



# Analisis Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro Orya-Genyem Berdasarkan *Load of Loss Probability*

## *Reliability Analysis of Orya-Genyem Mini Hydroelectric Power Plant Based on Load of Loss Probability*

Anne Lamria Sihombing, Joni, Yane Ansanay, Enos Karapa, Herbert Innah, Prihananto, Johni Jonatan Numberi\* dan Tiper K. M. Uniplaita

Universitas Cenderawasih, Jl. Kamp Wolker, Jayapura, Indonesia

### Informasi artikel:

Diterima:  
25/06/2023  
Direvisi:  
02/07/2023  
Disetujui:  
05/07/2023

### Abstract

Electricity is crucial for supporting development, the economy, and human well-being, thus leading to an increasing demand for electrical energy. Therefore, power plants are planned and constructed to be as economically viable as possible. In line with the principles of affordability, security of supply, and acceptability, to ensure long-term capacity demand and reliability. The reliability of the power plant is measured using the Load of Loss Probability (LOLP) index, which assesses the probability of components functioning satisfactorily to meet demand. The objective of this research is to analyze the reliability of PLTM Orya-Genyem based on the Load of Loss Probability (LOLP) index. The research methodology is qualitative, commencing with the collection of secondary data, followed by LOLP calculations to obtain reliability information. LOLP index for PLTM Orya-GGenyem is 0,4204%, equivalent to 1,5346 days per year, exceeding the PLN standard of 1 day per year. This indicates a lack of reliability in the power plant. Research findings reveal that daily power demand increases by 0,054 MW for every 1% increase in time. Assessment indicates that peak load surge factor is not the cause of the high LOLP value in PLTM Orya-Genyem. Instead, outages are the cause. The assessment shows that there were 72 disturbances of maintenance outages for PLOG-TA-01 and 145 disturbances of system adjustment outages for PLOG-TA-02. Other outages that happen include low water elevation, water storage duration, floods (accumulated debris), transmission work, blackouts, network disturbances, forced outages, planned outages, sedimentation dredging, water drainage, water filling, performance testing, and maintenance during plant operation.

**Keywords:** Orya-Genyem, reliability, load of loss probability, mini hydroelectric power plant.

### SDGs:



### Abstrak

Listrik penting untuk mendukung pembangunan, perekonomian dan kesejahteraan manusia, sehingga kebutuhan energi listrik semakin meningkat. Karenanya, dibangunlah pembangkit listrik yang seekonomis mungkin dan sejalan dengan prinsip *affordability*, *security of supply*, dan *acceptability*, agar dalam jangka panjang dapat mensuplai kapasitas yang diminta serta andal. Keandalan pembangkit diukur dengan indeks *Load Of Loss Probability* (LOLP), yaitu penilaian probabilitas fungsi komponen dalam memenuhi permintaan secara memuaskan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis keandalan sistem PLTM Orya-Genyem berdasarkan indeks LOLP. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif, dimulai dengan pengumpulan data sekunder, lalu perhitungan LOLP, untuk mendapatkan informasi keandalan. Nilai LOLP PLTM Orya - Genyem adalah 0,4204% setara dengan 1,5346 hari/tahun, melebihi standar PLN yaitu 1 hari/tahun. Temuan penelitian mengungkapkan permintaan daya harian meningkat 0,0454 MW setiap peningkatan waktu 1%. Hal ini menunjukkan kurang andalnya pembangkit. Pengkajian menunjukkan faktor lonjakan beban puncak bukan penyebab tingginya nilai LOLP, namun karena gangguan. Tercatat 72 kali gangguan *maintenance outage* pada PLOG-TA-01, dan PLOG-TA-02 mengalami 145 kali gangguan penyesuaian pengaturan sistem. Gangguan lainnya adalah elevasi air rendah, durasi menampung air, banjir (sampah menumpuk), pekerjaan transmisi, *blackout*, gangguan jaringan, *forced outage*, *maintenance outage*, *planned outage*, pengerukan sedimentasi, pengosongan air, mengisi air, *performance test*, dan perawatan saat pembangkit beroperasi.

**Kata Kunci:** bodi lokomotif, CFD, koefisien hambatan, Ansys fluent, tekanan bodi.

\*Penulis Korespondensi  
email : [j\\_numberi@yahoo.com](mailto:j_numberi@yahoo.com)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik semakin meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi dan pembangunan. Pemenuhan kebutuhan listrik dilakukan dengan dibangunnya pembangkit listrik dengan kapasitas yang direncanakan agar dapat memenuhi kebutuhan kelistrikan dalam jangka panjang. Kemampuan pembangkit untuk memasok listrik selama periode waktu tertentu disebut dengan keandalan. Keandalan bergantung bukan hanya pada cadangan daya namun juga pada tingkat gangguan yang terjadi pada saat pembangkit beroperasi. Bila pembangkit mengalami gangguan maka akan terjadi pemadaman, sehingga dapat menurunkan kualitas layanan dan peralatan proses yang menggunakan listrik. Tujuan mengetahui keandalan pembangkit, yaitu agar dapat memperoleh umpan balik bagi implementasi pengoperasian dan pengendaliannya (Akhsani, 2018). Dengan demikian, sangatlah penting dilakukan penilaian keandalan PLTM Orya - Genyem kapasitas 2 x 10 MW, yang berlokasi di kampung Nimbotong, Distrik Unurum Guay, Kabupaten Jayapura, Papua.

