

ANALISIS PARAMETER KINERJA UNIT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP SULUT-3

Christovel Kumendong¹, Eng. Tritiya Arungpadang², Jefferson Mende³

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT, Manado

ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya jumlah kemajuan teknologi, maka kebutuhan energi listrik juga meningkat sehingga menuntut tersedianya energi listrik yang berkesinambungan. Salah satu permasalahan yang dihadapi PLTU Sulut-3 2x50 MW sebagai pemasok energi listrik adalah menurunnya kinerja unit pembangkit yang disebabkan karena peralatan Coal Feeder yang mengalami gangguan. Dari permasalahan tersebut diperlukan sebuah analisis untuk mengetahui seberapa berpengaruhnya peralatan Coal Feeder terhadap kinerja pembangkit. Penelitian dilakukan dengan mengamati kerja Coal Feeder terhadap beban, pengolahan data operasi pembangkit berdasarkan Formula Indeks Kinerja Pembangkit PT PLN 2007. Dari hasil analisis didapatkan kesimpulan berupa pengoperasian Coal Feeder berperan penting dalam keandalan dan efisiensi proses pembangkitan energi listrik PLTU Sulut-3 2x50 MW, sehingga apabila Coal Feeder mengalami gangguan maka akan mempengaruhi kinerja pembangkit seperti Equivalent Availability Factor (EAF) yang rendah serta Equivalent Forced Outage Rate (EFOR) yang tinggi.

Kata Kunci : Kinerja Pembangkit, Coal Feeder

ABSTRACT

Along with the increasing population and technological advances, so the need for electrical energy is also increasing so that it demands the availability of energy continuous electricity. One of the problems faced by PLTU North Sulawesi-3 2x50 MW as a supplier of electrical energy is a decline in performance generating unit caused by the Coal Feeder equipment experiencing disturbance. From these problems, an analysis is needed to find out how influential Coal Feeder equipment has on performance generator. The research was conducted by observing the work of the Coal Feeder on load, plant operation data processing based on Performance Index Formula PT PLN 2007 generator. From the results of the analysis, it can be concluded that: Coal Feeder operation plays an important role in the reliability and efficiency of the process power generation of PLTU Sulut-3 2x50 MW, so that if the Coal Feeder is disturbed it will affect performance generators such as low Equivalent Availability Factor (EAF) and High Equivalent Forced Outage Rate (EFOR).

Keywords : Power Plant Performance , Coal Feeder

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi, kebutuhan manusia yang harus dipenuhi juga meningkat termasuk kebutuhan akan energi listrik sehingga menuntut tersedianya energi listrik yang berkesinambungan. Oleh karena itu, PLN (Perusahaan Listrik Negara) berkomitmen menjaga kecukupan dan keandalan listrik yang ada di daerah khususnya di Pulau Sulawesi. Produksi energi listrik oleh suatu pusat pembangkit listrik tidak boleh terputus selama

24 jam karena dapat mengakibatkan kerugian bagi manusia sebagai pemakai dan PLN atau perusahaan pembangkitan sebagai pemasok energi listrik tersebut. (PT. PLN, 2017).

Salah satu PLTU yang ada di Indonesia adalah PLTU Sulut-3, Sebuah PLTU Independent Power Producer (IPP) ini menyediakan dan memenuhi sebagian besar energi listrik untuk wilayah Sulawesi Utara dan Gorontalo khususnya sistem interkoneksi Sulawesi bagian Utara (Sulut). Untuk memenuhi akan kebutuhan energi listrik, maka diperlukan kinerja unit yang handal dan efisien

yang bergantung pada pemasokan batubara dari stock yard maupun tongkang ke ruang bakar boiler. Pada PLTU Sulut-3 terdapat total 8 coal feeder dengan rincian 4 buah coal feeder pada masing – masing unit pembangkit yang digunakan untuk mengatur dan mencatat jumlah aliran bahan bakar batubara yang akan dipakai untuk membangkitkan energi listrik. Unit pembangkit listrik sering muncul permasalahan yang salah satunya adalah menurunnya efisiensi sistem pengoperasian unit pembangkit yang disebabkan karena peralatan coal feeder mengalami gangguan sehingga mengakibatkan unit pembangkit trip atau mengalami outage yakni Forced Outage dimana unit keluar karena adanya gangguan (tiba-tiba), dan Planned Outage dimana unit keluar karena adanya pemeliharaan periodic.

