

# Skenario Perbaikan Keandalan Pembangkit dengan Peramalan Beban Pada PLTU Anggrek Gorontalo

Irna Tri Yuniastuti<sup>1\*</sup>, Yudha Adi Kusuma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas PGRI Madiun  
Jl. AURI No 11-14, Kota Madiun, Jawa Timur 63117

## Abstrak

Listrik merupakan kebutuhan primer pada saat ini, tak terkecuali di luar pulau Jawa. Pertumbuhan penggunaan konsumsi listrik secara nasional meningkat sehingga diperlukan analisa keandalan suatu pembangkit untuk menjaga kualitas dan harga listrik pada tingkat yang dapat diterima. Salah satu perhitungan keandalan listrik adalah *Loss of Load Probability* (LOLP). Dimana perhitungan keandalan pada pembangkit PLTU Anggrek 2x25 MW Gorontalo didapatkan nilai LOLP sebesar nilai 37,84 hari/ tahun. Nilai ini masih diatas nilai keandalan standar PLN, hal ini disebabkan pada unit 2 terjadi PO (*Planned Outage*) dan MO (*Maintenance Outage*) pada bulan Juni-Juli 2021 yaitu berupa *first year inspection* pada bulan Juli. Nilai FOR (*Force Outage Rate*) dihitung berdasarkan data gangguan dari pembangkit di tahun 2021, sehingga dilakukan skenario dengan logika *fuzzy* untuk perbaikan keandalan pada pembangkit. Penelitian ini bertujuan melakukan peramalan beban jangka menengah dengan logika *fuzzy* menggunakan data beban dan memasukkan faktor-faktor yang mempengaruhi beban listrik. Hasil Penelitian menunjukkan dari skenario 1 didapatkan nilai keandalan 36,86 hari per tahun dan skenario 2 didapatkan 16,16 hari per tahun, skenario 3 dengan nilai 1,54 hari per tahun.

**Kata kunci:** LOLP; *Planned outage*; *Maintenance*; *Force outage rate*

## Abstract

*Electricity is a primary need at this time, including outside Java. Growth in the use of national electricity consumption is increasing. It is necessary to analyze the reliability of a generator to maintain the quality and price of electricity at an acceptable level. One of the calculations of electrical reliability is LOLP. Where the calculation of the reliability of the Gorontalo 2x25 MW Anggrek PLTU generator obtained an LOLP value of 37.84 days/year. This value is still above the PLN standard reliability value, this is because in unit 2 there was a PO (Planned Outage) and MO (Maintenance Outage) in June-July 2021, namely in the form of a first year inspection in July. The FOR (Force Outage Rate) value is calculated based on disturbance data from the power plant in 2021. So a scenario is carried out to improve the reliability of the power plant. From scenario 1 the reliability value was 36.86, and scenario 2 obtained 16.16 days per year, scenario 3 with a value of 1.54 days per year.*

**Keywords:** LOLP ; *Planned outage*; *Maintenance* ; *Force outage rate*

\*Corresponding author

Alamat email: [irnatri@unipma.ac.id](mailto:irnatri@unipma.ac.id)

<https://doi.org/10.35261/gijtsi.v4i02.8658>

Diterima 04 Juni 2023; Disetujui 12 Agustus 2023; Terbit online 30 November 2023

## Pendahuluan

Listrik merupakan kebutuhan primer pada saat ini, tak terkecuali di luar pulau Jawa. Pertumbuhan penggunaan konsumsi listrik secara nasional meningkat. Hal ini terbukti dari rasio elektrifikasi pada tiap tahunnya mengalami peningkatan. Hal ini berlaku pula di luar pulau Jawa, khususnya di Gorontalo. Berdasarkan data Kementerian PPN/Bappenas pada tahun 2020, rasio elektrifikasi di Gorontalo mencapai hampir mencapai 99,9% sedangkan desa yang sudah teraliri listrik di Gorontalo mencapai 100 %.

