

# PERHITUNGAN *LOSS OF LOAD PROBABILITY* (PROBABILITAS KEHILANGAN BEBAN) SISTEM TENAGA LISTRIK DI PT.PUPUK SRIWIDJAJA

Rina Apriani<sup>1\*</sup>, Rudyanto Thayib<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya,, \*Email : rinaaprianichen@gmail.com

*Abstrak*—Tingkat keandalan yang baik menentukan kelangsungan penyaluran tenaga listrik pada sistem tersebut. Ketersediaan daya yang kurang mencukupi akan mempengaruhi tingkat keandalan suatu sistem. Dalam menghitung keandalan, salah satu metode adalah metode *Loss of Load Probability* (probabilitas kehilangan beban). *Loss of Load Probability* adalah indeks level resiko dalam mengoperasikan sistem tenaga listrik. Tingkat keandalan yang tinggi dapat diperoleh dengan level resiko yang rendah atau kecil. *Loss of Load Probability*(LOLP) sistem tenaga listrik di PT.PUPUK SRIWIDJAJA (Pusri) pada saat ini sebesar 9 hari/tahun. Setelah Pusri-IIB menggantikan posisi Pusri-II LOLP sistem tenaga listriknya menjadi 7.03 hari/tahun. Bila saat *gas turbine generator* dengan kapasitas 21.5MW sedang dalam perawatan atau pemeliharaan, LOLP pada sistem tenaga listrik menjadi sebesar 63.8 hari/tahun. Bila saat *Steam Turbine Generator* dengan kapasitas 20MW sedang dalam perawatan atau pemeliharaan, LOLP pada sistem tenaga listrik menjadi sebesar 73 hari/tahun. Bila saat *Gas Turbine Generator* dengan kapasitas 15MW sedang dalam perawatan atau pemeliharaan, LOLP pada sistem tenaga listrik menjadi sebesar 41.85 hari/tahun. Untuk mendapatkan indeks *Loss of Load Probability* maksimal 1 hari/tahun maka dua buah *steam turbine generator* Pusri-IIB harus diperbesar menjadi 30MW.

*Kata Kunci:* Loss of Load Probability, indeks keandalan, sistem tenaga listrik, probabilitas, kehilangan beban

*Abstract*—A good level of reliability power distribution determine the viability of the system. Insufficient power availability will affect the level of system reliability. In calculating the reliability, one of method is *Loss of Load Probability* method. *Loss of Load Probability* is the risk level index in operating the electric power system. High degree of reliability can be obtained with a low risk level. *Loss of Load Probability* (LOLP) power systems in PT.Pupuk Sriwidjaja (Pusri) is currently 9 days / year. After Pusri-IIB replaced Pusri-II electrical power system, LOLP is 7,03 days / year. When the gas turbine generators with capacity 21.5MW is under maintenance, LOLP of the power system becomes 63.8 days / year. When the current steam turbine generators with capacity 20MW is under maintenance, LOLP of the power system will be 73 days / year. then at the time gas turbine generators with capacity 15mW is under maintenance, LOLP of the power system is 41.85 days / year. To get the *Loss of Load Probability* index up to 1 day / year, then two *Steam Turbine Generators* Pusri-IIB should be enlarged to 30MW.

*Keywords.* *Loss of Load Probability, reliability index, electric power systems, probability, loss of load*

## I. PENDAHULUAN

Penyaluran tenaga listrik tanpa bergantung pada daya dari PT.PLN merupakan hal yang penting untuk dijaga keandalannya. Ada kelebihan dan kekurangan memiliki pembangkitan yang mandiri, seperti hal nya yang dimiliki oleh PT.Pupuk Sriwidjaya (Pusri) Palembang. Penambahan unit pembangkit dan unit beban yang sedang dilakukan juga akan mempengaruhi keandalan penyediaan tenaga listrik dari yang sebelumnya telah ada.

