

**LOSS OF LOAD PROBABILITY (LOLP) INDEX UNTUK MENGANALISIS  
KEANDALAN PEMBANGKIT LISTRIK**  
(Studi Kasus PT Indonesia Power UBP Suralaya)

Yulius Indhra Kurniawan, Anindya Apriliyanti P  
Indonesia Power UBP Suralaya, Departemen Statistika FMIPA Universitas Padjadjaran  
yulius.indhra@indonesiapower.co.id, a.apriliyanti.p@gmail.com

**ABSTRAK.** Listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Kebutuhan akan listrik dapat dicukupi jika produsen listrik dapat menjaga pasokan listrik. Banyak faktor yang mempengaruhi terjaganya pasokan listrik, salah satunya adalah keandalan pembangkit listrik. PT Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) Suralaya merupakan salah satu produsen listrik terbesar di Indonesia yang menyuplai sebagian besar persediaan listrik di Jawa Bali, yaitu sebesar 3400 MW. Untuk mengukur kemampuan pembangkit dalam memenuhi kebutuhan listrik, diperlukan sebuah indeks keandalan, yang dalam penelitian ini adalah Loss of Load Probability (LOLP) Index. Indeks LOLP dapat memberikan analisis secara statistik dengan menghitung peluang beroperasinya pembangkit atau yang dinamakan FOR. Selain itu analisis menggunakan LOLP dilengkapi dengan peramalan beban puncak, sehingga untuk waktu mendatang dapat diperoleh informasi berapa MWh yang harus dihasilkan agar kebutuhan listrik dapat tercukupi. Penelitian ini mengambil lingkup pengamatan pada Unit 2, karena dari data yang diperoleh, Unit 2 merupakan unit yang lebih sering mengalami gangguan. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa indeks keandalan Unit 2 pembangkit Suralaya adalah sebesar 97.24% dengan beban yang harus ditanggung unit 2 adalah antara 347.4 sampai 371,08 MWh.

**Kata Kunci:** keandalan; peramalan; Loss of Load Probability Index

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini, listrik sudah menjadi kebutuhan primer bagi masyarakat Indonesia. Kebutuhan akan listrik yang sangat besar, memacu produsen listrik untuk menjaga pasokan listriknya. Produsen listrik yang dalam hal ini adalah unit-unit pembangkit listrik, memiliki fungsi utama untuk menghasilkan daya, guna memenuhi kebutuhan masyarakat sebagai konsumen.

Salah satu perusahaan pembangkit listrik di Indonesia adalah PT. Indonesia Power, yang merupakan anak perusahaan PLN. PT. Indonesia Power (IP) merupakan perusahaan listrik yang memiliki daya mampu terbesar di Indonesia, dengan delapan Unit Bisnis Pembangkitan yang tersebar di seluruh pelosok nusantara. Salah satu Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) yang menyuplai paling banyak energi listrik di Jawa Bali adalah UBP Suralaya, yaitu sebesar 3400 MW.

Sebagai pembangkit dengan supply energi terbesar, UBP Suralaya berusaha menjaga pasokan listriknya, agar permintaan atau yang dalam istilah perusahaan adalah beban listrik,

dapat dipenuhi. Jika daya yang dihasilkan lebih kecil daripada beban, maka akan terjadi peristiwa pemadaman listrik. UBP Suralaya memiliki tujuh buah unit pembangkit yang diberi nama Unit 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Unit 1-4 memiliki daya mampu sebesar 400MWh, sedangkan unit 5-7 sebesar 600 MWh.

Ketidakmampuan pembangkit dalam memenuhi kebutuhan listrik dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya disebabkan oleh gangguan yang terjadi dari dalam pembangkit. Mengatasi hal tersebut, maka dibutuhkan sebuah metode untuk menganalisis keandalan pembangkit. Keandalan dapat dihitung melalui berbagai macam nilai indeks. Selama ini perusahaan telah melakukan perhitungan indeks keandalan, namun masih bersifat deterministik. Artinya, evaluasi dilakukan setelah kinerja terjadi, kemudian diputuskan bahwa target semester mendatang harus melebihi pencapaian dari kinerja semester yang telah dihitung. Penelitian ini menggunakan *Loss of Load Probability*(LOLP), yaitu indeks keandalan yang mempertimbangkan peluang suatu pembangkit ketika daya yang dihasilkan kurang dari beban. Dengan indeks LOLP, maka perusahaan dapat memutuskan target semester mendatang berdasarkan pola dari semester lalu, dan dapat mengetahui peramalan beban, sehingga pembangkit dapat mengetahui kira-kira berapa beban yang harus ditanggung. Dengan LOLP pula, pembangkit akan mengetahui kemampuan untuk semester mendatang, apakah akan dapat memenuhi beban atau tidak. LOLP yang tinggi menunjukkan ketidakhandalan pembangkit sedangkan sebaliknya, LOLP yang rendah menunjukkan tingkat keandalan pembangkit yang tinggi. Penelitian ini mengambil sampel Pembangkit pada Unit 2, karena berdasarkan data, unit 2 merupakan unit yang paling sering mendapatkan gangguan.