PLTU Anggrek berada di Kecamatan Anggrek, Kabupaten Gorontalo utara, Provinsi Gorontalo. PLTU Anggrek atau yang disebut PLTU Gorontalo tergolong pembangkit baru karena baru beroperasi pada tahun 2019 meskipun mulai dibangun sejak 2007. Pembangkit dengan bahan bakar batubara dan *woodchip* lamtoro mempunyai 2 pembangkit dengan kapasitas masing-masing 25 MW. PLN berinovasi dengan melakukan *co-firing* di PLTU Gorontalo dengan mensubstitusi batubara sebesar 5% serta memanfaatkan bahan bakar biomassa berupa kayu lamtoro yang didapatkan dari hutan energi di sekitar proyek. Selain PLTU Anggrek, di Gorontalo juga sedang mengembangkan beberapa pembangkit antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sumalata, serta Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) Mongango dan Taluda.

Dalam melakukan evaluasi keandalan, diperlukan representasi beban di masa yang akan datang dengan menggunakan data beban puncak harian di tahun sebelumnya [1]. Data beban harian pada bulan sebelumnya digunakan untuk meramalkan beban di bulan selanjutnya. Peramalan beban ini digunakan untuk membuat skenario pengoperasian unit yang *ON* atau unit yang *OFF* dikenal dengan istilah *unit commitment*. *Unit commitment* adalah penjadwalan kapan pembangkit *on* dan *off* untuk memenuhi kebutuhan beban [2]. Beban puncak harian ini diurutkan berdasarkan nilai tertinggi sampai terendah selama 1 tahun untuk mendapatkan LDC (*Load Duration Curve*) atau kurva lama beban. Beberapa penelitian sebelumnya [3] [4] [5] menjelaskan beberapa metode yang digunakan.

Berdasarkan [6] sistem keandalan pembangkit adalah kemampuan sistem untuk menyalurkan listrik ke semua titik penggunaannya dalam standar dan jumlah yang sesuai yang dibutuhkan, perhitungan nilai keandalan pembangkit pada PT Pupuk Sriwidjaja yang dilakukan dengan *Mic Excell* dan *Matlab* didapatkan hasil yang valid dengan nilai deviasi kurang dari 1%. Penelitian sebelumnya [7] skenario peningkatan keandalan pembangkit di wilayah Bali didapatkan nilai sebesar 6,184 hari/tahun kemudian dilakukan perbaikan dengan penambahan 1 pembangkit sebesar 380 MW sehingga nilai keandalan pembangkit menjadi lebih baik yaitu menjadi 1,78 hari/tahun. Perbaikan keandalan pembangkit [8] di PLTH Pantai Baru Pandansimo didapatkan nilai sebesar 51,3627 hari/tahun, kemudian dilakukan skenario 1 dan 2 untuk perbaikan keandalan. Dengan menggunakan skenario 1 didapatkan nilai LOLP sebesar 9,6908 hari/tahun dan pada skenario 2 didapatkan nilai LOLP sebesar 6,8186 hari/tahun. Sehingga didapatkan dengan menerapkan skenario 1 dan 2 nilai keandalan sistem sudah lebih baik daripada sebelumnya tetapi belum memenuhi standart PLN. [9] keandalan sistem selain dilihat dari jumlah kegagalan di sisi pembangkit, dihitung pula keandalan dari sisi distribusi. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini dilakukan beberapa skenario untuk perbaikan keandalan pada PLTU Anggrek di Gorontalo.

## Metode Penelitian

Keandalan (*Reability*) adalah kemampuan sistem tenaga untuk memberikan layanan kepada konsumen dengan tetap menjaga kualitas dan harga listrik pada tingkat yang dapat diterima [10]. Ada empat faktor yang berhubungan dengan keandalan, yaitu probabilitas, bekerja sesuai dengan fungsinya, periode waktu, dan kondisi operasi. Pada penelitian ini, perhitungan keandalan yang dihitung adalah nilai LOLP. Probabilitas kehilangan beban atau *Loss of Load Probability* (LOLP) adalah hasil perkalian kemungkinan terjadinya beban dan waktu terjadinya kehilangan beban dinyatakan dalam hari per tahun [11]. Semakin besar nilai LOLP maka dikatakan suatu sistem semakin tidak handal, begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai LOLP maka sistem dinyatakan handal. Standar keandalan yang telah ditetapkan oleh PT PLN pada RUPTL PLN 2015-2024 adalah 1 hari/tahun untuk di Pulau Jawa [12]. Oleh sebab itu dilakukan beberapa cara untuk memperkecil nilai LOLP. Rumus keandalan LOLP dinyatakan dengan rumus pada Persamaan (1).

