

# Analisa Indeks Keandalan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) MPP Flores

Joannes Mario Graciano Kapu<sup>1</sup>, Lie Jasa<sup>2</sup>, Rukmi Sari Hartati<sup>3</sup>

[Submission: 08-07-2024, Accepted: 29-07-2024]

**Abstract**— *Electrical energy is a vital need that is increasing from year to year. As a need, the provision of electricity needed by consumers needs to be considered so that electrical energy can be distributed reliably, safely and environmentally friendly and in accordance with established standards. To measure the ability of the generator to meet electricity needs, a reliability index is needed. This study aims to assess the reliability index at the Flores MPP Gas Engine Power Plant (PLTMG). The LOLP (Loss Of Load Probability) index value is used to perform calculations. In this study, in finding the reliability index of a generation system, referring to SPLN: 68-1A: 1986, that is for the Java-Bali system it is 3 days/year and for systems outside Java-Bali it is 3.5-5 days/year. Based on the research results, the LOLP value of the Flores MPP PLTMG in 2022 is 4.5295 days/year and based on SPLN: 68-1A: 1986, therefore the Loss Of Load Probability (LOLP) value at the Flores MPP PLTMG is said to be reliable because it meets the standards.*

**Intisari**— Energi listrik ialah kebutuhan penting yang semakin berkembang setiap tahunnya. Memastikan distribusi tenaga listrik yang andal, aman dan ramah lingkungan sangat penting untuk memenuhi kebutuhan pelanggan sesuai dengan standart yang ditetapkan. Untuk menilai kemampuan pembangkit listrik dalam memenuhi kebutuhan listrik, diperlukan adanya indeks keandalan pembangkit listrik. Riset ini bertujuan untuk menilai indeks keandalan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) MPP Flores. Nilai indeks LOLP (*Loss Of Load Probability*) dimanfaatkan untuk melakukan perhitungan. Pada penelitian ini dalam mencari indeks keandalan suatu sistem pembangkitan, mengacu pada dalam SPLN : 68-1A : 1986 yaitu untuk sistem Jawa-Bali adalah 3 hari per tahun dan untuk sistem diluar Jawa-Bali adalah 3,5-5 hari per tahun. Berdasarkan hasil penelitian nilai LOLP dari PLTMG MPP Flores pada tahun 2022 adalah sebesar 4,5295 hari/tahun dan berdasarkan SPLN : 68-1A:1986, maka dari itu nilai Loss Of Load Probability (LOLP) pada PLTMG MPP Flores dikatakan andal karena sudah memenuhi standar.

**Kata Kunci**— LOLP; keandalan; PLTMG

## I. PENDAHULUAN

Listrik ialah kebutuhan penting bagi keberadaan manusia. Energi listrik ialah kebutuhan penting yang semakin meningkat

setiap tahunnya. Hal ini berkorelasi langsung dengan peningkatan pertumbuhan penduduk dan peningkatan kegiatan terkait. Penyediaan energi listrik kepada pelanggan merupakan kebutuhan krusial yang harus dievaluasi secara cermat untuk menjamin penyaluran energi listrik yang andal, aman, dan ramah lingkungan sesuai standar yang ditetapkan.

Untuk menilai kemampuan pembangkit dalam memenuhi kebutuhan listrik, perlu ditetapkan indeks keandalan. Keandalan tenaga listrik ialah kemampuan suatu peralatan untuk berfungsi sesuai peruntukannya dalam jangka waktu tertentu dan dalam kondisi operasional tertentu, sehingga menjamin bisa memenuhi kebutuhan kelistrikan konsumen [1]. Ketersediaan daya suatu sistem pembangkit dapat dinilai dengan indeks keandalannya yang dikenal dengan istilah *LOLP (Loss of Load Probability)*[2], dengan menggunakan nilai standar *LOLP* yang ditentukan dalam SPLN: 68-1A: 1986. Waktu henti tahunan untuk sistem Jawa-Bali adalah 3 hari, sedangkan untuk sistem di luar Jawa-Bali berkisar antara 3,5 hingga 5 hari.[3]