Berdasarkan beberapa uraian di atas, maka peneliti memfokuskan untuk menganalisa dalam mengetahui parameter kinerja unit pembangkit sehingga tidak ada masalah yang terjadi selama proses pengoperasian pembangkit serta meminimalisir gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan tersebut maka permasalahan yang dirumuskan pada penelitian ini adalah :

- 1) Bagaimana sistem pengoperasian *coal feeder* terhadap kinerja unit Pembangkit Listrik tenaga uap Sulut-3?
- 2) Bagaimana untuk menganalisis parameter kinerja unit pembangkit Listrik tenaga uap Sulut-3?.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini agar sesuai dengan yang diharapkan adalah sebagai berikut :

- 1) Hanya membahas mengenai permasalahan peralatan Coal Feeder Pembangkit Listrik tenaga uap Sulut-3.
- 2) Data pada Pembangkit Listrik tenaga uap Sulut-3 diambil berdasarkan logsheet manual.
- 3) Pengambilan data dilakukan pada kondisi beban minim yakni luar waktu beban puncak (LWBP) dan kondisi beban maksimum yakni Waktu Beban Puncak (WBP)

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini yaitu :

- 1) Memahami sistem pengoperasian coal feeder pada pembangkit listrik tenaga uap Sulut-3.
- 2) Menganalisis parameter kinerja unit Pembangkit Listrik tenaga uap Sulut-3

1.5 Manfaat Penelitian

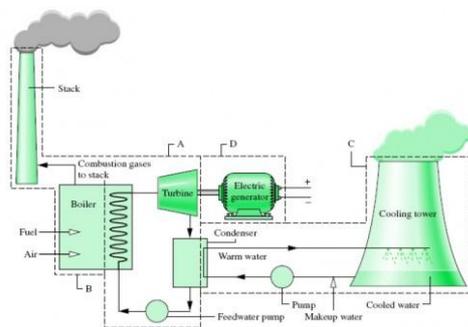
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan untuk mahasiswa ataupun dosen, dalam pengetahuan tentang pengoperasian *coal feeder* pada PLTU, serta dapat dijadikan acuan dalam operasi pembangkit untuk menjaga dan meningkatkan kinerja unit, khususnya pada PLTU.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan suatu pembangkit listrik termis

yang umum digunakan dalam pemenuhan energi listrik di Indonesia, hal ini dikarenakan pasokan bahan bakarnya yang melimpah dan tingkat efisiensinya yang tinggi sehingga sangat ekonomis dalam menghasilkan energi listrik. PLTU bekerja berdasarkan prinsip konversi energi, dimana energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar di ubah menjadi energi mekanik kemudian menjadi energi listrik. (M. maddaiya, 2015). Adapun skema PLTU secara umum dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.1 skema PLTU secara umum
(fitroh, 2015)

1. Boiler

Menurut (yuliani, 2019). Boiler adalah alat yang berfungsi untuk memanaskan air menjadi uap bertekanan dan bertemperatur tinggi dengan menggunakan panas dari hasil pembakaran pada ruang bakar. Berikut ada beberapa jenis boiler.

- a. Boiler Stoker Mekanik
- b. Boiler Pulverized
- c. Boiler CFB (Circulating Fluidized Bed)

2. Turbin dan Generator

Turbin uap adalah komponen proses konversi energi dalam sebuah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Turbin uap berfungsi untuk mengubah energi panas dari uap menjadi

energi mekanik (putaran) sebagai penggerak generator yang langsung terkopel dengan turbin dalam menghasilkan energi listrik sehingga sering disebut steam turbine generator. Sedangkan Generator berfungsi untuk mengubah energi putar dari turbin menjadi energi listrik. (M. maddaiya, 2015).

2.2 Bahan Bakar PLTU

Pada PLTU, proses pembangkitan energi listrik terdapat beberapa jenis bahan bakar yang digunakan, yaitu:

1. Batu Bara

Menurut (Jamilatun, 2008) Batu bara atau coal adalah salah satu sumber daya alam tidak terbarukan berupa bahan bakar fosil mudah terbakar yang terbentuk dari endapan organik seperti sisa-sisa tumbuhan dan hewan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Batubara akan menjadi bahan bakar utama PLTU ketika suhu pembakaran boiler telah mencapai temperature ideal.

2. High Speed Diesel (HSD)

High Speed Diesel (HSD) merupakan bahan bakar minyak (BBM) jenis solar yang memiliki angka performa cetana number 45. Fungsi minyak HSD pada PLTU Batubara maupun PLTU minyak adalah sebagai bahan bakar penyala awal dan pembakaran awal hingga beban unit mencapai 45% dari kapasitasnya.

2.3 Coal Feeder

Menurut (Juarsyah, 2021). PLTU dengan bahan bakar batubara memerlukan tindakan khusus agar kalori yang terkandung dalam bahan bakar batubara dapat diserap semaksimal

mungkin sehingga batubara dapat terbakar sempurna. Salah satu peralatan yang diperlukan pada PLTU berbahan bakar batu bara adalah coal feeder. Fungsi Coal feeder adalah mengatur jumlah batu bara yang masuk ke pulverizer (penggiling batubara) sebelum diumpun ke boiler. Jenis coal feeder yang terdapat pada PLTU Sulut-3 unit 1 dan unit 2 merupakan jenis weighing yang beroperasi dengan cara mengukur bulk density berdasarkan faktor-faktor seperti kelembaban dan ukuran batubara.



