

## **Analisis Keandalan PLTU Lontar Berdasarkan Perhitungan *Load of Load Probability (LoLP)***

**Rangga Jatnika**

Institut Teknologi Perusahaan Listrik Negara; Jakarta

Program Studi Magister Teknik Elektro

e-mail: [rangga2210530@itpln.ac.id](mailto:rangga2210530@itpln.ac.id)

### **Abstrak**

*Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Lontar merupakan salah satu unit pembangkitan yang berperan utama dalam memenuhi kebutuhan listrik di Ibukota Jakarta dan sebagian wilayah Banten, sehingga keandalannya sangat diperhatikan. Perhitungan keandalan suatu pembangkitan dapat dianalisis dari seberapa sering suatu unit mengalami gangguan/seberapa sering tidak beroperasi. Data hasil gangguan suatu sistem dapat dihitung menggunakan rumus LoLP (Loss of Load Probability). LoLP menggambarkan besar-kecilnya peluang terhadap terjadinya kehilangan beban sebagai akibat kurangnya daya yang tersedia dalam sistem. Semakin kecil nilai LoLP berarti suatu sistem semakin sedikit peluang mengalami gangguan alias lebih andal. Berdasarkan Aturan Jaringan PLN, standar nilai LoLP adalah satu hari per tahun. Pada penelitian ini LoLP dihitung dengan cara manual berdasarkan data beban harian, kurva lama beban, dan nilai EFOR (Equivalent Forced Outage Rate). Dari hasil perhitungan LoLP, diperoleh besarnya LoLP PLTU Lontar di tahun 2022 nilainya 76,5 hari/tahun. Dengan demikian, maka keandalan PLTU Lontar di tahun 2022 masih di bawah standar PLN dan perlu ditingkatkan.*

**Kata kunci** — *Beban, EFOR, LoLP*

### **Abstract**

*The Lontar Coal-Fired Steam Power Plant (PLTU) is one of the generation units that plays a major role in meeting the demand for electricity in the capital city of Jakarta and parts of Banten, so its reliability is of utmost concern. The calculation of the reliability of a generation can be analyzed from how often a unit is disturbed/how often it is not operating. Data resulting from a system disturbance can be calculated using the LoLP (Loss of Load Probability) formula. LoLP describes the size of the opportunity for load loss as a result of a lack of available power in the system. The smaller the LoLP value means that a system has less chance of experiencing interference, aka more reliable. Based on the PLN Network Rules, the standard LoLP value is one day per year. In this study, LoLP was calculated manually based on daily load data, load duration curves, and EFOR (Equivalent Forced Outage Rate) values. From the results of the LoLP calculation, it is obtained that the LoLP of PLTU Lontar in 2022 is 76.5 days/year. Thus, the reliability of PLTU Lontar in 2022 is still below PLN's standard and needs to be improved.*

**Keywords** — *EFOR, Load, LoLP*

## I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik terdiri atas tiga bagian utama, yaitu sistem pembangkit listrik, saluran transmisi, dan jaringan distribusi.[1] Permasalahan pada sistem tenaga listrik yaitu bagaimana menyediakan energi listrik yang andal, ekonomis, dan berkualitas. Keandalan tenaga listrik adalah kemampuan sistem tenaga listrik dalam menghadapi gangguan. Sedapat mungkin gangguan di pembangkit maupun transmisi dapat diatasi tanpa mengakibatkan pemadaman di sisi konsumen. Ekonomis berarti listrik harus dioperasikan seekonomis mungkin (berbiaya murah), tetapi dengan tetap memperhatikan keandalan dan mutunya. Sedangkan mutu tenaga listrik adalah mutu tegangan dan frekuensi sesuai dengan batas yang diijinkan.[2]

Kesiapan pembangkit dengan kapasitas yang mencukupi dan kesiapan jaringan disediakan untuk menjaga kontinuitas suplai energi listrik yang cukup saat terjadinya kegagalan atau gangguan pada pembangkit dan/atau terlepasnya suatu pembangkit dari sistem karena pemeliharaan. Penyediaan kapasitas ini akan menghindarkan beban dari pemadaman karena kurangnya suplai energi listrik dan meningkatkan keandalan dari sistem. Menurut standar IEEE, Keandalan (*reliability*) didefinisikan sebagai “kemampuan suatu komponen atau sistem tenaga listrik untuk melakukan fungsi yang diperlukan dengan kondisi yang diinginkan dalam jangka waktu yang ditentukan” (standard IEEE 100). [3]