Dalam penelitian ini, akan dilakukan perhitungan terhadap nilai indeks keandalan *LOLP* Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) MPP Flores. PLTMG MPP Flores dimiliki oleh PT. PLN (Persero) dengan kapasitas 20 MW menggunakan bahan bakar utama berupa gas alam dan bahan bakar cadangan berupa minyak diesel (B-30). Namun saat ini bahan bakar yang digunakan masih berupa bahan bakar minyak biodiesel (B-30). PLTMG MPP Flores telah beroperasi sejak 5 Juli 2018. PLTMG MPP Flores memiliki tiga unit pembangkit.[4]

Pembangkit listrik ialah perangkat yang menghasilkan energi listrik dalam jumlah besar. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan keandalan pembangkit energi listrik dalam memenuhi kebutuhan beban. Mengingat kondisi kelistrikan, penting untuk menilai keandalan sistem pembangkit listrik yang memasok beban.[5]

Tujuan dari riset ini ialah menilai nilai indeks keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) MPP Flores dengan menghitung indeks *Loss Of Load Probability* yang diukur dalam satuan jam atau hari. Riset ini berupaya mengetahui nilai keandalan PLTMG MPP Flores dan menilai apakah sudah memenuhi standar yang telah ditetapkan.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG)

Di Indonesia, PLTMG umumnya memanfaatkan mesin yang menggunakan dua jenis bahan bakar, baik melalui pengaturan dual-fuel maupun bi-fuel [6]. Mengingat mesin sering kali menggunakan dua jenis bahan bakar yang berbeda, sistem bahan bakar harus mampu menampung kedua bahan

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372

<sup>1</sup>Mahasiswa, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA ([annokapu1@gmail.com](mailto:annokapu1@gmail.com))

<sup>2, 3</sup>Dosen, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Jalan Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA ([liejasa@unud.ac.id](mailto:liejasa@unud.ac.id), [rukmisari@unud.ac.id](mailto:rukmisari@unud.ac.id))



bakar tersebut.[7] Bahan bakar yang umum digunakan antara lain gas alam dan minyak solar (HSD/MFO). Sebagaimana tertuang dalam RUPTL 2015-2024 oleh PT. PLN (Persero), pembangkit PLTMG akan dibangun untuk mengambil alih fungsi pembangkit PLTD sebagai penyedia energi [8]. Pengembangan PLTMG yang sedang berlangsung melibatkan penciptaan yang mampu memanfaatkan dua sumber bahan bakar berbeda: gas alam dan minyak solar.

Mekanisme operasional PLTMG sangat mirip dengan PLTD, kecuali sistem bahan bakar yang digunakan untuk mesin penggerak. Biasanya, PLTD hanya mengandalkan bahan bakar solar (HSD/MFO), namun PLTMG umumnya menggunakan dua pilihan bahan bakar: gas alam dan minyak solar (HSD/MFO) [9]. Karena penggunaan dua jenis bahan bakar yang berbeda pada mesin PLTMG, maka sistem bahan bakar harus mampu menampung kedua bahan bakar tersebut.[10]

## B. Konsep Keandalan

Keandalan ialah kemungkinan atau potensi suatu sistem atau peralatan untuk beroperasi sesuai dengan fungsi yang dimaksudkan sepanjang jangka waktu tertentu dan dalam kondisi pengoperasian tertentu[11]. Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas[12]. Keandalan sistem ialah kemungkinan atau probabilitas bahwa suatu sistem akan beroperasi sebagaimana dimaksud dalam jangka waktu tertentu dan dalam kondisi tertentu[13]. Keandalan sistem tenaga listrik berfungsi sebagai ukuran kinerja pembangkit listrik dan tingkat layanan yang diberikan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik konsumen. Empat komponen yang mendukung terhadap keandalan sistem adalah probabilitas, kinerja, periode waktu, dan kondisi operasional.[14]

SPLN: 68-1A: 1986 memberikan panduan rinci untuk memastikan perencanaan, pembangunan, dan pengoperasian sistem tenaga listrik yang efektif. PT. PLN (Persero) menetapkan tingkat jaminan sistem pembangkitan dan distribusi sistem tenaga listrik. Tingkat jaminan untuk sistem produksi, seperti yang ditunjukkan oleh potensi kehilangan beban, dinilai dengan cara berikut:

1. Untuk sistem Jawa-Bali adalah 3 hari per tahun.
2. Untuk sistem lainnya diluar Jawa-bali adalah 3,5 sampai 5 hari per tahun.

