

Perhitungan Monte Carlo

by Irna Tri

Submission date: 06-Jun-2023 10:18PM (UTC+0700)

Submission ID: 2110361122

File name: Irna_Metrotech.docx (132.87K)

Word count: 2065

Character count: 12595

Perhitungan *Loss of Load Probability (LOLP)* dengan metode Monte Carlo

Irna Tri Yuniahastuti^{1*}

¹Universitas PGRI Madiun, Jln Setia Madi 85 Madiun

*email: imatri@unipma.ac.id

Received:xx/xx/xxxx

Revised:xx/xx/xxxx

Accepted:xx/xx/xxxx

Abstract. Calculation of the constraints on the PLTU Angrek 2x25 MW Gorontalo power plant using the monte carlo method obtained a LOLP value of 35.55 days/year carried out with 2 runs, namely 200 samples and 500 samples. 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 power plants in 2021. Meanwhile, by manually calculating the LOLP value, the result is 37.84 days/year.

Keywords: Loss of Load Probability (LOLP), Relability Unit, Force Outage Rate (FOR), Maintance Outage (MO)

Abstrak. Perhitungan kendalan pada pembangkit PLTU Angrek 2x25 MW Gorontalo dengan metode monte carlo didapatkan nilai LOLP sebesar nilai 35,55 hari/ tahun dilakukan dengan 2 kali running yaitu 200 sampel dan 500 sampel. 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. Sedangkan dengan perhitungan manual perhitungan nilai LOLP didapatkan hasil 37,84 hari/ tahun.

Kata Kunci: Loss of Load Probability (LOLP), keandalan pembangkit, Force Outage Rate (FOR), Maintance Outage (MO)

I. PENDAHULUAN

Suatu sistem pembangkit listrik harus menyediakan listrik sesuai dengan yang dibutuhkan oleh pelanggan. Kegagalan pada unit pembangkit (generator) yang besar menyebabkan kemungkinan daya yang tersedia di sistem berkurang besar sehingga sistem tidak mampu melayani beban. Keadaan generator ketika cadangan energi yang ada tersedia dan fluktuasi beban sementara menyebabkan penghentian paksa, keadaan ini disebabkan oleh beban puncak. Nilai pemadaman paksa dapat ditentukan dengan menghitung kemungkinan kehilangan beban atau pemadaman beban. Perhitungan ini disebut sebagai nilai indeks *Loss of Load Probability* (LOLP), atau Kemungkinan/Probabilitas Kehilangan Beban.

LOLP (*Loss of Load Probability*) adalah probabilitas/ kemungkinan yang menunjukkan besarnya kehilangan beban karena kapasitas pembangkitan yang tersedia (*usable capacity*) sama dengan atau kurang dari beban sistem dalam

hitungan hari per tahun. Salah satu cara menghitung nilai LOLP untuk menentukan keandalan suatu sistem tenaga listrik adalah dengan menggunakan metode Monte Carlo. Metode ini menggunakan sampling nilai acak dari akumulasi dari kombinasi beberapa unit pembangkit dalam menentukan kebutuhan beban yang berubah-ubah. Simulasi monte carlo pada dasarnya membangkitkan bilangan acak dengan distribusi seragam (0,1) kemudian mengubahnya menjadi distribusi tidak seragam menggunakan metode transformasi invers. Keuntungan dari simulasi monte carlo adalah mudah digunakan dan mendekati nilai yang sebenarnya sesuai dengan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini [1] [2] [3].

PLTU Angrek berada di Kecamatan Angrek, Kabupaten Gorontalo utara, provinsi Gorontalo. PLTU Angrek 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 [4]. PLN berinovasi dengan melakukan co-firing di PLTU Gorontalo, mengganti batubara sebesar 5% dengan memanfaatkan bahan bakar biomassa berupa kayu lamtoro yang diperoleh dari hutan energi di sekitar proyek. Selain PLTU Anggrek, di Gorontalo juga sedang mengembangkan beberapa pembangkit antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sumalata, selain itu ada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) Mongango dan Taluda.

