/8/2024	00:00	42.36	41.31	97.53
	2:00	33.56	32.16	95.82
	4:00	34.65	32.62	94.13

Tanggal	Jam	Waktual	Pout Generator	Efisiensi Generator
		MW	MW	%
	6:00	34.05	33.38	98.03
	8:00	32.66	32.36	99.08
	10:00	42.18	42.06	99.71
	12:00	40.38	38.87	96.27
	14:00	41.83	40.07	95.78
	16:00	41.42	40.88	98.70
	18:00	41.09	39.75	96.73
	20:00	41.22	40.80	98.97
	22:00	41.22	40.56	98.39
2/8/2024	00:00	42.81	41.52	96.99
	2:00	41.46	40.9	98.64
	4:00	42.53	41.52	97.62
	6:00	40.95	40.39	98.63
	8:00	41.43	41	98.96
	10:00	42.87	41.99	97.96
	12:00	42.45	41.8	98.48
	14:00	42.33	41.83	98.81
	16:00	42.82	42.09	98.29
	18:00	41.34	40.91	98.96
	20:00	43.31	41.88	96.69
	22:00	41.27	40.85	98.99
3/8/2024	00:00	42.64	41.56	97.47
	2:00	34.90	32.75	93.84
	4:00	32.68	32.35	98.98
	6:00	35.54	31.82	89.52
	8:00	34.17	31.74	92.89
	10:00	35.79	32.87	91.85
	12:00	34.83	33.85	97.18
	14:00	42.31	41.51	98.12
	16:00	43.91	43.06	98.07
	18:00	41.80	41.15	98.44
	20:00	43.16	42.41	98.27
	22:00	43.38	42.98	99.08
4/8/2024	00:00	40.99	40.74	99.39
	2:00	41.32	31.64	76.57
	4:00	35.25	32.33	91.72
	6:00	34.01	32.46	95.43
	8:00	35.26	32.98	93.54
	10:00	35.69	33.52	93.91
	12:00	36.98	33.83	91.49

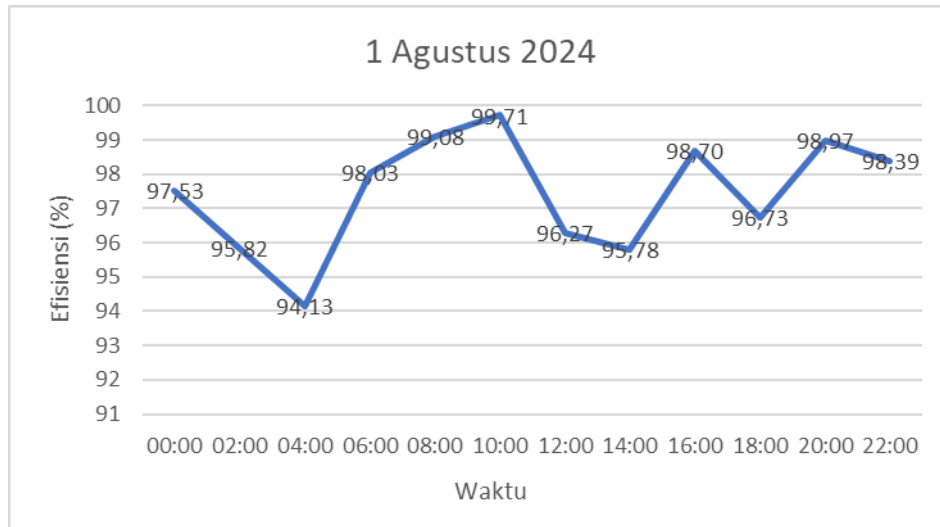
Tanggal	Jam	Waktual	Pout Generator	Efisiensi Generator
		MW	MW	%
	14:00	34.30	32.41	94.49
	16:00	36.66	33.75	92.06
	18:00	42.65	38.56	90.41
	20:00	43.14	41.97	97.29
	22:00	42.94	42.25	98.39
5/8/2024	00:00	43.20	41.92	97.03
	2:00	33.31	31.66	95.06
	4:00	34.43	30.68	89.10
	6:00	34.43	33.66	97.76
	8:00	34.90	31.97	91.60
	10:00	34.94	32.41	92.76
	12:00	41.83	40.88	97.72
	14:00	43.20	41.66	96.44
	16:00	41.83	41.15	98.37
	18:00	43.53	41.63	95.64
	20:00	43.32	41.86	96.62
	22:00	43.33	41.89	96.67
6/8/2024	00:00	43.04	40.32	93.68
	2:00	43.19	41.71	96.56
	4:00	36.58	36.27	99.15
	6:00	38.33	36.97	96.45
	8:00	38.11	37.02	97.15
	10:00	43.16	41.57	96.33
	12:00	42.34	41.66	98.39
	14:00	43.53	41.55	95.45
	16:00	42.98	41.26	96.01
	18:00	43.58	41.95	96.26
	20:00	43.58	42.75	98.09
	22:00	43.00	41.68	96.94
7/8/2024	00:00	43.49	42.03	96.63
	2:00	38.91	35.67	91.66
	4:00	39.16	36.9	94.22
	6:00	38.33	36.5	95.22
	8:00	38.63	36.83	95.34
	10:00	43.86	36.8	83.90
	12:00	42.40	40.67	95.91
	14:00	44.00	41.64	94.64
	16:00	41.83	41.13	98.33
	18:00	43.25	41.13	95.11
	20:00	42.62	41.35	97.02