## 2. METODE PENELITIAN

Keandalan adalah peluang suatu sistem atau komponen dapat melaksanakan fungsinya dengan baik tanpa mengalami kegagalan pada kondisi dan waktu tertentu [1]. secara matematis, keandalan atau yang disebut sebagai reliabilitas merupakan fungsi dari waktu  $R(t) = P(T \geq t)$ , dengan  $R(t) \geq 0$ ,  $R(0) = 1$ , dan  $\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0$

Didefinisikan pula bahwa:

$$F(t) = 1 - R(t) = P(T < t) \quad (1)$$

dimana,  $F(0) = 0$ , dan  $\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$ , dengan  $F(t)$  = distribusi kumulatif dari distribusi kerusakan dan  $f(t)$  = fungsi densitas peluang dengan  $\int_0^{\infty} f(t) dt = 1$ .

Terminologi reliabilitas ini dapat pula digunakan untuk menentukan waktu rata-rata sistem tersebut hingga mengalami gangguan atau dinamakan dengan *mean time to failure* (MTTF). Adapun fungsinya adalah sebagai berikut:

$$MTTF = E(t) = \int_0^{\infty} t f_{\lambda}(t) dt \text{ atau } MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2)$$

dengan  $f_u(t)$  adalah fungsi densitas *up time* (sistem berjalan sebagaimana mestinya)

Selain MTTF, dari sistem yang *repairable* atau dapat diperbaiki, ada yang dinamakan dengan *mean time to repair* (MTTR). MTTR ini didapat dari rata-rata perbaikan sistem ( $\mu$ ). Adapun fungsinya adalah:

$$MTTR = E(t) = \int_0^{\infty} t f_d(t) dt \quad (3)$$

dengan  $f_d(t)$  adalah fungsi densitas *down time* (sistem berjalan tidak sebagaimana mestinya)

Suatu sistem dikatakan handal jika dapat melaksanakan fungsinya dengan baik, salah satunya adalah dapat memenuhi kebutuhan konsumen listrik. Kebutuhan yang sering disebut dengan beban itu haruslah lebih kecil dari daya yang dihasilkan perusahaan listrik. Maka dari itu perlu diketahui suatu indeks yang dapat mencerminkan keandalan pembangkit dilihat dari kemampuannya dalam memenuhi kebutuhan konsumen dengan indeks *Loss of Load Probability* (LOLP)

## 2.1. Loss of Load Probability Index

Kemungkinan bahwa pembangkit tidak dapat melayani beban atau kebutuhan konsumen tenaga listrik dinyatakan dalam indeks *Loss of Load Probability* atau biasa disebut dengan LOLP [2].

Dalam perhitungannya, LOLP melibatkan suatu faktor yang dinamakan FOR. FOR adalah sebuah faktor yang menggambarkan sering-tidaknya suatu unit pembangkit mengalami gangguan, biasanya diukur untuk masa satu tahun. Dalam istilah reliabilitas, FOR dapat juga disebut dengan *unavailability*. *Unavailability* adalah kebalikan dari *availability* yang artinya tingkat jaminan ketersediaan daya dalam sistem. *Availability* dapat dihitung dengan [3]:

$$availability = \frac{T_{up}}{T_{up} + T_{down}} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (4)$$

sedangkan *unavailability* adalah

$$unavailability = 1 - availability = \frac{T_{down}}{T_{up} + T_{down}} = \frac{MTTR}{MTTF + MTTR} \quad (5)$$

nilai *unavailability* atau FOR inilah yang akan mengekspresikan ketersediaan pembangkit untuk mendapatkan LOLP.