Penambahan unit pembangkit dilakukan untuk mengimbangi penyediaan tenaga listrik yang juga makin meningkat dengan akan bertambahnya pabrik baru. Masalah yang terjadi pada proses pembangkitan dapat mengganggu pasokan daya pada sistem yang ada. Apabila ketersediaan daya dari pembangkit tidak mencukupi, maka tingkat keandalan akan berkurang. Tingkat keandalan yang baik menentukan kelangsungan penyaluran tenaga listrik pada sistem tersebut.

Beban juga merupakan faktor penting dalam menghitung probabilitas indeks keandalan suatu

sistem tenaga. Besar beban puncak dan jumlah gangguan yang sering terjadi pada sistem tersebut sangatlah penting untuk diketahui dalam menghitung keandalan sistem tenaga listrik. Dengan mengetahui beban puncak tersebut dapat dianalisa dan ditarik kesimpulan agar keandalan sistem tersebut dapat lebih baik lagi. Dengan demikian, diharapkan PT. Pusri dapat mengetahui dan mendapatkan sistem kelistrikan dengan keandalan yang tinggi dari hasil-hasil evaluasi dengan saran-saran yang diajukan yang berhubungan dengan keandalan sistem pembangkit PT. Pusri

### A. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan jurnal ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung keandalan sistem tenaga listrik PT. Pusri pada saat ini
2. Menghitung keandalan sistem tenaga listrik setelah penambahan beban dari pabrik baru.
3. Mengetahui berapa besar perubahan probabilitas indeks keandalan setelah ditambahkan pabrik baru.

4. Menganalisa sistem pembangkitan dengan asumsi LOLP maksimal 1 hari/tahun agar mendapatkan kualitas penyediaan tenaga listrik yang baik.

**B. Perumusan Masalah**

Masalah yang akan dibahas dalam jurnal ini, yakni:

1. Kelangsungan penyediaan tenaga listrik agar mencapai kualitas penyediaan tenaga listrik yang baik dengan mengetahui pengaruh penambahan unit pembangkit terhadap hasil perhitungan indeks keandalan.
2. Mengetahui keandalan sistem kelistrikan dengan pengaruh penambahan beban sehingga dengan adanya gangguan pada pembangkit, tidak menyebabkan terputusnya tenaga listrik pada sistem tersebut.
3. Dengan asumsi indeks keandalan probabilitas maksimal kehilangan beban 1 hari/tahun dapat menentukan sistem pembangkitan yang baik.

**II. TINJAUAN PUSTAKA**

**A. Definisi Keandalan**

Definisi sederhana dari keandalan adalah probabilitas suatu barang atau peralatan dan kumpulannya yang menunjukkan statistik selama kondisi ditetapkan dalam suatu periode waktu. Periode waktu ditetapkan secara spesifik dengan menjadi bagian pokok dari keandalan. Periode waktu adalah kondisi alat atau barang selama masa kerja sesuai fungsi (*lifetime*) barang tersebut.

**B. Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi**

Keandalan suatu sistem distribusi tenaga listrik untuk menjaga kontinuitas pasokan listrik ke pengguna tenaga listrik juga dipengaruhi oleh aspek konfigurasi sistem jaringan distribusi. Topologi jaringan pada sistem distribusi mempunyai banyak perkembangan tetapi pada dasarnya hanya terdapat dua topologi jaringan, yaitu:

1. Jaringan radial, jaringan yang saluran utamanya berupa satu garis. Sistem jaringan tipe radial ini memiliki keandalan yang rendah apabila hanya dipasok dari satu sumber tenaga.
2. Jaringan bentuk tertutup, jaringan yang saluran utamanya berbentuk tertutup (*loop*). Keandalan sistem jaringan ini lebih tinggi dibandingkan dengan sistem jaringan tipe radial sehingga pemadaman dapat dikurangi atau bahkan dihindari.

**C. Keandalan Sistem Radial**

Sistem distribusi dengan tipe radial banyak sekali digunakan serta luas pemakaiannya karena bentuk yang sederhana terutama untuk mensuplai daerah beban yang mempunyai kerapatan beban yang rendah atau sedang. Pada distribusi dengan tipe radial yang komponennya terhubung secara seri, maka laju pemutusan beban rata-rata adalah jumlah pemutusan beban dari setiap komponennya.