Tanggal	Jam	Waktual	Pout Generator	Efisiensi Generator
		MW	MW	%
	22:00	35.88	30.98	86.35

4. Analisis Hasil

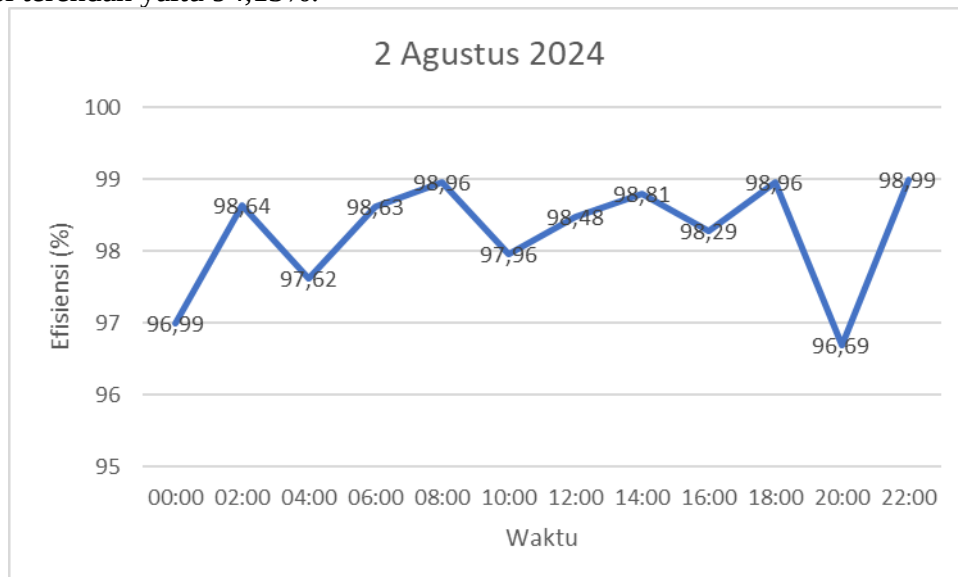
a. Efisiensi Generator PLTU Bengkayang 2x50 MW

Berdasarkan dari hasil perhitungan, maka grafik efisiensi generator dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