Berbagai penelitian mengenai keandalan pembangkit telah dilakukan sebelumnya serta menggunakan metode simulasi untuk meningkatkan nilai LOLP, yaitu simulasi penambahan jumlah pembangkit dengan menguji efek dari tingkat pemadaman paksa (FOR) dan beban harian pada indeks LOLP (Thayib dan Apriani, 2015; Azizah dkk., 2017). Beberapa penelitian tentang LOLP menekankan pada penggunaan aplikasi penghitungan untuk memperkirakan perlu tidaknya membangun tambahan pembangkit baru dalam rangka meningkatkan keandalan berdasarkan indeks LOLP (Alfi dan Kusmayana, 2023; Laksono, Yuniahastuti dan Prakoso, 2021; Putra dan Yuniahastuti, 2021; Sulaiman, Majid dan Othman, 2022; Syahputra, Noor dan Mujaahid, 2020). Pengembangan penelitian LOLP dan LOLE dapat diterapkan untuk merencanakan pembangkit listrik *smart cities* (Saleh dkk., 2019; Abdullah, Marsudi dan Cahya, 2021). Penelitian lain yang juga dilakukan di PLTM Orya Genyem, yaitu menggunakan aplikasi Microsoft Manager 2016 untuk studi penjadwalan

dan pembiayaan proyek trashlog, namun tidak menghitung keandalan (LOLP) (Abdullah, Marsudi dan Cahya, 2021).

Dari penelitian yang telah dilakukan, solusi yang ditawarkan untuk meningkatkan keandalan adalah membangun pembangkit listrik yang baru, dan belum menentukan pada bulan apa sering terjadi gangguan dan penyebab, serta meningkatkan keandalan pembangkit tanpa membangun pembangkit yang baru. Analisis keandalan pembangkit berdasarkan LOLP dilakukan terhadap pembangkit PLTM Orya-Genyem. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa keandalan pembangkit PLTM Orya Genyem berdasarkan LOLP. Sehingga dapat menentukan faktor yang mempengaruhi keandalannya tanpa membangun pembangkit yang baru. Batasan masalah pada penulisan jurnal adalah indeks keandalan yang dinilai hanya pada pembangkit dan dalam kurun waktu satu tahun, yaitu tahun 2021.

## 2. METODOLOGI

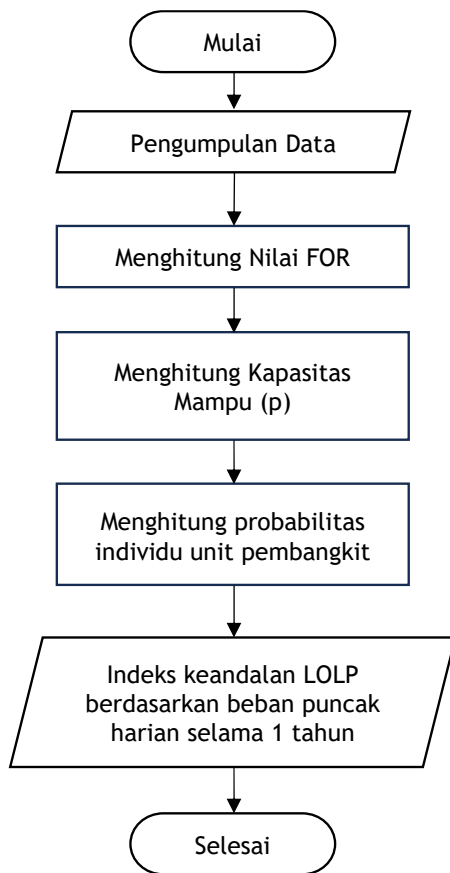
### 2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PLTM Orya Genyem pada tanggal 17 Mei 2022.