II. METODOLOGI

Keandalan (*Reability*) adalah kemampuan sistem ketenagalistrikan untuk memasok beban kepada konsumen dengan tetap menjaga kualitas dan harga listrik pada tingkat yang dapat diterima [5]. Terdapat 4 faktor utama yang berhubungan dengan keandalan, yaitu sesuai dengan fungsi kerja, probabilitas, kondisi operasi dan periode waktu. Pada penelitian ini, perhitungan keandalan yang dihitung adalah nilai LOLP. Probabilitas kehilangan beban atau *Loss of Load Probability (LOLP)* dihitung dengan hasil perkalian kemungkinan terjadinya beban (*probability*) dan lamanya terjadinya kehilangan beban dinyatakan dalam hari per tahun [6]. Dinyatakan dengan rumus pada Persamaan (1).

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

Keterangan:

P = probabilitas kumulatif kombinasi

t = durasi kehilangan beban

Besarnya nilai LOLP memberikan kemungkinan kapasitas pembangkit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan beban puncak harian. Ketidakhandalan suatu sistem dapat diketahui jika sistem tidak mampu memenuhi kebutuhan beban puncak. Hilangnya beban terjadi jika permintaan sistem saat beban puncak melampaui kapasitas yang tersedia [7]. Data beban yang digunakan pada penelitian ini adalah data beban pada pembangkit PLTU Anggrek 2x25 MW Gorontalo.

Daya yang tersedia bergantung pada daya terpasang unit produksi dalam sistem dan juga pada ketersediaan unit tersebut. Berbagai faktor seperti malfungsi dan perawatan rutin akan menyebabkan unit pembangkit tidak dapat beroperasi. Cadangan energi yang tersedia dan besaran FOR (*Forced Outage Rate*) unit produksi yang beroperasi dalam setahun sangat berpengaruh terhadap keandalan sistem produksi. Semakin rendah nilai FOR, semakin aman ketersediaan cadangan daya sistem dan semakin tinggi keandalan sistem

FOR (*Forced Outage Rate*) didefinisikan sebagai ukuran apakah suatu unit pembangkit sering mengalami gangguan atau tidak. Serta dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$FOR = \frac{\sum \text{jam unit terganggu}}{\sum \text{jam unit terganggu} + \sum \text{jam unit beroperasi}}$$

A. Teori Probabilitas

Lebih khusus lagi, probabilitas didefinisikan sebagai fungsi spesifik yang sebenarnya dari suatu peristiwa. Nilai probabilitas berkisar dari 0 hingga 1, dengan nilai probabilitas 1 berarti suatu peristiwa yang pasti terjadi, dan nilai probabilitas 0 berarti peristiwa yang tidak mungkin terjadi.

B. Metode Monte Carlo

Parameter dasar penilaian nilai keandalan adalah estimasi matematis dari reliabilitas. Karakteristik utama penilaian reliabilitas metode Monte Carlo dijelaskan pada bagian berikut, contoh: dianggap nilai 0 adalah probabilitas kegagalan dari sebuah sistem dan X_i variabel indikator nilai 1 dan 0 yang menyatakan bahwa: $X_i = 0$ Jika sistem dalam keadaan *down state* dan Jika sistem dalam keadaan *up state* $X_i = 1$. Perhitungan dari ketidaktersediaan dari sebuah sistem dinyatakan dengan rumus berikut:

$$\bar{O} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

Dimana N adalah Jumlah penarikan state sampel dari sistem. Sampel variannya :

$$V_{(x)} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{0})^2$$

Saat ukuran sampel cukup besar persamaannya berubah menjadi:

$$V_{(x)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{0})^2$$

Karena x_i variabel 1 dan 0 maka:

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i$$

Maka persamaannya menjadi:

$$\begin{aligned} V(\bar{0}) &= \frac{1}{N} V_{(x)} \\ &= \frac{1}{N} (\bar{0} - \bar{0}^2) \end{aligned}$$