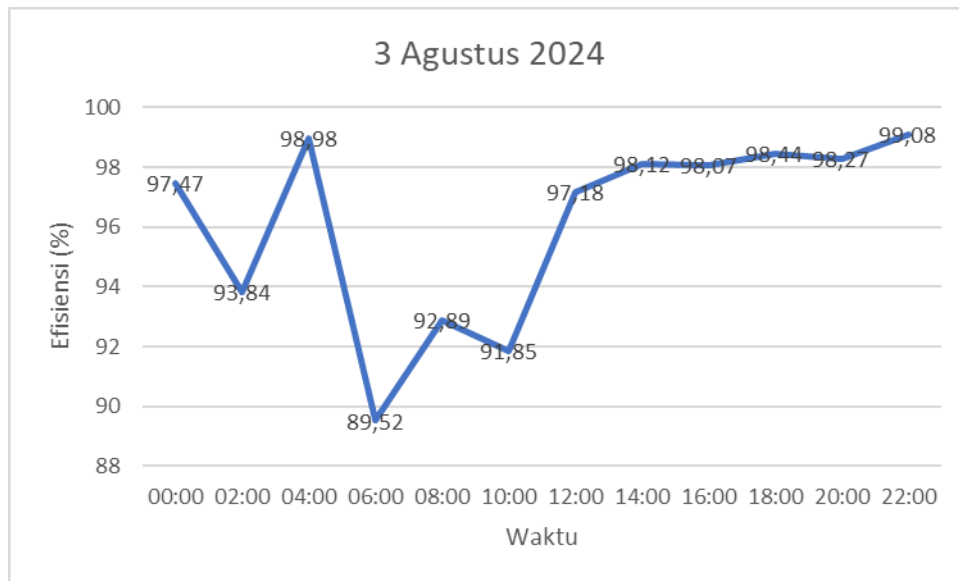
Gambar 1 Grafik Efisiensi Generator 1 Agustus 2024

Berdasarkan gambar grafik efisiensi generator PLTU Bengkayang 2X50 MW pada tanggal 1 Agustus 2024 mengalami perubahan fluktuatif. Terlihat pada saat jam 10:00 mengalami kenaikan efisiensi, namun terjadi penurunan efisiensi pada jam 12:00. Dimana pada jam 10:00 memiliki efisiensi paling tinggi yaitu 99,71% dan pada jam 4:00 memiliki efisiensi terendah yaitu 94,13%.



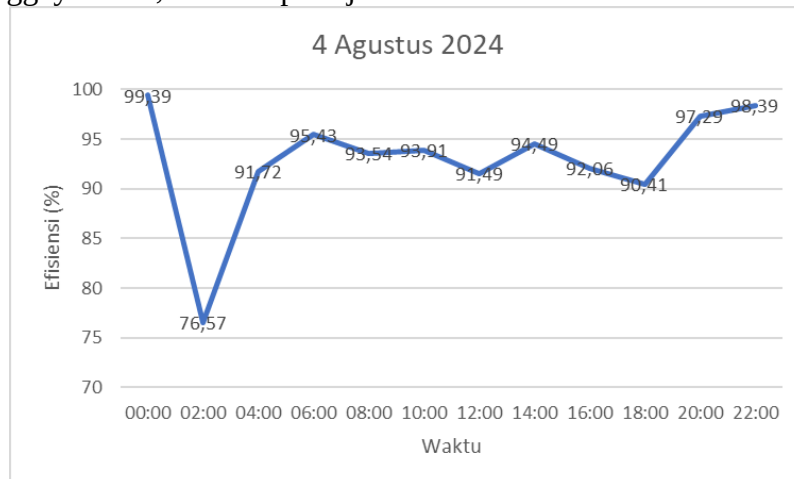
Gambar 2 Grafik Efisiensi Generator 2 Agustus 2024

Berdasarkan gambar grafik efisiensi generator PLTU Bengkayang 2X50 MW pada tanggal 2 Agustus 2024 mengalami perubahan fluktuatif. Terlihat pada jam 2:00 mengalami kenaikan efisiensi, namun terjadi penurunan efisiensi pada jam 4:00. Pada jam 22:00 memiliki efisiensi tertinggi yaitu 98,99% dan pada jam 20:00 memiliki efisiensi terendah yaitu 96,69%.