$$LOLP = P \times t \quad (1)$$

Keterangan:

$P$  = probabilitas kumulatif kombinasi

$t$  = durasi kehilangan beban

LOLP memberikan probabilitas kapasitas pembangkit yang tersedia untuk memenuhi beban puncak harian. Ketidakhandalan suatu sistem dapat diketahui jika sistem tidak mampu mensuplai beban puncak. Hilangnya beban terjadi jika permintaan sistem melampaui kapasitas yang tersedia [13]. Penelitian ini melanjutkan penelitian sebelumnya tentang perhitungan keandalan beban di pembangkit Gorontalo, pada penelitian sekarang dilakukan beberapa skenario perbaikan keandalan beban. Data beban yang digunakan pada penelitian ini adalah data beban pada pembangkit PLTU Anggrek 2x25 MW Gorontalo. Beban harian yang dihitung menggunakan teknik peramalan beban dengan menggunakan algoritma logika *fuzzy* Mamdani. Aturan dari logika *fuzzy* yang telah dibuat akan dibandingkan dengan nilai aktual. Rumusan untuk menghitung *error* [14] ditunjukkan oleh persamaan (2).

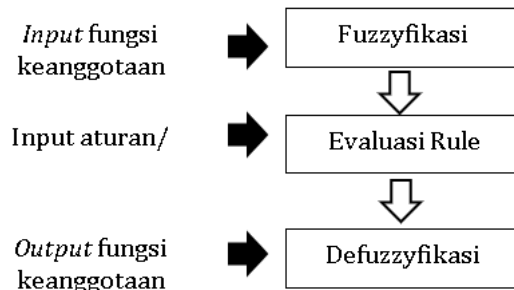
$$\% \text{ error} = \frac{|\text{actual} - \text{forecast}|}{\text{actual}} \times 100 \% \quad (2)$$

*Fuzzy* biasa digunakan dalam pemecahan masalah yang menjelaskan sistem bukan melalui angka-angka, melainkan secara linguistik atau variabel yang mengandung ketidakpastian. Nilai-nilai yang bersifat tidak pasti ini berdasarkan penalaran yang mengkombinasikan variabel numerik, variabel linguistik dan aturan-aturan. Salah satu penerapan *fuzzy* adalah dalam peramalan beban listrik. Peramalan beban listrik adalah suatu ilmu untuk memperkirakan beban listrik di masa mendatang berdasarkan beban yang sudah ada sebelumnya. Berdasarkan jangka waktunya, peramalan beban dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang.

Penelitian ini bertujuan melakukan peramalan beban jangka menengah dengan logika *fuzzy* menggunakan data beban dan memasukkan faktor-faktor yang mempengaruhi beban listrik seperti suhu sebagai masukkannya. Alat bantu yang digunakan untuk melakukan peramalan yaitu *toolbox* logika *fuzzy* yang terdapat pada Matlab. Data yang digunakan untuk peramalan yaitu data beban harian subsistem Gorontalo.

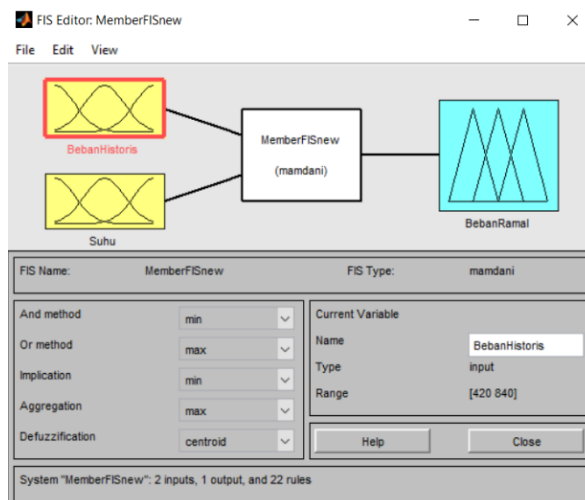
Beberapa keuntungan menggunakan logika *fuzzy* antara lain, konsep matematis yang mendasari penalaran sederhana sehingga mudah dimengerti, memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat, mudah untuk digabungkan dengan teknik-teknik kendali konvensional, mampu memodelkan suatu sistem secara akurat, pengenalan pola-pola secara mudah dan simpel.

