

ANALISIS INDEKS KEANDALAN PLTGU BLOK 1 PT. PJB UP GRESIK MENGUNAKAN PERHITUNGAN *TEOREMA BAYES* DAN *DECOMPOSISI LU*

Rizqi Rizal Dharmawan

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: rizqidharmawan16050874039@mhs.unesa.ac.id

Unit Three Kartini

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: unitthree@unesa.ac.id

Abstrak

Pembangkit energi listrik merupakan mesin yang membangkitkan energi listrik berskala besar. Oleh karena itu, pembangkit energi listrik perlu diperhatikan keandalan dalam memenuhi kebutuhan beban. Untuk memperhatikan keandalan pembangkit, maka dibutuhkan analisis yang mampu menghitung indeks keandalan pembangkit tersebut. *Loss of Load Probability* dan *Loss of Energy Expectation* merupakan salah satu indeks keandalan pembangkit dalam memenuhi permintaan kebutuhan konsumen. Permodelan matematis yang digunakan terdiri dari *Teorema Bayes* dan *Decomposisi LU*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui LOLP dan LOEE PLTGU Blok 1 PT. PJB UP Gresik pada tahun 2018. PLTGU Blok 1 PT. PJB UP Gresik memiliki 3 Unit pembangkit masing – masing kapasitas pembangkit memiliki daya sebesar 112 MW. Dalam selang waktu 1 tahun, tiap unit pembangkit tersebut mengalami berbagai macam gangguan, tiap unit pembangkit memiliki durasi gangguan yang berbeda. Durasi Gangguan tiap unit pembangkit akan mempengaruhi nilai *Force Outage Rated* dari masing-masing unit pembangkit, yang digunakan dalam mencari probabilitas dari tiap kombinasi unit pembangkit. Dari nilai probabilitas inilah diperoleh nilai LOLP dan LOEE. Hasil penelitian ini didapatkan Nilai LOLP sebesar 33,55 hari/tahun dan nilai LOEE sebesar 3758 MW dengan nilai error validasi sebesar 0,0004. Nilai LOLP dapat dibandingkan standart PLN yang berdasarkan Kepmen ESDM pada RUPTL PLN 2015-2024 yaitu sebesar 1 hari/tahun.

Kata Kunci: LOLP, LOEE, *Force Outage Rated*, Durasi Gangguan, Keandalan Sistem

Abstract

Power plants is a machine that generates large-scale electrical energy. Therefore, power plants need to be considered reliability in meeting load demand. To pay attention to the reliability of the load, we need an analysis that is able to calculate the power plant constraints. Loss of Load Probability and Loss of Energy Expectation are one of the reliability indexes of the generator in fullfilling the demand of consumers. The calculation methods that have been used are the Bayes Theorem and LU Decomposition. The aims of this study was to study LOLP and LOEE PLTGU Block 1 PT. PJB UP Gresik in 2018. PLTGU Block 1 PT. PJB UP Gresik has three generating units, each of which has a capacity of 112 MW. Within 1 year, each of the generating units has experienced a disturbance in which each generating unit has a different disturbance duration. The duration each of the generating units of the disturbance will affect the Force Outage Rated value of each generating unit, which is used in finding the probabilities of each combination of generating units. From this probability value obtained by LOLP and LOEE values. Obtained LOLP value of 33.55 days / year and LOEE of 3758 MW with a validation error of 0,0004. LOLP values can be compared based on PLN standards on Kepmen ESDM on the 2015-2024 PLN RUPTL that is equal to 1 day / year.

Keywords : LOLP, LOEE, *Force Outage Rated*, Duration of Disturbance, System Reliability

A. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan vital yang dari tahun ke tahun semakin meningkat. Hal ini sebanding dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan kegiatan penduduknya. Sebagai kebutuhan vital, penyediaan tenaga listrik yang dibutuhkan oleh konsumen perlu diperhatikan sehingga energi listrik dapat distribusikan harus andal, aman dan ramah serta sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan. Keandalan memproduksi energi listrik penting sesuai standar yang berlaku. Menurut Boroujeni, Keandalan sistem pembangkitan dibagi menjadi dua yakni ketersediaan dan keamanan. *Loss of Load Probability* adalah ukuran penting ketersediaan pada pembangkit (Lin, 2012).

