

Analisa Indeks Keandalan Sistem Pembangkit Listrik Pulau Miangas

Nathaniel L. Bijang¹, Yonatan Parassa², Yohanis Sampe Rompon³,
Toban Tiku Pairunan⁴, Luther J. Mappadang⁵ Arnold Robert Rondonuwu⁶

¹²³⁴⁵Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado
Jl. Politeknik Raya Kel.Buha Kec. Mapanget Kota Manado

Email : ¹natanpolimdo@gmail.com , ²natanparassa@gmail.com ,
³yrompon@gmail.com , ⁴tobanpairunan@gmail.com ,
⁵luther61m@gmail.com , ⁶arnoldrrondonuwu@gmail.com

Abstrak

Daya listrik yang dihasilkan oleh unit pembangkit listrik jika yang dibangkitkan lebih kecil dari permintaan konsumen akan daya listrik maka akan menyebabkan terlepasnya beban dari sistem kelistrikan. Kondisi ini akan menyebabkan padamnya listrik pada sisi pelanggan. Perhitungan keandalan sistem tenaga listrik dapat dianalisa dari seberapa sering listrik padam. Data gangguan yang terekam/tercatat kemudian dianalisa dengan menggunakan formula atau persamaan LOLE (Loss of Load Expectation). Semakin kecil nilai LOLE maka sistem berpeluang semakin kecil atau sedikit mengalami gangguan. Banyak faktor yang menyebabkan terganggunya pasokan listrik dari sumber ke beban atau konsumen salah satunya adalah masalah pembangkit yang kurang andal. Untuk mengukur kemampuan pembangkit dalam memenuhi kebutuhan listrik diperlukan sebuah patokan atau indeks keandalan sistem pembangkit yang dalam penelitian ini adalah LOLE (Loss of Load Expectation). LOLE dinyatakan dengan satuan hari / Tahun. Standar LOLE yang dipatok oleh PT.PLN di Indonesia yaitu : untuk Jawa dan Bali adalah 1 hari/tahun sedangkan di luar Jawa dan Bali adalah 3 hari / tahun.

Kata Kunci : LOLE (Loss of Load Expectation), Indeks Keandalan , Sistem Tenaga Listrik . Daya, beban

Abstract

The electric power generated by the power generation unit if what is generated is less than the consumer's demand for existing electric power, it will cause the load to be released from the electrical system. This condition will cause power outages on the customer's side. Calculation of the reliability of the electric power system can be analyzed from how often

the electricity goes out. The disturbance data that is recorded/recorded is then analyzed using the LOLE (Loss of Load Expectation) formula. The smaller the LOLE value, the smaller the chance the system will experience interference. Many factors cause disruption of the supply of electricity from source to load/consumer, one of which is the problem of unreliable generators. To measure the ability of generators to meet electricity needs, a benchmark or reliability index of the generating system is needed, which in this study is LOLE (Loss of Load Expectation). . LOLE is expressed in units of days/years. The LOLE standard set by PT. PLN in Indonesia is: for Java and Bali it is 1 day/year while outside Java and Bali it is 3 days/year

Keys Words : *Loss of Load Expectation, Reliability Index, Power Elektric System, Load, Power, Elektric*

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan jaman dan bertambahnya jumlah penduduk maka dapat dipastikan bahwa kebutuhan akan listrik pun akan semakin meningkat pula. Hal ini akan berdampak dari segi keandalan listrik itu sendiri. Apabila energi listrik yang dihasilkan oleh unit pembangkit listrik lebih kecil dari permintaan beban listrik yang ada, maka akan menyebabkan terlepasnya beban dari sistem kelistrikan . Kondisi ini akan juga menyebabkan kesulitan dari konsumen listrik karena segala aktivitas yang berkaitan dengan listrik akan terhambat dikarenakan tidak adanya listrik. Sistem keandalan pembangkit adalah kemampuan sistem untuk menyalurkan listrik ke semua titik penggunaanya dalam standar dan jumlah yang sesuai kebutuhan. Kegagalan listrik yang sering terjadi adalah padamnya listrik yang dapat memberikan dampak tidak hanya di level rumah tangga namun juga pada level industri/ perusahaan. Indeks suatu keandalan pembangkit tenaga listrik dikatakan baik yaitu ketika sistem tenaga listrik dapat menunjukkan kualitas dan kemampuan sistem dalam menjamin ketersediaan daya listrik setiap saat, akan tetapi pada saat unit pembangkit mengalami gangguan dalam beroperasi maka kemungkinan daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik akan berkurang dan tidak dapat melayani beban. Keadaan pembangkit listrik dalam ketersediaan cadangan daya yang ada serta perubahan beban selama beroperasi akan mengakibatkan Force Outage Rate (FOR) . FOR adalah kegagalan unit pembangkit yang disebabkan karena adanya suatu hal atau gangguan yang tidak direncanakan dalam satu tahun