Beban konsumen listrik senantiasa tumbuh dari tahun ke tahun. Di tahun 2022 beban puncak sistem Jawa Madura Bali sebesar 29.041 MW, naik 3.37% dibandingkan 2021.[4] Tentunya hal ini harus diikuti oleh jumlah pasokan yang memadai sehingga kebutuhan beban terpenuhi. Kurangnya pasokan akan menyebabkan gangguan terhadap konsumen sehingga pemadaman paksa tidak dapat dihindari demi stabilitas listrik selalu terjaga. Dalam konteks keandalan, hal ini masuk dalam aspek Kecukupan (*Adequacy*) yaitu kemampuan sistem tenaga untuk memasok permintaan beban dan kebutuhan energi listrik pelanggan setiap saat, dengan mempertimbangkan pemadaman elemen sistem yang terjadwal maupun tidak terjadwal diharapkan cukup. [3]

Kecukupan daya dari suatu sistem tenaga listrik ditentukan oleh pertumbuhan bebannya, pola beban harian, jumlah dan kapasitas unit pembangkit, dan tingkat kegagalan unit pembangkit (*FOR: forced outage rate*). Di samping itu, dipengaruhi pula oleh variasi musim pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA), penurunan kapasitas pembangkit karena umur yang disebut derating, jadwal pemeliharaan unit pembangkit, dan faktor ekonomi seperti tidak tersedianya bahan bakar atau sudah habis masa operasinya tapi belum ada dana untuk pemeliharaan/penggantian. Kecukupan daya ditentukan oleh suatu indeks keandalan pasokan daya dari pembangkit dalam melayani bebannya secara sistem.[5]

Tulisan ini disusun untuk menganalisis keandalan suatu sistem pembangkitan dalam menyediakan pasokan daya ke sistem tenaga listrik. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan indeks keandalan *Loss of Load Probability* (LoLP). Indeks

keandalan LoLP yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai standar yang diterapkan oleh PT. PLN (Persero).

## II. METODE PENELITIAN

### Pengambilan Data Objek Penelitian

Objek penelitian yang diambil dari data PLTU Lontar mencakup Daya Mampu Netto (DMN) ketiga unitnya, indeks nilai *Equivalent Forced Outage Rate* (EFOR) tiap unit selama kurun waktu tahun 2022, dan melingkupi pembangkit PLTU Lontar unit 1, unit 2 dan unit 3 (3 x 280 MW).

### Penyusunan Data Beban Harian dan Kurva Lama Beban

Karakteristik beban sistem merupakan gabungan beberapa kelompok pelanggan. Kurva beban sistem disebut juga kurva beban harian. Beban dapat juga digambarkan dengan kurva lama beban (*load duration curve*), yang merupakan data penting yang digunakan dalam teknik simulasi produksi listrik secara probabilistik. Dalam perhitungan indeks keandalan yang disajikan pada tulisan ini, yaitu dengan mempertimbangkan kurva rata-rata pembebanan selama tahun yang diamati.

### Perhitungan Probabilitas Kumulatif

Perhitungan yang digunakan untuk menentukan nilai probabilitas kumulatif yaitu algoritme *recursive* untuk pembentukan model kapasitas. Karakteristik operasi pembangkit diasumsikan *derated*, yaitu unit pembangkit dapat memiliki keadaan yang sepenuhnya beroperasi, sepenuhnya tidak beroperasi, maupun beroperasi secara parsial. Perhitungan probabilitas pembangkit menggunakan (1).[6]

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

dengan :