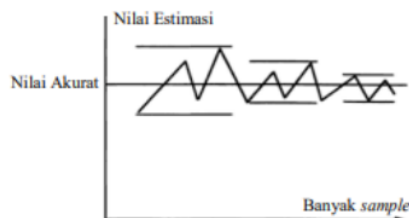
Level akurasi dari metode Monte Carlo dapat ditunjukkan oleh koefisien variasi yang diartikan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{\sqrt{V(\bar{0})}}{\bar{0}}$$

Sehingga persamaannya menjadi:

$$\alpha = \frac{\sqrt{1 - \bar{0}}}{N\bar{0}}$$

Hasil Monte Carlo melalui didapat melalui proses konvergensi. Konvergensi berarti hasilnya mengarah ke satu titik. Ini karena proses pembuatan variabel acak sebelumnya. Proses konvergensi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses konvergensi

Terlihat dalam gambar bahwa semakin banyak jumlah sampel maka nilai akan mendekati nilai akurat, sehingga dapat disimpulkan bahwa *range error* dari *value* yang dicari berbanding terbalik dengan jumlah sampel. Semakin sedikit jumlah sampelnya maka semakin besar nilai *error*nya.

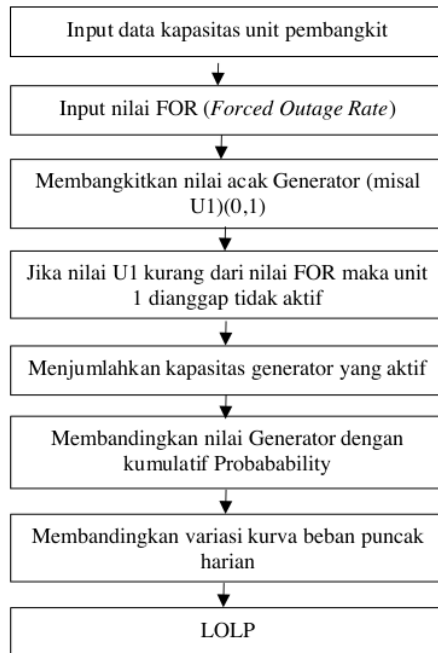
Sehingga pada penelitian ini dilakukan perhitungan dengan menggunakan beberapa jumlah sampel, untuk melihat perbedaannya.

C. LOLP dengan metode Monte Carlo

Perhitungan nilai reliabilitas LOLP dengan metode Monte Carlo merupakan pemahaman paling penting dari variabel acak, dimulai dengan pembangkitan dan transformasi. Contohnya adalah sistem yang terdiri dari generator dan beban untuk mendapatkan nilai LOLP dengan terlebih dahulu menetapkan aturan untuk setiap generator dan unit beban. Aturan tersebut merupakan indikasi apakah sistem dapat memasok beban atau tidak. Nilai definisi aturan untuk setiap unit pembangkit (generator) ditentukan berdasarkan data lapangan. Informasi yang relevan mengacu pada keadaan di mana generator aktif dan tidak. Setelah menentukan aturan yang digunakan untuk menghasilkan nilai acak, digunakan program komputer untuk mendapatkan nilai LOLP dengan metode Monte Carlo, yaitu membangkitkan nilai acak pada awalnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Flowchart mencari nilai LOLP menggunakan metode monte carlo dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



