

Study Kelayakan LOLP (*Loss OF Load Probability*) pada PLTGU Unit Pembangkit Muara Karang

Richard Angkasa Pratama*

Magister Teknik Elektro, Institut Teknologi Perusahaan Listrik Negara, Jakarta, Indonesia

*richardangkasa1234@gmail.com

Abstrak— Keandalan (*reability*) merupakan salah satu isu terpenting dalam penyaluran tenaga listrik. Sistem penyaluran tenaga listrik yang handal menjamin kelangsungan pelayanan pada sistem kelistrikan. Nilai keandalan dapat dihitung dengan menggunakan indeks LOLP (*Loss Of Load Probabilty*) atau probabilitas kehilangan beban. Probabilitas kegagalan beban merupakan indikator tingkat risiko penggunaan penyaluran tenaga listrik. Tingkat keandalan yang tinggi dapat dicapai dengan sedikit atau tanpa risiko. Unit Pembangkitan (UP) Muara Karang merupakan salah satu unit pembangkitan yang berperan utama dalam memenuhi kebutuhan listrik di Ibukota Jakarta. Dalam operasinya, unit pembangkit dapat mengalami gangguan yang menyebabkan unit pembangkit tersebut keluar dari sistem (*outage*) atau tidak dapat beroperasi secara maksimal. Masalah yang terjadi *Loss of Load Probability* (LOLP) yaitu didapatkan nilai LOLP sebesar 9.744331959 hari/tahun pada tahun 2022. Nilai indeks LOLP tersebut belum memenuhi standar yang sudah ditetapkan oleh PT. PLN pada RUPTL PLN 2015-2024 yaitu sebesar 1 hari/tahun, berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan keandalan sistem tenaga di PLTGU PT. Nusantara Power UP Muara Karang pada tahun 2022 dalam kategori kurang andal atau keandalan pembangkit yang rendah.

Kata Kunci— Keandalan (*Reability*), Kelistrikan, LOLP, PLTGU, Sistem.

DOI: 10.22441/jte.2023.v14i3.009

I. PENDAHULUAN

Setiap pembangkit listrik umumnya sangat rentan terhadap kegagalan saat pengoperasian. Kegagalan dapat dikaitkan dengan beberapa faktor, termasuk kelalaian orang, perawatan yang buruk, kesalahan operator dan kekurangan perlindungan terhadap pencemaran lingkungan yang berlebihan. Akibat dari kegagalan pembangkitan ini dapat mempengaruhi pengoperasian sistem, antara lain penyaluran tenaga listrik akan padam di beberapa titik beban karena kehilangan produksi dan mengakibatkan kerugian biaya yang signifikan. Definisi reliabilitas biasanya adalah kemungkinan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik selama periode waktu tertentu. [1] [2] Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman listrik, berapa lama pemadaman listrik berlangsung, dan seberapa cepat waktu yang diperlukan untuk memulihkan pemadaman listrik. Sistem dengan keandalan tinggi dapat menghasilkan daya kapan pun dibutuhkan,

sedangkan sistem dengan keandalan rendah sering mengakibatkan pemadaman listrik diberbagai wilayah.

Keandalan merupakan salah satu isu terpenting dalam tenaga listrik. Sistem yang handal menjamin kelangsungan pelayanan sistem. Nilai keandalan dapat dihitung dengan menggunakan indeks LOLP (*Loss Of Load Probability*). Ukuran keandalan dinyatakan dalam hari pertahun, beban sistem akan sama, lebih besar, atau lebih rendah dari kapasitas sistem yang tersedia. Perhitungan dilihat dari data unit pembangkit yang terdiri dari kapasitas pembangkit dan *Force Outage Rate* (FOR), dan dapat dihitung probabilitas kapasitas *outage* kumulatif dengan menghitung probabilitas kapasitas *outage* individunya terlebih dahulu, kemudian baru didapatkan tabel probabilitas kehilangan beban. [2]