I.1 Keandalan Sistem Pembangkit

Tingkat keandalan sistem pembangkit dapat diketahui dari seberapa sering sistem mengalami pemutusan beban, berapa lama pemutusan terjadi dan berapa cepat waktu dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemutusan yang terjadi. Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang mempunyai keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah yaitu sering padam

Keandalan suatu sistem tenaga listrik dapat dirlkan sebagai kemampuan menyeluruh dari sistem untuk mencapai permintaan beban pelanggan secara kontinu dan dapat dipercaya atau diandalkan kualitas dan kapasitasnya.

I.2 Probabilitas (Peluang atau Kemungkinan)

Probabilitas adalah nilai peluang atau kemungkinan yang diberikan pada suatu kejadian . Secara lebih rinci ditetapkan sebagai fungsi real tertentu pada selang antara nol dan satu dimana nilai probabilitas mempunyai nilai dari suatu kejadian sama dengan nol (0) maka kejadian tersebut mustahil dapat terjadi. Sedangkan bila nilai probabilitasnya sama dengan satu (1) maka kejadian tersebut pasti terjadi. Jadi probabilitas kejadian X harus memenuhi kondisi : $0 \leq P(X) \leq 1$

I.3. LOLE (Loss of Load Expectation).

LOLE dapat diketahui dari seberapa sering sistem mengalami pemutusan beban, berapa lama pemutusan terjadi dan berapa cepat waktu dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dan pemutusan yang terjadi. Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang mempunyai keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah yaitu sering padam

Ukuran keandalan pembangkit tenaga listrik dinyatakan dalam hari pertahun , beban sistem akan sama, lebih besar, atau lebih kecil 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 individualnya terlebih dahulu kemudian didapatkan tabel probabilitas kehilangan beban.

Sering tidaknya pembangkit mengalami gangguan atau biasanya diketahui sebagai nilai FOR dimana FOR adalah :

$$FOR = \frac{\text{Jumlah jam unit terganggu}}{\text{Jumlah jam unit beroperasi} + \text{Jumlah jam unit terganggu}} \quad (1)$$

Perhitungan LOLE di peroleh dari kurva lama beban . Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai LOLE adalah sebagai berikut :

$$LOLE = \sum (P_n \times d_n) \quad (2)$$

Dimana :

P_n = Probabilitas Unit Pembangkit Beroperasi

d_n = Interval titik-titik potong kurva lama beban dengan kapasitas gangguan

Kurva lama beban akan diurutkan dari beban tertinggi ke beban terendah selama periode waktu dalam persen. Indeks d_n adalah interval waktu antara titik-titik potong kurva lama beban dengan kapasitas gangguan . Sedangkan P_n adalah probabilitas individu kapasitas gangguan atau probabilitas dari outage , hasil kali P_n dan d_n adalah probabilitas kehilangan beban selama seluruh periode yang disebabkan oleh kapasitas gangguan.

LOLE ditentukan dengan menggunakan kurva durasi beban puncak harian dengan persamaan sebagai berikut :

$$LOLE = \sum P_n \times t_n \text{ (hari /periode)} \quad (3)$$

$$P_n = P (X_{n-1}) = \text{Probabilitas kapasitas gangguan} \geq (X_{n-1}) \quad (4)$$

$$X_{n-1} = C - L_j$$

$$P_n = P (C - L_j)$$

$$LOLE (t_n) = \sum_{j=1}^n P (C - L_j) \text{ hari / periode} \quad (5)$$

Dimana :

n = Jumlah hari dalam periode t_n

L_j = Beban puncak pada hari ke j

C = Kapasitas pembangkit terpasang

Sedangkan untuk kemungkinan adanya daya setelah ada unit ke- n didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$P_n (y_{n-1} + 0) = P_{n-1} (y_{n-1}) q_n \quad (6)$$

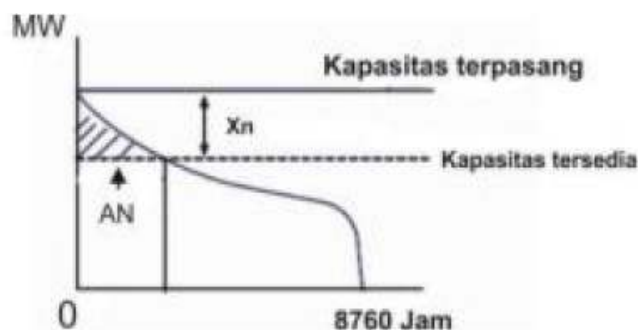
Dimana :

q_n = FOR unit ke-n

P_n = Probability setelah ada unit ke-n

P_{n-1} = Probability sebelum ada unit ke-n

Perhitungan LOLE tidak terlepas dari kurva beban harian yang dikonversikan menjadi kurva durasi beban . Nilai LOLE didapat dari perkalian antara probabilitas individu setiap unit pembangkit dengan interval titik potong kurva.