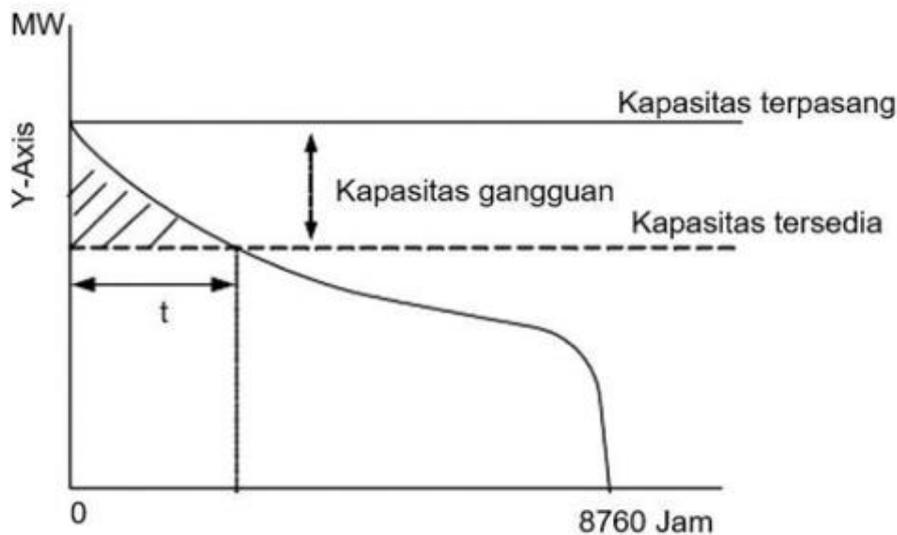
$P(X)$  : merupakan probabilitas kumulatif dari keadaan *capacity outage* sebesar  $X$  MW sesudah sebuah unit ditambahkan,  $n$  merupakan jumlah keadaan dari unit.

$C_i$  : merupakan *capacity outage* dari keadaan  $i$  untuk unit yang ditambahkan

$p_i$  : merupakan probabilitas keadaan  $i$  dari unit yang ada.

### Perhitungan Indeks Keandalan LoLP

Kehilangan beban (*loss of load*) adalah suatu kondisi dengan kapasitas daya yang tersedia lebih kecil dari beban sistem sehingga ada pelepasan sebagian beban.[7] Probabilitas kehilangan beban (*Loss of Load Probability*) menyatakan besarnya nilai kemungkinan terjadinya kehilangan beban karena kapasitas daya tersedia sama atau lebih kecil dari beban sistem, yang dinyatakan dalam hari per tahun. Yang dimaksud kapasitas daya tersedia adalah kapasitas daya terpasang dikurangi kapasitas gangguan.



Gambar 1. Kurva lama beban dan kapasitas tersedia dalam sistem

Secara praktis keandalan dilihat berdasarkan tolok ukur pertama yaitu LOLP (*Loss of Load Probability* / Kemungkinan Kehilangan Beban)

$$LOLP = p \times t \quad (2)$$

dengan :

p : Probabilitas sistem dapat menyediakan daya sebesar beban yang ada

t : lamanya (waktu) beban yang tak dapat dilayani

Makin kecil LOLP, makin rendah tingkat gangguan, dan makin tinggi tingkat kendalan suatu sistem. Sebaliknya makin tinggi LOLP, makin tingkat gangguan, dan makin rendah tingkat keandalan suatu sistem.

$$FOR = \frac{\text{Jumlah jam unit terganggu}}{\text{Jumlah jam unit beroperasi} + \text{jumlah jam unit terganggu}} \quad (3)$$

Ukuran yang menyatakan nilai unit pembangkit mengalami sering tidaknya gangguan, dinyatakan dengan *Forced Outage Rate* (FOR). Semakin kecil nilai FOR maka semakin tinggi jaminan keandalan yang didapat, sebaliknya semakin besar nilai FOR maka semakin kecil juga jaminan keandalan yang diperoleh.

### Standar LoLP PLN

Kriteria keandalan yang dipergunakan adalah *Loss of Load Probability* (LOLP). Berdasarkan Aturan Jaringan Jamali pada Permen ESDM Nomor 20 Tahun 2020, probabilitas kehilangan beban atau *Loss of Load Probability* (LOLP) yang masih dalam batas standar perencanaan operasional yang diizinkan yaitu 1 (satu) hari per tahun.[8] Perhitungan kapasitas pembangkit dengan kriteria LOLP menghasilkan *reserve margin* tertentu yang nilainya tergantung pada ukuran unit pembangkit (*unit size*), tingkat ketersediaan (*availability*) setiap unit pembangkit, jumlah unit dan jenis unit.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data Objek Penelitian

Kemampuan suatu unit pembangkit yang menjadi dasar perhitungan transaksi tenaga listrik dan menjadi kewajiban untuk memenuhi kebutuhan beban, disebut Daya Mampu Netto (DMN). PLTU Lontar memiliki 3 unit pembangkit listrik yang masing-masing memiliki Daya Mampu Netto (DMN) 280 MW, dengan rincian sbb:

Tabel 1. Daya Mampu Netto (DMN) PLTU Lontar

No	Pembangkit	DMN (MW)
1.	Unit 1	280
2.	Unit 2	280
3.	Unit 3	280

Data berikutnya adalah nilai EFOR (*Equivalent Forced Outage Rate*) yakni *Forced Outage Rate* (FOR) yang telah memperhitungkan dampak dari derating pembangkit.[9] Nilai derating ini menggambarkan ketidakmampuan unit pembangkit beroperasi pada nilai maksimum DMN-nya akibat kendala yang dialami. Dengan demikian mempengaruhi kemampuan unit dalam memenuhi kebutuhan beban.