Salah satu faktor yang memengaruhi suatu keandalan sistem adalah keandalan dari unit pembangkit itu sendiri. Kegagalan sistem unit pembangkit adalah *Forced Outage Rate* (FOR). Kondisi *out of service* merupakan penyebab adanya FOR, selain itu juga FOR diakibatkan oleh kesalahan operasi komponen peralatan atau kesalahan manusia. *Forced Outage Rate* (FOR) adalah ukuran sering tidaknya unit pembangkit mengalami gangguan. [3] [4] [5] Oleh karena itu pada penelitian ini akan dibahas mengenai studi kelayakan LOLP (*Loss OF Load Probability*) pada PLTGU Unit Pembangkit Muara Karang.

II. PENELITIAN TERKAIT

Pada Bab ini berisikan pembahasan mengenai penelitian – penelitian sebelumnya serta tinjauan pustaka dan persamaan yang digunakan sehingga data dari pembangkit tersebut dapat diketahui hasil perhitungan nilai LOLP (*Loss Of Load Probability*). Keandalan dalam pembangkit tenaga listrik adalah unjuk kerja sistem tenaga listrik untuk menyalurkan tenaga listrik ke pemakai tenaga listrik sesuai kebutuhan pemakai tenaga listrik secara terus menerus dengan kualitas sesuai standar yang berlaku. Penentuan tingkat keandalan sistem pembangkitan berbeda – beda di satu negara dengan negara lainnya, bahkan satu perusahaan listrik dengan perusahaan listrik lainnya.

Aplikasi teknik probability untuk evaluasi keandalan sistem tenaga listrik dikemukakan pertama kali pada tahun 1933. Konsep dari *Loss Of Load Probability* (LOLP) diperkenalkan pada tahun 1947. [6] LOLP didefinisikan sebagai kemungkinan dimana kapasitas daya yang mengalami *force outage* melebihi dari cadangan daya pada sistem. LOLP ini dievaluasi untuk beberapa beban puncak sebagai representasi dari keandalan suatu sistem.

Pada penelitian sebelumnya [7], melakukan studi analisis kelayakan *Loss of Load Probability* sistem tenaga listrik di PT. PUPUK SRIWIDJAJA yang pada saat itu sebesar 9 hari/tahun. Untuk memperoleh Loss of Load Probability maksimal 1 hari/tahun maka dua buah pembangkit Pusri-IIB harus diperbesar menjadi 30MW. Berikutnya [8] melakukan penelitian yang berdasarkan data kegagalan dan pengeluaran harian tahun 2019, indeks keandalan SPP untuk unit 1-4 adalah 4,23 hari per tahun atau 1,23%. Semakin tinggi nilai LOLP/LOLE pada tahun 2019 adalah kemungkinan SPP telah kehilangan bebannya selama 2 hari dalam periode tahun 2019 karena force majeure (pemadaman) yang menyebabkan beban berkurang. Untuk meningkatkan pembangkit listrik adalah agar beban listrik di Jawa Barat dapat terpenuhi dengan aliran listrik. Berikutnya [9] melakukan penelitian dengan mengusulkan program perhitungan menggunakan Matlab, dan dilakukan perbandingan hasil perhitungan dan waktu operasi sistem dengan menggunakan Mic Excell dan program Matlab. Hasil perhitungan LOLP dengan Excell dan Matlab mempunyai deviasi dibawah 1%. Terakhir [10] melakukan penelitian dengan mengusulkan skenario perbaikan 1 dan 2 nilai keandalan LOLP. Didalam perhitungan LOLP skenario 1 yaitu mengganti grup KKP dengan unit pembangkit baru dan didapatkan lah nilai LOLP sebesar 9,6908 hari/tahun. Pada skenario 2 yaitu menambah unit pembangkit baru jadi skenario di PLTH Pantai Baru Pandansimo memiliki 4 pembangkit dan di dapatkan nilai LOLP sebesar 6,8186 hari/tahun.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data dan analisis data dengan menggunakan persamaan – persamaan yang berlaku. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini guna mengetahui nilai LOLP [8] apakah melebihi standart yang telah ditetapkan atau tidak . Data – data yang digunakan berupa data nilai FOR (*Force Out Rate*) setiap unit pembangkit, data kapasitas daya setiap unit pembangkit dan data beban harian dari setiap unit pembangkit pada tahun 2022 di PLTGU Muara Karang.

A. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dari mencari referensi melalui studi literatur jurnal, kemudian melakukan observasi lapangan untuk melakukan proses pengambilan data. Data yang sudah didapat kemudian dihitung probabilitas individual dan probabilitas kumulatifnya, dan yang terakhir dihitung nilai indeks LOLP (*Loss Of Load Probability*). Gambar 1 menunjukkan *flowchart* diagram alir penelitian yang dilakukan.

B. Menghitung LOLP (*Loss OF load Probability*) [11]

Keandalan dinyatakan dalam hari pertahun, beban sistem akan sama, lebih besar, atau lebih rendah dari kapasitas sistem yang tersedia. Perhitungan LOLP dapat dilihat dari data unit pembangkit yang terdiri dari kapasitas pembangkit dan *force outage rate* (FOR), dan dapat dihitung probabilitas kapasitas outage kumulatif dengan menghitung probabilitas kapasitas outage individunya terlebih dahulu, kemudian baru didapatkan tabel probabilitas kehilangan beban. Sering tidaknya pembangkit mengalami gangguan atau biasanya diketahui

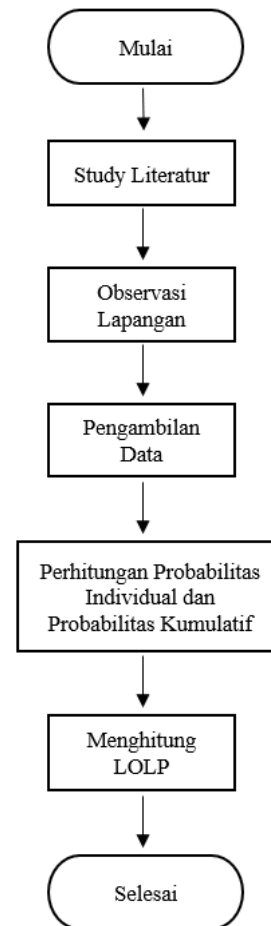
sebagai nilai FOR. Kemungkinan bahwa sistem tidak dapat melayani beban, tidak dapat melayani kebutuhan pelanggan akan tenaga listrik dinyatakan dengan indeks LOLP. Dalam sub bab ini akan diuraikan perhitungan LOLP secara kuantitatif. Perhitungan indeks kehandalan pembangkit menggunakan persamaan sebagai berikut. [12][13][14]

$$LOLP = \sum_{t=1}^{t=365} P(C < Beban) \times t \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

t = waktu 1 hari sampai 365 hari (periode 1 tahun)

$P(C < Beban)$ = Kemungkinan terjadinya kumulatif kapasitas sistem < beban



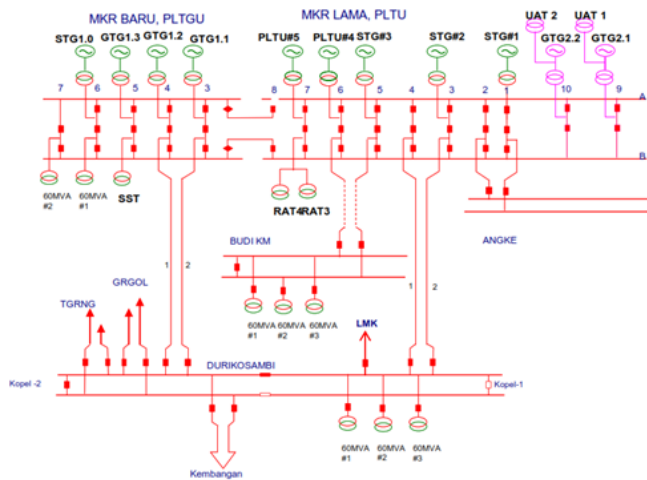
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN ANALISA