Dalam mengevaluasi keandalan sistem tenaga, kegagalan komponen diasumsikan independen dan indeks keandalan dihitung menggunakan metode berdasarkan aturan perkalian probabilitas.

Loss of Load Probability dan *Loss of Energy Expectation* dapat menjadi tolak ukur dalam menghitung indeks keandalan beban suatu pembangkit listrik. Ketidakandalan pembangkit dipandang sebagai ketidakmampuan untuk memenuhi beban puncak (Vijayamohanan, P. N 2015).

Permintaan energi listrik dapat melebihi pasokan karena beberapa alasan utama. Salah satu alasannya adalah variasi permintaan yang berubah-ubah dari tingkat yang diharapkan, sehingga beban puncak yang sangat tinggi melebihi kapasitas yang tersedia dari sistem (Falahati, 2013).

Cara untuk mempertahankan tingkat keandalan sistem adalah dengan meningkatkan kemampuan pembangkit listrik untuk memungkinkan mereka memberi energi pada beban yang diperlukan (Mohagheghi, 2012).

Pada studi ini membahas tentang indeks keandalan PLTGU Blok 1 PT. PJB UP Gresik menggunakan perhitungan *Teorema Bayes* Dan *Decomposisi LU*. sebelumnya penelitian serupa sudah pernah dilakukan oleh Apriani (2015) yang membahas Perhitungan *Loss Of Load Probability* Sistem Tenaga Listrik di PT. Pupuk Sriwidjaja. Kebaruan dari penelitian ini yaitu perhitungan menggunakan *Teorema Bayes* dan *Decomposisi LU* dengan Variabel : Durasi gangguan tiap pembangkit (Jam), Jam Operasi (Jam), dan Beban harian tiap pembangkit (MW).

Perumusan masalah pada penelitian ini ialah bagaimana cara menghitung indeks keandalan PLTGU Blok1 yang menggunakan permodelan matematis *Teorema Bayes Decomposisi LU* di PT.PJB UP Gresik dalam selang waktu 1 tahun ?

Tujuan penelitian ini ialah untuk menghitung indeks keandalan PLTGU Blok 1 menggunakan permodelan matematis *Teorema Bayes Decomposisi LU* di PT.PJB UP Gresik dalam selang waktu 1 tahun

Penelitian ini penting untuk dilakukan karena untuk mengembangkan aplikasi ilmu dalam bidang indeks keandalan pembangkit yang dibutuhkan agar dapat mengetahui keandalan pembangkit sesuai standar permintaan beban.

B. KAJIAN TEORI

1. Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap

Pembangkit listrik yang menggabungkan dua siklus termodinamika dalam menghasilkan tenaga listrik adalah pembangkit listrik tenaga gas dan uap. Kombinasi ini menjadikannya sebagai sistem yang kompleks (Maharani, 2017).

Panas dari pembangkit listrik tenaga gas dikeluarkan untuk menghasilkan uap yang digunakan sebagai fluida kerja di pembangkit listrik tenaga uap. Bagian yang digunakan untuk menghasilkan uap tersebut adalah HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*).

2. Keandalan Sistem Pembangkit

Keandalan (*Reliability*) adalah kemampuan sistem tenaga untuk memberikan layanan kepada konsumen dengan tetap menjaga kualitas dan harga listrik pada tingkat yang dapat diterima (Khan K, 2013). Ada empat faktor yang berhubungan dengan keandalan, yaitu probabilitas, bekerja sesuai dengan fungsinya, periode waktu, dan kondisi operasi. Keandalan sistem pembangkitan dibagi menjadi dua yakni ketersediaan dan keamanan (Boroujeni, H. F 2012). Dalam evaluasi keandalan sistem pembangkit, kegagalan komponen diasumsikan independen dan indeks keandalan dihitung menggunakan metode berdasarkan aturan perkalian probabilitas.