Gambar 2.7 Coal Feeder unit 1 PLTU Sulut-3

2.4 Status Unit Pembangkit Aktif

Berdasarkan Prosedur Tetap Deklarasi Kondisi Pembangkit dan Indeks Kinerja Pembangkit PLN Tahun 2007 (Protap DKP-IKP 2007). Menurut (PT. Persero) Terdapat beberapa pengelompokan status unit pembangkit yang aktif, yakni:

- a) *Ountage*
- b) *Derating*
- c) *Reserve Shutdown*

2.5 Durasi Status Pembangkit Aktif

Menurut PROTAP DKP-IKP 2007, durasi kejadian adalah lama suatu event atau kejadian pada suatu unit pembangkit, yang terbagi menjadi beberapa kelompok yaitu:

- A. *Service Hours (SH)*
- B. *Available Hours (AH)*
- C. *Planed Outage Hours (POH)*
- D. *Forced Outage Hours (FOH)*
- E. *Period Hours (PH)*
- F. *Equivalent Forced Derated Hours (EFDH)*
- G. *Equivalent Planned Derated Hours (PEDH)*

2.6 Indeks Kinerja Pembangkit

Menurut (SPLN K7.001:2007). Indeks Kinerja Pembangkit sangat diperlukan dalam operasi unit pembangkit. Keakurasian data perhitungan, kecepatan dan ketepatan informasi merupakan pendukung dan masukan terhadap pengambilan keputusan manajemen dalam mengelola / memanager unit pembangkit.

Oleh karena itu untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan indeks kinerja pembangkit disusun panduan sesuai ketentuan yang berlaku Menurut Protap DKP-IKP tahun 2007 yang mengacu pada SPLN K7.001:2007. Berikut Indeks Kinerja Pembangkit berdasarkan Protap DKP-IKP 2007 yaitu:

A. *Availability Factor (AF) [%]*

Availability Factor (AF) adalah perbandingan antara jumlah jam unit pembangkit siap beroperasi terhadap jumlah jam dalam satu periode tertentu. Besaran ini menunjukkan persentase kesiapan unit pembangkit untuk dioperasikan pada satu periode tertentu. Dapat dihitung dengan memakai persamaan:

$$AF = \frac{AH}{PH} \times 100\%$$

(2.3)

Dimana:

AH = *Availability Hours* [Jam]PH = *Period Hours* [Jam]**B. Equivalent Available Factor (EAF) [%]**

Equivalent Availability Factor (EAF) adalah rata-rata ketersediaan pembangkit yang telah memperhitungkan dampak dari derating pembangkit. Dapat dihitung dengan memakai formula:

$$EAF = \frac{AH - (EPDH + EFDH)}{(PH)} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dimana :

AH = *Availability Hours* [Jam]EPDH = *Equivalent Planned Derating Hours* [Jam]EFDH = *Equivalent Forced Derating Hours* [Jam]PH = *Period Hours* [Jam]**C. Forced Outage Rate (FOR) [%]**

Forced Outage Rate (FOR) adalah perbandingan jumlah jam unit pembangkit dikeluarkan dari sistem (keluar paksa) dibagi jumlah jam unit pembangkit dikeluarkan dari sistem ditambah jumlah jam unit pembangkit beroperasi, yang dinyatakan dalam persen. Dengan menggunakan formula berikut:

$$FOR = \frac{FOH}{PH} \times 100\% \quad (2.5)$$

Dimana :

FDH = *Forced Outage Hours* [Jam]PH = *Period Hours* [Jam]**D. Equivalent Forced Outage Rate (EFOR) [%]**

Equivalent Forced Outage Rate (EFOR) adalah rata-rata jumlah gangguan yang telah

memperhitungkan dampak dari derating pembangkit. Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$EFOR = \frac{FOH + EFDH}{PH} \times 100 \quad (2.6)$$

Dimana:

FOH = *Forced Outage Factor* [Jam]EFDH = *Equivalent Forced Derating Hours* [Jam]**E. Net Capacity Factor (NCF) [%]**

Net Capacity Factor adalah perbandingan antara total produksi netto listrik dengan daya mampu netto unit pembangkit dikali dengan jam periode tertentu. Dapat dihitung dengan persamaan:

$$NCF = \frac{TOTAL \text{ PRODUKSI } DAYA \text{ NETTO}}{PH \times NETT \text{ CAPACITY}} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dimana :

∑ *Produksi Daya Netto* = Total Daya Netto Yang Dibangkitkan [MWh]

Nett Capacity = Daya Mampu Netto [MW]PH = *Period Hours* [Jam]**F. Net Output Factor (NOF) [%]**

Net Output Factor adalah rasio antara total produksi netto dengan daya mampu netto unit pembangkit dikali dengan jumlah jam unit pembangkit beroperasi. Dapat dihitung dengan persamaan:

$$NOF = \frac{TOTAL \text{ PRODUKSI } DAYA \text{ NETTO}}{SH \times NETT \text{ CAPACITY}} \times 100\% \quad (2.8)$$

Dimana :

∑ *Produksi Daya Netto* = Total Daya Netto Yang Dibangkitkan [MWh]

Nett Capacity = Daya Mampu Netto
[MW]

SH = *Service Hours* [Jam]

G. *Capacity Factor* (CF) [%]

Capacity factor adalah sebuah indikator yang menggambarkan pemanfaatan unit pembangkit dalam menghasilkan energi listrik sesuai dengan kemampuan yang terpasang, dimana merupakan perbandingan produksi energi listrik dalam periode tertentu terhadap daya terpasangnya. Dapat dihitung dengan persamaan:

$$CF = \frac{\sum \text{PRODUKSI DAYA GROSS}}{PH \times \text{NETT CAPACITY}} \times 100\% \quad (2.9)$$