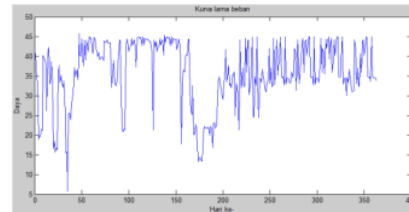
Gambar 2. Flowchart perhitungan LOLP

A. Data nilai FOR

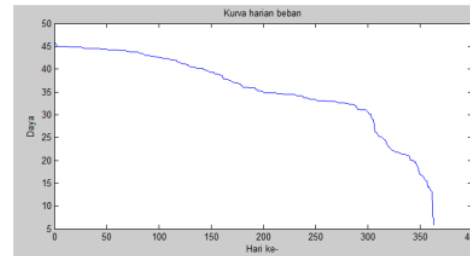
Data beban pembangkit diambil dari data beban harian PT PJB UBJOM PLTU Anggrek 2x 25 MW [4]. Dua buah pembangkit memiliki nilai FOR yang berbeda, yang menunjukkan ketidaktersedianya unit pembangkit yang berbeda pula. Nilai FOR didapatkan dengan mengambil data lama gangguan di setiap unit pembangkit. Berdasarkan data gangguan pada pembangkit PLTU Anggrek, didapatkan nilai *Force outage Rate* (FOR) seperti pada Tabel 1. Sedangkan data beban yang digunakan sesuai dgn penelitian sebelumnya [4].

Tabel 1. Nilai FOR unit pembangkit

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



Gambar 3. Kurva beban harian



Gambar 4. Kurva lama beban

B. Simulasi Monte Carlo

Angka acak dihasilkan berdasarkan jumlah sampel untuk setiap jumlah iterasi. Setelah nilai dihasilkan dan dibandingkan dengan *rule* cadangan energi generator. Semuanya berulang sesuai dengan jumlah generator. Jika kapasitas daya kurang dari beban, maka diperoleh nilai LOLP dalam besaran jam/hari, yang kemudian diubah menjadi nilai LOLP dalam besaran hari/tahun dengan mengalikan jumlah hari dalam setahun (365hari) dibagi dengan jumlah jam dalam sehari

```

Command Window
Perhitungan Nilai LOLP dengan metode Monte Carlo
|
Banyak sampling = 200
LOLP = 35.51
f> >>
    
```

Tabel 2. Nilai LOLP dengan 200 sampel

Sampel acak	LOLP
5	36,611
10	36,2112
25	36,4412
50	36,0165
75	35,8855
100	35,558
150	35,5515
200	35,5151

Bila digunakan penarikan acak lain berjumlah 500 maka nilai LOLP didapatkan hasil 35,441 hari/tahun.

```

Command Window
Perhitungan Nilai LOLP dengan metode Monte Carlo
|
Banyak sampling = 500
LOLP = 35.3441
fx >>
    
```

Tabel 3. Nilai LOLP dengan 500 sampel

Sampel acak	LOLP
5	36,5221
25	36,2112
100	36,5132
150	35,8065
200	35,7855
250	35,4358
300	35,5515
400	35,5151
500	35,3441

Setelah dilakukan dua kali *running* dengan nilai acak yang berbeda yaitu 200 dan 500, maka indeks keandalan (LOLP) diperoleh dengan jumlah sampel 200 nilai LOLP adalah 35,551 hari/tahun dan dengan 500 sampel nilai LOLP adalah 35,441 hari/tahun. Semakin banyak sampel acak yang dijalankan maka semakin valid nilai LOLP menurut sistem Monte Carlo. Oleh karena itu, nilai LOLP dari pembangkit tersebut adalah 35,55 hari/tahun.

C. Perhitungan secara manual.

Kehilangan beban hanya terjadi bila kapasitas beban melebihi kapasitas produksi. Kurva beban puncak harian dapat digunakan bersama dengan daftar kemungkinan *outage*, untuk memperkirakan jumlah hari beban puncak harian akan melebihi kapasitas yang tersedia. Indeks ini didefinisikan sebagai *Loss of Load Expectation* (LOLE).

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

Perhitungan secara manual dengan menggunakan probabilitas individu ditunjukkan pada Tabel 4 dan nilai hasil perhitungan nilai LOLP ditunjukkan pada Tabel 5.