3. *Loss of Load Probability*

Loss of Load Probability (LOLP) merupakan nilai yang diproyeksikan dari seberapa banyak waktu dalam jangka panjang. Kapasitas sumber daya pembangkit yang tersedia diharapkan lebih besar dari beban pada sistem tenaga listrik (Moharil, 2013). LOLP adalah besarnya nilai kemungkinan terjadinya

kehilangan beban karena kapasitas daya tersedia sama atau lebih kecil dari beban sistem, yang dinyatakan dalam hari per tahun (Marsudi, 1990). Adapun persamaan LOLP sebagai berikut.

$$LOLP = \sum_{t=1}^{t=365} P \times t \quad (1)$$

Keterangan :

P = Probabilitas Komulatif
t = Waktu

LOLP memberikan probabilitas kapasitas pembangkit yang tersedia untuk memenuhi beban puncak harian. Ketidakandalan suatu sistem dapat diketahui jika tidak memiliki kapasitas untuk mempertahankan beban maksimum harian. Hilangnya beban terjadi setiap kali permintaan sistem melampaui kapasitas yang tersedia saat ini.

4. Loss of Energy Expectation

Indeks *Loss of Energy Expectation* (LOEE) digunakan untuk mengukur ketersediaan sistem. LOEE menyatakan durasi waktu per tahun dimana permintaan beban tidak terpenuhi dalam jangka waktu pertahun (Moharil, 2013). LOEE merupakan energi yang diharapkan tidak dipasok oleh sistem pembangkit karena beban melebihi kapasitas pembangkit yang tersedia (Billiton, 1984). Indeks LOEE ditentukan dengan menggunakan kurva variasi beban puncak harian, perkalian antara kapasitas outage dengan waktu (Billiton, 1984). Energi sistem yang tidak terlayani pada setiap kapasitas pembangkit yang keluar dari sistem pembangkit merupakan pengurangan antara kapasitas terpasang sistem dengan kapasitas Output pembangkit dikali dengan lamanya waktu.

$$LOEE = \sum_{n=1}^k Ek \times Pk \quad (2)$$

Keterangan :

Ek = Energi yang tidak terlayani
Pk = Probabilitas Komulatif

5. Teorema Bayes

Teorema Bayes adalah rumus matematika sederhana yang digunakan untuk menghitung probabilitas. Teorema ini didasarkan pada prinsip bahwa tambahan informasi dapat memperbaiki probabilitas (Berrar, Daniel, 2018). Teorema Bayes digunakan untuk menghitung probabilitas terjadinya suatu peristiwa berdasarkan pengaruh yang didapat dari hasil observasi (Sudaryono, 2012).

Misalkan $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ suatu himpunan kejadian yang merupakan suatu sekatan runag sampel S dengan $P(B_i) \neq 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, n$.

$$P(B_i|A) = \frac{P(B_i \cap A)}{P(A)} \quad (3)$$

Keterangan :

P(B) = Probabilitas B
P(A) = Probabilitas A

6. Decomposisi Lower Up

Decomposisi Lower UP (LU) merupakan perhitungan yang didasarkan pada pengamatan sistem persamaan linier yang melibatkan matriks koefisien segitiga. Seluruh titik Eliminasi Gaussian adalah untuk mengganti matriks koefisien dengan yang segitiga. Dekomposisi LU adalah pendekatan lain yang dirancang untuk mengeksploitasi sistem segitiga (Zabadi, 2017). Ilustrasi metode dekomposisi LU sebagai berikut.

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Gambar 1 Ilustrasi Metode Dekomposisi LU

Ilustrasi metode dekomposisi LU sebagai berikut.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ l_{21} & 1 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{n1} & \dots & l_{nn} & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & a_{1n} \\ 0 & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Dengan mengasumsikan $Ux = z$, $Lz = b$ dapat diselesaikan dengan teknik penyulihan maju. Setelah z didapat maka $Ux = z$ dapat diselesaikan dengan Teknik penyulihan mundur.