PLTGU UP Muarakarang adalah salah satu pembangkit yang memasok listrik untuk daerah DKI Jakarta dan Banten. Pembangkit ini memiliki 4 unit pembangkit dengan kapasitas yang berbeda - beda. Pada bagian ini akan membahas mengenai data – data dan perhitungan yang nantinya akan diolah dan dianalisa pada bagian selanjutnya.

A. Single Line Diagram Sistem Muara Karang

Single Line Diagram Sistem Muara Karang pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Konfigurasi Sistem Muara Karang

B. Data Kapasitas Daya

Data Kapasitas Daya pada UP muara Karang ditunjukkan pada Table 1 berikut.

Tabel 1. Kapasitas Daya UP Muara Karang

No.	Pembangkit	Daya
1	PLTGU Blok 1	506
2	PLTGU Blok 2	711.8
3	PLTU 4	200
4	PLTU 5	20

C. Indeks FOR UP Muara Karang

Indeks FOR UP Muara Karang ditunjukkan pada Table 1 berikut.

Tabel 2. Indeks FOR UP Muara Karang

No.	Pembangkit	FOR (%)	Rate (100% - FOR)
1	PLTGU Blok 1	3.67	96.33
2	PLTGU Blok 2	0.74	99.26
3	PLTU 4	1.57	98.43
4	PLTU 5	1.23	98.77

D. Data Beban Harian UP Muara Karang

Tabel 3. Data Beban Harian UP Muara Karang

Jam	Beban (MW)	Jam	Beban (MW)
00.00-01.00	768.984	12.00-13.00	1211.715
01.00-02.00	770.582	13.00-14.00	1294.809
02.00-03.00	770.902	14.00-15.00	1425.649
03.00-04.00	770.712	15.00-16.00	1150.232
04.00-05.00	770.399	16.00-17.00	1073.342
05.00-06.00	771.012	17.00-18.00	1019.079
06.00-07.00	770.628	18.00-19.00	1021.382
07.00-08.00	770.902	19.00-20.00	1064.522
08.00-09.00	771.422	20.00-21.00	1064.351
09.00-10.00	890.416	21.00-22.00	1017.190
10.00-11.00	1178.995	22.00-23.00	882.029
11.00-12.00	1197.199	23.00-00.00	770.678

Untuk dapat mengetahui kebutuhan energi dan durasi kebutuhan energi maka dapat diasumsikan bahwa lamanya beban harian rata rata UP Muara Karang adalah pada Table 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Lama Beban Harian UP Muara Karang

Beban (MW)	Durasi	Beban (MW)	Durasi
1425.649	1	890.416	13
1294.809	2	882.029	14
1211.715	3	771.422	15
1197.199	4	771.012	16
1178.995	5	770.902	17
1150.232	6	770.902	18
1073.342	7	770.712	19
1064.522	8	770.678	20
1064.351	9	770.628	21
1021.382	10	770.582	22
1019.079	11	770.399	23
1017.190	12	768.984	24

Melalui data lamaya beban harian rata-rata di atas, kita dapat mengetahui lamanya beban dalam hari per tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Lama Beban Per Tahun UP Muara Karang

Beban (MW)	Lama (Hari)	Beban (MW)	Lama (Hari)
1425.649	15,21	890.416	197,71
1294.809	30,42	882.029	212,92
1211.715	45,63	771.422	228,13
1197.199	60,83	771.012	243,33
1178.995	76,04	770.902	258,54
1150.232	91,25	770.902	273,75
Beban (MW)	Lama (Hari)	Beban (MW)	Lama (Hari)
1073.342	106,46	770.712	288,96
1064.522	121,67	770.678	304,17
1064.351	136,88	770.628	319,38
1021.382	152,08	770.582	334,58
1019.079	167,29	770.399	349,79
1017.190	182,50	768.984	365,00