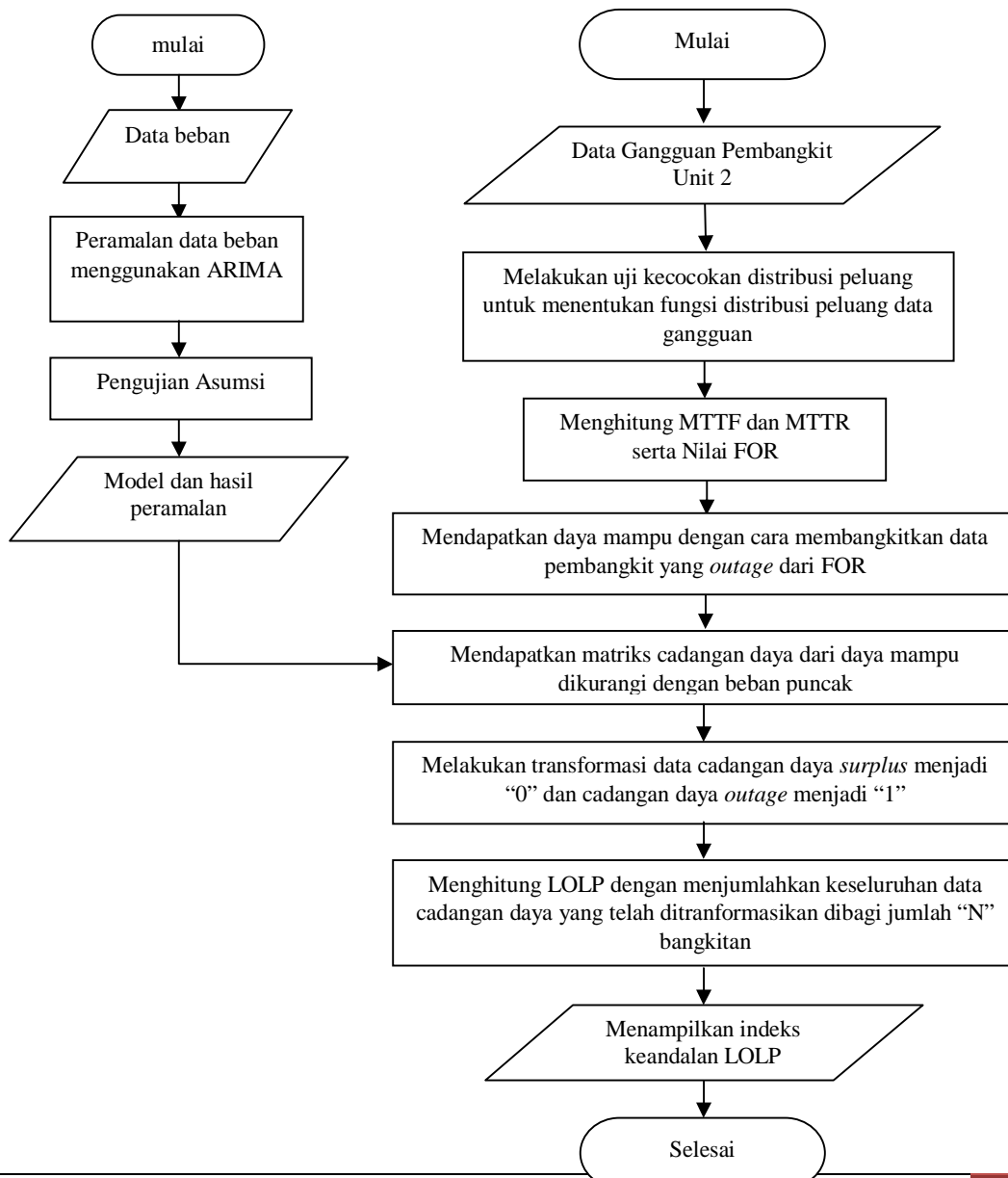
LOLP merupakan indeks *risk level* dalam operasi sistem pembangkit listrik Apabila diinginkan tingkat jaminan operasi yang tinggi, maka *risk level* harus rendah atau LOLP harus kecil, dan ini berarti bahwa investasi harus tinggi untuk keperluan mendapatkan daya terpasang yang tinggi dan juga untuk mendapatkan nilai pembangkit dengan nilai *Forced Outage Rate* (FOR) yang rendah [2]. Selain itu, untuk mengetahui berapa nilai LOLP

khususnya untuk keperluan prediksi keandalan, maka perlu diketahui pola kinerja sistem berdasarkan data gangguan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dan prediksi nilai beban. Beban dapat diprediksi dengan metode peramalan menggunakan model ARIMA. Formula dari LOLP adalah:

$$LOLP = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \quad (6)$$

dengan,  $\sum_{i=1}^n S_i$  = jumlah pembangkit yang outage dan  $n$  = jumlah sampel bangkitan.