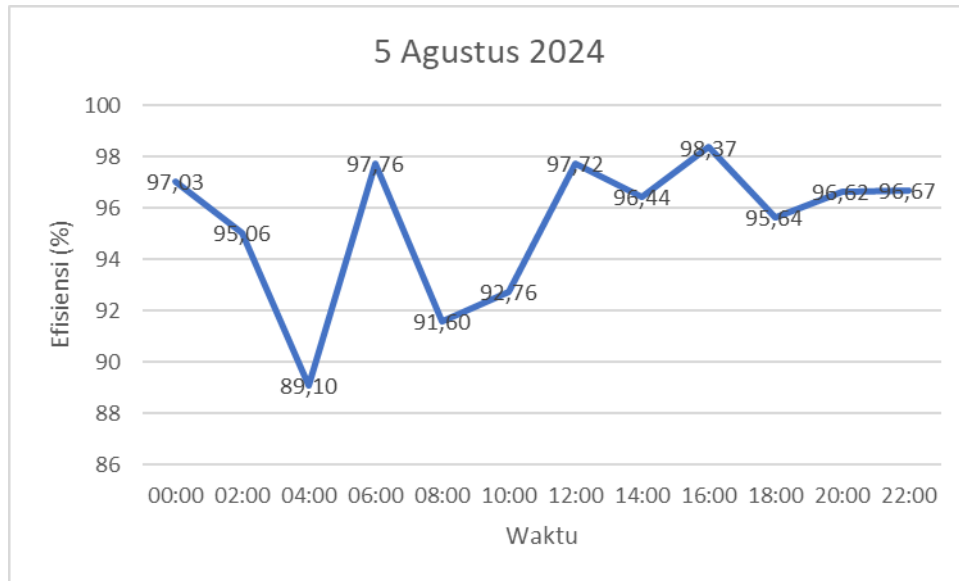
Gambar 3 Grafik Efisiensi Generator 3 Agustus 2024

Berdasarkan gambar grafik efisiensi generator PLTU Bengkayang 2X50 MW pada tanggal 3 Agustus 2024 mengalami perubahan fluktuatif. Terlihat pada jam 4:00 mengalami kenaikan efisiensi, namun terjadi penurunan pada jam 6:00. Pada jam 22:00 memiliki efisiensi tertinggi yaitu 99,08% dan pada jam 6:00 memiliki efisiensi terendah yaitu 89,52%.



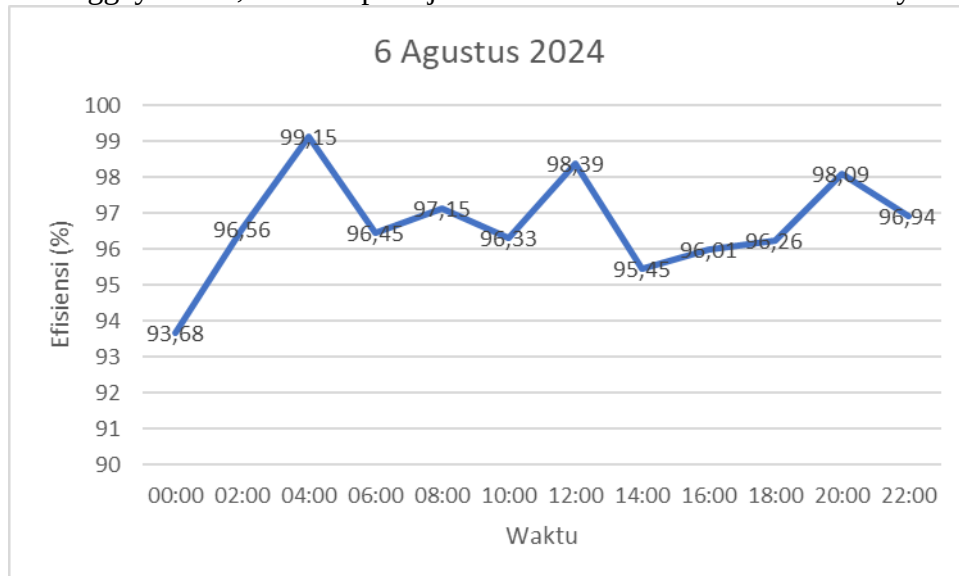
Gambar 4 Grafik Efisiensi Generator 4 Agustus 2024

Berdasarkan gambar grafik efisiensi generator PLTU Bengkayang 2X50 MW pada tanggal 4 Agustus 2024 mengalami perubahan fluktuatif. Terlihat pada jam 14:00 mengalami kenaikan efisiensi, namun terjadi penurunan pada jam 18:00. Pada jam 00:00 memiliki efisiensi tertinggi yaitu 99,39% dan pada jam 2:00 memiliki efisiensi terendah yaitu 76,57%.