Gambar 1 : Kurva durasi beban

Gambar 1 menunjukkan kurva durasi beban dan garis daya terpasang serta garis daya yang tersedia . Selisih antara garis daya terpasang dengan garis daya tersedia tanpa forced outage adalah disebabkan adanya pengeluaran unit pembangkit dari sistem yang direncanakan untuk keperluan pemeliharaan dan perbaikan.

LOLE sebenarnya merupakan resiko yang dihadapi dalam operasi sebagaimana gambar 1 terlihat bahwa seberapa jauh garis daya tersedia boleh menurun karena pemeliharaan maupun karena forced outage dalam kaitannya terhadap pemotongan kurva lama beban.

Probabilitas kehilangan beban adalah metode yang dipergunakan untuk mengukur tingkat keandalan dari suatu sistem pembangkit dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya peristiwa sistem pembangkit tidak dapat mensuplai beban secara penuh. Secara umum didefinisikan sebagai jumlah harapan selama suatu periode waktu tertentu dimana kapasitas tersedia sistem tidak dapat mencapai beban

puncak harian . Kapasitas tersedia sistem adalah kapasitas terpasang dikurangi dengan kapasitas gangguan sistem.

Dalam evaluasi keandalan sistem pembangkit tenaga listrik ini , nilai LOLE dinyatakan dalam besaran hari per tahun yang berarti sejumlah hari yang mungkin terjadi dalam setiap tahun , dimana kapasitas tersedia sistem tidak dapat mencapai beban puncak harian jadi nilai tersebut merupakan resiko tahunan yang dihadapi sistem pembangkit dalam melayani permintaan beban listrik oleh pelanggan atau konsumen. Perhitungan LOLE dilakukan dengan kombinasi antara kurva kelangsungan beban puncak dengan tabel probabilitas kapasitas gangguan.

II. Metode Penelitian

II.1 Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah keandalan system pembangkitan tenaga listrik di Pulau terluar Indonesia yaitu Pulau Miangas yang mempunyai pembangkit hybrid (PLTD + PLTS) dan saling berhubungan satu sama lain . penambahan permintaan daya listrik oleh konsumen baik rumah tangga , industri kecil , fasilitas umum milik pemerintah seperti kantor, puskesmas, sekolah dll. akan mempengaruhi tingkat keandalan system pembangkit tenaga listrik di pulau tersebut

II.2 Metode Pengambilan Data

Objek penelitian pada pembangkit hibrid (PLTD + PLTS) dan pada sejumlah beban yang merupakan total dari beban rumah tangga, industry kecil ,fasilitas umum milik pemerintah seperti kantor, puskesmas, sekolah dll..

Pengumpulan data-data yang berkaitan dengan jumlah pembangkit dan kapasitas daya unit-unit pembangkit, jumlah beban dan beban puncak harian selama beberapa tahun terakhir , serta data gangguan yang terjadi pada sistem pembangkit Hibrid (PLTD + PLTS) selama satu tahun terakhir yakni selama tahun 2021.

III. Hasil dan Pembahasan

III.1 Umum

Tingkat keandalan sistem tenaga listrik di P. Miangas akan dianalisa dengan menghitung keandalan sistem berdasarkan data setahun terakhir.

Keandalan dihitung dengan menggunakan metode LOLE yang dihitung berdasarkan beban puncak harian selama satu tahun, kapasitas pembangkit yang ada dan FOR (Forced Outage Rate) pembangkit.

III.2 FOR (Forced Outage Rate)

Sering tidaknya pembangkit mengalami gangguan atau biasanya diketahui sebagai nilai FOR

Tabel_1 : Data Gangguan Unit-Unit Pembangkit Tahun 2021

Unit	Bulan												Durasi (menit)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Unit 1	0	0	46	0	0	73	0	0	0	0	33	0	152
Unit 2	64	0	0	31	0	0	0	15	0	0	0	27	137
Unit 3	0	22	0	0	0	18	0	0	0	56	0	0	96