Terdapat selisih nilai LOLP dengan perhitungan secara manual dan perhitungan dengan metode Monte Carlo sebesar 2,29 hari/tahun. Hal ini disebabkan karena metode Monte Carlo selalu membangkitkan nilai acak yang berbeda setiap *running*.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Perhitungan nilai keandalan pembangkit *Loss of Load Probability* (LOLP) dengan menggunakan metode monte carlo pada sistem pembangkit PLTU Anggrek Gorontalo sebesar 35,55 hari per tahun. Hal ini belum dapat memenuhi standar PLN hal ini disebabkan salah satu pembangkit sedang melakukan perawatan, Unit #2 bulan 18-30 Juni 2021 mengalami PO (*Planned Outage*) yaitu keluarnya/ gagalnya 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 MO (*Maintance Outage*) disebabkan pengujian *stability* pada CT Neutral GT unit 1. Sehingga nilai FOR kedua unit sangat tinggi.

Hasil perhitungan manual keandalan pembangkit didapatkan hasil 37,84 hari/tahun. Yang mana terdapat sedikit perbedaan dengan metode monte carlo yaitu 2,29.

TABEL 4. Perhitungan Probabilitas Individu

Kombinasi Pembangkit		Daya outage (MW)	Daya Operasi (MW)	Pind
1	1	0	50	0,874
0	1	25	25	0,046
1	0	25	25	0,076
0	0	50	0	0,004

TABEL 5. 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

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu melakukan skenario untuk meningkatkan keandalan sistem dan analisis peramalan beban untuk satu tahun ke depan dengan menggunakan metode yang ada.

• UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Universitas PGRI Madiun yang telah memfasilitasi penulis dalam melakukan penelitian ini sehingga dapat dilaksanakan dengan lancar hingga selesai.

REFERENSI

- [1] R. Alfian, "ANALISA KEANDALAN SISTEM TRANSMISI 150KV WILAYAH BALI DENGAN METODE MONTE CARLO," INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER, SURABAYA, 2017.
- [2] I. Pamungkas, H. T. Irawan, Arhami and M. Dirhamsyah, "Simulasi Monte Carlo untuk menentukan keandalan pada bagian Boiler di pembangkit listrik berbasis batubara," *Jurnal Optimalisasi*, vol. 4 (2), pp. 83-96, 2018.
- [3] I. T. Y. A. P. P. P. Ridam Dwi Laksono, "Skenario Peningkatan Keandalan Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Di Wilayah Bali Berdasarkan LOLP," *ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, vol. 2, no. 1, pp. 39-45, 2021.
- [4] I. T. Yuniastuti and T. Ardiansyah, "CALCULATION OF GENERATOR REABILITY INDEX WITH LOAD FORECASTING AT PLTU (ELECTRIC STEAM POWER PLANT) ANGGREK IN GORONTALO," *Journal of Research in Engineering and Applied Science*, vol. 7, no. 4, pp. 430-435, 2023.
- [5] K. Khan, *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, 2013.
- [6] D. Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [7] 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. 658-665, 2020.

Perhitungan Monte Carlo

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

journal2.uad.ac.id

Internet Source

4%

2

ejournal.unesa.ac.id

Internet Source

3%

3

www.coursehero.com

Internet Source

2%

4

jurnal.utu.ac.id

Internet Source

1%

5

Submitted to University of KwaZulu-Natal

Student Paper

1%

6

berbagienergi.com

Internet Source

1%

7

Submitted to UIN Sunan Gunung Djati
Bandung

Student Paper

1%

8

id.berita.yahoo.com

Internet Source

1%

9

Zenghai Shan, Xi Xu, Yong Tao, Hegen Xiong.
"A Trajectory Planning and Simulation Method

1%

for Welding Robot", 2017 IEEE 7th Annual
International Conference on CYBER
Technology in Automation, Control, and
Intelligent Systems (CYBER), 2017

Publication

10

Submitted to Forum Perpustakaan Perguruan
Tinggi Indonesia Jawa Timur II

Student Paper

1 %

11

journal3.um.ac.id

Internet Source

1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches < 15 words

Exclude bibliography Off