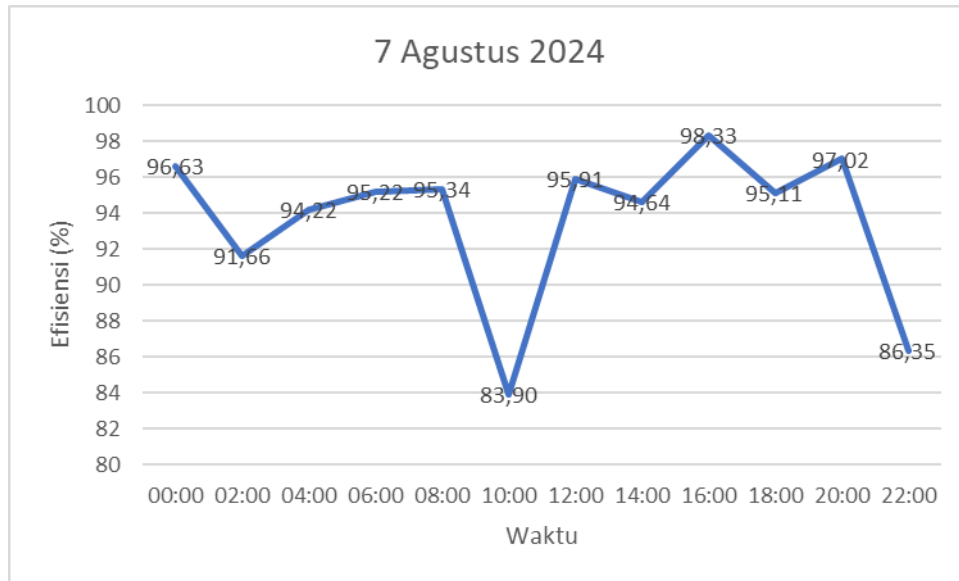
Gambar 5 Grafik Efisiensi Generator 5 Agustus 2024

Berdasarkan gambar grafik efisiensi generator PLTU Bengkayang 2X50 MW pada tanggal 5 Agustus 2024 mengalami perubahan fluktuatif. Terlihat pada jam 6:00 mengalami kenaikan efisiensi, namun terjadi penurunan pada jam 8:00. Pada jam 16:00 memiliki efisiensi tertinggi yaitu 98,37% dan pada jam 4:00 memiliki efisiensi terendah yaitu 89,10%.



Gambar 6 Grafik Efisiensi Generator 6 Agustus 2024

Berdasarkan gambar grafik efisiensi generator PLTU Bengkayang 2X50 MW pada tanggal 6 Agustus 2024 mengalami perubahan fluktuatif. Terlihat pada jam 12:00 mengalami kenaikan efisiensi, namun terjadi penurunan pada jam 14:00. Pada jam 4:00 memiliki efisiensi tertinggi yaitu 99,15% dan pada jam 00:00 memiliki efisiensi terendah yaitu 93,68%.



Gambar 7 Grafik Efisiensi Generator 7 Agustus 2024

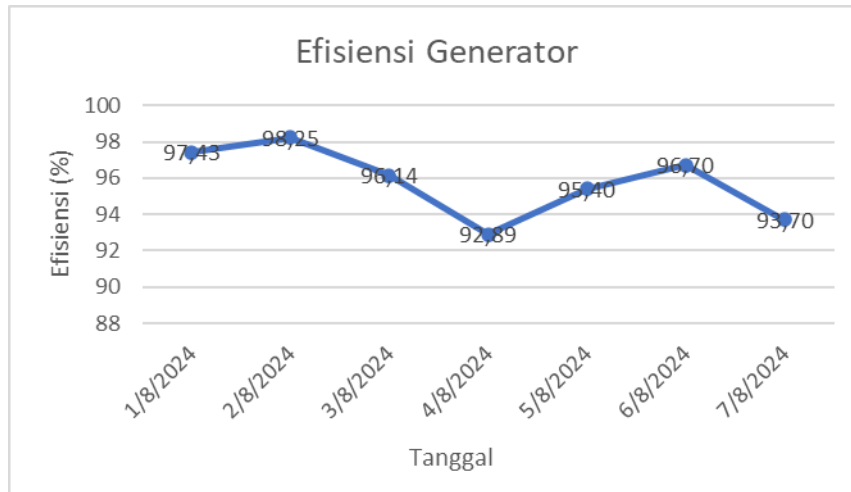
Berdasarkan gambar grafik efisiensi generator PLTU Bengkayang 2X50 MW pada tanggal 7 Agustus 2024 mengalami perubahan fluktuatif. Terlihat pada jam 20:00 mengalami kenaikan efisiensi, namun terjadi penurunan pada jam 22:00. Pada beban jam 16:00 memiliki efisiensi tertinggi yaitu 98,33% dan pada jam 10:00 memiliki efisiensi terendah yaitu 83,90%.