**D. Laju Kegagalan**

Ketika peralatan akan dioperasikan, disanalisa pada awalnya terdapat kemungkinan besar terjadinya kegagalan premature yang berkurang tergantung waktu. Selama waktu perancangan terdapat beberapa kegagalan dan pada umumnya mejadi sifat dasar untuk menghitung kegagalan tetap yang terjadi pada peralatan tersebut.

Nilai kegagalan didefinisikan pada (1)

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah kegagalan dalam periode waktu}}{\text{jumlah waktu pengamatan}} = \frac{N}{\Sigma T} \quad (1)$$

Jika selama waktu kerja dari kegagalan peralatan adalah diasumsikan sebagai acak atau tetap bisa dideskripsikan oleh distribusi eksponensial. Jika frekuensi laju kegagalan sangat kecil maka keandalannya sangat bagus [2].

**E. Indeks Keandalan Sistem**

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Suatu besaran untuk membandingkan penampilan sistem distribusi, tiga indeks keandalan titik beban yang paling sering digunakan dalam sistem distribusi radial adalah laju pemutusan beban rata-rata  $f_s$  (pemutusan beban/tahun), waktu keluar rata-rata  $r_s$  (jam/pemutusan beban) dan lama pemutusan beban rata-rata  $U_s$  (jam/tahun).

Peralatan sistem pembangkitan pada dasarnya ditinjau pertahun. Kondisi peralatan tersebut dinyatakan dengan ukuran waktu pertahun dan dianggap berlaku selama satu tahun, walaupun datanya diambil selama beberapa waktu terakhir. Ketersediaan unit pembangkit juga biasanya dinyatakan dalam kisaran jam pertahun. Sama juga halnya dengan indeks keandalan sistem yang dinyatakan dalam hari pertahun.

**F. Distribusi Binomial**

Dengan distribusi binomial memungkinkan untuk mencari nilai probabilitas sukses dan probabilitas gagal suatu kejadian yang juga akan digunakan dalam mencari probabilitas individu suatu pembangkit.:

$$(p + q)^n = 1 \quad (2)$$

$$p+q=1 \quad (3)$$

$$(p + q)^n = p^n + np^{n-1}q + \frac{n(n-1)}{2!} p^{n-2}q^2 + \dots + \frac{n(n-1)\dots(n-r+1)}{r!} p^{n-r}q^r + \dots + q^n \dots \dots \quad (4)$$

dengan:

- p adalah probabilitas sukses
- q adalah probabilitas gagal
- n adalah jumlah pembangkit
- r adalah jumlah sukses

Nilai probabilitas individu dicari dengan persamaan berikut (Thayib, 2003)

$$P_r = \frac{n!}{r!(n-r)!} p^r q^{n-r} = {}_n C_r p^r q^{n-r} = {}_n C_r p^r (1-p)^{n-r} \quad (5)$$

Persamaan (1) - (5) adalah persamaan probabilitas kumulatif.

*G. LOLP (Loss of Load Probability)*

Ukuran keandalan dinyatakan dalam hari pertahun, beban sistem akan sama, lebih besar, atau lebih rendah 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 individunya terlebih dahulu, kemudian baru didapatkan tabel probabilitas kehilangan beban. Sering tidaknya pembangkit mengalami gangguan atau biasanya diketahui sebagai nilai FOR (6).

$$FOR = \frac{\text{Jumlah Jam Unit Terganggu}}{\text{Jumlah Jam Unit Beroperasi} + \text{Jumlah Jam Unit Terganggu}} \quad (6)$$

Kurva lama beban akan diurutkan dari beban tertinggi ke beban terendah selama periode waktu dalam persen.  $d_n$  adalah interval waktu antara titik-titik potong kurva lama beban dengan kapasitas gangguan.

$$LOLP(t_n) = P_1 x d_1 + P_2 x d_2 + \dots + P_n x d_n \quad (7)$$

$$LOLP = \sum (P_n x d_n) \quad (8)$$

Dengan  $t_n$  pada (7) dan (8) adalah periode waktu perhitungan,  $P_n$  adalah probabilitas individu kapasitas gangguan atau probabilitas dari Outage maka hasil kali  $P_n$  dan  $d_n$  adalah probabilitas kehilangan beban selama seluruh periode yang disebabkan oleh kapasitas gangguan.