Pada penelitian ini proses pemodelan peramalan beban menggunakan sistem *fuzzy* menggunakan *Fuzzy Logic Toolbox* dengan menggunakan bantuan *software Matlab*. Dengan menggunakan *toolbox*, dibangun sebuah *Fuzzy Inference System* (FIS). Pada *Matlab* terdapat 2 tipe FIS, yaitu FIS tipe Mamdani dan FIS tipe Sugeno. Pada penelitian ini yang digunakan adalah FIS tipe Mamdani. FIS yang dirancang menggunakan 2 variabel *input* yaitu jumlah pelanggan listrik serta suhu dan 1 variabel *output* yaitu beban ramal. Proses Logika *Fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan FIS editor beban historis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Proses logika *fuzzy*

Variabel *input* dan *output* diperlukan untuk membuat aturan/ rule pada *Toolbox fuzzy*. Aturan tersebut ditunjukkan pada Tabel 1. Fungsi keanggotaan variabel *input* jumlah pelanggan listrik terdiri dari 7 fungsi anggota berupa *Minimum* (Min), *Very Small* (VS), *Small* (S), *Medium* (M), *Big* (B), *Very Big* (VB), *Maximum* (Max) diberikan notasi A1, A2, A3, A4, A5, A6 dan A7. Sedangkan variabel *input* suhu terdiri dari 3 anggota berupa rendah, rata-rata dan tinggi diberikan notasi (B1, B2, B3) yang berbentuk segitiga. Variabel *output* beban ramal mempunyai fungsi keanggotaan sama dengan variabel *input* jumlah pelanggan listrik yang diberi notasi (C1, C2, C3, C4, C5, C6 dan C7) berbentuk trapesium seperti yang ditunjukkan dengan Tabel 1.



Gambar 2. FIS editor beban historis

**Tabel 1.** Variabel *input* dan *output*

Fungsi	Nama variabel	Himpunan <i>fuzzy</i>	Domain	
<i>Input</i>	Jumlah pelanggan listrik	A1	133011 - 133511	
		A2	133512 - 134023	
		A3	134025 - 134553	
		A4	135067 - 135789	
		A5	135801 - 135921	
		A6	135512 - 135911	
		A7	135967 - 136401	
<i>Output</i>	Suhu	B1	22 – 25	
		B2	26 – 29	
		B3	30 – 33	
		Daya listrik ramal	C1	880 – 929
			C2	830 – 979
			C3	980 – 1029
			C4	1030 – 1079
			C5	1080 – 1129
			C6	1130 – 1179
			C7	1180 - 1230

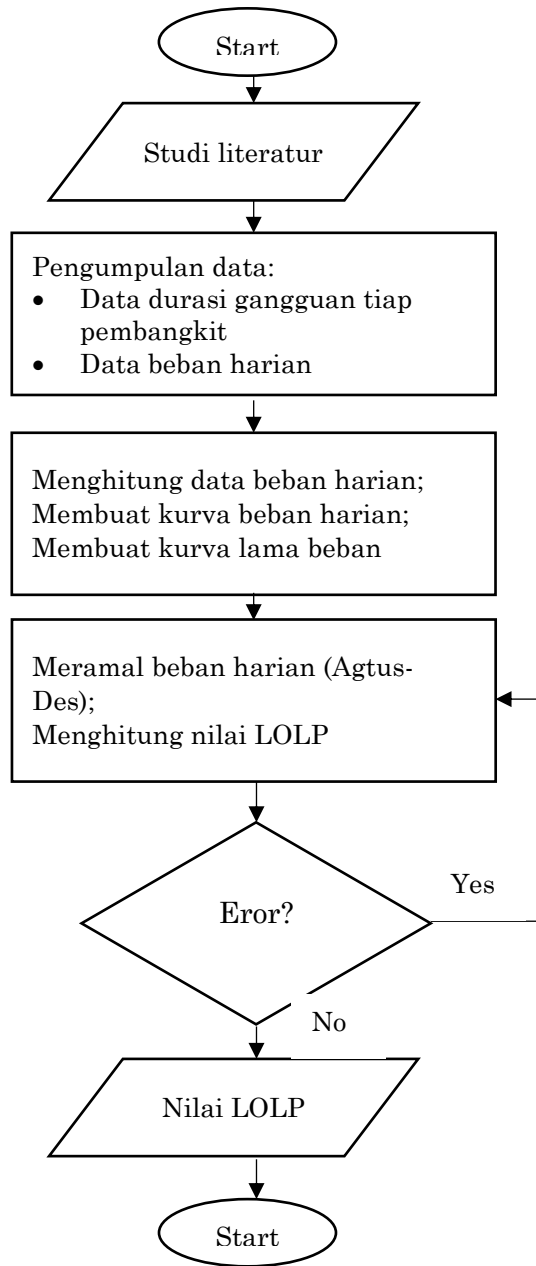
Data jumlah pelanggan listrik PT PLN (Persero) diperoleh dari situs Badan Pusat Statistik (BPS) kota Gorontalo [15]. Dari data tersebut terlihat setiap bulan jumlah pelanggan listrik PLN (Persero) mengalami kenaikan. *Flowchart* penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 3. Setiap pembangkit memiliki nilai FOR, yang menunjukkan ketidaktersediaannya unit pembangkit yaitu dengan mengambil data lama gangguan di setiap unit pembangkit [16]. Berdasarkan data gangguan pada pembangkit PLTU Anggrek [17] didapatkan nilai Force outage Rate (FOR) seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai FOR pembangkit