Dimana :

\sum Produksi Daya Gross = Total Daya Gross
dibangkitkan [MWh]

Nett Capacity = Daya Mampu Netto [MW]

PH = *Period Hours* [Jam]

H. *Plant Factor* (PF) [%]

Plant Factor adalah perbandingan antara total produksi netto dengan perkalian antara DMN (*Nett Capacity*) dan jumlah jam unit pembangkit siap dikurangi jumlah jam ekivalen unit pembangkit derating akibat *forced derating*, *maintenance derating*, *planned derating*, dan *derating* karena cuaca/musim. Dapat dihitung dengan persamaan:

$$PF = \frac{\sum \text{Produksi Daya Gross}}{(AH - (EPDH + EFDH) \times \text{Nett Capacity})} \times 100\% \quad (2.10)$$

Dimana :

\sum Produksi Daya Netto = Total Daya Netto

Yang Dibangkitkan [MWh]

Nett Capacity = Daya Mampu Netto
[MW]

AH = *Availability Hours* [Jam]

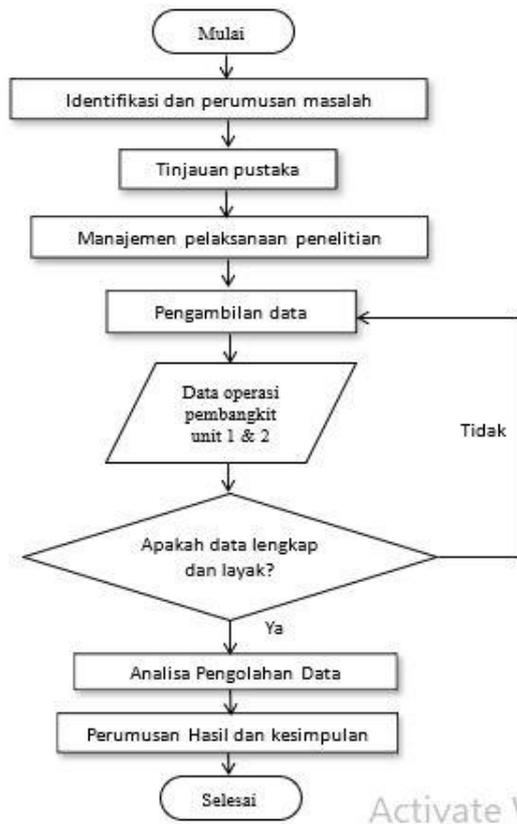
EPDH = *Equivalent Planned Derating Hours*
[Jam]

EFDH = *Equivalent Forced Derating Hours*
[Jam]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap yang dilakukan setelah tujuan penelitian ditetapkan. Tahap pengumpulan data penelitian dimulai dari pengumpulan data yang terbagi dalam dua hal, yaitu pengumpulan data dengan Data Sekunder/studi pustaka serta pengumpulan data dengan Data Primer/studi lapangan.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian tersebut dianalisis berdasarkan variabel yang telah ditentukan. Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode teknik analisis data kuantitatif.



Tanggal	Waktu	Daya Gross	Daya Netto	Coal Feeder A	Coal Feeder B	Coal Feeder C	Coal Feeder D	Konsumsi Batubara
	WIT	MW	T/H	T/H	T/H	T/H	T/H	T/H
21/09/2021	00:00	20	16.1	4.0	4.0	3.8	3.7	15.7
	01:00	20	16.1	3.6	3.9	4.0	3.7	15.2
	02:00	20	16.1	3.6	3.5	3.8	3.6	15.0
	03:00	20	16.3	3.6	3.4	3.4	3.5	14.3
	04:00	20	16.2	3.6	3.4	3.6	3.7	14.4
	05:00	20	16	3.6	3.8	3.9	3.6	15.1
	06:00	20	16	3.6	3.9	3.9	3.8	15.3
	07:00	20	16.1	3.6	3.8	3.8	3.6	15.1
	08:00	22	18	3.9	3.9	4.2	3.9	16.1
	09:00	25.5	21.2	4.0	3.8	4.0	3.6	15.7
	10:00	25.5	21.2	3.9	3.9	3.8	4.0	15.9
	11:00	25.2	21.1	4.3	4.3	4.2	4.8	17.7
	12:00	25.5	21.1	4.4	4.3	4.1	4.1	17.7
	13:00	25.5	21.1	3.7	4.3	4.2	4.1	16.9
	14:00	22.4	18.3	4.1	4.3	4.3	4.3	17.1
	15:00	22.4	18.4	4.4	4.4	4.3	4.4	17.2
	16:00	22.4	18.5	5.1	5.3	5.6	5.0	21.1
	17:00	30.1	25.2	5.5	5.2	5.1	5.2	20.9
	18:00	44.1	37.4	7.7	7.3	7.3	7.4	29.6
	19:00	40.1	34.1	7.2	7.0	6.8	6.8	27.6
	20:00	34.5	29	5.3	5.0	5.1	5.3	21.1
	21:00	30	25	4.0	4.1	4.1	4.1	16.3
	22:00	20	16.1	3.7	3.7	3.4	3.4	14.1
	23:00	20	16	3.5	3.7	3.9	3.6	15.1

IV. HASIL & PEMBAHASAN

Sistem Pengoperasian *Coal Feeder* terhadap beban unit dalam memenuhi permintaan beban kelistrikan system Sulawesi Utara, PT PLN (Persero) menunjuk PT Minahasa Cahaya Lestari sebuah Independent Produce Power (IPP) untuk membangun Pusat Listrik Tenaga

Uap (PLTU) dengan daya terpasang 2x50 MW (Daya Mampu Netto 2x50 MW) yang terletak di Desa Kema Satu, Kecamatan Kema, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara.