E. Perhitungan Probabilitas Individu

Berdasarkan data – data diatas maka dapat ditentukan nilai probabilitas individu setiap pembangkit adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Probabilitas Individu

No	Unit Aktif/Tidak Aktif				Daya Outage	Probabilitas Individu
	1	2	3	4		
1	I	I	I	I	0	0.9295834221
2	O	I	I	I	506	0.0354154589
3	I	O	I	I	711.8	0.0069302008
4	I	I	O	I	200	0.0148272475
5	I	I	I	O	200	0.0115762641

6	O	O	I	I	1218	0.0002640282
7	O	I	O	I	706	0.0005648915
8	O	I	I	O	706	0.0004410349
9	I	O	O	I	911.8	0.0001105396
10	I	O	I	O	911.8	0.0000863030
11	I	I	O	O	400	0.0001846463
12	O	O	O	I	1418	0.0000042114
13	I	O	O	O	1112	0.0000013766
14	O	I	O	O	906	0.0000070347
15	O	O	I	O	1418	0.0000032880
16	O	O	O	O	1618	0.0000000524
						1.0000000000

Dimana :

O adalah unit yang mengalami gangguan

I adalah unit yang beroperasi

F. Perhitungan Probabilitas Kumulatif

Setelah didapatkan hasil probabilitas individu maka langkah terakhir yaitu menghitung probabilitas kumulatif, berikut hasil dari perhitungan probabilitas kumulatif dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Probabilitas Kumulatif

Gangguan	Probabilitas Individu	Probabilitas Kumulatif
0	0.9295834221	1.0000000000
200	0.0264035116	0.0704165779
400	0.0001846463	0.0440130663
506	0.0354154589	0.0438284200
706	0.0010059264	0.0084129611
711.8	0.0069302008	0.0074070347
906	0.0000070347	0.0004768339
911.8	0.0001968426	0.0004697992
1111.8	0.0000013766	0.0000013766
1217.8	0.0002640282	0.0002715800
1417.8	0.0000074994	0.0000075518
1617.8	0.0000000524	0.0000000524

G. Perhitungan LOLP

Oleh karena itu berdasarkan dari data – data pada tabel sebelumnya dan persamaan persamaan yang berlaku maka dapat ditentukan nilai LOLP adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Perhitungan LOLP

MW Tersedia	Probabilitas Kumulatif	Beban Harian/ Tahun	LOLP
1617.8	1.0000000000	0	0
1417.8	0.0704165779	15.21	1.07103615
1217.8	0.0440130663	30.42	1.338877477
1111.8	0.0438284200	91.25	3.999343325
911.8	0.0084129611	182.5	1.535365401
906	0.0074070347	182.5	1.351783833

711.8	0.0004768339	365	0.174044374
706	0.0004697992	365	0.171476708
506	0.0000013766	365	0.000502459
400	0.0002715800	365	0.0991267
200	0.0000075518	365	0.002756407
0	0.0000000524	365	0.000019126
LOLP			9.744331959