C. METODE

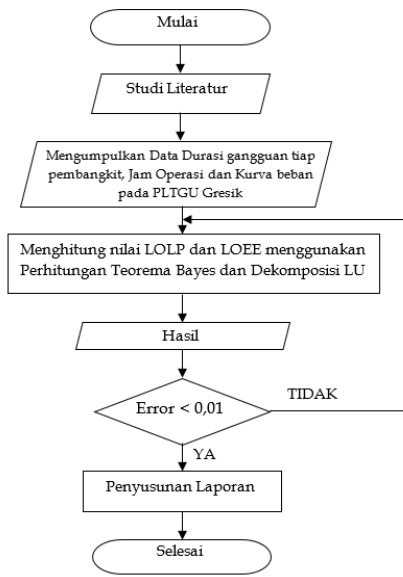
Pada penelitian ini, jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Menurut Suryana (2010) dalam bukunya metode penelitian, mendefinisikan metode kuantitatif merupakan suatu metode ilmiah dikarenakan telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yaitu objektif, terukur, rasional dan sistematis yang data-datanya berupa angka dan menggunakan statistik.

Pada penelitian ini menggunakan aplikasi Matlab R2015b untuk menghitung nilai LOLP

menggunakan permodelan matematis Teorema Bayes dan Dekomposisi LU hasil outputnya berupa jumlah total nilai LOLP dan LOEE.

1. Rancangan Penelitian

Flowchart rancangan penelitian ini secara garis besar dapat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Rancangan Penelitian

Penjelasan alur *flowchart* rancangan penelitian sebagai berikut:

- Studi literatur dilakukan dengan mempelajari beberapa sumber referensi dari jurnal dan buku terkait dengan Indeks keandalan, Teorema Bayes dan Dekomposisi LU.
- Mengumpulkan data durasi gangguan tiap pembangkit, jam operasi dan kurva beban harian PLTGU Blok 1 PT. PJB UP Gresik.
- Melakukan analisis dan permodelan matematis (Teorema Bayes dan Dekomposisi LU) dengan data yang sudah didapat dari lapangan.
- Hasil dari permodelan (Teorema Bayes dan Dekomposisi LU) berupa hasil Jumlah LOLP dan LOEE dalam satu tahun
- Penyusunan laporan, pada tahap ini bertujuan untuk menuliskan hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

2. Subjek dan Konstrain Penelitian

Subjek adalah PLTGU Blok 1 PT. PJB UP Gresik, sedangkan variabel pada penelitian ini adalah diantaranya Data Durasi Gangguan tiap pembangkit,

Jam operasi pembangkit dan Kurva beban Tahun 2018 PLTGU Blok 1.

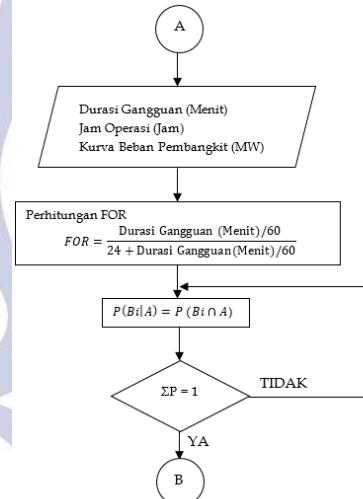
3. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini penulis melakukan teknik pengumpulan data dengan cara mengambil data primer dari PT. PJB UP Gresik berupa data durasi gangguan, kurva beban harian selama 1 tahun PLTGU Blok 1 UP Gresik.

4. Teknik Analisis Data

Pada tahap analisis data, penulis melakukan pengolahan data yang sudah dikumpulkan menggunakan dua metode perhitungan yakni *Teorema Bayes* dan *Dekomposisi LU* yang dapat dijelaskan sebagai berikut.

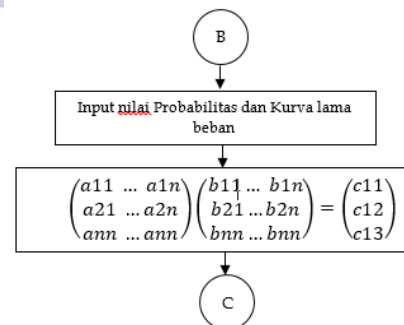
- Perhitungan *Teorema Bayes* dapat ditunjukkan pada gambar 2