Menghitung nilai LOLP menggunakan kurva lama beban puncak harian dengan menggunakan kurva beban seperti pada (9) dan (10).

$$d_1 = d_2 = \dots = d_n = 1 \text{ hari}$$

$$LOLP(t_n) = \sum P_n \text{ hari/periode} \quad (9)$$

$$P_n = P(x_{n-1}) = \text{probabilitas kapasitas gangguan} \geq x_{n-1}$$

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

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

$$LOLP(t_n) = \sum_{j=1}^n P(C - L_j) \text{ hari/periode} \quad (10)$$

dengan:

- $n$  = jumlah hari dalam periode  $t_n$
- $L_j$  = beban puncak pada hari ke  $j$
- $C$  = kapasitas terpasang

Pers. (11) menunjukkan nilai LOLP tahunan yang diperoleh dari penjumlahan LOLP setiap periode dalam tahun tersebut, sehingga diperoleh:

$$P_i(x) = P_i(C_i - L_{i,j}) \quad (11)$$

$$LOLP(t_n) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} P_i(C_i - L_{i,j}) \text{ hari/tahun} \quad (12)$$

dengan:

- $m$  = jumlah periode dalam satu tahun
- $n_i$  = jumlah hari dalam periode ke  $i$

- $C_i$  = kapasitas terpasang pada periode ke  $i$
- $L_{i,j}$  = beban puncak pada hari ke  $j$  dari periode ke  $i$
- $P_i(x)$  = probabilitas kapasitas outage  $x$  pada periode ke  $i$

III. METODOLOGI

A. *Objek Penelitian*

Objek yang diteliti adalah keandalan sistem tenaga listrik di PT.Pusri yang mempunyai empat pembangkit listrik tenaga gas dan saling berhubungan satu sama lainnya. Pabrik baru yang akan sedang dibangun dan penambahan unit beban pada jaringan distribusi yang akan mempengaruhi indeks keandalan pada penyediaan tenaga listrik di sistem tersebut.

B. *Metode Pengambilan Data*

Objek penelitian pada beberapa pembangkit yang saling berinterkoneksi dan sejumlah beban yang merupakan total dari beban rumah tangga, industri, dan beban *emergency* seperti rumah sakit. Dibutuhkan data yang berkaitan dengan jumlah pembangkit, kapasitas pembangkit, jumlah beban dan beban puncak harian selama beberapa tahun terakhir dari PT. Pusri serta data gangguan yang terjadi di pabrik atau beban industri dan beban lain seperti beban rumah tangga dan beban fasilitas umum dalam kompleks pusri selama beberapa waktu terakhir.

IV. ANALISA KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK

A. *Umum*

Tingkat keandalan sistem tenaga listrik PT. Pusri akan dianalisa dengan menghitung keandalan sistem sekarang ini dan membandingkannya dengan keandalan sistem pada saat setelah penambahan unit pembangkit dan unit beban. Keandalan dihitung dengan menggunakan metode LOLP (*Loss of Load Probability*) yang dihitung berdasarkan beban puncak harian selama satu tahun, kapasitas pembangkit yang ada dan FOR pembangkit.

B. *Forced Outage Rate*

Sering tidaknya pembangkit mengalami gangguan atau biasanya diketahui sebagai nilai FOR (*forced outage rate*).

