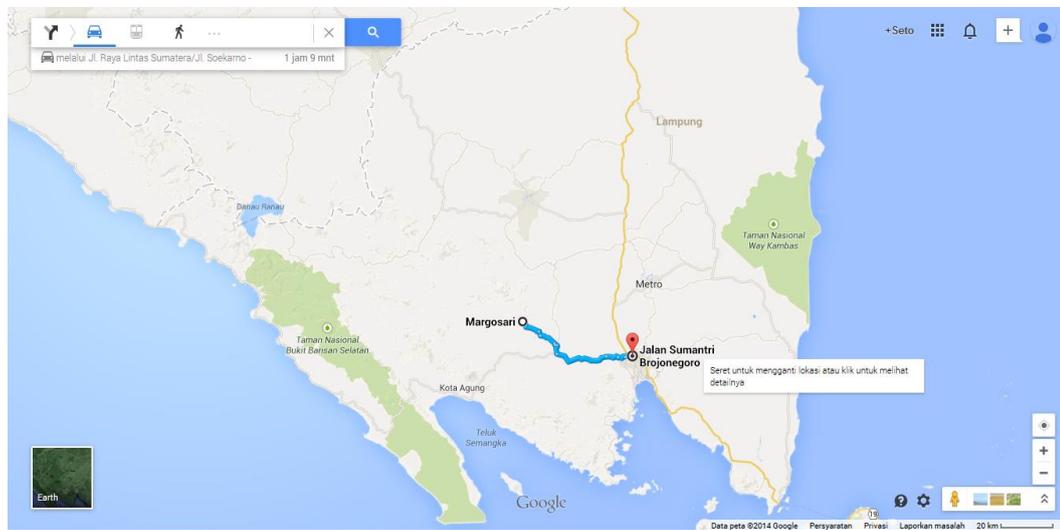


### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Waktu pengerjaan tugas akhir ini dimulai pada bulan Januari 2015, tempat dilakukannya tugas akhir ini di Laboratorium Sistem Tenaga (STE) Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, dan Dusun Margosari Desa Pesawaran Indah Kabupaten Pesawaran.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian<sup>[8]</sup>

Gambar 3.1 merupakan peta lokasi penelitian yaitu dusun margosari desa pesawaran indah kabupaten kecamatan padang cermin pada koordinat  $104^{\circ}51'$  Bujur Timur, dan  $5^{\circ}14'$  Lintang Selatan.

### **3.2. Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Satu unit laptop dengan spesifikasi *Intel core i5 prosesor 1,60 GHz* dengan sistem operasi *windows 8.1 Pro*.
2. Data beban yang ada di Dusun Margosari Desa Pesawaran Indah Kabupaten Pesawaran.
3. Lembar kerja *mic.excel* untuk perhitungan dan pembuatan grafik.
4. *Software homer* untuk mencari nilai *Insolasi* matahari
5. *Software Pvsist 6.9.3* untuk mengetahui kurva karakteristik sel surya

### **3.3. Metode Penelitian**

Penyelesaian tugas akhir ini ada beberapa langkah kerja yang dilakukan, yaitu :

#### **3.3.1. Studi Literatur**

Studi literatur dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

#### **3.3.2. Studi Bimbingan**

Studi bimbingan berupa tanya jawab dengan dosen pembimbing mengenai masalah-masalah yang dihadapi dalam penulisan tugas akhir ini selama penelitian berlangsung.

#### **3.3.3. Pengambilan Data**

Pengambilan data pada tahap ini dimaksudkan untuk mengamati dan mengambil data yang akan diolah dan di analisa . Data yang akan di ambil dan digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data beban di Dusun Margosari.
2. Data daya keluaran generator PLTMH.
3. Data kebutuhan panel surya pada PLTS.
4. Potensi daya yang dihasilkan PLTMH
5. Potensi daya yang dihasilkan PLTS
6. Hasil dan pembahasan potensi daya di Dusun Margosari
7. Hasil dan pembahasan indek keandalan *Loss of Load Probability*

### **3.4. Analisis Keandalan Sistem Hibrid**

#### **3.4.1. *Availability dan Unavailability***

Sebelum menganalisis keandalan suatu sistem tenaga listrik, maka harus diketahui dahulu nilai *availability* (ketersediaan) dan *unavailability* (*ketidaktersediaan*) dari masing-masing pembangkit. Nilai *unavailability* biasanya sering disebut *Forced Outage Rate (FOR)*. Untuk menentukan nilai FOR dapat digunakan persamaan 2.20. setelah nilai FOR diketahui maka dapat dicari atau dihitung kemungkinan pembangkit dapat mensuplai daya ke beban atau disebut *Unavailability*. Untuk lebih jelas mengenai hal ini maka dapat dilihat pada tabel 3.1. berikut.

Tabel 3.1. *Availability* dan *Unavailability*

<b>Plant</b>	<b><i>Unavailability</i></b>	<b><i>Availability</i></b>
PLN	q1	1-q1
PLTS	q2	1-q2
PLTMH	q3	1-q3

Tabel 3.1 merupakan suatu kemungkinan sistem pembangkit *Availability* atau *unavailability* melayani suplai daya ke beban. Untuk nilai *unavailability* (FOR) dilambangkan dengan  $q$ , sedangkan untuk nilai *availability* yaitu  $1-q$ . Semakin besar nilai *unavailability* maka keandalan sistem semakin buruk, dan semakin kecil nilai *unavailability* maka keandalan sistem semakin baik.