Gambar 2 Flowchart Teorema Bayes

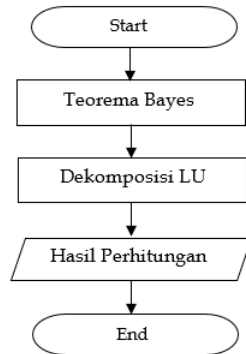
- Rancangan Flowchart *Dekomposisi LU*

Perhitungan *Dekomposisi LU* dapat ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Flowchart Dekomposisi LU

- c. Rancangan Flowchart perhitungan Teorema bayes dan dekomposisi LU
Perhitungan *Teorema Bayes Decomposisi LU* dapat ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 *Flowchart* Perhitungan Teorema Bayes dan Dekomposisi LU

Adapun Penjelasan Teorema Bayes dan Dekomposisi LU sebagai berikut :

- 1) Perhitungan teorema bayes dilakukan untuk mencari kombinasi dan probabilitas dari tiap pembangkit.
- 2) Perhitungan Dekomposisi LU untuk menghitung Nilai LOLP dan LOEE yang inputnya dari hasil Teorema Bayes.
- 3) Hasil Perhitungan berupa nilai LOLP dan LOEE dalam selang waktu 1 tahun.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Daya terpasang pada PLTGU Blok 1

Total kapasitas daya terpasang pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap Blok 1 PT. PJB Unit Pembangkit sebesar 336 Mega Watt Yang meliputi Unit GT 1.1 ; Unit GT 1.2 dan Unit GT 1.3 masing-masing memiliki kapasitas daya sebesar 112 MW.

Berdasarkan jumlah Unit Pembangkit yang beroperasi sebanyak 3 Unit Pembangkit, maka dapat dilakukan perhitungan untuk memperoleh kombinasi probabilitas sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kombinasi} &= 2^n \\
 &= 2^3 \\
 &= 8 \text{ Kombinasi}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

2. Perhitungan FOR (*Forced Outage Rate*)

Setiap pembangkit listrik memiliki FOR, yang mana menunjukkan ketidaktersedianya unit pembangkit yaitu dengan mengambil data lama gangguan disetiap Unit Pembangkit (Qamber, 2019).

Berikut Tabel Data Durasi Gangguan pada PLTGU Blok 1 PT. PJB UP Gresik ditunjukkan pada tabel 1 sebagai berikut

Tabel 1 Durasi Gangguan

Unit	Tanggal	Waktu		Durasi (Menit)
		Jam Awal	Jam Akhir	
GT 1.1	23 Januari 2018	22.15	1.30	195
	1 Juli 2018	08.16	09.37	81
GT 1.2	27 Juni 2018	13.50	15.21	91.2
	29 Juni 2018	06.00	11.12	312
	1 Juli 2018	08.16	09.37	81
	4 Oktober 2018	12.03	15.00	177
GT 1.3	12 April 2018	05.40	06.36	55.2
	16 April 2018	08.10	10.17	127.2

Dengan menggunakan Durasi Gangguan tiap Unit pembangkit, maka untuk mencari nilai FOR tiap pembangkit digunakan persamaan.

$$\text{FOR} = \frac{\text{DG}}{\text{JO} + \text{DG}} \tag{5}$$

Keterangan : DG = Durasi Gangguan (Menit/60)
JO = Jam Operasi (Jam)

Adapun contoh perhitungan nilai FOR tiap pembangkit sebagai berikut.

$$\text{FOR GT 1.1} = \frac{\frac{276}{60}}{24 + \frac{276}{60}} = 0,16084 \tag{6}$$

Dari persamaan dan Contoh perhitungan tersebut, didapat nilai FOR masing-masing Unit yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 FOR tiap pembangkit

No	Unit	FOR
1	GT 1.1	0,16084
2	GT 1.2	0,31468
3	GT 1.3	0,11243

3. Perhitungan Probabilitas Menggunakan Teorema Bayes

Dalam perhitungan probabilitas menggunakan Teorema bayes, pertama adalah menentukan probabilitas kapasitas daya pembangkit yang beroperasi dan yang mengalami *Forced Outage* sesuai hasil kombinasi yang didapat dengan memanfaatkan nilai FOR setiap unit. Tabel Probabilitas ditunjukkan pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3 Probabilitas tiap kombinasi