TABEL 1.  
DATA GANGGUAN GTG PUSRI TAHUN 2013

No.	Tanggal Gangguan	Unit Generator	Lama Gangguan
1.	25 Januari 2013	Pusri-II	105 menit
2.	4 Juni 2013	Pusri-IV	103 menit
3.	7 Juli 2013	Pusri-II	115 menit

Dari data gangguan yang ada, maka nilai *forced outage rate* Pusri-II dengan kapasitas 15MW adalah sebagai berikut :

$$FOR = \frac{\frac{105+115}{60} \text{ jam}}{24 \text{ jam} + \left(\frac{105+115}{60} \text{ jam}\right)}$$

$$FOR = \frac{3.6667}{24 + 3.6667} = 0.1325$$

Nilai *forced outage rate* Pusri-IV dengan kapasitas 15MW adalah

$$FOR = \frac{\frac{103}{60} \text{ jam}}{24 \text{ jam} + \left(\frac{103}{60} \text{ jam}\right)}$$

$$FOR = \frac{1.7167}{24 + 1.7167} = 0.0667$$

Nilai *forced outage rate* Pusri-III dengan kapasitas 15MW dan Pusri-IB dengan kapasitas 21.5MW adalah 0.0667, diasumsikan samadengan *forced outage rate* Pusri-IV.

C. *Loss of Load Probability* pada saat ini

1. *Probabilitas Individu Pembangkit*

Probabilitas individu dengan kapasitas pembangkit yang tidak identik, merupakan penggabungan probabilitas masing-masing pembangkit dengan kapasitas yang tidak sama.

a. *Pembangkit GTG 1 x 21.5MW (Pusri-IB)*

Probabilitas individu Pusri-IB (1 x 21.5MW), dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2  
PROBABILITAS INDIVIDU GTG 1 x 21.5 MW

No.	Unit in	Unit Out	Kapasitas Gangguan (MW)	Kapasitas Terpasang (MW)	Probabilitas
1.	1	0	0	21,5	0.9333
2.	0	1	21,5	0	0.0667
Σ =					1

b. *Pembangkit GTG 1 x 15 MW (Pusri-II)*

Probabilitas individu untuk pembangkit Pusri-II dengan kapasitas 15MW tertera pada Tabel 3.

TABEL 3  
PROBABILITAS INDIVIDU GTG 1 x 15 MW

No.	Unit in	Unit Out	Kapasitas Gangguan (MW)	Kapasitas Terpasang (MW)	Probabilitas
1.	1	0	0	15	0.8675
2.	0	1	15	0	0.1325
Σ =					1

c. *Pembangkit GTG 2 x 15 MW (Pusri-III dan Pusri-IV)*

Dengan distribusi binomial akan didapat nilai sprobabilitas individu pembangkit,

$$FOR = q = 0.0667$$

$$p = 1 - q = 1 - 0.0667 = 0.9333$$

$$(p + q)^n = 1 ; \text{Dua pembangkit } (n = 2)$$

$$P^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$P^2 = 0.9333^2 = 0.8710$$

$$2pq = 2(0.9333)(0.0667) = 0.1245$$

$$q^2 = 0.0667^2 = 0.0044$$

TABEL 4  
PROBABILITAS INDIVIDU GTG 2 x 15 MW

No.	Unit in	Unit Out	Kapasitas Gangguan (MW)	Kapasitas Terpasang (MW)	Probabilitas
1.	2	0	0	30	0.8710
2.	1	1	15	15	0.1245
3.	0	2	30	0	0.0044
Σ =					1

d. *Probabilitas Gabungan (Pusri-II, Pusri-III, Pusri-IV, dan Pusri-IB)*

Probabilitas bersama dihitung dengan menggunakan metode probabilitas dengan kapasitas yang tidak identik.