## C. Daya Tersedia pada Sistem Pembangkit

Sistem tenaga listrik harus menyediakan daya yang cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik penggunaannya.[15] Jumlah daya yang tersedia bergantung pada daya yang dimasukkan ke masing-masing unit.[16] Ketersediaan unit pembangkit untuk pengoperasian sistem bisa dipengaruhi oleh pemadaman paksa (*forced outage*), yang pada gilirannya berdampak pada kuantitas cadangan daya yang tersedia. Tingkat cadangan daya yang tersedia berfungsi sebagai indikator keandalan pengoperasian sistem.[17] Namun demikian, ketergantungan fungsionalitas sistem tidak hanya bergantung pada cadangan daya yang dapat diakses dalam sistem, namun juga pada besarnya jam pemadaman paksa (durasi selama unit/peralatan pembangkit berada dalam kondisi gangguan) per tahun untuk setiap sistem unit pembangkit operasional.

## D. FOR (Forced Outage Rate)

Tingkat Pemadaman Paksa (FOR) ialah ukuran atau factor yang menggambarkan seringnya atau tidaknya sebuah unit pembangkit mengalami gangguan: [18]

$$FOR = \frac{\text{jumlah jam gangguan unit}}{\text{jumlah jam operasi} + \text{jumlah jam gangguan unit}}$$

## E. Kemungkinan Kumulatif/Probabilitas Kumulatif

Nilai probabilitas kumulatif dihitung menggunakan algoritma rekursif yang membangun model kapasitas. Pendekatan ini menambahkan unit-unit pembangkit ke dalam model satu per satu hingga semua unit dalam sistem dimasukkan.

Probabilitas kapasitas setelah terjadinya unit ke-n bisa dihitung dengan memanfaatkan persamaan yang diberikan:[19]

$$P(X) = \sum_{i=1}^n p_i P'(X - C_i)$$

Dengan :

- $P(X)$  = probabilitas kumulatif dari keadaan capacity outage sebesar X MW sesudah sebuah unit ditambahkan  
 $n$  = jumlah keadaan dari unit  
 $C_i$  = *capacity outage* dari keadaan i untuk unit yang ditambahkan  
 $p_i$  = probabilitas keadaan i dari unit yang ada

## F. Kemungkinan Terjadinya/Probabilitas Individu (PI)

Peluang terjadinya setelah diperoleh kombinasi pembangkit bisa ditentukan dengan menerapkan persamaan berikut :

$$y_n = \{(y_{n-1} + x) \text{ dan } (y_{n-1} + 0)\}$$

Dimana :

- $Y_n$  = angka-angka yang menunjukkan besarnya daya setelah ada unit ke-n  
 $Y_{n-1}$  = angka-angka yang menunjukkan besarnya daya sebelum ada unit ke-n  
 $X$  = daya dari unit ke-n  
 Kemungkinan terjadinya daya setelah ada unit ke-n untuk angka-angka daya dalam persamaan :

$$\begin{aligned} P_n(y_n + x) &= P_{n-1}(y_{n-1})(1 - q_n) \\ P_n(y_{n-1} + 0) &= P_{n-1}(y_{n-1})q_n \end{aligned}$$

Dimana :

- $Q_n$  = FOR unit ke-n  
 $P_n$  = kemungkinan terjadinya (probabilitas) setelah ada unit ke-n  
 $P_{n-1}$  = kemungkinan terjadinya (probabilitas) sebelum ada unit ke-n

Rumus yang diberikan bisa dimanfaatkan untuk menghitung probabilitas *forced outage* untuk nilai daya yang berbeda dalam suatu sistem tenaga listrik dengan n unit produksi.

## G. Loss Of Load Probability (LOLP)

Indeks LOLP bisa dimanfaatkan untuk mengukur kemungkinan sistem tidak mampu menangani beban atau

memenuhi kebutuhan listrik konsumen. Hilangnya beban mengacu pada situasi di mana kapasitas daya yang tersedia tidak cukup untuk memenuhi beban sistem, sehingga mengakibatkan hilangnya sebagian beban. Probabilitas hilangnya beban mengukur kemungkinan terjadinya kekurangan daya karena pasokan daya yang tidak mencukupi dalam sistem.