Dari tabel 7 didapatkan hasil total nilai LOLP sebesar 9.744331959 hari/tahun.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan pada PLTU PT. Nusantara Power PLTGU Muara Karang mengenai keandalan sistem tenaga listrik dengan menggunakan indeks LOLP (*Loss Of Load Probability*), didapatkan kesimpulan perhitungan indeks keandalan LOLP (*Loss Of Load Probability*) menghasilkan nilai total sebesar 9.744331959 hari/tahun pada tahun 2022. Nilai indeks LOLP tersebut belum memenuhi standar yang sudah ditetapkan oleh PT. PLN yaitu sebesar 1 hari/tahun, berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan keandalan sistem tenaga di PLTGU PT. Nusantara Power pada tahun 2022 dalam kategori kurang andal atau keandalan pembangkit yang rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu untuk menyelesaikan pembuatan penelitian mengenai analisis indeks keandalan LOLP (*Loss Of Load Probability*) pada Pembangkit PT. Nusantara Power PLTGU Muara Karang, serta ucapan terima kasih kepada tim editorial Jurnal Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Billiton and R. N. Allan, "Reliability Evaluation of Power Systems Second Edition," Second Edition. New York: Plenum Press, 1996.
- [2] B. Roy and N. A. Ronald, "Reliability Evaluation Of Power Systems," 2 edition. Plenum Publishing Corporation, London, 1994.
- [3] D. Marsudi, "Pembangkitan Energi Listrik," (edisi kedua), Jakarta: Penerbit Erlangga, 2011.
- [4] PT. PLN, "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2015-2024," Jakarta: PT PLN (Persero), 2014
- [5] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) Tahun 2019 s.d 2028 . Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi, Jakarta, 2018
- [6] J. Nanda and M. L. Khotari, "Emerging Trends In Power Systems, "Proceeding of the eight National Power System Conference, 1994
- [7] R. Apriani and R. Thayib, "Perhitungan Loss Of Load Probability (Probabilitas Kehilangan Beban) Sistem Tenaga Listrik Di PT. Pupuk Sriwidjaja," *Mikrotiga*, vol. 2, no. 1, 2015.
- [8] P. F. Ferdinant, L. Nurdiana, and A. Irman, "Evaluation of power plant reliability using index loss of load in the Suralaya power plant," *IOP conference series*, vol. 909, pp. 012070–012070, Dec. 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/909/1/012070>.
- [9] R. A. Putra and I. T. Yuniahastuti, "Perhitungan Keandalan Pembangkit Loss of Load Probability (LOLP) untuk N unit Pembangkit," *Jurnal ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, vol. 1, no. 2, pp. 13-19, 2021.
- [10] R. A. Putra, I. T. Yuniahastuti, R. D. Laksono, "Skenario Perbaikan Nilai Keandalan Loss of Load Probability pada PLTH Pantai Baru

- Pandansimo,” *Jurnal ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, vol. 2, no. 1, pp. 16-22, 2021
- [11] Y. I. Kurniawan and P. Anindya Apriliyanti, “Loss of Load Probability (LOLP) Index untuk Menganalisis Keandalan Pembangkit Listrik (Studi Kasus PT Indonesia Power UBP Suralaya),” *Ums.ac.id*, 2015, doi: <https://doi.org/978.602.361.002.0>.
- [12] R. F. S. Budi, M. D. Birmano, and I. Bastori, “Pemodelan Perhitungan Indeks Lost of Load Probability untuk N Unit Pembangkit pada Sistem Kelistrikan Opsi Nuklir,” *Jurnal pengembangan energi nuklir*, Apr. 2018, doi: <https://doi.org/10.17146/jpen.2017.19.2.4035>.
- [13] E. Erhaneli, “Analisa Keandalan SUTT 150 kV Berdasarkan Indeks Keandalan Sistem Transmisi Pada PT. PLN (Persero) Tragi Payakumbuh,” *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 8, no. 1, pp. 13–19, Jan. 2019, doi: <https://doi.org/10.21063/jte.2019.3133803>.
- [14] Prasetyo, Gunawan Eko, S. Sulasno, and S. Handoko, “Studi Tentang Indeks Keandalan Pembangkit Tenaga Listrik Wilayah Jawa Tengah Dan Daerah Istimewa Yogyakarta - Diponegoro University Institutional Repository (UNDIP-IR),” *Undip.ac.id*, Jan. 2011, doi: <http://eprints.undip.ac.id/25480/1/ML2F002580.pdf>.