### 2.2. Metode Penelitian

Data yang dibutuhkan dalam penelitian adalah data sekunder: kapasitas / produksi, beban puncak, waktu dan jumlah gangguan, serta debit air dari PLTM Orya Genyem. Analisis data penelitian dilakukan dengan menggunakan program Ms Excell. Instrumen pengumpulan data adalah pengumpulan data hasil produksi PLTM Orya Genyem.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif, yaitu menghitung probabilitas kehilangan beban (LOLP), nilai ini akan digunakan untuk memprediksi jumlah beban yang dapat dipenuhi oleh pembangkit PLTM Orya, berdasarkan data time series yang dikumpulkan. Sedangkan penilaian keandalan pembangkit didasarkan pada indeks Load Of Loss Probability (LOLP). Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian tampak pada flowchart gambar 1



Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian

### 2.1.1.1. Load of Loss Probability (LOLP)

Keandalan pembangkit dapat dilihat pada tingkat ketersediaan dan kualitas layanan listrik yang diberikan oleh pembangkit. Serangkaian pemadaman listrik yang terjadi dan berkepanjangan menunjukkan bahwa pembangkit listrik tidak dapat diandalkan, atau dengan kata lain kapasitas pembangkitan tidak dapat memenuhi permintaan. Dua penyebab utama pembangkit tidak dapat memenuhi permintaan (Pillai N, 2015), yaitu:

- 1) Variasi permintaan yang tidak dapat diprediksi:

Variasi permintaan yang tinggi dan berbeda dari yang diperkirakan akan mengakibatkan beban puncak yang sangat tinggi melebihi kapasitas terpasang sistem. Memang saat awal perencanaan telah dipersiapkan kapasitas cadangan / *stand by*, untuk mengatasi lonjakan permintaan/beban puncak. Namun, bila lonjakan terjadi melebihi kapasitas cadangannya, maka

dikatakan permintaan melebihi pasokan. Sehingga terjadi pemadaman.

- 2) Penurunan kapasitas pembangkit.

Ketidakcukupan pasokan masih mungkin terjadi meskipun beban tidak jauh dari ekspektasi. Hal ini disebabkan beberapa faktor, seperti: penurunan kapasitas pembangkit (masalah peralatan dan perubahan kondisi operasional, yang juga terkait dengan usia peralatan), dan adanya gangguan. (*outage*) sistem pembangkit, baik yang terencana maupun insidental (Ilintamon, Pakiding dan Tumaliang, 2019).

Macam-macam gangguan:

- Gangguan terencana adalah bila pembangkit tidak dioperasikan sesuai penjadwalan perawatan komponen.
- Gangguan insidental disebut sebagai gangguan paksa, terjadi bila pembangkit di *off* kan secara mendadak karena terjadi kondisi darurat.

Sehingga tingkat ketersediaan bukan hanya bergantung pada cadangan daya yang tersedia saja, tetapi juga pada Forced Outage Rate (FOR) dari unit pembangkit yang beroperasi. FOR adalah ukuran seberapa sering generator mengalami gangguan dalam satu tahun (8760 jam).

Serial data berdasarkan waktu historis menjadi dasar untuk menghitung probabilitas permintaan beban yang tidak dapat dipenuhi oleh sistem pembangkitan. Untuk mencapai keandalan yang tinggi pada sistem, nilai LOLP haruslah kecil. Perhitungan LOLP ditunjukkan dalam persamaan (1), berikut ini:

$$LOLP = \sum_{k=1}^n p_k \times t_k \quad (1)$$

dengan:

$p_k$  = probabilitas kumulatif terjadinya beban sama atau lebih besar dari daya tersedia

$t_k$  = periode waktu terjadinya kehilangan beban kumulatif (%).

Periode waktu kehilangan beban kumulatif (*Cumulative Outage Duration*) adalah ukuran yang menggambarkan total waktu saat pembangkit tidak dapat memasok beban dalam periode waktu tertentu. Untuk perhitungan  $t_k$  menggunakan persamaan (2) dan (3), yaitu:

$$t_k = \Sigma (\text{Outage Duration}) \quad (2)$$

$$\%t_k = \frac{\text{jumlah kegagalan (hari)}}{\text{jumlah total observasi (hari)}} \times 100\% \quad (3)$$

dengan:

$\Sigma$  (Outage Duration) adalah jumlah dari durasi setiap kejadian hilang beban dalam periode waktu tertentu.

Jumlah kegagalan diperoleh dari data beban puncak harian selama 1 tahun, dengan transformasi nilai 1 bila permintaan lebih besar dari daya mampu pasok, dan bernilai 0 bila permintaan lebih kecil dari daya mampu pasok.

Tingkat keandalan sistem secara kualitatif akan semakin tinggi dan terjamin jika nilai LOLP atau tingkat resiko rendah. LOLP biasanya diukur dalam satuan hari per tahun, dan standar yang digunakan untuk LOLP ini mengacu pada standar RUPTL yaitu 0,274%, setara dengan 1 hari/tahun (Rosidin, Gianto dan Purwoharjono, 2023).

Seberapa sering generator mengalami gangguan dalam satu tahun (8760 jam), dinyatakan dengan nilai FOR *Forced Outage Rate*, nilai FOR ini yang diujikan pada LOLP.