Secara matematis untuk menghitung LOLP pada sistem, yaitu:

$$LOLP = p \times t$$

Dengan :

P = probabilitas sistem dapat menyediakan daya

t = lamanya garis tersedia daya sebesar B memotong kurva lama beban dari sistem

### III. METODOLOGI

#### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PLTMG MPP Flores Kec. Bolong, Labuan Bajo Kabupaten Manggrai Barat, Nusa Tenggara Timur. Pelaksanaan penelitian ini pada bulan Januari 2022.



Gambar 1. Lokasi PLTMG

#### B. Jenis Penelitian

Penelitian ini tergolong jenis riset kuantitatif-dekriptif, yang berusaha menganalisis indeks keandalan dari Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas MPP Flores

#### C. Sumber dan Jenis Data

Data dalam penelitian ini bersumber dari hasil observasi dan wawancara terhadap pihak pengelola dan manajemen PLTMG MPP Flores. Sumber data riset meliputi data yang diperoleh dari berbagai sumber kepustakaan dan temuan riset yang ada, antara lain penelitian eksperimen, penelitian survei, dan observasi lapangan langsung yang relevan dengan riset.

Jenis data yang dikumpulkan meliputi: daya terpasang tiap unit, daya mampu tiap unit, data jam operasi tiap unit, data jam gangguan tiap unit, data beban puncak, dan data beban harian.

#### D. Tahapan Prosedur Perhitungan

Joannes Mario Graciano Kapu: Analisa Indeks Keandalan pada...



Gambar 2. Diagram alur perhitungan

Pada diagram alur perhitungan menggambarkan tahapan perhitungan nilai Loss of Load Probability (LOLP) dalam pelaksanaan penelitian. Tahap awal pada perhitungan nilai Loss Of Load Probability (LOLP) yaitu dengan mengumpulkan data dari Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) MPP Flores yaitu data durasi gangguan tiap unit, jam operasi tiap unit, dan data beban harian. Setelah mengumpulkan data tersebut, maka dicari nilai *forced outage rate* (FOR) dengan menggunakan data total jam operasi dan jam gangguan/pemeliharaan tiap unit. Kemudian tahap selanjutnya adalah mencari nilai probabilitas individu dari tiap unit, probabilitas individu dari gabungan dua unit pembangkit, dan gabungan tiga unit pembangkit. Setelah didapatkan nilai probabilitas individu lalu mencari nilai probabilitas kumulatif yang akan digunakan sebagai nilai p pada rumus untuk mencari nilai LOLP.

Tahap selanjutnya yaitu mencari nilai t dengan menggunakan data beban harian, yang kemudian data beban harian tersebut diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil sehingga didapatkan kurva lama beban yang akan digunakan sebagai nilai t pada rumus untuk mencari nilai LOLP. Dan tahap akhir pada perhitungan ini yaitu mencari nilai *Loss Of Load Probability* (LOLP)

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Daya Terpasang pada PLTMG



Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) MPP Flores terbagi menjadi 3 (tiga) grup unit pembangkitan energi listrik.

No.	Nomor unit	Daya Mampu
1	Unit 1	7,513 MW
2	Unit 2	7,513 MW
3	Unit 3	7,513 MW

Tabel 1. Daya Terpasang pada PLTMG

Dari hasil hitungan, simbol n menyatakan banyaknya jumlah unit pada sistem tenaga listrik. Dengan diketahui nilai n=3, sehingga banyaknya kombinasi yang diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya kombinasi} &= 2^n \\ &= 2^3 \\ &= 8 \end{aligned}$$

FOR (Forced Outage Rate) memungkinkan penentuan besarnya kemungkinan kejadian atau probabilitas individu untuk setiap kombinasi yang terbentuk.

**B. Perhitungan FOR**

Berikut merupakan tabel data jam operasi dan data jam pemeliharaan tiap unit pada PLTMG MPP Flores tahun 2022.