Unit			Kapasitas dalam perbaikan	Kapasitas diluar perbaikan	Probabilitas
GT 1.1	GT 1.2	GT 1.3			
1	1	1	0	336	0,51044
1	0	1	112	224	0,234377
0	1	1	112	224	0,087834
1	1	0	112	224	0,064656
0	0	1	224	112	0,044922
0	1	0	224	112	0,012392
1	0	0	224	112	0,029688
0	0	0	336	0	0,00569
ΣP					1

Dari Tabel 3, nilai probabilitas dapat digambarkan sebagai grafik pada gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5 Grafik Probabilitas

Dengan menjumlahkan masing-masing nilai kapasitas dalam dan diluar perbaikan yang mempunyai nilai yang sama, maka didapatkan nilai probabilitas masing-masing kapasitas yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 Probabilitas Tiap Kapasitas

No.	Kapasitas dalam perbaikan	Kapasitas diluar Perbaikan	Probabilitas
1.	0	336	0,510440192
2.	112	224	0,396867249
3.	224	112	0,087002404
4.	336	0	0,005690156

4. Pengertian Probabilitas Kumulatif

Probabilitas kumulatif yaitu suatu kemungkinan terjadinya FOR dengan nilai energi tertentu atau lebih. Pada perhitungan ini menggunakan persamaan berikut.

$$P(X) = \sum_{i=1}^n P'(X - C_i) \quad (7)$$

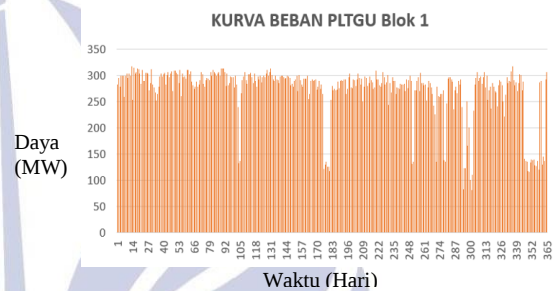
Dengan menggunakan persamaan tersebut dapat didapatkan Probabilitas kumulatif yang mana ditunjukkan pada tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5 Probabilitas Kumulatif

.No.	Kapasitas Dalam perbaikan	Kapasitas Diluar perbaikan	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif
1.	336	0	0,00569015	1
2.	224	112	0,08700240	0,48955980
3.	112	224	0,39686724	0,09269255
4.	0	336	0,51044019	0,00569015

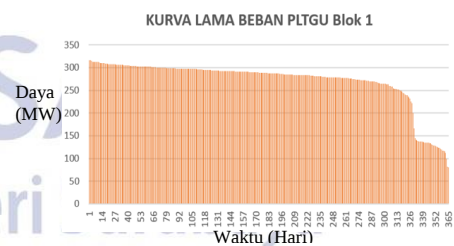
5. Kurva Beban

Grafik kurva beban PLTGU Gresik Blok 1 ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6 Grafik Kurva Beban PLTGU Blok 1 2018

Ketika koordinat kurva beban diurutkan pada nilai yang menurun dengan koordinat tertinggi dikiri dan koordinat terendah di sebelah kanan maka diperoleh tipe baru kurva beban yang disebut sebagai kurva durasi beban atau lebih dikenal dengan kurva lama beban PLTGU Blok 1 sebagai mana ditunjukkan pada gambar 7.



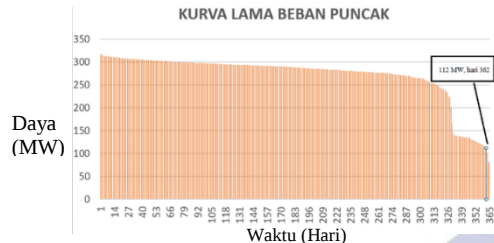
Gambar 7 Kurva Lama Beban PLTGU Blok 1 2018

6. LOLP dan LOEE menggunakan Dekomposisi LU

Apabila diinginkan tingkat keandalan yang tinggi maka tingkat resiko harus rendah atau nilai LOLP dan LOEE harus kecil, ini berarti bahwa investasi harus tinggi untuk keperluan mendapatkan daya terpasang yang tinggi dan juga untuk mendapatkan unit pembangkit dengan FOR yang

rendah. Adapun persamaan untuk memperoleh LOLP dan LOEE yang masing-masing ditunjukkan pada persamaan (1) dan (2)

Pada persamaan LOLP dibutuhkan waktu (t) sebagai perbandingan untuk total probabilitas. Waktu didapatkan dari perpotongan lama beban yang mana ditunjukkan pada gambar 8 sebagai berikut.