Unit	FOR
Unit #1	0,05
Unit #2	0,08

## Hasil dan Pembahasan

Data beban pembangkit diambil dari data beban harian PT PJB UBJOM PLTU Anggrek 2x 25 MW tahun 2021 Gorontalo. Data yang diperoleh mulai Januari 2021 hingga Juli 2021. Logika *fuzzy* disusun untuk menentukan aturan peramalan beban, kemudian kinerja dari *fuzzy* yang diusulkan dibandingkan dengan data aktual untuk melihat presentase *error* dari rules yang disusun. Hasil Perbandingan data aktual dengan data ramal dengan logika *fuzzy* dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai *error* terbesar pada Bulan Mei yaitu 14%, tetapi peramalan logika *fuzzy* mampu mengikuti pola naik dari beban bulan sebelumnya. Pada bulan Juni dan Juli nilai nilai beban ramal lebih tinggi daripada beban aktual hal ini dikarenakan beban aktual mengalami penurunan yang disebabkan karena beberapa hal antara lain sedang dilakukan PO dan MO pada salah satu unit pembangkit. Rata-rata nilai eror dengan *fuzzy* yang dirancang didapatkan nilai sebesar 8 %.



**Gambar 3.** Flowchart penelitian

**Tabel 3.** Nilai FOR Pembangkit

Bulan	Data aktual (MW)	Data ramal (MW)	Error (%)
Januari '21	937,88	905	4%
Februari '21	953,87	955	0%
Maret '21	1245,8	1220	2%
April '21	1207,4	1060	12%
Mei '21	1291,4	1080	14%
Juni '21	869,12	968	11%
Juli '21	885,5	1020	13%
	Rata-rata		8%

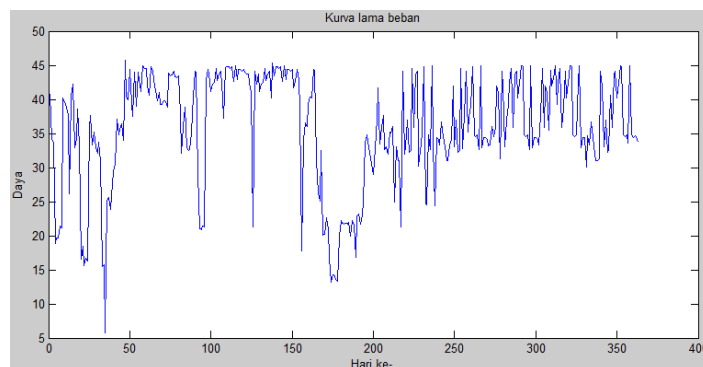
Pada bulan Juni dan Juli 2021 data beban mengalami penurunan yang disebabkan oleh salah satu pembangkit mengalami *outage* antara lain, Unit #2 pada 18-30 Juni 2021 mengalami *Planned Outage* (PO) yaitu keluarnya tegangan akibat adanya pekerjaan pemeliharaan periodik pembangkit seperti inspeksi, *overhaul* atau pekerjaan lainnya yang sudah dijadwalkan sebelumnya dalam rencana tahunan pemeliharaan pembangkit. Di bulan Juli unit #2 juga mengalami PO disebabkan oleh *first years inspection*. Unit #1 pada 5-7 Juni 2021 mengalami *Maintance Outage* (MO) disebabkan pengujian *stability* pada CT Neutral GT unit 1.