No	BULAN	Jam Operasi Unit Pembangkit		
		Unit 1	Unit 2	Unit 3
1	Januari	400	455	158
2	Februari	370	220	255
3	Maret	363	403	524
4	Arpil	310	222	392
5	Mei	274	156	460
6	Juni	397	290	229
7	Juli	79	478	306
8	Agustus	133	521	254
9	September	64	395	444
10	Oktober	126	308	474
11	November	123	446	326
12	Desember	188	260	453
Total		2.827	4.154	4.275

Tabel 2. Data jam operasional tiap unit

No	BULAN	Jam Operasi Unit Pembangkit		
		Unit 1	Unit 2	Unit 3
1	Januari	4	3	-
2	Februari	2	-	2
3	Maret	-	2	3
4	Arpil	3	-	2
5	Mei	2	322	-
6	Juni	297	-	297
7	Juli	-	2	2
8	Agustus	-	3	-
9	September	-	2	3
10	Oktober	-	4	4
11	November	2	-	4
12	Desember	-	2	-
Total		310	340	317

Tabel 3. Data jam pemeliharaan/gangguan tiap unit

Berdasarkan data jam operasi dan data jam gangguan atau pemeliharaan pada tabel 2 dan 3, sehingga bisa ditetapkan besarnya FOR bagi unit 1,2, dan 3

- a.  $FOR_{Unit\ 1} = FOR_1$   
Nilai FOR unit 1 dengan jumlah jam operasi 2.827 dan jam gangguan 310 jam yakni :

$$FOR = \frac{310}{2.827 + 310} = \frac{310}{3137} = 0,0988$$

- b.  $FOR_{Unit\ 2} = FOR_2$   
Nilai FOR unit 2 dengan jumlah jam operasi 4.154 jam dan jam gangguan 340 jam, yakni :

$$FOR = \frac{340}{4154 + 340} = \frac{340}{4494} = 0,0757$$

- c.  $FOR_{Unit\ 3} = FOR_3$   
Nilai FOR unit 3 dengan jumlah jam operasi selama 4.275 jam dan jam gangguan 317 jam, yakni :

$$FOR = \frac{317}{4275 + 317} = \frac{317}{4592} = 0,0690$$

**C. Perhitungan Probabilitas Individu**

- a. Unit 1

MW on outage(MW)	Probabilitas	
0	$1 - FOR_1$	0,9012
7,513	$FOR_1$	0,0988

Tabel 4. Probabilitas Individu Unit 1

- b. Unit 2

MW on outage (MW)	Probabilitas	
0	$1 - FOR_2$	0,9243
7,513	$FOR_2$	0,0757

Tabel 5. Probabilitas Individu Unit 2

- c. Unit 3

MW on Outage (MW)	Probabilitas	
0	$1 - FOR_3$	0,9310
7,513	$FOR_3$	0,0690

Tabel 6. Probabilitas Individu Unit 3

- d. Probabilitas yang terdiri dari dua unit  
Berikut adalah tabel yang berisi perhitungan probabilitas individu berdasarkan probabilitas 2 unit, yaitu unit 1 dan unit 2.

MW on outage	Probabilitas	
0	$(1 - FOR_1)(1 - FOR_2)$	0,8330
7,513	$FOR_1(1 - FOR_2)$	0,0913
7,513	$FOR_2(1 - FOR_1)$	0,0682
15,026	$FOR_1 \times FOR_2$	0,0075

Tabel 7. Probabilitas yang terdiri dari 2 unit

- e. Probabilitas yang terdiri dari tiga unit  
Data pada tabel 8. ialah hasil perhitungan probabilitas gabungan untuk tiga buah unit yang ditampilkan pada tabel dengan delapan kemungkinan hasil.

MW on outage	Probabilitas	
0	$(1 - FOR_1)(1 - FOR_2)(1 - FOR_3)$	0.7755
7,513	$FOR_1(1 - FOR_2)(1 - FOR_3)$	0.0850
7,513	$FOR_2(1 - FOR_1)(1 - FOR_3)$	0.0635
7,513	$FOR_1FOR_2(1 - FOR_3)$	0.0070
15,026	$FOR_3(1 - FOR_1)(1 - FOR_2)$	0.0575
15,026	$FOR_1FOR_3(1 - FOR_2)$	0.0063
15,026	$FOR_2FOR_3(1 - FOR_1)$	0.0047
22,539	$FOR_1FOR_2FOR_3$	0.0005

Tabel 8. Tabel kemungkinan terjadinya gabungan 3 unit pembangkit

Tabel 9 merupakan hasil perhitungan sederhana berdasarkan tabel 8, yang menghasilkan nilai probabilitas individual untuk tiga unit pembangkit.