### 2.1.2. Faktor Jumlah Gangguan (*Outage Factor*)

Jumlah gangguan yang terjadi pada pembangkit disebut dengan *Force Outage Rate* (FOR), yang dirumuskan seperti pada persamaan (4), sebagai berikut:

$$FOR = \frac{\text{Jumlah jam unit terganggu}}{\text{Jumlah jam total}} \quad (4)$$

dengan:

jumlah jam total = jumlah jam beroperasi +  
jumlah jam unit terganggu (jam)  
jumlah jam unit terganggu (jam)  
jumlah jam beroperasi (jam)

Laju perbaikan / ketersediaan (p) dapat dihitung dengan persamaan (5), berikut:

$$p = 1 - FOR \quad (5)$$

Sedangkan alat analisis untuk *time series* yang digunakan adalah *linear trend projection* seperti pada persamaan (6):

$$y = a + bx \quad (6)$$

dimana:

y = nilai dari variable yang diprediksi

a = intersepsi

b = kemiringan garis regresi (tingkat perubahan pada y untuk perubahan x yang terjadi)

x = waktu (variable bebas)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Data Hasil Penelitian

Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) Orya Genyem beroperasi dengan 2 unit pembangkit, dengan data dalam Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Data ketersediaan unit pembangkit

Nama Pembangkit	Merk	Daya (kW)	Daya Mampu Pasok	Ket.
PLOG-TA-01	Nanning	10000	8500 KW	Operasi
PLOG-TA-02	Nanning	10000	9500 KW	Operasi

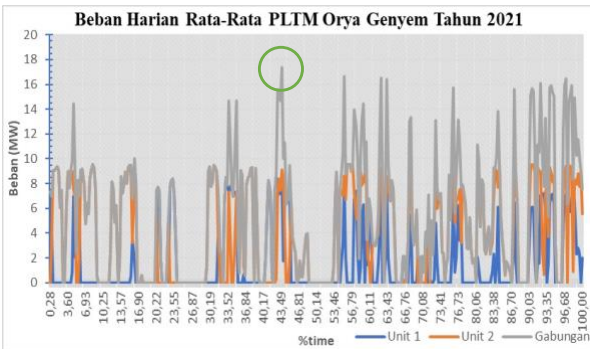
Dari Tabel 1 terlihat kapasitas rancang awal 10000 Kw atau 10 MW untuk masing-masing unit, dengan daya mampu pasok adalah 8500 kW untuk unit 1 dan 9500 Kw untuk unit 2. Daya mampu pasok adalah besarnya daya output, setelah dikurangi pemkaian sendiri, yang dapat dimanfaatkan untuk menyuplai beban.

Jumlah jam beroperasi untuk masing-masing unit pembangkit di PLTM Orya-Genyem terdapat dalam Tabel 2, berikut:

Tabel 2. Data jam operasi unit pembangkit

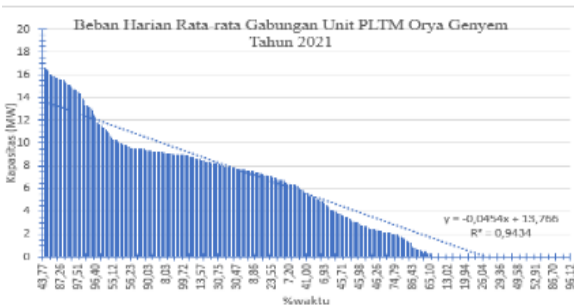
Bulan	Operasi Unit Pembangkit (Jam)	
	PLOG - TA - 01	PLOG - TA - 02
Januari	118	540
Februari	21	373
Maret	191	34
April	30	210
Mei	265	330
Juni	291	3015
Juli	46	301
Agustus	235	489
September	117	313
Oktober	108	492
November	170	375
Desember	439	523
<b>TOTAL</b>	<b>2031</b>	<b>6995</b>

Dari Tabel 2 diperoleh jumlah jam operasi setahun (2021) untuk PLOG-TA-01 adalah 2031 jam dan PLOG-TA-02 beroperasi selama 6995 jam. Kemudian beban daya harian rata-rata yang dibangkitkan oleh PLTM Orya-Genyem Tahun 2021 ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 2. Dari Gambar 2 terlihat, bahwa beban rata-rata tertinggi adalah sebesar 17,384 MW, terjadi pada bulan Juni 2021 (ditunjukkan dengan 43,77% atau hari ke 159, bulan Juni 2021).



Gambar 2. Beban harian rerata PLTM Orya Genyem tahun 2021

Kurva beban yang tergambar pada Gambar 2 kemudian dibuat dalam bentuk histogram, lalu diurutkan berdasarkan besarnya beban atau energi yang dibangkitkan, mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil, seperti tampak dalam Gambar 3.