Pada PLTU Sulut-3 terdapat dua buah unit pembangkit dengan type boiler pulverizer mill dengan masing-masing 4 buah coal feeder yang siap menyuplai batubara ke boiler, keberadaan coal feeder tersebut sangat penting dalam mengatur jumlah bahan bakar batubara yang akan dipakai dalam operasi unit untuk membangkitkan energi listrik. Berdasarkan penelitian dan pengambilan data operasi pembangkit per bulan september 2021 di lapangan.

Untuk dapat mengetahui kaitan antara sistem pengoperasian coal feeder terhadap kinerja pembangkit, maka perlu terlebih dahulu mengetahui sistem pengoperasian coal feeder terhadap beban dan kondisi unit. berikut sampel data operasi PLTU Sulut-3 untuk periode operasi tanggal 21 sampai 22 september 2021.

Tabel 1. Data operasi pembangkit unit 1 periode 21 september 2021.

Dari Tabel 1 dapat dicermati, ketika beban (Daya Gross) naik (permintaan beban naik pukul 08:00 s/d pukul 09:00) maka konsumsi batubara naik sebagai akibat dari flow rate tiap coal feeder yang operasi dimaksimalkan atau dinaikkan bahkan jika memungkinkan ditambah satu coal feeder untuk dioperasikan, sebaliknya ketika beban (Daya Gross) turun yakni permintaan beban turun pukul 20:00 s/d pukul 21:00 maka konsumsi batubara turun diakibatkan flow rate tiap coal feeder diminimalkan atau dikurangi.

Tabel 2. Data operasi pembangkit unit 2

Tanggal	Waktu	Daya Gross	Daya Netto	Coal Feeder A	Coal Feeder B	Coal Feeder C	Coal Feeder D	Konsumsi Batubara
		WT	MW	T/H	T/H	T/H	T/H	T/H
22/09/2021	00:00	21	15	4.1	4.1	4.6	4.2	16.2
	01:00	20.9	15.1	4.2	4.1	4.1	4.0	16.4
	02:00	21.2	15	3.8	4.0	4.0	4.5	16.6
	03:00	20.9	15	3.7	4.1	4.0	4.0	15.9
	04:00	21	15.2	3.6	3.6	4.2	3.8	15.5
	05:00	20.9	15	3.7	4.3	4.1	4.2	15.9
	06:00	21	15.1	3.8	3.6	3.5	3.6	15.3
	07:00	21	15.1	4.0	3.7	3.8	4.0	15.7
	08:00	21	15.1	3.8	4.2	3.7	3.6	15.4
	09:00	20.9	15.1	3.7	3.7	4.0	3.9	15.5
	10:00	24	17.7	4.1	4.6	4.0	4.2	17.1
	11:00	27	20.3	5.6	5.0	4.9	5.0	20.2
	12:00	27	20.4	4.8	5.2	4.9	5.1	20.1
	13:00	27	20.7	4.7	4.9	4.8	4.5	19.7
	14:00	27	20.6	4.6	5.0	4.5	4.6	18.0
	15:00	27	20.7	4.6	4.6	5.0	4.6	19.1
	16:00	30	23.4	5.1	5.3	5.3	5.0	20.9
	17:00	31.1	24.3	5.6	5.3	5.3	5.8	23.0
	18:00	50	41.2	8.2	7.9	7.8	8.5	32.1
	19:00	43	35.1	7.3	7.5	7.3	7.2	29
	20:00	35.3	28	5.4	5.4	5.6	5.6	21.8
	21:00	27	20.6	4.8	5.0	4.7	5.0	19.6
	22:00	21	15	3.7	4.1	4.0	4.3	16
23:00	21	15.2	3.9	4.1	4.1	3.7	16	

periode 22 September 2021

Dari tabel 2 dapat dicermati, pola pengoperasian coal feeder unit 2 sama seperti pola pengoperasian coal feeder unit 1 dimana ketika beban (daya gross) naik (permintaan beban naik pukul 10:00 s/d pukul 18:00) maka konsumsi batubara naik sebagai akibat dari coal flow tiap coal feeder yang operasi dimaksimalkan, sebaliknya ketika beban (daya gross) turun yakni permintaan beban turun pukul 21:00 s/d 23:00 maka konsumsi batubara turun diakibatkan flow rate tiap coal feeder diminimalkan atau dikurang.