Dari data gangguan yang ada, maka nilai force outage rate :

a. $FOR_{Unit\ 1} = FOR_1$

$$FOR_1 = \frac{\frac{152}{60}}{24 + \frac{152}{60}} = 0,09548$$

b. $FOR_{Unit\ 2} = FOR_2$

$$FOR_2 = \frac{\frac{137}{60}}{24 + \frac{137}{60}} = 0,08687$$

c. $FOR_{Unit\ 3} = FOR_3$

$$FOR_3 = \frac{\frac{96}{60}}{24 + \frac{96}{60}} = 0,0625$$

Tabel 2 : Nilai FOR (U) dan A (Availability)

Masing-masing unit

Unit	FOR (U)	A = 1 - FOR
Unit 1	0.09548	0.90452
Unit 2	0.08687	0.91313
Unit 3	0.0625	0.9375

Tabel 3 : Data Kapasitas Daya Terpasang

Masing-masing unit

Unit	Daya Terpasang
Unit 1	35 KW
Unit 2	35KW
Unit 3	18 KW
Total Daya	88 KW

III.3 Perhitungan Probabilitas Individu

Probabilitas individu merupakan penggabungan probabilitas masing-masing kapasitas pembangkit

Tabel 4 : : Tabel Capacity Outage Probability (Tabel COP)

Unit 1 35 KW	Unit 2 35 KW	Unit 3 18 KW	Cap Out (KW)	Cap IN (KW)	Probabilitas
0	0	0	88	0	0.08195808
0	0	1	70	18	0.00777595
0	1	0	53	35	0.0054491
0	1	1	35	53	0.08173655
1	0	0	53	35	0.00491098
1	0	1	35	53	0.07366467
1	1	0	18	70	0.05162152

1	1	1	0	88	0.77432283
---	---	---	---	----	------------

Tabel 5 Tabel perhitungan LOLE untuk beban puncak 70 KW

Cap In (KW)	Probability (P)	Cap in (%)	Durasi beban (t)	LOLE (%) (P x t)
88	0.774322826			
70	0.051621522	100	0	
53	0.155401223	75.714286	40.47619	6.29005
35	0.010360082	50	83.33333	0.86334
18	0.007775951	25.714286		
0	0.08195808	0		
Jumlah :				7.15339

LOLE = 7,15339% x 365 Hari / Tahun = 26 hari Per_tahun

IV. Kesimpulan

1. Nilai LOLE (Loss Of Load Expectation) Pulau Miangas sebesar 26 hari per tahun yang berarti sistem tidak dapat melayani beban selama 26 hari dalam setahun. Hal ini menunjukkan sistem Hybrid (PLTD + PLTS) Pulau Miangas tidak sesuai standar PLN yaitu 3 hari per tahun untuk wilayah di luar jamali (Jawa, Madura dan Bali) sedangkan standar LOLE untuk wilayah jamali (Jawa Madura Bali) adalah 1 hari per thun
2. Untuk memperbaiki nilai LOLE (Loss Of Load Expectation) maka perlu adanya peningkatan kapasitas pembangkit daya dan cadangan daya dan harus dapat memenuhi beban puncak yang terjadi sewaktu-waktu. Standar cadangan daya pada sistem pembangkit menurut PT.PLN adalah 30% dari beban puncak yang tercapai atau minimal sebesar satu unit pembangkit terbesar dalam sistem pembangkit.

Selain peningkatan kapasitas pembangkit daya listrik, maka untuk memperbaiki nilai LOLE atau indeks keandalan sistem pembangkit dapat

juga dilakukan dengan menurunkan atau memperkecil nilai FOR (Forced Outage Rate).

DAFTAR PUSTAKA

1. A.N.Widiastuti, Sarjiya, K.A. Pinanditho and E.T.Prasetyo, Evaluasi Keandalan Perencanaan Pembangkit Wilayah Jawa Bali dengan mempertimbangkan Ketidakpastian Peramalan Beban, JNETI, vol 6 , no.2, pp.230-234, 2017
2. Balagurusamy, E. , Reliability Engineering, McGraw Hill, New Delhi, 1984
3. Djiteng Marsudi, Ir, Operasi Sistem Tenaga Listrik, Balai Penerbit & Humas ISTN, Bumi Serengseng Indah, Ps.Minggu, Jakarta Selatan, 1990
4. Endrenyi J. , Reliability Modeling In Electric Power System, John Wiley & Sons, New York, 1978
5. M. Shahbanzadeh and M. Helderizadeh, Power System Reliability Indices Calculations (such as LOLP and EENS) using Matlab, Reasrchgate, Januari 2008
6. Syahrial K. Sawitri and P.Gemahapsari, Studi Keandalan Ketersediaan Daya Pembangkit Listrik Pada Jaringan Daerah X, Jurnal Elkominika, vol 5 no.1, pp.93 – 105, 2017