Gambar 3. Beban harian rata-rata gabungan PLTM Orya Genyem tahun 2021

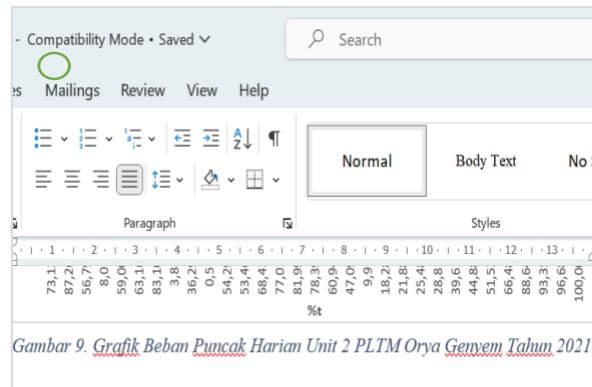
Pada Gambar 3 tertera persamaan linear yang dihasilkan adalah:

$$y = 0,0454x + 13,766 \quad (7)$$

Berdasarkan hal tersebut, berarti permintaan kapasitas beban akan meningkat sebesar 0,0454 MW setiap 1% waktu. Hasil koefisien korelasi R2 yang dihasilkan adalah 0,9434, mendekati 1. Hal

ini menunjukkan korelasi yang kuat antara ke dua variabel antara waktu (variabel bebas) dan kapasitas daya (variabel tergantung).

Untuk grafik beban puncak harian selama 1 tahun - dilakukan dengan cara yang sama yaitu diurutkan dari data beban puncak (permintaan daya tertinggi) yang harus disuplai 2 unit pembangkit PLTM Orya-Genyem sampai yang terendah - terhadap % waktu seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik beban tertinggi harian PLTM Orya Genyem tahun 2021

Beban (permintaan daya) tertinggi dari Gambar 4 ada pada 18,510 MW. Dari Gambar 3 dan Gambar 4, menunjukkan bahwa permintaan pemenuhan daya selama tahun 2021 masih dalam range kapasitas rancangan awal pembangkit.

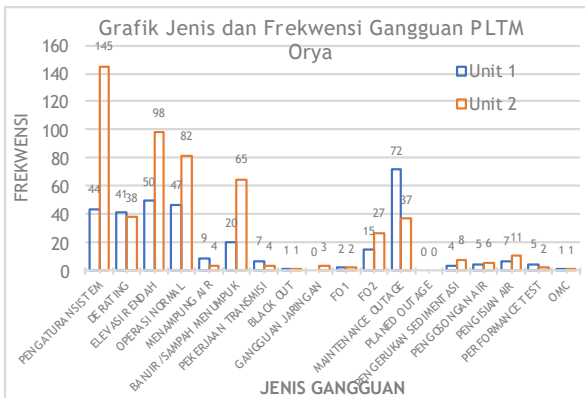
Tabel 3. Data jumlah jam gangguan pada unit

Bulan	Gangguan Unit (Jam)	
	PLOG - TA - 01	PLOG - TA - 02
Januari	626	204
Februari	651	299
Maret	553	710
April	690	510
Mei	479	414
Juni	429	415
Juli	698	443
Agustus	509	255
September	603	407
Oktober	636	252
November	574	369
Desember	298	205
<b>TOTAL</b>	<b>6746</b>	<b>4483</b>



Selama pengoperasian PLTM Orya-Genyem terjadi gangguan-gangguan sehingga menyebabkan pembangkit tidak beroperasi. Data jumlah jam gangguan setiap bulan ditampilkan dalam Tabel 3.

Gangguan yang terjadi pada pembangkit listrik PLTM Orya Genyem disebabkan oleh gangguan terencana maupun insidental, seperti pengaturan sistem, elevasi air rendah, menampung air, banjir (sampah menumpuk), pekerjaan transmisi, blackout, gangguan jaringan, *forced outage*, *maintenance outage*, *planned outage*, pengerukan sedimentasi, pengosongan air, mengisi air, *performance test*, dan perawatan saat pembangkit beroperasi. Adapun frekwensi dan jenis gangguan yang terjadi pada pembangkit ditampilkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Grafik frekwensi dan jumlah gangguan PLTM Orya Genyem tahun 2021

Dari Gambar 5 tampak bahwa gangguan unit 1 (PLOG-TA-01) terutama disebabkan oleh *maintenance outage* (pembangkit tidak beroperasi karena adanya perawatan) yaitu sebanyak 72 kali kejadian, dan untuk unit 2 (PLOG-TA-02) disebabkan karena pengaturan sistem sebanyak 145 kali kejadian.

### 3.2. Pengolahan Data

Dari jumlah jam operasi dan jam gangguan selama satu tahun yang tertera dalam Tabel 1 dan Tabel 3, kemudian dilakukan perhitungan FOR dan laju perbaikan (ketersediaan) sesuai persamaan (4) dan (5). Nilai FOR ditentukan oleh jumlah jam unit saat mengalami gangguan, baik itu gangguan terencana maupun gangguan insidental, seperti

yang telah dikemukakan sebelumnya. Hasil perhitungan nilai FOR ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil perhitungan FOR dan laju perbaikan atau ketersediaan PLTM Orya Genyem

Parameter	Nama Pembangkit	
	PLOG-TA-01	PLOG-TA-02
Kapasitas DMP (kW)	8500	9500
Operasi (Jam)	2031	6995
Gangguan (Jam)	6746	4483
FOR	0,7686	0,3906
P (1-FOR)	0,2314	0,6094

Setelah penghitungan FOR dan p, maka selanjutnya dapat dilakukan penghitungan probabilitas individu masing-masing pembangkit (unit 1 dan 2) dan probabilitas gabungan 2-unit pembangkit PLTM Orya Genyem. Unit in bernilai 1 bila pembangkit beroperasi dan menghasilkan daya mampu pasok, dan sebaliknya bernilai 0 bila terjadi gangguan dan pembangkit tidak beroperasi.