MW on outage	Probabilitas	
0	0,7755	0,7755
7,513	0,0850+0,0635+0,0070	0,1555
15,026	0,0575+0,0063+0,0047	0,0685
22,539	0,0005	0,0005

Tabel 9. Tabel penyederhanaan kemungkinan terjadinya gabungan 3 unit

#### D. Perhitungan Kemungkinan Kumulatif

Setelah menghitung probabilitas kejadian atau probabilitas individu, maka Langkah selanjutnya ialah menghitung kemungkinan atau probabilitas kumulatif. Kemungkinan kumulatif ialah probabilitas bahwa MW pada interupsi nilai tertentu atau lebih besar bakal terjadi.

Persamaan berikut dipakai guna melakukan perhitungan ini:

$$P(X) = \sum_{i=1}^n p_i P'(X - C_i)$$

MW on outage	Probabilitas Individu	Probabilitas Kumulatif
0	0,7755	1,0000
7,513	0,1555	0,2245
15,026	0,0685	0,0690
22,539	0,0005	0,0005

Tabel 10. Probabilitas kumulatif

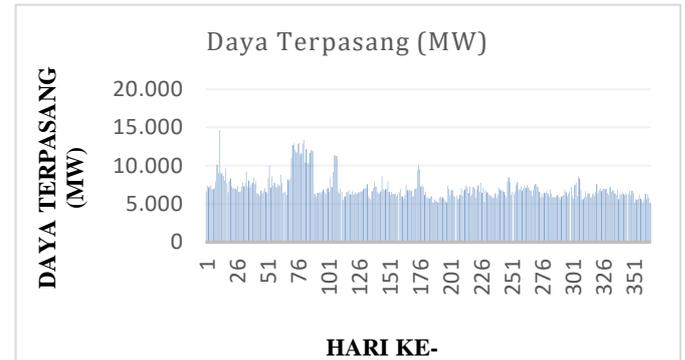
#### E. Kurva Beban

Kurva beban memperlihatkan energi atau daya sebagai fungsi periode atau waktu yang ditetapkan. Dalam menghitung LOLP, selain kemungkinan kumulatif perlu diketahui juga besar nilai t yaitu waktu mulai 1 hari sampai dengan 365 hari (satu tahun).[20] Yang dimana, nilai t ini berkaitan dengan kurva beban dan kurva lama beban. Ketika koordinat kurva beban kronologis disusun dalam urutan nilai yang menurun, dengan koordinat paling tinggi di sisi kiri dan koordinat paling rendah di sisi kanan, diperoleh jenis kurva beban baru, yang dikenal sebagai kurva lama beban. Kurva lama beban ini

Joannes Mario Graciano Kapu: Analisa Indeks Keandalan pada...

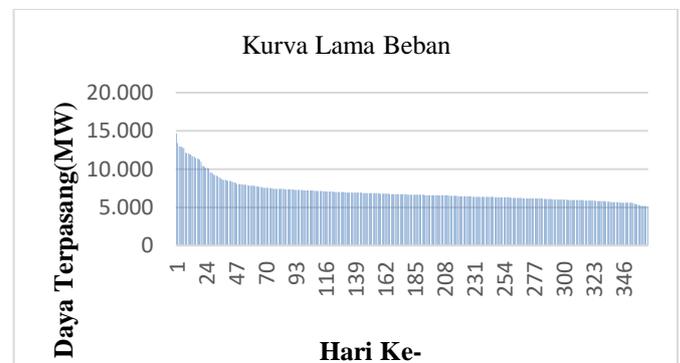
nantinya akan digunakan untuk menghitung waktu (t) pada setiap kapasitas daya operasi di PLTMG MPP Flores.