Berdasarkan dari hasil perhitungan juga dapat dilihat nilai rata-rata beban dan efisiensi generator dari per hari selama seminggu. Nilai rata-rata beban dan efisiensi generator dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4 Efisiensi Generator 1-7 agustus 2024

Tanggal	Pout Generator	Efisiensi Generator
	MW	%
1/8/2024	37.90	97.43
2/8/2024	41.39	98.25
3/8/2024	37.34	96.14
4/8/2024	35.54	92.89
5/8/2024	37.61	95.40
6/8/2024	40.39	96.70
7/8/2024	38.47	93.70

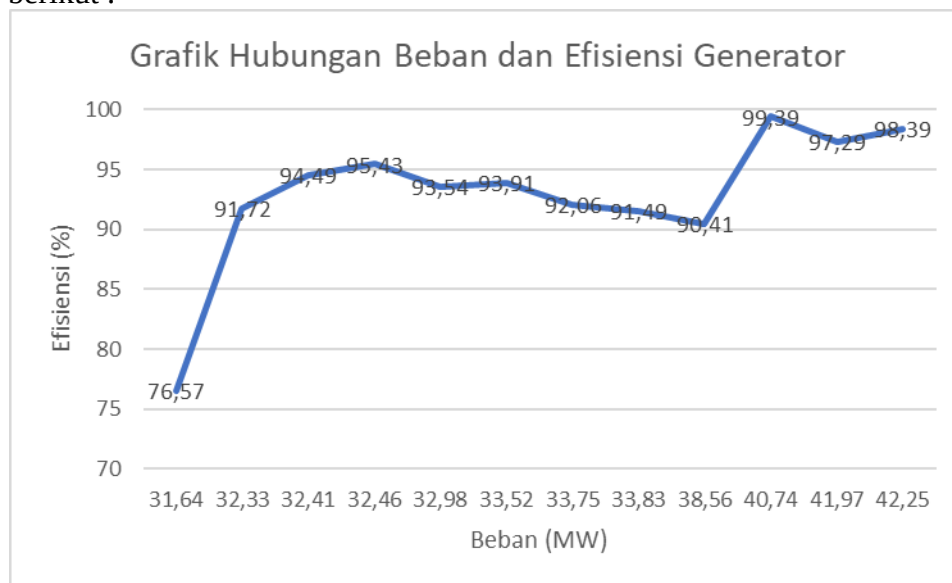
Berdasarkan tabel dapat dilihat bahwa pada tanggal 4 Agustus 2024 memiliki efisiensi yang terendah yaitu sebesar 92,89% dan pada tanggal 2 Agustus 2024 memiliki efisiensi tertinggi yaitu sebesar 98,25%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari grafik dibawah ini.