Gambar 8 Grafik waktu perpotongan lama beban

Adapun contoh perhitungan sebagai berikut.

$$LOLP = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,4895 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,0926 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,0056 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 362 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 33,55 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan hasil LOLP dan LOEE yang ditunjukkan tabel 6.

Tabel 6 Hasil LOLP dan LOEE

No.	Kapasitas Dalam perbaikan	Kapasitas Diluar perbaikan	Probabilitas Kumulatif	LOLP	LOEE
1.	336	0	1	0	0
2.	224	112	0,4895598	0	0
3.	112	224	0,0926925	33,55	3758,12
4.	0	336	0,0056901	0	0

Berdasarkan pada tabel 6 didapatkan total LOLP sebesar 33,55 hari/tahun dan LOEE sebesar 3758 MW pada tahun 2018. Nilai indeks LOLP tersebut belum memenuhi standar yang sudah ditetapkan Kepmen ESDM No. 74 tahun 2015 pada RUPTL PLN 2015-2024 yaitu sebesar 1 hari/tahun, berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan keandalan sistem tenaga di PLTGU Blok 1 PT. PJB UP Gresik pada tahun 2018 dalam kategori kurang andal atau keandalan pembangkit yang rendah.

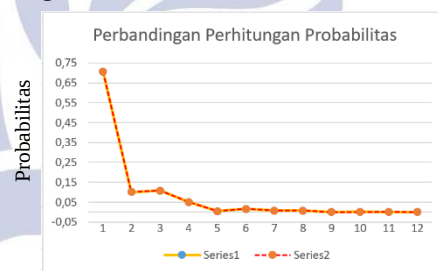
7. Validasi Error

Dengan menggunakan data yang terkumpul dan dengan menggunakan metode perhitungan, diperoleh validasi error dengan menghitung ulang nilai LOLP sesuai pada jurnal “Perhitungan Loss Of Load Probability Sistem Tenaga Listrik di PT.Pupuk Sriwidjaja” (Apriani, dkk 2015), tabel perbandingan probabilitas dan LOLP kedua data dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Perbandingan data jurnal

GTG 2X15	GTG 1X15	GTG 1X21	IN	OUT	Prob TB DLU	Prob Jurnal
0,8709	0,8674	0,9332	66,5	0	0,7050	0,7052
0,1245	0,8674	0,9332	51,5	15	0,1008	0,1009
0,8709	0,1325	0,9332	51,5	15	0,1077	0,108
0,8709	0,8674	0,0667	45	21,5	0,0504	0,0504
0,0044	0,8674	0,9332	36,5	30	0,0036	0,0036
0,1245	0,1325	0,9332	36,5	30	0,0154	0,0153
0,8709	0,1325	0,0667	30	36,5	0,0077	0,0072
0,1245	0,8674	0,0667	30	36,5	0,0072	0,0076
0,0044	0,1325	0,9332	21,5	45	0,0005	0,0005
0,1245	0,1325	0,0667	15	51,5	0,0011	0,0003
0,0044	0,8674	0,0667	15	51,5	0,0002	0,0011
0,0044	0,1325	0,0667	0	66,5	0,00004	0,00003
Jumlah Probabilitas					1	1,00013
LOLP					9,0036	9

Perbandingan Grafik Probabilitas ditunjukkan pada gambar 9.



Kombinasi

Keterangan : --- = Probabilitas Jurnal

--- = Probabilitas TB DLU

Gambar 9 Perbandingan Grafik probabilitas jurnal

Dengan melihat nilai selisih antara penyelesaian pada jurnal dan penyelesaian menggunakan Teorema Bayes dan Decomposisi LU, didapatkan nilai Validasi Error LOLP sebesar 0,0004.