Untuk pembangkit GTG 2 x 15MW,

$$(p_1 + q_1)^n = 1 ; \text{Dua pembangkit } (n = 2)$$

$$p_1^2 + 2 p_1q_1 + q_1^2 = 1$$

$$p_1^2 = 0.9333^2 = 0.8710$$

$$2 p_1q_1 = 2 (0.9333)(0.0667) = 0.1245$$

$$q_1^2 = 0.0667^2 = 0.0044$$

Pembangkit GTG 1 x 21.5 MW,

$$FOR = q_2 = 0.0667$$

$$p_2 = 1 - q_2 = 1 - 0.0667 = 0.9333$$

Pembangkit GTG 1 x 15 MW,

$$FOR = q_3 = 0.1325$$

$$p_3 = 1 - q_3 = 1 - 0.1325 = 0.8675$$

4 unit in (66.5MW),

$$p = p_1^2 \times p_2 \times p_3$$

$$= 0.8710 \times 0.9333 \times 0.8675$$

$$= 0.705234063$$

3 unit in, 1 unit out (51.5MW),

$$p = (2 p_1q_1 \times p_2 \times p_3) + (p_1^2 \times p_2 \times q_3)$$

$$= (0.1245 \times 0.9333 \times 0.8675) + (0.8710 \times 0.9333 \times 0.1325)$$

$$= 0.100801697 + 0.10775866$$

$$= 0.208517563$$

3 unit in, 1 unit out (45MW),

$$p = p_1^2 \times q_2 \times p_3$$

$$= 0.8710 \times 0.0667 \times 0.8675$$

$$= 0.050400849$$

2 unit in, 2 unit out (36.5MW),

$$p = (q_1^2 \times p_2 \times p_3) + (2p_1 q_2 \times p_3)$$

$$= (0.0044 \times 0.9333 \times 0.8675) + (0.1245 \times 0.9333 \times 0.1325)$$

$$= 0.003601989 + 0.015396225$$

$$= 0.018998214$$

2 unit in, 2 unit out (30MW),

$$p = (p_1^2 \times q_2 \times q_3) + (2p_1 q_2 \times p_3)$$

$$= (0.8710 \times 0.0667 \times 0.1325) + (0.1245 \times 0.0667 \times 0.8675)$$

$$= 0.007203979 + 0.007698112$$

$$= 0.014902091$$

1 unit in, 3 unit out (21.5MW),

$$p = q_1^2 \times p_2 \times q_2$$

$$= 0.0044 \times 0.9333 \times 0.1325$$

$$= 0.00055016$$

1 unit in, 3 unit out (15MW),

$$p = (2 p_1 q_1 \times q_2 \times q_3) + (q_1^2 \times q_2 \times p_3)$$

$$= (0.0822 \times 0.0667 \times 0.1325) + (0.0044 \times 0.0667 \times 0.8675)$$

$$= 0.000257423 + 0.001100319$$

$$= 0.001357742$$

0 unit in, 4 unit out (0MW),

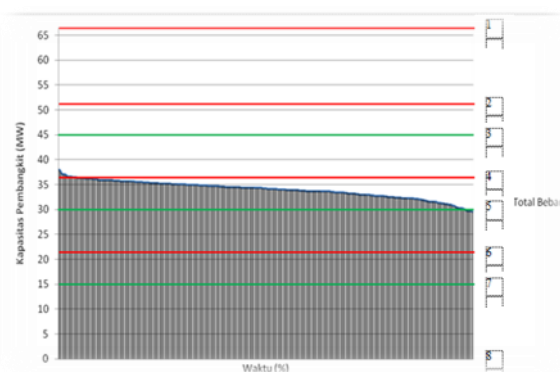
$$p = q_1^2 \times q_2 \times q_3$$

$$= 0.0044 \times 0.0667 \times 0.1325$$

$$= 0.0000393182$$

2. Kurva Lama Beban

Untuk mendapat nilai *Loss of Load Probability* sistem tenaga listrik pada saat ini, maka dibutuhkan nilai beban puncak untuk membuat kurva lama beban pada gambar 1.



Gambar 1. Kurva Lama Beban Sekarang

Dari kurva lama beban yang ada, maka LOLP secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 7.