Perhitungan keandalan pembangkit dibutuhkan data beban harian mulai Januari – Desember 2021. Oleh karena itu, dilakukan peramalan beban mulai bulan Agustus – Desember 2021 dengan menggunakan logika *Fuzzy Mamdani* dengan bantuan software *Matlab* 2014. Data peramalan beban ditunjukkan pada Tabel 4. Nilai beban ini berupa beban ramal, belum pasti sesuai dengan keadaan aktual nantinya. Untuk mendapatkan nilai aktual diperlukan pengambilan data lagi pada akhir tahun 2021. Kurva beban harian selama 1 tahun ditunjukkan pada Gambar 4, serta kurva lama beban ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan data beban harian tahun 2021, dilakukan perhitungan keandalan pembangkit PLTU Anggrek serta diperoleh nilai keandalan LOLP 61,5 hari per tahun. Nilai ini masih diatas dari standar PLN yaitu 5 hari/ tahun untuk luar Jawa. Hal ini disebabkan karena dilakukan *Planned Outage* (PO) pembangkit unit 2 pada bulan Juni dan Juli. Serta terdapat *Maintance Outage* (MO) pembangkit 1 pada bulan Juni.

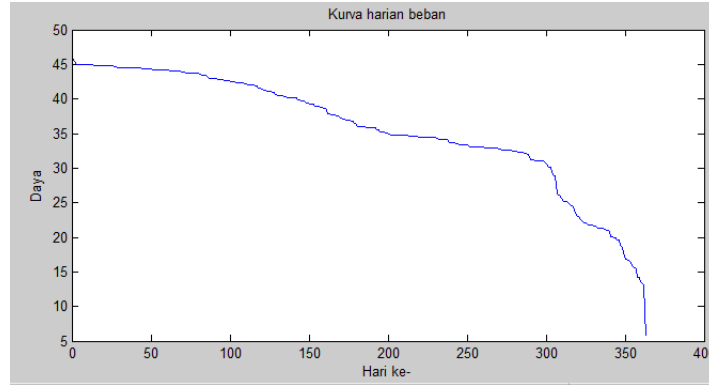
**Tabel 4.** Nilai eror beban aktual dan beban ramal

Bulan	Data Ramal (MW)	Bulan	Data Ramal (MW)
Agustus '21	1020	November '21	1210
September '21	1110	Desember '21	1110
Oktober '21	1150		

Tabel 4 menunjukkan data beban ramal yang dihasilkan oleh *fuzzy*. Data itu didapatkan dari data beban ramal di bulan sebelumnya yaitu data beban bulan Januari-Juli 2021. Toolbox input yang digunakan yaitu jumlah pelanggan dan suhu.



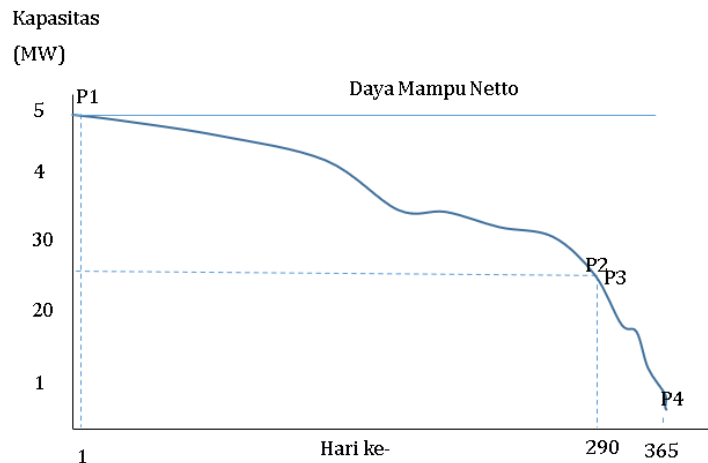
**Gambar 4.** Kurva beban harian



**Gambar 5.** Kurva lama beban

Durasi kehilangan beban diperoleh dengan menggabungkan antara kapasitas pembangkit, probabilitas kumulatif dan *Load Duration Curve* (LDC) [18]. Gambar 6 menunjukkan penggabungan kapasitas pembangkit dan LDC. Pada saat kapasitas pembangkit 50 MW, kurva LDC terpotong di hari ke-1 dan probabilitas kumulatif 1. Pada saat kapasitas 25 MW, kurva LDC terpotong di hari ke-290 dengan probabilitas kumulatif P2. Pada pembangkit PLTU Anggrek mempunyai 2 unit pembangkit, maka jumlah kombinasi probabilitas ditentukan dengan rumus pada Persamaan (2), dan tersaji pada Tabel 5.