SIMPULAN

Cara untuk menghitung Probabilitas yaitu Jumlah unit pembangkit yang dihitung berjumlah 3 pembangkit terdapat 8 kombinasi kemungkinan. Nilai FOR dari masing-masing unit dipengaruhi oleh durasi gangguan dari tiap-tiap unit pembangkit. Dalam

mencari nilai probabilitas dibutuhkan kombinasi dari ketiga pembangkit sehingga didapat nilai probabilitas dari kapasitas terkecil sampai kapasitas terbesar.

Probabilitas kumulatif didapat dari suatu kemungkinan terjadinya FOR dengan nilai energi tertentu atau lebih. Dari nilai probabilitas kumulatif, dibutuhkan waktu yang didapat dari perpotongan kapasitas pembangkit sehingga didapatkan nilai *Loss of Load Probability* dan *Loss of Energy Expectation*.

Dari perhitungan dan analisis, maka didapat nilai LOLP sebesar 33,55 hari/tahun dan LOEE sebesar 3758 MW pada tahun 2018 dengan Validasi Error sebesar 0,0004. Nilai LOLP tersebut belum memenuhi standart PLN berdasarkan Kepmen ESDM No. 74 tahun 2015 pada RUPTL PLN 2015-2024 yaitu sebesar 1 hari/tahun.

SARAN

Untuk Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan harapan indeks keandalan PLTGU Blok 1 PT. PJB Unit Pembangkitan dapat sesuai dengan standar PLN, salah satunya yaitu dengan penambahan kapasitas efektif pembangkit dengan mempertimbangkan peramalan beban di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, R. dkk. (2015). *Perhitungan Loss Of Load Probability (Probabilitas Kehilangan Beban) Sistem Tenaga Listrik di PT. Pupuk Sriwidjaya*. Jurnal Teknik Elektro Vol 2 No.1. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Berrar, D. (2018). *Bayes' Theorem and Naive Bayes Classifier*. Japan: Tokyo Institute of Technology.
- Billinton. (1984). *Reliability Evaluation of Power System*. New York: Plenum Press.
- Boroujeni, H. F. (2012). *Calculation of Generation System Reliability Index: Loss of Load Probability*. Life Science Journal, Vol. 9, No. 4.
- Falahati (2013). *Reliability Modeling and evaluation of power systems with smart monitoring*. IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 4, no. 2, pp. 1087-1095.
- Kepmen ESDM No. 74 tahun 2015 tentang Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2015-2024. Perusahaan Listrik Negara.
- Khan, K. (2013). *Evaluation of Loss of Load Probability and Expected Energy Generation in Multi-Area Interconnected Systems with Wind Generating Units*. New York: State University Of New York.
- Lin. C (2012). *Characteristics of Short-Term LOLP Considering High Penetration of Wind Generation*. Electrical Engineering Technology, Vol. 1, No. 1
- Maharani, A. (2017). *Reliability Index Analysis of Gas and Steam Power Plant using Graph Theory*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Marsudi, D. (1990). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Balai Penerbit & Humas ISTN
- Moharil. (2013). *Selection of Wind Generators for Optimal Utilization of Wind Energy using Reliability Constraint*. Third International Conference on Advances in Computing and Communications. Yeshwantrao Chavan College of Engineering.
- Mohagheghi, S. (2012). *Impact of demand response on distribution system reliability*. IEEE Power and Energy Society General Meeting. San Diego.
- Qamber, I (2019). *Loss of Load Probability effect on Four Power Stations*. International Conference on Fourth Industrial Revolution. University of Bahrain.
- Sudaryono. (2012). *Statistika probabilitas: teori & aplikasi*. Yogyakarta : Andi.
- Suryana. (2010). *Metodologi Penelitian*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Vijayamohanan, P. N. (2015). *Loss of Load Probability of Power System*. Journal of Fundamentals of Renewable Energy, Vol. 5, No.1.
- Zabadi. (2017). *LU Decomposition Computerized Method to Solve Linear Programming Problems*. Saudi Arabia : University of Business and Technology.