Pada saat unit in bernilai 1 maka probabilitasnya sama dengan laju perbaikan/ketersediaan (nilai p), saat unit in bernilai 0 maka probabilitasnya adalah sama dengan nilai gangguan unit (FOR). Hasil probabilitas unit PLOG-TA-01 diberikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Probabilitas individu pembangkit PLOG-TA-01

Unit In	Unit Out	Kapasitas Gangguan (MW)	Kapasitas Mampu Pasok DMP (MW)	Probabilitas
1	0	0	8,5	0,2314
0	1	8,5	0	0,7686

Kemudian dalam Tabel 6 menunjukkan probabilitas individu unit PLOG-TA-02.

Tabel 6. Probabilitas individu pembangkit PLOG-TA-02

Unit In	Unit Out	Kapasitas Gangguan (MW)	Kapasitas Mampu Pasok DMP (MW)	Probabilitas
1	0	0	9,5	0,6094
0	1	9,5	0	0,3906

Langkah selanjutnya setelah penghitungan probabilitas individu adalah penghitungan probabilitas gabungan unit 1 dan 2. Karena jumlah pembangkit ada 2, maka kombinasi probabilitas

adalah 4, sesuai dengan rumus kombinasi untuk probabilitas  $2^n$ , dengan n adalah jumlah pembangkit. Hasil penghitungan probabilitas gabungan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Probabilitas gabungan PLTM Orya Genyem

KOM	Unit / PLOG - TA -		Kapasitas DMP (MW)		Probabilitas
	01	02	In	Out	
1	1	1	18	0	0,1410
2	1	0	8,5	0	0,0904
3	0	1	0	9,5	0,4684
4	0	0	0	18	0,3002

Agar dapat menghasilkan nilai LOLP maka dilakukan penghitungan waktu durasi kehilangan beban yang terjadi di unit 1 dan unit 2 PLTM Orya-Genyem, selama periode 1 tahun pengamatan (2021) dengan menggunakan persamaan (2). Tabel 8 menunjukkan hasil penghitungan jumlah hari dimana pembangkit mengalami defisit daya (permintaan melebihi kapasitas mampu pasok / DMP).

Tabel 8. Hasil perhitungan waktu kehilangan beban

Paramater	PLOG-TA-01	PLOG-TA-02
DMP (MW)	8,5	9,5
Jml Kegagalan (hari)	19	89
Jml total observasi (hari)	365	365

Kemudian dengan persamaan (3), diperoleh periode waktu kehilangan beban untuk unit PLOG-TA-01 adalah 5% (0,05) dan unit PLOG-TA-02 adalah 25% (0,25). Dari data olahan FOR, ketersediaan, probabilitas individu, probabilitas gabungan, dan waktu periode kehilangan beban, maka nilai LOLP dapat dihitung dengan probabilitas kumulatif berdasarkan persamaan (1). Hasil perhitungan ditampilkan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Hasil perhitungan LOLP PLTM Orya Genyem tahun 2021

KOM	Unit		Kapasitas DMP (MW)		Probabilitas kumulatif	Total Waktu (%)	LOLP (%)
	1	2	In	Out			
1	1	1	18	0	0,1410	0	0
2	1	0	8,5	0	0,0904	5	0,0048
3	0	1	0	9,5	0,4684	25	0,1155
4	0	0	0	18	0,3002	100	0,3002
Total						LOLP	0,4204

Nilai LOLP gabungan unit PLTM Orya Genyem adalah:

$$\begin{aligned}
 100 \% \text{ waktu} &= 365 \text{ hari} \\
 \text{LOLP} &= 0,4204\% \times 365/100 \\
 &= 1,5346 \text{ hari / tahun}
 \end{aligned}$$

### 3.3. Pembahasan

Dari Tabel 9, hasil penghitungan nilai LOLP untuk pembangkit PLTM Orya Genyem 2 x 10 MW selama tahun 2021 adalah sebesar 1,5346 hari/tahun. Nilai LOLP ini belum memenuhi nilai keandalan standar yang disyaratkan oleh PLN yaitu 1 hari/tahun. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, baik langsung maupun tidak langsung. Faktor yang mempengaruhi nilai LOLP PLTM Orya Genyem yang dipaparkan dalam pengolahan data diatas antara lain kapasitas pembangkit, beban listrik, dan gangguan.

Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4, menunjukkan visualisasi hubungan antar variable yang dapat mempengaruhi nilai LOLP. Saat kapasitas pembangkit tenaga listrik lebih rendah daripada permintaan beban listrik, maka dapat diamati titik di grafik yang mana garis linear tersebut melintasi batas toleransi atau kapasitas mampu pasok pembangkit. Pada titik ini, dapat dilakukan perkiraan atau diestimasi bahwa LOLP akan meningkat karena kemungkinan terjadi kehilangan beban yang melebihi batas toleransi.

Persamaan garis lurus yang diperoleh dari Gambar 2 adalah:

$$y = 0,0454 x + 13,766 \quad (7)$$

Persamaan ini menggambarkan bagaimana kapasitas (y) berubah seiring dengan persentase waktu (x). Secara spesifik berarti bahwa setiap peningkatan persentase waktu sebesar 1%, kapasitas akan meningkat sebesar 0,0454 MW. Misalkan untuk persentase waktu sebesar 100%, kapasitas (y) akan memiliki nilai sebesar 13,8114 MW.

Bila demand lebih besar dari daya mampu pasok pembangkit (18 MW). Pada saat itu, diprediksi ada kemungkinan pembangkit tidak mampu memasok daya, atau yang disebut dengan kemungkinan terjadi pembangkit listrik kehilangan beban (*Load of Loss Probability*). Akibatnya nilai LOLP tinggi atau. keandalan

pembangkit berkurang (Rosidin, Gianto dan Purwoharjono, 2023).

Berdasarkan landasan teori ada dua penyebab utama pembangkit tidak mampu memenuhi permintaan beban atau dikatakan ada probabilitas terjadinya kehilangan beban, yaitu:

- 1) Penyebab pertama: variasi permintaan yang tidak dapat diprediksi.

Kapasitas terpasang sistem PLTM Orya Genyem adalah  $2 \times 10$  MW, dan dari Gambar 4 diperoleh beban puncak selama tahun 2021 adalah pada bulan Juni 2021 sebesar 18,501 MW. Namun, lonjakan beban puncak ini masih ada pada range kemampuan kapasitas pembangkit PLTM Orya Genyem ( $2 \times 10$  MW). Sehingga untuk penyebab pertama (lonjakan beban puncak yang tidak terprediksi sebelumnya) tidak menjadi penyebab LOLP lebih besar dari 1 hari/tahun.

- 2) Penyebab kedua: penurunan kapasitas pembangkit (masalah kerusakan alat dan gangguan).

Untuk penurunan kapasitas akibat kerusakan alat, dari data yang dikumpulkan tidak terdapat laporan kerusakan alat. Sehingga, masalah kerusakan alat bukan menjadi faktor penyebab terjadinya kemungkinan kehilangan beban. Untuk masalah gangguan, dari Gambar 5, terlihat jenis-jenis gangguan yang terjadi. Bila terjadi gangguan, maka unit pembangkit tidak beroperasi atau daya tidak tersalur dengan baik. Gangguan ini akan mempengaruhi pada jumlah jam operasi dan jumlah jam gangguan yang membentuk nilai FOR.

Dengan adanya perubahan pada nilai FOR, maka akan mempengaruhi nilai probabilitas pembangkit yang akan diinputkan untuk menghitung nilai LOLP. Sesuai dengan persamaan 1 sampai 5, nilai FOR besar, maka nilai nilai probabilitas kegagalan unit pembangkit dan probabilitas kegagalan kumulatif semakin besar, sehingga nilai LOLP juga akan meningkat. Gangguan terbesar yang terjadi selama tahun 2021 untuk unit PLOG - TA - 01 sebanyak 72 kali kejadian berupa gangguan yang disebabkan oleh pelepasan unit dari sistem untuk

melaksanakan pekerjaan pemeliharaan (Maintenance Outage) dan unit PLOG-TA-02 mengalami 145 kali kejadian berupa gangguan pengaturan sistem.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan, disimpulkan bahwa keandalan pembangkit PLTM Orya-Genyem adalah sebesar 0,4204% atau setara dengan 1,53446 hari/tahun. Nilai ini lebih besar dari standar yang ditetapkan PLN sebesar 1 hari/tahun. Sehingga dikategorikan kurang andal, masih ada kemungkinan pembangkit tidak mampu memenuhi permintaan daya atau kehilangan beban. Hal ini tidak disebabkan karena kerusakan alat maupun lonjakan beban yang terlalu besar.

Dari hasil pengumpulan data, tidak terdapat laporan kerusakan alat pada pembangkit. Dan secara keseluruhan, lonjakan permintaan energi listrik yang harus disuplai untuk pembangkit PLTM Orya-Genyem tidak melebihi kapasitas terpasang yang disiapkan ( $2 \times 10$  MW). Beban tertinggi tercatat pada bulan Juni, sebesar 18,501 MW, hal ini ditunjukkan pada Gambar 3. Namun, selain bulan Juni, tidak terjadi lonjakan beban yang tinggi. Dari Gambar 2 diperoleh persamaan linier yang menunjukkan untuk kenaikan 1% beban harian rata-rata akan terjadi kenaikan daya sebesar 0,0454 MW. Kurang andalnya pembangkit PLTM Orya-Genyem disebabkan karena adanya gangguan. Gangguan yang terjadi (baik insidental maupun terjadwal) akan mempengaruhi nilai FOR yang akan diinputkan untuk menghitung nilai LOLP.