Tabel 3. Skema Operasi Coal Feeder PLTU Sulut-3

DAYA GROSS	COAL FEEDER A	COAL FEEDER B	COAL FEEDER C	COAL FEEDER D
0 MW – 20 MW	Normal	Normal	Normal	Normal
20 MW – 30 MW	Normal	Normal	Normal	Normal

30 MW – 40 MW	Normal	Normal	Normal	Normal
40 MW – 50 MW	Normal	Normal	Normal	Normal
50 MW – 60MW	Normal	Normal	Normal	Normal

Analisis parameter kinerja unit Pembangkit Perhitungan indeks parameter kinerja pembangkit pada PLTU Sulut-3 2x50 MW berdasarkan pada DKP-IKP 2007:1 tentang prosedur tetap deklarasi kondisi pembangkit dan indeks kinerja pembangkit PT. PLN (persero). Perhitungan dilakukan dengan menggunakan akumulasi data operasi pembangkit periode bulan September 2021 sebagai berikut:

Tabel 4. Data perhitungan indeks parameter

UNIT	Nett capacity (MW)	Daya Bruto (MWh)	Daya Netto (MWh)	PH (Jam)	AH (Jam)	SH (Jam)	RSH (Jam)	FOH (Jam)	POH (Jam)	EPDH (Jam)	EFDH (Jam)
#1	50	595.2	490.6	720	720	720	0	0	0	0	0
#2	50	627.2	474.1	720	720	720	0	0	0	0	0

kinerja unit pembangkit PLTU Sulut-3

1. Data perhitungan indeks parameter kinerja pembangkit unit 1

Dengan mengambil data unit 1 berdasarkan padatable 4.4 diketahui:

- PH (*Period Hours*) = 720
- AH (*Availability Hours*) = 720
- SH (*Service Hours*) = 720
- RSH (*Reserve Shutdown*) = 0
- FOH (*Forced Outage Hours*) = 0
- POH (*Planned Outage Hours*) = 0
- EPDH (*Equivalent Planned Derated Hours*) = 0
- EFDH (*Equivalent Forced Derated Hours*) = 0

- Total Daya Bruto = 595.2
- Total Daya Netto = 490.6

Berikut perhitungan indeks parameter kinerja pembangkit unit 1

1. Availability factor (AF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.3 dapat dihitung:

$$AF = \frac{AH}{PH} \times 100\%$$

$$AF = \frac{720 \text{ hours}}{720 \text{ hours}} \times 100\%$$

$$AF = 100\%$$

Jadi, kesiapan unit pembangkit untuk beroperasi pada periode waktu tertentu adalah 100%

2. Equivalent Availability Factor (EAF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.4 dapat dihitung:

$$EAF = \frac{AH - (EPDH + EFDH)}{PH} \times 100\%$$

$$EAF = \frac{(720 \text{ hours} - (0 \text{ hours} + 0 \text{ hours}))}{(720 \text{ hours})} \times 100\%$$

$$EAF = 100\%$$

Jadi, kesiapan unit pembangkit untuk beroperasi menghasilkan tenaga listrik adalah 100%.

3. Forced Outage Factor (FOR) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.5 dapat dihitung:

$$FOR = \frac{FOH}{PH} \times 100\%$$

$$FOR = \frac{0 \text{ hours}}{720 \text{ hours}} \times 100\%$$

$$FOR = 0\%$$

Jadi, jumlah jam operasi yang keluar dari system adalah 0%.

4. Equivalent Forced Outage Factor (EFOR) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.6 dapat dihitung:

$$EFOR = \frac{FOH + EFDH}{PH} \times 100$$

$$EFOR = \frac{0 \text{ hours} + 0 \text{ hours}}{720 \text{ hours}} \times 100\%$$

$$EFOR = 0\%$$

Jadi, dampak turunnya beban akibat gangguan system adalah 0%

5. Net Capacity Factor (NCF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.7 dapat dihitung:

$$NCF = \frac{\text{TOTAL PRODUKSI DAYA NETTO}}{PH \times \text{NETT CAPACITY}} \times 100\%$$

$$NCF = \frac{(490,6 \text{ MWh})}{720 \text{ hours} \times 50 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$NCF = 1,36\%$$

Jadi, rasio antara total produksi netto dengan daya mampu netto dikali dengan jam periode tertentu adalah 1,36%

6. Net Output Factor (NOF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.8 dapat dihitung:

$$NOF = \frac{\text{TOTAL PRODUKSI DAYA NETTO}}{SH \times \text{NETT CAPACITY}} \times 100\%$$

$$NOF = \frac{490,6 \text{ MWh}}{720 \text{ hours} \times 50 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$NOF = 1,36\%$$

Jadi, rasio antara total produksi netto dengan daya mampu netto dikali dengan jumlah jam unit pembangkit beroperasi adalah 1,36%

7. Capacity Factor (CF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.9 dapat dihitung:

$$CF = \frac{\sum \text{PRODUKSI DAYA GROSS}}{PH \times \text{NETT CAPACITY}} \times 100\%$$

$$CF = \frac{595,2 \text{ MWh}}{720 \text{ hours} \times 50 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$CF = 1,65\%$$