Tabel 2. EFOR PLTU Lontar tahun 2022 [4]

No	Pembangkit	EFOR (%)	EFOR
1.	Unit 1	4,21	0,04
2.	Unit 2	4,82	0,05
3.	Unit 3	11,93	0,12

#### Data Beban Harian dan Kurva Lama Beban

Data pembebanan harian PLTU Lontar diambil pada saat beban puncak tertinggi wilayah Jakarta dan Banten di tahun 2022, yaitu tanggal 18 April 2022.

Tabel 3. Data Pembebanan Harian Tanggal 18 April 2022

JAM	BEBAN (MW)	JAM	BEBAN (MW)
01:00	805	13:00	811
02:00	815	14:00	820
03:00	816	15:00	820
04:00	827	16:00	820
05:00	807	17:00	823
06:00	750	18:00	805
07:00	815	19:00	821
08:00	824	20:00	818
09:00	816	21:00	816
10:00	828	22:00	816

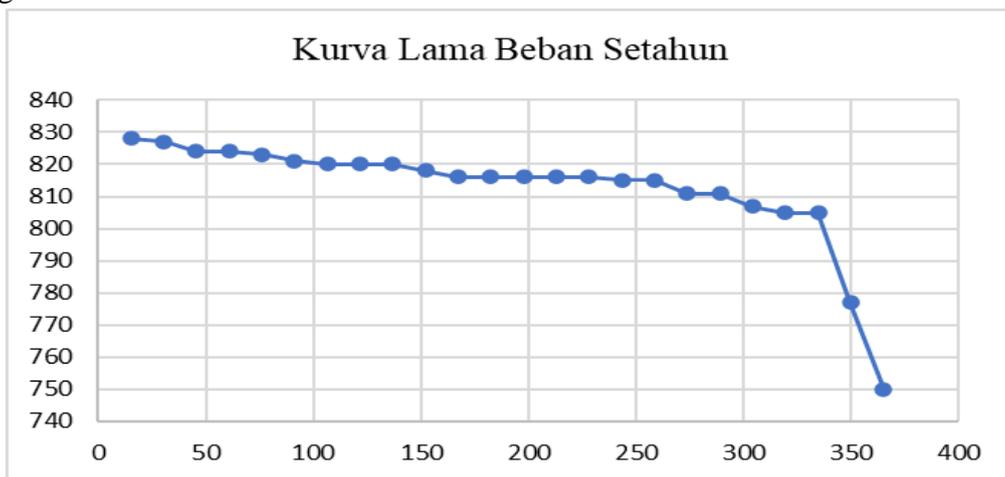
<b>11:00</b>	824	23:00	816
<b>12:00</b>	811	24:00	777

Jika data beban harian di atas dikonversi menjadi lama beban tahunan, maka diperoleh tabel sbb:

Tabel 4. Lama Beban Tahunan 2022

<b>BEBAN (MW)</b>	<b>LAMA (JAM)</b>	<b>BEBAN (MW)</b>	<b>LAMA (JAM)</b>
<b>828</b>	15	816	198
<b>827</b>	30	816	213
<b>824</b>	46	816	228
<b>824</b>	61	815	243
<b>823</b>	76	815	259
<b>821</b>	91	811	274
<b>820</b>	106	811	289
<b>820</b>	122	807	304
<b>820</b>	137	805	319
<b>818</b>	152	805	335
<b>816</b>	167	777	350
<b>816</b>	183	750	365

Adapun kurva lama beban (*load duration curve*) dalam setahun di 2022 adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Kurva lama beban setahun

**Probabilitas Individu**

Perhitungan probabilitas individu mengacu pada nilai EFOR tiap unit. Jika unit tidak beroperasi, maka nilai yang dihitung adalah dari EFOR, sedangkan jika unit beroperasi, maka nilai yang dihitung adalah selisih dari EFOR (1-EFOR).