LOLP adalah perkalian antara waktu terjadinya kegagalan kumulatif dan probabilitas kumulatif pembangkit. Sehingga, semakin besar waktu terjadinya kegagalan dan probabilitas terjadinya kegagalan (FOR), maka makin besar indeks LOLP yang dihasilkan, semakin besar pula kemungkinan pembangkit akan mengalami keadaan kehilangan beban (daya surplus lebih kecil dari permintaan).

Beberapa gangguan yang mempengaruhi nilai FOR pada PLTM Orya-Genyem berupa gangguan karena pengaturan system, elevasi air rendah, menampung air, banjir (sampah menumpuk), pekerjaan transmisi, blackout, gangguan



jaringan, *forced outage*, *maintenance outage*, *planned outage*, pengerukan sedimentasi, pengosongan air, pemgisian air, *performance test*, dan perawatan saat pembangkit beroperasi. Setelah mengetahui penyebab kurang andalnya PLTM Orya Genyem, yaitu disebabkan karena gangguan yang terjadi, sehingga belum perlu dibangun pembangkit yang baru untuk memenuhi permintaan beban.

Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah membahas cara untuk meningkatkan keandalan dengan mengatasi gangguan yang terjadi pada PLTM Orya-Genyem.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, R., Marsudi, S. dan Cahya, E.N. (2021) 'Studi Penjadwalan dan Pembiayaan Proyek Trashlog PLTA Orya Genyem Kecamatan Unurum Guay Kabupaten Jayapura Menggunakan Microsoft Project Manager 2016', *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(1), hal. 150-157.
- Akhsani, M.F. (2018) *Pengambilan Keputusan Operation And Maintenance (O&M) Pltu Batu Bara Menggunakan Pemodelan Keandalan Dan Sistem Dinamik*. Thesis. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Alfi, I. dan Kusmayana, R.F. (2023) 'Visual Studio Application for Generation Power System Reliability Calculations', *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 5(1), hal. 56-66.
- Azizah, I.D. dkk. (2017) 'Loss of Load Probability Calculation for West Java Power System with Nuclear Power Plant Scenario', in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1st Annual Applied Science and Engineering Conference (AASEC), in conjunction with The International Conference on Sport Science, Health, and Physical Education (ICSSHPE)*, Indonesia: IOP Publishing, hal. 012079.
- Ilintamon, A., Pakiding, M. dan Tumaliang, H. (2019) 'Analisis Unjuk Kerja Sistem Produksi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Waena', *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 8(3), hal. 133-142.
- Laksono, R.D., Yuniahastuti, I.T. dan Prakoso, A.P.P. (2021) 'Skenario Peningkatan Keandalan Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Di Wilayah Bali Berdasarkan LOLP', *ELECTRA: Electrical Engineering Articles*, 2(1), hal. 39-45.
- Pillai N, V. (2015) 'Loss of Load Probability of a Power System', *Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications*, 5, hal. 1-9.
- Putra, R.A. dan Yuniahastuti, I.T. (2021) 'Perhitungan Keandalan Pembangkit Loss of Load Probability (LOLP) untuk N unit Pembangkit', *ELECTRA: Electrical Engineering Articles*, 1(2), hal. 13-19.
- Rosidin, A., Gianto, R. dan Purwoharjono, P. (2023) 'Perencanaan Unit-Unit Pembangkit Pada PLTD Padang Tikar Untuk Meningkatkan Keandalan Dengan Menggunakan Metode LOLP', *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, 11(1), hal. 1-11.
- Saleh, M.J.A.H. dkk. (2019) 'LOLP and LOLE Calculation for Smart Cities Power Plants', in *2019 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT). 2019 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT)*, Bahrain: IEEE, hal. 1-6.
- Sulaiman, S.I., Majid, H.A. dan Othman, Z. (2022) 'Loss of load probability minimization for stand-alone photovoltaic system using elephant herding optimization', in *Energy Reports. 2022 The 4th International Conference on Clean Energy and Electrical Systems*, Japan: Elsevier, hal. 1038-1044.
- Syahputra, R., Noor, F. dan Mujaahid, F. (2020) 'Analisis Indeks Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Angin-Surya Menggunakan Metode EENS', *Semesta Teknika*, 23(1), hal. 92-105.
- Thayib, R. dan Apriani, R. (2015) 'Perhitungan Loss Of Load Probability (Probabilitas Kehilangan Beban) Sistem Tenaga Listrik Di PT. Pupuk Sriwidjaja', *Jurnal Mikrotiga*, 2(1), hal. 22-27.