TABEL 5  
LOSS OF LOAD PROBABILITY BEBAN SAAT INI

No.	Kapasitas Out (MW)	Kapasitas Tersedia (MW)	Probabilitas Gabungan	Total Waktu (%)	LOLP
1.	0	66,5	0.705234063	0	0
2.	15	51,5	0.208517563	0	0
3.	21,5	45	0.050400849	0	0
4.	30	36,5	0.018998214	4.3835	0.832786708
5.	36,6	30	0.014902091	97.808	1.457543707
6.	45	21,5	0.00055016	100	0.055015975

100% waktu = 365 hari

$$LOLP = 2.485052436 \times 365/100$$

$$= 9 \text{ hari/tahun}$$

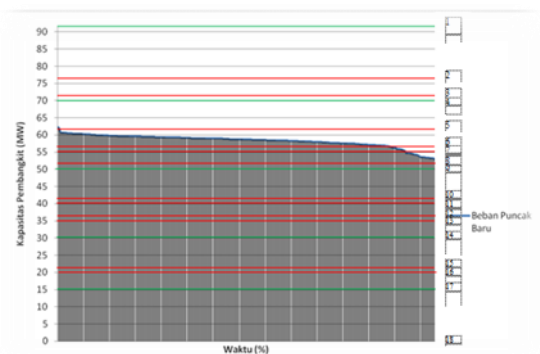
D. LOLP dengan PUSRI-IIB menggantikan PUSRI-II

Sistem pembangkitan setelah penambahan beban pabrik baru yakni Pusri-IIB adalah dengan menghentikan pengoprasian pabrik Pusri-II. Maka dari itu, dalam perhitungan LOLP baru setelah penambahan jumlah beban akan didapatkan pula kurva lama beban yang baru.

PT. Pusri menambahkan dua pembangkit sekaligus dengan jenis pembangkit yang berbeda dari pembangkit yang sebelumnya yakni STG (*Steam Turbine Generator*) yang berbahan bakar batu bara. Saat STG ini di aktifkan maka GTG Pusri-II akan dimatikan. Jadi, PT. Pusri menggunakan 5 generator dengan komposisi GTG 2x15MW, GTG 1x21.5 MW, dan STG 2x20MW.

Dengan menggunakan *IEEE Standard 493-2007* sumber *IEEE Committe report "Report on Reliability Survey of Industrial Plants, Part I: Reliability of Electrical Equipment"*, nilai *Forced Outage Rate* untuk *Steam Turbine Generator* baru yang dimiliki PT. PUPUK SRIWIDJAJA.

Data besar beban Pusri-IIB adalah sebesar 31.4746MW yang diperoleh dari Lampiran C, dengan penjumlahan tiga bagian unit kerja yakni, *Electrical Load List for Utulity* sebesar 15.2493MW, *Electrical Load List for Urea* sebesar 7.3618MW, dan *Electrical Load List for Ammonia* sebesar 8.8635MW untuk project Pusri-IIB.



Gambar 2. Kurva Lama Beban Baru

Setelah mengetahui kurva lama beban yang baru dan nilai probabilitas gabungan seluruh pembangkit, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai LOLP setelah pergantian pabrik.

TABEL 6  
LOSS OF LOAD PROBABILITY YANG BARU

No.	Kapasitas Out (MW)	Kapasitas Tersedia (MW)	Probabilitas Gabungan	Total Waktu (%)	LOLP
1.	0	91.5	0.76175359	0	0
2.	15	76.5	0.10888024	0	0
3.	20	71.5	0.05036387	0	0
4.	21.5	70	0.05444012	0	0
5.	30	61.5	0.00389066	0.547945	0.00213187
6.	35	56.5	0.00719869	88.21918	0.63506285
7.	36.5	55	0.00778133	92.32877	0.71844031
8.	40	51.5	0.00083246	100	0.08324607
9.	41.5	50	0.00359935	100	0.35993468
10.	50	41.5	0.00025723	100	0.02572339
11.	51.5	40	0.00027805	100	0.02780534
12.	55	36.5	0.00011899	100	0.01189867
13.	56.5	35	0.00051447	100	0.05144679
14.	61.5	30	0.00005949	100	0.00594933
15.	70	21.5	0.00000425	100	0.00042518
16.	71.5	20	0.00001838	100	0.00183837
17.	76.5	15	0.00000850	100	0.00085036
18.	91.5	0	0.00000030	100	0.00003039
Σ=					1.9247836

100% waktu = 365 hari

LOLP =  $1.9247836 \times 365/100$

= 7.03 hari/tahun

#### E. Analisa Hasil Perhitungan

Dari perhitungan yang telah dilakukan maka nilai seluruh perhitungan LOLP yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 7.