$$\text{Kombinasi} = 2^n = 2^2 = 4 \text{ kombinasi} \tag{2}$$



**Gambar 6.** Penggabungan LDC dengan probabilitas

**Tabel 5.** Perhitungan probabilitas individu

Kombinasi Pembangkit	Daya	Daya	
	<i>Outage</i>	<i>Operasi</i>	$P_{ind}$
1	1	50	0,874
0	1	25	0,046
1	0	25	0,076
0	0	50	0,004

Berdasarkan Tabel 6, nilai keandalan kehilangan beban LOLP sebesar 37,84 hari per tahun. Nilai tersebut belum memenuhi standar indeks keandalan LOLP di luar pulau Jawa, sehingga dilakukanlah perhitungan indeks keandalan dengan skenario penambahan unit pembangkit. Beberapa skenario yang terbentuk, antara lain :



- 1) Skenario 1 penambahan unit 1x25 MW  
Penambahan unit pembangkit yang dilakukan dengan kapasitas 25 MW dengan nilai FOR sebesar 0,05. Setelah perhitungan maka didapatkan hasil LOLP sebesar 36,86 hari per tahun. Dari hasil tersebut nilai keandalan masih belum sesuai dengan yang diinginkan.
- 2) Skenario 2 penambahan unit 2x25 MW  
Penambahan unit pembangkit yang dilakukan dengan kapasitas 2x25 MW dengan nilai FOR sebesar 0,05. Setelah perhitungan maka didapatkan hasil LOLP sebesar 16,16 hari per tahun. Dari hasil tersebut nilai keandalan masih belum sesuai dengan yang diinginkan, sehingga dilakukan skenario ketiga.
- 3) Skenario 3 penambahan unit 1x50 MW  
Penambahan unit pembangkit yang dilakukan dengan kapasitas 1x50 MW dengan nilai FOR sebesar 0,03. Setelah perhitungan maka didapatkan hasil LOLP sebesar 1,54 hari per tahun. Dari hasil tersebut nilai keandalan sudah lebih baik daripada nilai sebelumnya. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 7.

**Tabel 6.** Perhitungan nilai LOLP

Daya (MW)	$P_{Kum}$	$t$ (hari)	LOLP
50	1	1	1
25	0,122	290	35,38
0	0,118	365	1,46
Jumlah			37,84

**Tabel 7.** Skenario perbaikan

Skenario	Penambahan daya (MW)	LOLP
1	1 x25 MW	36,86
2	2X25 MW	16,16
3	1x50 MW	1,54

## Kesimpulan

Peramalan beban pada bulan Agustus-Desember menggunakan logika *fuzzy* masih terdapat *error* yang besar dengan nilai rata-rata 8%, *error* terbesar terdapat dibulan Mei yaitu 14%. Sehingga perlu menambah *input* dan *rule* dari *Fuzzy* agar peramalan yang dilakukan semakin akurat. Fungsi *input* ada dua yaitu jumlah pelanggan listrik dan suhu, sedangkan fungsi *output* berupa daya listrik (ramal). Setelah dihitung nilai beban harian di tahun 2021, maka perhitungan analisis keandalan pada unit pembangkit PLTU Anggrek berdasarkan LOLP didapatkan hasil 37,84 hari per tahun, nilai ini tergolong besar berdasarkan nilai standar PLN yaitu 1 hari/tahun, dan dikatakan sistem kurang handal dan nilai ini masih berada diatas standart PLN hal ini disebabkan salah satu pembangkit sedang dilakukan perawatan di bulan Juni dan Juli. Nilai FOR yang digunakan adalah 0,05 (Unit 1) dan 0,08 (Unit 2), lalu dilakukan perbaikan dengan menggunakan skenario 1, 2 dan 3. Skenario 1 yaitu menambah 1 buah pembangkit sebesar 25 MW. Skenario 2 menambah 2 buah pembangkit dengan daya masing-masing sebesar 25 MW sedangkan skenario 3 yaitu menambah sebuah pembangkit dengan daya 50 MW. Setelah dilakukan perbaikan skenario 3 nilai keandalan menjadi 1,54 hari/tahun. Hal ini sudah lebih baik daripada sebelumnya. Walaupun masih lebih tinggi daripada standar yang ditentukan oleh PLN.