Berdasarkan data beban dapat dibuat kurva beban harian yang digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. Kurva Beban Harian

Untuk mendapatkan nilai t, maka kurva beban tahunan perlu diubah menjadi kurva lama beban dengan mengubah kurva beban tahunan dimulai dari yang terbesar hingga yang terkecil dalam durasi waktu yang sama sehingga dapat terlihat nilai beban yang melebihi daya terpasang atau daya tersedia yang menunjukkan terjadinya kehilangan beban. Berikut adalah kurva lama beban yang terbentuk :



Gambar 5. Kurva Lama Beban

#### F. Loss Of Load Probability (LOLP)

Loss Of Load Probability (LOLP) ialah sebuah keadaan dimana kapasitas daya yang terdapat pada pembangkit besarnya kurang dari beban pada sistem terpasang, yang mengakibatkan terjadi pelepasan sejumlah besar beban. Kemungkinan lepasnya muatan ini menunjukkan bahwa besar kecilnya nilai adalah kemungkinan hilangnya beban yang disebabkan kapasitas daya yang termuat di pembangkit itu serupa dan kapasitas dayanya di bawah dari beban sistem terpasang, yang biasanya dituliskan pada bentuk hari per tahun.

Kurva lama beban didapatkan berdasarkan kurva beban tahunan. Untuk menentukan nilai t harus memenuhi syarat yaitu nilai beban  $\geq$  daya tersedia atau MW yang beroperasi, sesuai dengan persamaan berikut :



$$LOLP = P \times t$$

Dengan :

P adalah probabilitas kumulatif atau kemungkinan kumulatif t adalah waktu selama satu tahun (365 hari) diawali dari hari ke-hingga hari ke-365 dengan syarat nilai beban  $\geq$  daya tersedia.

Pada saat MW operasi sebesar 22,539 MW, maka pada saat itu MW on outage sebesar 0 MW yang berarti ketika sistem tidak mengalami gangguan atau 0 MW maka sistem benar-benar beroperasi dengan daya maksimal atau daya terbesar yaitu 22,539 MW. Nilai t pada kondisi tersebut adalah 0 karena tidak terdapat kondisi pada saat nilai beban lebih besar dari 22,539 MW dan pada kurva lama beban berada pada hari ke-0, maka nilai t = 0 Apabila pada kurva lama beban menunjukkan beban melebihi MW operasi yang mengakibatkan loss of load (pelepasan beban) terjadi.

Pada saat MW operasi sebesar 15,026 MW, maka pada saat itu MW on outage sebesar 7,513 MW yang berarti sistem mengalami gangguan sebesar 15,026 MW. Nilai t pada kondisi tersebut adalah 0 karena tidak terdapat kondisi pada saat nilai beban lebih besar dari 15,026 MW dan pada kurva lama beban berada pada hari ke-0, maka nilai t = 0

Pada saat MW operasi sebesar 7,513 MW, maka pada saat itu MW on outage sebesar 15,026 MW yang berarti sistem mengalami gangguan sebesar 7,513 MW. Nilai t pada kondisi tersebut adalah 59 karena kondisi pada saat nilai beban lebih besar atau sama dengan 7,513 MW terletak pada kurva lama beban yaitu pada hari ke-59 yaitu 7,518 MW, maka nilai t = 63. Pada saat MW operasi sebesar 0 MW, maka pada saat itu MW on outage sebesar 22,539 MW Nilai t pada kondisi tersebut adalah 365 karena kondisi pada saat nilai beban lebih besar dari 0 MW adalah 5,096 MW dan pada kurva lama beban berada pada hari ke-365, maka nilai t = 365.

Berikut nilai LOLP atau kemungkinan kehilangan beban berdasarkan daya yang terpasang pada sistem selama 365 hari.

MW on outage	Probabilitas Kumulatif	t	LOLP (Pxt)
0	1,0000	0	0
7,513	0,2245	0	0
15,026	0,0690	63	4,347
22,439	0,0005	365	0,1825
	Jumlah		4,5295

Tabel 11. Nilai LOLP

Berdasarkan tabel 12, nilai LOLP pada PLTMG MPP Flores dihitung sebesar 4,5295 hari/tahun pada tahun 2022.