TABEL 7  
DATA LOSS OF LOAD PROBABILITY PT. PUPUK SRIWIDJAJA

No.	Pembangkitan	LOLP
1.	Pada saat ini	9 hari/tahun
2.	Pusri-II menjadi Pusri-IIB	7.03 hari/tahun
3.	GTG 1 x 21.5MW dalam perawatan	63.8 hari/tahun
4.	STG 1 x 20MW dalam perawatan	73 hari/tahun
5.	GTG 1 x 15MW dalam perawatan	41.85 hari/tahun

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa setelah penambahan beban maka nilai indeks keandalan sistem tenaga listrik di PT.PUPUK SRIWIDJAJA meningkat daripada sistem pembangkitan saat ini, dengan LOLP sekarang sebesar 9 hari/tahun menjadi 7.03 hari/tahun. Perhitungan nilai LOLP dengan asumsi salah satu pembangkit sedang mengalami perawatan ternyata menghasilkan nilai LOLP yang besar karena pembangkitan di PT.PUPUK SRIWIDJAJA ini tergolong sistem pembangkitan n-1, jika dengan satu

pembangkit di nonaktifkan maka sistem tenaga listrik masih dapat berjalan sebagaimana mestinya tetapi, jika terjadi hal yang tidak diinginkan dengan bertambah satu pembangkit yang mengalami gangguan setelahnya maka sistem tersebut dapat terhenti. Oleh karena itu, jika salah satu pembangkit mengalami perawatan maka sistem tenaga listriknya menjadi rawan dalam pelepasan beban.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. *Loss of Load Probability* sistem tenaga listrik di PT.PUPUK SRIWIDJAJA pada saat ini sebesar 9 hari/tahun.
2. Setelah Pusri-IIB menggantikan posisi Pusri-II *Loss of Load Probability* sistem tenaga listriknya menjadi 7.03 hari/tahun.
3. Bila saat *Gas Turbine Generator* dengan kapasitas 21.5MW sedang dalam perawatan atau pemeliharaan, *Loss of Load Probability* pada sistem tenaga listrik menjadi sebesar 63.8 hari/tahun.
4. Bila saat *Steam Turbine Generator* dengan kapasitas 20MW sedang dalam perawatan atau pemeliharaan, *Loss of Load Probability* pada sistem tenaga listrik menjadi sebesar 73 hari/tahun.
5. Bila saat *Gas Turbine Generator* dengan kapasitas 15MW sedang dalam perawatan atau pemeliharaan, *Loss of Load Probability* pada sistem tenaga listrik menjadi sebesar 41.85 hari/tahun.
6. Untuk memperoleh *Loss of Load Probability* maksimal 1 hari/tahun maka dua buah pembangkit Pusri-IIB harus diperbesar menjadi 30MW.

### B. Saran

1. Memperkecil indeks *Loss of Load Probability* dapat dilakukan dengan membangun sebuah pembangkit baru lagi.
2. Memperkecil indeks *Loss of Load Probability* dapat dilakukan juga dengan memperbesar kapasitas pembangkit.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cepin, Marko, *Assessment of Power System Reliability*. New York: Springer, 2011.
- [2] Pabla, A.S., *Electric Power Distribution Systems*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 1981.
- [3] Perdana, Wiwied Putra, dkk., *Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial Gardu Induk Blimbing*. Jurnal EECIS Vo.III No.1, 2009.
- [4] Rosita, Ella, *Analisa Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik dengan Pertimbangan Pengaruh Penambahan Unit Pembangkit dan Urutan Pembebanan Pembangkit*. Palembang: Universitas Sriwijaya, 1995.
- [5] Thayib, Rudyanto, *Buku Ajar "Keandalan Sistem Tenaga Listrik"*. Indralaya: Universitas Sriwijaya, 2003