Gambar 8 Efisiensi Generator PLTU Bengkayang 2X50MW

b. Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Generator

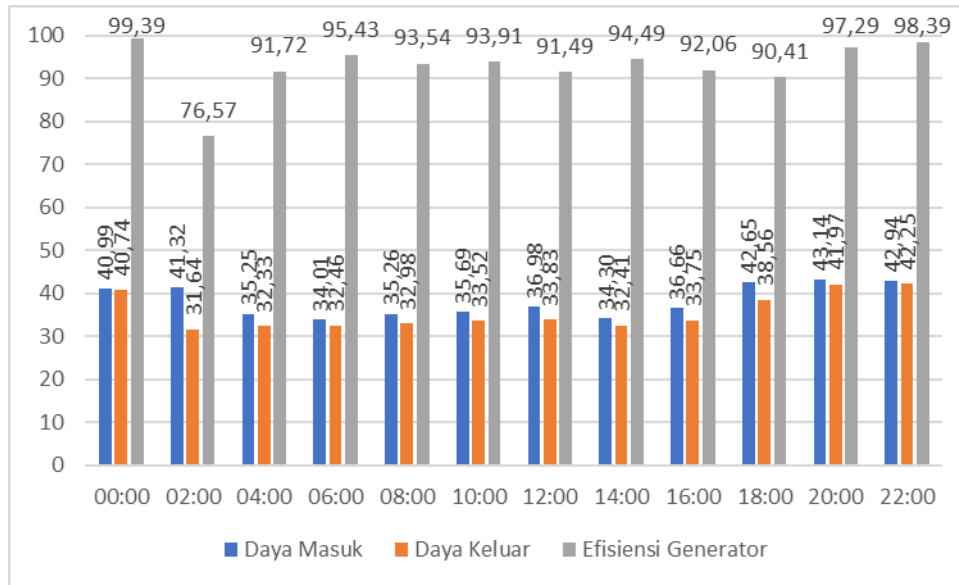
Setelah dilakukan perhitungan dapat dilihat bahwa nilai efisiensi generator PLTU Bengkayang 2X50 MW dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu faktor beban dan selisih antara daya masuk dan daya keluar. Untuk melihat dari faktor beban sebagai contoh dapat dilihat pada gambar grafik hubungan antara beban dan efisiensi generator tanggal 4 Agustus 2024 sebagai berikut :



Gambar 9 Grafik Hubungan Beban dan Efisiensi Generator 4-8-2024

Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin besar beban generator maka semakin efisiensi sebuah generator dengan catatan selisih antara daya masuk dan daya keluar generator tidak beda jauh.

Untuk melihat dari sisi selisih daya masuk dan daya keluar dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 10 Grafik Selisih Daya Masuk dan Keluar Generator

Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin kecil selisih daya masuk dan daya keluar generator maka semakin efisien sebuah generator sedangkan semakin besar selisih daya masuk dan daya keluar generator maka semakin kecil efisiensi generator.

KESIMPULAN

Dari penelitian hubungan pengaruh beban terhadap efisiensi generator, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Beban generator mempengaruhi terhadap efisiensi generator. Dimana semakin besar beban generator maka generator akan semakin efisien. Hal ini dapat dilihat dari nilai-nilai efisiensi generator yang bervariasi hasilnya tergantung dengan beban pada generator.
2. Untuk menghasilkan efisiensi generator yang tinggi maka selisih antara daya masuk dan daya keluar generator harus tidak beda jauh sehingga menghindari kerugian daya yang tidak perlu.
3. Daya keluar generator tidak boleh lebih besar dari daya masuk generator.
4. Dari hasil penelitian diperoleh efisiensi generator yang paling baik yaitu pada tanggal 1 Agustus dengan beban 42,06 MW dan nilai efisiensi generator sebesar 99,71%. Dan efisiensi terendah terjadi pada tanggal 4 Agustus dengan beban 31,64 MW dan nilai efisiensi generator sebesar 76,57%.

DAFTAR PUSTAKA

- M. Noer, "Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator di PLTG Borang Dengan Menggunakan Software Matlab," vol. 2, no. 2, hlm. 103–114, 2017.
- Z. A. Angelina, P. Jannus, dan B. Nainggolan, "Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Generator PLTMG Gunung Belah," hlm. 1940–1948, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- A. C. S. Adiwijaya, N. H. Djanggu, dan H. Batubara, "Penjadwalan dan Penentuan Stock Inventory Sparepart Optimal Untuk Meningkatkan Service Factor di PLTU Bengkayang," INTEGRATE: Industrial Engineering and Management System, vol. 7, no. 3, hlm. 88–93, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/issue/view/2162>
- Muharrir dan I. Hajar, "Analisis Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Unit 2 PLTP PT. Indonesia Power UPJP Kamojang," KILAT, vol. 8, no. 2, hlm. 93–102, 2019.