## 2.2. Tahapan Analisis



Gambar 1. *Flowchart* Tahapan Perhitungan LOLP

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang didapat dari perusahaan dengan data berupa data gangguan dalam tiap mesin pembangkit dan data beban mesin di UBP Suralaya tahun 2014. Unit pembangkit yang dipilih adalah Unit 2 UBP Suralaya, karena unit tersebut pada tahun 2014 terjadi paling banyak gangguan.

Untuk menyelesaikan permasalahan perusahaan, maka diperlukan tahapan analisis data seperti yang disajikan dalam *flowchart* pada Gambar 1.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tahapan analisis memberikan hasil bahwa uji kecocokan distribusi (*goodness of fit*) dari waktu antar kerusakan yang terjadi pada unit 2 pembangkit Suralaya adalah distribusi Weibull 2 parameter. Demikian halnya dengan waktu perbaikan (*repair time*) juga berdistribusi Weibull 2 parameter. Pengujian dilakukan dengan statistik uji Kolmogorov Smirnov serta Anderson Darling. Keduanya memberikan hasil yang serupa. Table 1, merupakan ringkasan dari hasil goodness of fit beserta taksiran parameternya.

Tabel 1. Goodness of Fit Time to Failure dan Time to Repair

MTTF				MTTR			
Kolmogorov-Smirnov				Kolmogorov-Smirnov			
Statistic	0.20658			Statistic	0.31968		
P-Value	0.8723			P-Value	0.47423		
$\alpha$	0.05	0.02	0.01	$\alpha$	0.05	0.02	0.01
Critical Value	0.51926	0.57741	0.61661	Critical Value	0.48342	0.53844	0.57581
Reject?	No	No	No	Reject?	No	No	No
Anderson-Darling				Anderson-Darling			
Statistic				Statistic			
Rank				Rank			
$\alpha$	0.05	0.02	0.01	$\alpha$	0.05	0.02	0.01
Critical Value	2.5018	3.2892	3.9074	Critical Value	2.5018	3.2892	3.9074
Reject?	No	No	No	Reject?	No	No	No
Estimate Parameter				Estimate Parameter			
Beta = 0.29738		Theta = 511.32		Beta = 1.0922		Theta = 28.081	

Taksiran parameter dipergunakan untuk menghitung nilai MTTF dan MTTR. Diperoleh hasil perhitungan MTTF = 1022.64 jam dan MTTR = 27.104 jam. Nilai MTTF menunjukkan bahwa rata-rata waktu menuju kerusakan atau gangguan berikutnya adalah setelah 1022.64 jam beroperasi, sedangkan MTTR merupakan rata-rata waktu perbaikan saat terjadi

gangguan, yaitu selama 27.104 jam. Dari nilai MTTF dan MTTR tersebut, kemudian dapat dihitung nilai FOR.

$$FOR = \frac{MTTR}{MTTF + MTTR} = \frac{27.104}{1022.64 + 27.104} = 0.02582$$

Nilai FOR merepresentasikan ketidakmampuan system dalam menjamin ketersediaan daya. Kebalikan dari nilai FOR berarti jaminan unit 2 dalam memberikan ketersediaan daya adalah sebesar  $1 - 0.02582 = 0.97418$  atau 97.418%.

Dalam analisis lanjutan, peneliti harus melakukan simulasi dengan membangkitkan data yang bernilai antara 0 dan 1. Kemudian memberikan tanda 1, jika data bangkitan berada diluar range FOR dan 0 jika masih dalam range FOR. Peneliti membangkitkan berbagai macam "N" atau jumlah bangkitan data, untuk melihat kokonvergenan nilai LOLP.