Jadi, perbandingan antara jumlah peroduksi listrik pada periode operasi terhadap kemampuan peroduksi sesuai daya mampu adalah 1,65%

8. Plant Factor (PF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.10 dapat dihitung:

$$PF = \frac{\sum \text{Produksi Daya Gross}}{(AH - (EPDH + EFDH)) \times \text{Nett Capacity}} \times 100\%$$

$$PF = \frac{490,6 \text{ MWh}}{720 - (0 + 0) \times 50 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$PF = 1,36\%$$

Jadi, akibat adanya gangguan atau perbaikan karna gangguan cuaca atau musim adalah 1,36%

2. Data perhitungan indeks parameter kinerja pembangkit unit 2

Dengan mengambil data unit 2 berdasarkan pada tabel 4.4 diketahui:

- PH (*Period Hours*) = 720
- AH (*Availability Hours*) = 720
- SH (*Service Hours*) = 720
- RSH (*Reserve Shutdown*) = 0
- FOH (*Forced Outage Hours*) = 0
- POH (*Planned Outage Hours*) = 0

- EPDH (*Equivalent Planned Derated Hours*) = 0

- EFDH (*Equivalent Forced Derated Hours*) = 0

- Total Daya Brut = 627.2

- Total Daya Netto = 474.1

Berikut perhitungan indeks kinerja pembangkit unit 1

1. Availability factor (AF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.3 dapat dihitung:

$$AF = \frac{AH}{PH} \times 100\%$$

$$AF = \frac{720 \text{ hours}}{720 \text{ hours}} \times 100\%$$

$$AF = 100\%$$

Jadi, kesiapan unit pembangkit untuk beroperasi pada periode waktu tertentu tertentu adalah 100%

2. Equivalent Availability Factor (EAF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.4 dapat dihitung:

$$EAF = \frac{AH - (EPDH + EFDH)}{PH} \times 100\%$$

$$EAF = \frac{(720 \text{ hours} - (0 \text{ hours} + 0 \text{ hours}))}{(720 \text{ hours})} \times 100\%$$

$$EAF = 100\%$$

Jadi, kesiapan unit pembangkit untuk beroperasi menghasilkan tenaga listrik adalah 100%.

3. Forced Outage Factor (FOR) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.5 dapat dihitung:

$$FOR = \frac{FOH}{PH} \times 100\%$$

$$FOR = \frac{0 \text{ hours}}{720 \text{ hours}} \times 100\%$$

$$FOR = 0\%$$

Jadi, jumlah jam operasi yang keluar dari

system adalah 0%

4. Equivalent Forced Outage Factor (EFOR) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.6 dapat dihitung:

$$EFOR = \frac{FOH + EFDH}{PH} \times 100\%$$

$$EFOR = \frac{0 \text{ hours} + 0 \text{ hours}}{720 \text{ hours}} \times 100\%$$

$$EFOR = 0\%$$

Jadi, dampak turunnya beban akibat gangguan system adalah 0%

5. Net Capacity Factor (NCF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.7 dapat dihitung:

$$NCF = \frac{\text{TOTAL PRODUKSI DAYA NETTO}}{PH \times \text{NETT CAPACITY}} \times 100\%$$

$$NCF = \frac{474,1 \text{ MWh}}{720 \text{ hours} \times 50 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$NCF = 1,36\%$$

Jadi, rasio antara total produksi netto dengan daya mampu netto dikali dengan jam periode tertentu adalah 1,31%

6. Net Output Factor (NOF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.8 dapat dihitung:

$$NOF = \frac{\text{TOTAL PRODUKSI DAYA NETTO}}{SH \times \text{NETT CAPACITY}} \times 100\%$$

$$NOF = \frac{470,1 \text{ MWh}}{720 \text{ hours} \times 50 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$NOF = 1,31\%$$

Jadi, rasio antara total produksi netto dengan daya mampu netto dikali dengan jumlah jam unit pembangkit beroperasi adalah 1,31%

7. Capacity Factor (CF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.9 dapat dihitung:

$$CF = \frac{\sum \text{PRODUKSI DAYA GROSS}}{PH \times \text{NETT CAPACITY}} \times 100\%$$

$$CF = \frac{672,2 \text{ MWh}}{720 \text{ hours} \times 50 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$CF = 1,74\%$$

Jadi, perbandingan antara jumlah peroduksi listrik pada periode operasi terhadap kemampuan peroduksi sesuai daya mampu adalah 1,74%

8. Plant Factor (PF) [%]

Dengan menggunakan persamaan 2.10 dapat dihitung:

$$PF = \frac{\sum \text{Produksi Daya Gross}}{(AH - (EPDH + EFDH)) \times \text{Nett Capacity}} \times 100\%$$

$$PF = \frac{474,1 \text{ MWh}}{720 - (0 + 0)} \times 100\%$$

$$PF = 1,31\%$$

Jadi, akibat adanya gangguan atau perbaikan karna gangguan cuaca atau musim adalah 1,31%

Setelah dilakukan analisis perhitungan parameter kinerja pembangkit untuk unit 1 dan 2 (perhitungan terlampir) maka, didapat analisa data kinerja pembangkit seperti pada table 5 berikut.