- Ashar, Hamma, W. S. Alfira, A. Asri, dan Ardiyansyah, "Analisis Efisiensi Generator Pada GT21 Blok 2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas Dan Uap PT. CEPA Sengkang," *Jurnal Teknologi Elektroika*, vol. 19, no. 2, hlm. 130–136, Nov 2022, doi: 10.31963/elektroika.v6i2.3805.
- A. E. Nur, S. A. Karim, dan Harsul, "Pengaruh Perubahan Beban Generator Terhadap Efisiensi PLTU (Studi pada PLTU Semen Tonasa Unit 35 MW)," *MEDIA ELEKTRIK*, vol. 20, no. 1, hlm. 62–66, 2022.
- M. Mangume, A. Sompotan, dan J. Nusa, "Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Generator di Unit 2 PLTP Lahendong," *FISTA: FISIKA DAN TERAPAN*, vol. 2, no. 2, hlm. 109–113, 2021.
- D. A. Fauzi, "Analisis Efisiensi Generator PLTU Pulang Pisau Pada Saat Pembebanan," 2021.
- F. Wildani, Syarifuddin, dan S. Thaha, "Analisis Efisiensi Generator Pada Unit 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2x25 MW PT.Rekind Daya Mamuju," hlm. 63–67, 2021.
- E. N. Wijayanti, "Analisis Perubahan Beban Terhadap Kinerja Generator Pada PT.Pembangkit Jawa Bali (PJB) Unit Pembangkit Gresik," 2021.
- M. Manguma, A. Sompotan, dan J. Nusa, "Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Generator di Unit 2 PLTP Lahendong," *JURNAL FISTA: FISIKA DAN TERAPAN*, vol. 2, no. 2, hlm. 109–113, 2021.
- Y. D. Polewangi, "Analisis Sistem Perawatan Mesin Boiler pada Industri Kelapa Sawit," *Industrial Engineering Journal*, vol. 8, no. 2, hlm. 26–29, 2019.
- R. Apriandi dan A. Mursadin, "Analisis Kinerja Turbin Uap Berdasarkan Performance Test PLTU Pt.Indocement P-12 Tarjun," *KINEMATIKA*, vol. 1, no. 1, hlm. 37–46, 2016.
- R. Pukoliwutang, S. R. U. A. Sompie, dan E. K. Allo, "Pengaturan Pendinginan Pada Kondensor Untuk Alat Destilasi Asap Cair," *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 6, no. 1, hlm. 27–34, 2017.
- A. Zauhari dan E. Koswara, "Analisis Efisiensi Siklus Rankine Pembangkit Tenaga Uap di Pt.PG Rajawali II Unit Jatitujuh," hlm. 285–290, 2020.
- J. S. E. Manullang dan D. Lumbantobing, "Unjuk Kerja Turbin Uap Jieneng Dengan Daya 15 MW di PLTU Growth Asia," *SINERGI Polmed: JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN*, vol. 4, no. 2, hlm. 45–58, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/Sinergi/index>
- Annisa, Winarso, dan W. Dwiono, "Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Generator Sinkron," *JURNAL RISET REKAYASA ELEKTRO*, vol. 1, hlm. 37–53, 2019.
- A. Nurdin, A. Azis, dan R. A. Rozal, "Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator Sinkron," *JURNAL AMPERE*, vol. 3, no. 1, hlm. 163–173, 2018.
- I. T. Sukmana, Arlenny, dan Elvira, "Studi Karakteristik Generator Sinkron Terhadap Perubahan Beban Di PLTG Mobile Power Plant Balai Pungut," *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi dan Industri)*, vol. 7, no. 2, hlm. 74–80, 2022, doi: 10.31849/sainetin.v7i1.9620.
- A. K. Wijaya, D. Nugroho, dan A. A. Nugroho, "Analisis Efisiensi Kinerja Generator G-101 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi," *Jurnal Transistor Elektro dan Informatika (TRANSISTOR EI)*, vol. 4, no. 1, hlm. 57–67, 2022.