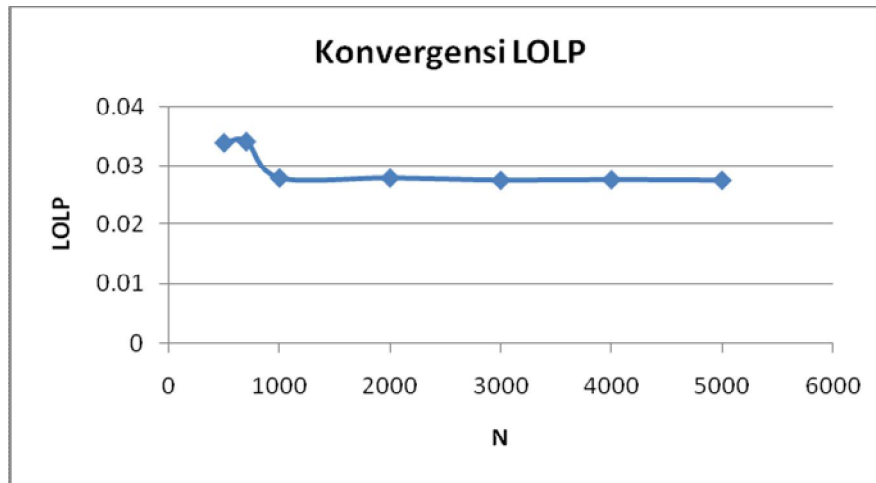
Untuk mendapatkan matriks cadangan daya, terlebih dahulu dilakukan peramalan data beban mingguan dengan menggunakan ARIMA. Beberapa model dicobakan, model terbaik dengan eror terkecil serta asumsi terpenuhi adalah ARIMA (1,0,1). Hasil peramalan yang dipakai adalah beban maksimum atau beban puncak. Peramalan beban untuk 30 periode, memberikan hasil beban yang harus ditanggung unit 2 adalah antara 347.4 sampai 371,08 MWh. Artinya pada semester pertama (bulan Januari sampai Juni 2015), pembangkit harus mampu memproduksi listrik paling tidak sebesar beban puncak tersebut agar kebutuhan listrik terpenuhi.

Cadangan daya diperoleh dengan menghitung daya mampu berdasarkan simulasi data bangkitan yang telah diberi kode 0 atau 1 dan dikalikan dengan 400MWh (daya mampu unit 2), kemudian daya mampu dikurangkan dengan nilai beban puncak, yaitu 371.08. Saat daya mampu lebih besar dari beban, maka diperoleh cadangan daya, sebaliknya, jika daya mampu kurang dari beban, maka terjadi derated. Pengkodean kembali dilakukan, nilai 0 jika terjadi cadangan daya, dan 1 jika terjadi derated/outage. Nilai LOLP akan dihitung dari jumlahan kode 0 dan 1 yang terjadi, kemudian dibagi dengan banyaknya data bangkitan. Tabel 2 adalah nilai LOLP dari berbagai macam ukuran data bangkitan, sedangkan Gambar 2 merupakan grafiknya.

Tabel 2. Tabel Konvergensi LOLP

No	Jumlah Bangkitan	LOLP
1	500	0.034
2	700	0.0342
3	1000	0.028
4	2000	0.028
5	3000	0.0276
6	4000	0.0277
7	5000	0.0276

Pada gambar 2, nilai LOLP mulai konvergen pada jumlah bangkitan sebanyak 2000 bangkitan sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa LOLP pada bulan Januari-Juni 2015 adalah sebesar 0.0276 , yang berarti adalah kemungkinan mesin –mesin di Unit 2 Pembangkit Suralaya tidak dapat memenuhi beban adalah sebesar 2.76 %. Atau dengan kata lain peluang UBP Suralaya dapat memenuhi kebutuhan listrik adalah sebesar 97.24%.



Gambar 2. Kurva Konvergensi untuk LOLP

#### 4. SIMPULAN

Dari berbagai analisis dapat ditarik kesimpulan bahwa indeks keandalan Unit 2 pembangkit Suralaya adalah sebesar 97.24%. Artinya peluang UBP Suralaya dapat memenuhi kebutuhan listrik adalah sebesar 97.24%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ebeling, Charles. 1997. *An introducing to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw Hill Co, Inc.
- [2] Priyanta, Dwi. 2000. *Keandalan dan Perawatan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [3] Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Listrik