## Daftar Pustaka

- [1] A. N. Widiastuti, Sarjiya, K. A. Pinandhito and E. T. Prastyo, "Evaluasi Keandalan Perencanaan Pembangkit Wilayah Jawa Bali dengan Mempertimbangkan Ketidakpastian Peramalan Beban," *JNTETI*, vol. VOL 6; No 2, pp. 230-234, Mei 2017.
- [2] A. J. Wood, B. F. Wollenberg and G. B. Sheblé, *Power Generation Operation and Control*, 3rd Edition, New Jersey: John Wiley and Sons, 2013.
- [3] I. T. Yuniahastuti, I. Sunaryantiningasih and B. Olanda, "Contactless Thermometer sebagai Upaya Siaga Covid-19 di Universitas PGRI Madiun," *Jurnal ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, pp. 28-34, 2020.
- [4] A. Setiawan, A. Zainal, S. Budi, and G. Iwa. "Electricity Tariff Simulation on The Largest Electric Power System in Indonesia Using The Time Of Use and Critical Peak Pricing Schemes Based on Revenue Neutrality." In *2021 IEEE 4th International Conference on Power and Energy Applications (ICPEA)*, pp. 93-98. IEEE, 2021.
- [5] I. A. I. R. Irna Tri Yuniahastuti, "Load frequency control (LFC) of micro-hydro power plant with Capacitive Energy Storage (CES) using Bat Algorithm (BA)," in *International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (ISemantic)*, pp. 147-151. Semarang, 2016.
- [6] 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, pp. 13-19, 2021.
- [7] R. D. Laksono, I. T. Yuniahastuti and A. P. P. Prakoso, "Skenario Peningkatan Keandalan Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Di Wilayah Bali Berdasarkan LOLP," *Jurnal ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, vol. 2, no. 1, pp. 39-45, 2021.
- [8] R. A. Putra, I. T. Yuniahastuti and 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.
- [9] A. Zaki, I. T. Yuniahastuti and I. Sunaryantiningasih, "Perhitungan Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Menggunakan Metode SAIDI Dan SAIFI Di PT. PLN (Persero) ULP Maospati," *Jurnal ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, vol. 2, no. 2, pp. 23-28, 2022.
- [10] K.R. Khan, A. A. Abou-Arkoub and M.J. Newtown. "Evaluation of Loss of Load Probability and Expected Energy Generation in Multi-Area Interconnected System with Wind Generating Units", New York: State University of New York, *IEEE International Conference on Smart Energy Grid Engineering (SEGE)*, pp. 1-8. IEEE, 2013.
- [11] D. Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [12] "Bidang Perencanaan Sistem, Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2015-2024," PT PLN Persero, 2017.
- [13] R. R. Dharmawan and U. T. Kartini, "Analisis Indeks Keandalan PLTGU Blok 1 PT PJB UP Gresik Menggunakan Perhitungan Teorema Bayes dan Decomposisi LU," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 09 Nomer 03, pp. 658-666, 2020.
- [14] H. D. Laksono, "Aplikasi Logika Fuzzy pada Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang di Provinsi Sumatera Barat sampai tahun 2018," *Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan*, vol. Vol 3; No 1, pp. 42-53, Maret 2011.

- [15] "Badan Pusat Statistik," [Online]. Available: <https://gorontalokota.bps.go.id/indicator/7/197/1/jumlah-pelanggan-listrik-pt-pln-persero-menurut-bulan-.html>. [Accessed Agustus 2021].
- [16] I. Qamber, "Loss of Load Probability Effect in Four Power Stations," in *International Conference on Fourth Industrial Revolution*, University of Bahrain, 2019.
- [17] A, " PT PJB Service Unit PLTU Anggrek," Gorontalo, 2021.
- [18] 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*, vol. Vol 19; No 2, pp. 61-68, 2018.