Tabel 4.5 hasil analisa kinerja pembangkit

Unit	AF	EAF	FOR	EFOR	NCF	NOF	CF	PF
	%	%	%	%	%	%	%	%
1	100%	100%	0%	0%	1,36%	1,36%	1,65%	1,36%
2	100%	100%	0%	0%	1,31%	1,31%	1,74%	1,31%

listrik sulut-3.

Perbandingan hasil

Setelah menganalisa parameter kinerja pada PLTU sulut-3 yang hasilnya terdapat pada tabel 4.5, diperoleh kinerja sebagai berikut.

- 1) Kesiapan unit pembangkit untuk beroperasi pada periode waktu tertentu tertentu. AF pada unit 1 (100%) dan unit 2 (100%)

- 2) Kesiapan unit pembangkit untuk beroperasi menghasilkan tenaga listrik, EAF pada unit 1 (100%) dan unit 2 (100%)
- 3) Jumlah jam operasi yang keluar dari system, FOR pada unit 1 dan unit 2 (0%)
- 4) Dampak turunnya beban akibat gangguan system, EFOR pada unit 1 dan unit 2 (0%).
- 5) Rasio antara total produksi netto dengan daya mampu netto dikali dengan jam periode tertentu.. NCF pada unit 1 (1,36%) dan unit 2 (1,31%)
- 6) Rasio antara total produksi netto dengan daya mampu netto dikali dengan jumlah jam unit pembangkit beroperasi. NOF pada unit 1 (1,36) dan unit 2 (1,31%)
- 7) Perbandingan antara jumlah produksi listrik pada periode operasi terhadap kemampuan produksi sesuai daya mampu. CF pada unit 1 (1,65%) dan unit 2 (1,74%)
- 8) Akibat adanya gangguan atau perbaikan karna gangguan cuaca atau musim. PF Pada unit 1 (1,36%) dan unit 2 (1,31)

V. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis kinerja sistem pengoprasian pembangkit listrik tenaga uap sulut-3 dapat disimpulkan beberapa hal, yakni:

- 1) Sistem pengoprasian coal feeder mengikuti pola pembebanan unit pembangkit dimana ketika terdapat kenaikan beban maka pengoprasian coal feeder dioptimalkan dengan cara memaksimalkan coal flow rate-nya dan ketika terdapat penurunan beban maka

pengoprasian coal feeder diminimalkan dengan cara coal flow rate-nya diminimalkan sehingga pengoprasian coal feeder yang optimal akan mendukung kinerja pembangkit listrik tenaga uap tersebut.

- 2) Analisa Parameter Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap Sulut-3 berupa:

- Faktor ketersediaan unit pembangkit yang ditunjukkan oleh nilai Availability Factor (AF) dan Equivalent Availability Factor (EAF),
- Faktor gangguan unit pembangkit yang ditunjukkan oleh nilai Forced Outage Rate (FOR) dan Equivalent Forced Outage Rate (EFOR),
- Serta faktor produksi energi listrik yang ditunjukkan oleh nilai Capacity Factor (CF), Nett Capacity Factor (NCF), Nett Output Factor (NOF) dan Plant Factor (PF)

Saran

- 1) pembangkit listrik tenaga uap tersebut.
- 2) Khusus untuk peneliti selanjutnya, sebaiknya melakukan analisis lebih mendalam untuk meningkatkan efisiensi kinerja pada pembangkit listrik.
- 3) Untuk penelitian selanjutnya, studi tugas akhir ini dapat dilanjutkan dengan menganalisis efisiensi komposisi bahan bakar batu bara dengan menggunakan Bat Algorithm pada PLTU sulut 3.

DAFTAR PUSTAKA

- (persero), P. P. (2007). Rencana usaha penyediaan tenaga listrik (RUPTL). *PT. PLN*.
- Irfan, M. (2020). Analisan pengoprasian coal feeder terhadap kinerja pembangkit pada pt bosowa energi pltu jeneponto ekspansi 2x135 Mw.
- Jamilatun, S. (2008). Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 2, 37*.
- juarsyah, e. (2021). Kendali Fine Coal Feeder Pada Optimalisasi Proteksi Gas Carbon Monoksida Di Pt. Semen Baturaja (Persero), Tbk. In: *Electro National Conference (Enaco)*. 99-107.
- K7, S. (2007). Indeks kinerja pembangkit. 01.
- Maddaiya, M. (2015). Evaluasi Kinerja Pembangkit Pada Pusat Listrik Bilibili 19,5 MW. *Politeknik Negeri Ujung Pandang*.
- persero, p. p. (2007). Prosedur Tetap Deklarasi Kondisi Pembangkit Dan Indeks Kinerja Pembangkit Pt Persero.
- Putra, F. S. (2017). Steam Power Plant (Analisa Termal Pada Furnace Water Tube Boiler Ditinjau dari Perpindahan Panas Konduski dan Konveksi Menggunakan Bahan Bakar Gas. 54 - 63.
- yuliani, I. (2019). volume 9 no 1. ISSN:2089-2527. Analisis Sistem Ruang Bakar Boiler Jenis Fluidized Bed Combustion untuk PLTU Kamapasitas 8 MW.