### V. KESIMPULAN

Berdasarkan data penelitian dan hasil pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa nilai LOLP dari PLTMG MPP Flores pada tahun 2022 adalah sebesar 4,5295 hari/tahun dan berdasarkan SPLN : 68-1A:1986 yang menyatakan nilai kehilangan beban untuk sistem jawa bali adalah sebesar 3 hari/tahun dan untuk sistem lainnya diluar jawa bali adalah sebesar 3,5-5 hari/tahun. Maka dari itu, nilai *Loss Of Load Probability* (LOLP) pada PLTMG MPP Flores dikatakan andal karena sudah memenuhi standar.

### REFERENSI

- [1] Sulasno, I. (2001). Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang
- [2] Cekum, A. (2019). Studi Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Sukaharja Kabupaten Ketapang. Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT), 7(2).
- [3] SPLN : 68-1A : 1986
- [4] Laporan Pelaksanaan Monitoring Lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) MPP Flores
- [5] Syahputra, R., Noor, F., & Mujaahid, F. (2020). Analisis Indeks Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Angin-Surya Menggunakan Metode EENS. Semesta Teknika, 23(1), 92-105.
- [6] Asharf, S., Fauxan., & Nazaruddin, N. (2020). Studi Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Kinerja Engine pada PLTMG Panaran PT. Bright Batam. Jurnal TEKRO, 4(2)
- [7] GAFUR, A. (2016). Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomis Rantai Pasok Gas Alam ke Pembangkit Listrik di Kepulauan Kangean.
- [8] RUPTL 2015-2024, PT. PLN Persero
- [9] Marsudi, djiteng. 2005. Pembangkitan Energi Listrik. Erlangga. Jakarta
- [10] Kurniadi, D. (2019). Analisis Prakiraan Permintaan Dan Penyediaan Energi Listrik Tahun 2018-2025 Di Pt. Pln (Persero) Area Rengat Riau (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau).
- [11] Hartati, R. (2007). PENENTUAN ANGKA KELUAR PERALATAN UNTUK EVALUASI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 6(2)
- [12] Manubala, I., & Sukerayasa, I. (2004). STUDI KEANDALAN PENYULANG 20 kV DI GARDU INDUK PADANG SAMBIAN MENGGUNAKAN METODE SIMULASI MONTE CARLO. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 3(2)
- [13] Gunawan, A.H., & Ferdinan, F. (2002). Kajian Keandalan SDH Pada JARLOKAF. *Elektronika Indonesia*, (44)
- [14] Parsa, I. Made, Zeth By Tanu, and Silvester Charlianus Hadi. "EVALUASI JARINGAN DISTRIBUSI TERHADAP KETERSEDIAAN DAYA LISTRIK PADA FKIP UNIVERSITAS NUSA CENDANA KUPANG." Jurnal Teknologi 13, no. 1 (2019): 30-38.
- [15] Subekti, Massus, Uno Bintang Sudibyo, and I. Made Ardit. "Analisis Keandalan Sistem Perencanaan Pembangkit Listrik PLN Region 3 Tahun 2008-2017." In Prosiding Seminar Nasional Teknoin. 2008.
- [16] SYAHRIAL, S., SAWITRI, K., & GEMAHAPSARI, P. (2017). Studi Keandalan Ketersediaan Daya Pembangkit Listrik pada Jaringan Daerah "X". ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, 5(1), 93.
- [17] Ilimi, F. N. (2022). ANALISIS KEANDALAN OPERASI SISTEM PEMBANGKITAN SULAWESI BAGIAN SELATAN BERDASARKAN INDEKS PROBABILITAS KEHILANGAN BEBAN= RELIABILITY ANALYSIS OF THE SOUTH SULAWESI POWER PLANT SYSTEM OPERATION BASED ON LOSS OF LOAD PROBABILITY INDEX (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- [18] Marsudi, djiteng. 2006. Operasi Sistem Tenaga Listrik. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [20] Muchafadhoh, 2018. Studi Analisa Indeks Keandalan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. PJB UP Gresik Menggunakan Perhitungan LOLP (Loss Of Load Probability). Universitas Muhamadadiyah Yogyakarta.
- [21] W.D. Marsh, 1980. Economics of Electric Utility Power Generation, Clarendon Press - Oxford, University Press, N.Y.