Dalam proses Markov, riwayat hidup komponen sistem tenaga listrik yang dapat diperbaiki selama masa manfaatnya diwakili oleh dua model keadaan; satu keadaan diberi label 'naik' atau 'berfungsi' dan satunya 'turun' atau 'tidak tersedia', dilambangkan dengan 1 dan 0 masing-masing.[10]

Tabel 5. Probabilitas terjadinya unit yang outage

NO	UNIT OPERASI/TIDAK			DAYA YANG	DAYA YANG	PROBABILITA S INDIVIDU
	1	2	3	OUTAGE (MW)	OPERASI (MW)	
1	1	1	1	0	840	0,80296
2	0	1	1	280	560	0,03529
3	1	0	1	280	560	0,04066
4	1	1	0	280	560	0,10877
5	0	0	1	560	280	0,00179
6	0	1	0	560	280	0,00478
7	1	0	0	560	280	0,00551
8	0	0	0	840	0	0,00024

### Probabilitas Kumulatif dan Indeks Keandalan LoLP

Tabel 6. Probabilitas Kumulatif dan Perhitungan LoLP

GANGGUAN (MW)	MW TERSEDIA	PROBABILITAS KUMULATIF	BEBAN $\geq$ MW TERSEDIA (HARI/TAHUN)	LOLP
0	840	1,00000	0	0
280	560	0,19704	365	71,91963
560	280	0,01232	365	4,49601
840	0	0,00024	365	0,08836
				<b>76,50400</b>

Dari hitungan di atas, diperoleh nilai probabilitas kehilangan beban atau *Loss of Load Probability* (LOLP) PLTU Lontar di tahun 2022 adalah 76,5 hari/tahun.

### IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan keandalan pembangkit menggunakan indeks *Loss of Load Probability* (LoLP) dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai keandalan pembangkit PLTU Lontar pada tahun 2022 memiliki LoLP dengan probabilitas padam 76,5 hari dalam setahun.
2. Dari poin 1 menunjukkan bahwa keandalan pembangkit PLTU Lontar dapat dikategorikan tidak andal karena melebihi kriteria keandalan yang digunakan yaitu

LoLP dengan probabilitas padam 1 hari/tahun berdasarkan Aturan Jaringan Jamali pada Permen ESDM Nomor 20 Tahun 2020.

3. Keandalan PLTU Lontar perlu ditingkatkan lagi dengan pemeliharaan yang efektif dan komprehensif agar terhindar dari kondisi keluar paksa (*forced outage*) atau gangguan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Graha Ilmu, 2006.
- [2] PT PLN Pusdiklat, "Pengenalan Sistem Tenaga Listrik," Jakarta: PT PLN Pusdiklat, pp. 1–12.
- [3] PT PLN Pusdiklat, "Analisa dan Evaluasi Keandalan," Jakarta: PT PLN Pusdiklat.
- [4] PT PLN UIP2B Jamali, *Evaluasi Operasi Sistem Jawa Madura Bali Tahun 2022*. Jakarta: PT PLN UIP2B Jamali, 2023.
- [5] H. Zein, "Perkiraan Pasokan Daya Sistem Jawa-Madura-Bali Sampai Tahun 2016 Berdasarkan Indeks Lolp Satu Hari Per Tahun," *Transmisi*, vol. 10, no. 1, pp. 6–9–9, 2008.
- [6] A. N. Widiastuti, S. Sarjiya, K. A. Pinanditho, and E. T. Prastyo, "Evaluasi Keandalan Perencanaan Pembangkit Wilayah Jawa-Bali dengan Mempertimbangkan Ketidakpastian Peramalan Beban," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 230–234, 2017, doi: 10.22146/jnteti.v6i2.320.
- [7] G. Gambirasio, "Computation of Loss-of-Load Probability," no. 1, pp. 54–55, 1976.
- [8] Kementerian ESDM RI, "ATURAN JARINGAN SISTEM TENAGA LISTRIK ( GRID CODE )," no. 20. Kementerian ESDM RI, Jakarta, 2020.
- [9] PT PLN Persero, "Protap Deklarasi Kondisi Pembangkit dan Indeks Kinerja Pembangkit," 2012.
- [10] V. P. N, "Loss of Load Probability of a Power System Fundamentals of Renewable Energy and Applications," *J. Fundam. Renew. Energy J Appl.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2015, doi: 10.4172/20904541.1000149.