### 3.4.2. Probabilitas

Probabilitas merupakan suatu ukuran atau kemungkinan sering tidaknya pembangkit dapat melayani dan mensuplai daya ke beban dengan maksimal, probabilitas dinyatakan antara 0 sampai 1. Untuk menghitung nilai probabilitas suatu sistem tenaga listrik dapat digunakan konsep kombinasi seperti pada persamaan 2.23. untuk menggunakan konsep kombinasi harus didapatkan terlebih dahulu nilai *availability* dan *unavailability* seperti pada tabel 3.2 dan tabel 3.3. Setelah data tersebut didapat kemudian dapat digunakan konsep kombinasi untuk menghitung nilai probabilitas suatu sistem pembangkit listrik. Untuk lebih jelas mengenai probabilitas ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.2. Probabilitas 2 Unit Pembangkit

Event	Plant		Availability & Unavailability		Probabilitas ( $p_j$ )
	A	B	A	B	
Event 1	<i>up</i>	<i>up</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A1A2</i>
Event 2	<i>down</i>	<i>up</i>	<i>R1</i>	<i>A2</i>	<i>R1A2</i>
Event 3	<i>up</i>	<i>down</i>	<i>A1</i>	<i>R2</i>	<i>A1R2</i>
Event 4	<i>down</i>	<i>down</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R1R2</i>

$$\sum p_j = 1$$

Tabel 3.3. Probabilitas 3 Unit Pembangkit

Event	Plant			Availability & Unavailability			Probabilitas ( $p_j$ )
	A	B	C	A	B	C	
Event 1	1	1	1	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A1A2A3</i>
Event 2	0	1	1	<i>R1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>R1A2A3</i>
Event 3	1	0	1	<i>A1</i>	<i>R2</i>	<i>A3</i>	<i>A1R2A3</i>
Event 4	1	1	0	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>R3</i>	<i>A1A2R3</i>
Event 5	0	0	1	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>A3</i>	<i>R1R2A3</i>
Event 6	0	1	0	<i>R1</i>	<i>A2</i>	<i>R3</i>	<i>R1A2R3</i>
Event 7	1	0	0	<i>A1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>A1R2R3</i>
Event 8	0	0	0	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R1R2R3</i>

$$\sum p_j = 1$$

$1 = up$

$0 = down$

Tabel 3.2 merupakan probabilitas dengan dua pembangkit dimana *A* adalah *availability* sedangkan *R* merupakan *unavailability (FOR)*. Sedangkan tabel 3.3 merupakan probabilitas dengan tiga unit pembangkit dimana *A* adalah *availability* sedangkan *R* merupakan *unavailability*. Semakin besar nilai probabilitas maka semakin baik keandalan suatu sistem tenaga listrik, sedangkan semakin kecil probabilitas maka semakin buruk keandalan suatu sistem tenaga listrik. Nilai

probabilitas dipengaruhi oleh besarnya outage selama durasi waktu tertentu atau *Forced Outage Rate (FOR)*.

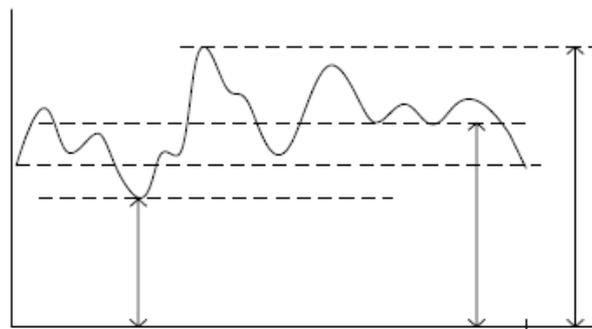
### 3.5. Metode Konvolusi<sup>[25]</sup>

#### 3.5.1. *Equivalent Load Duration Curve*

*Equivalent Load Duration Curve (ELDC)* merupakan konsep yang paling penting dalam perancangan teknologi simulasi produksi probabilistik. ELDC menggabungkan daya keluaran secara acak dari unit pembangkit dengan model beban acak dari simulasi produksi probabilistik.

#### 3.5.2. Model Probabilitas Beban

Pengertian beban adalah jumlah daya listrik yang dipakai oleh konsumen listrik secara terus menerus atau sesuai keperluan dan berada dibawah pengawasan Perusahaan Listrik Negara (PLN)<sup>[3]</sup>. Model probabilitas beban menggambarkan besarnya nilai probabilitas suatu nilai beban tertentu.

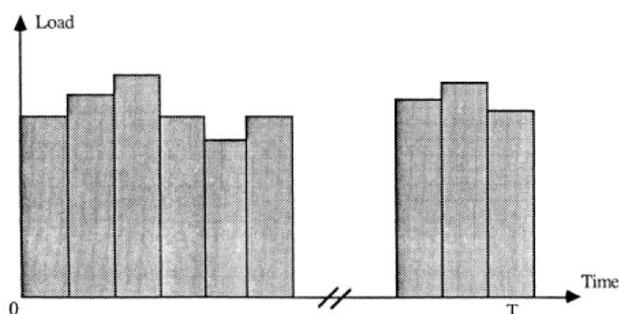


Gambar 3.2. Kurva Beban Harian

### 3.5.3. Kurva Lama Beban (*Load Duration Curve*)

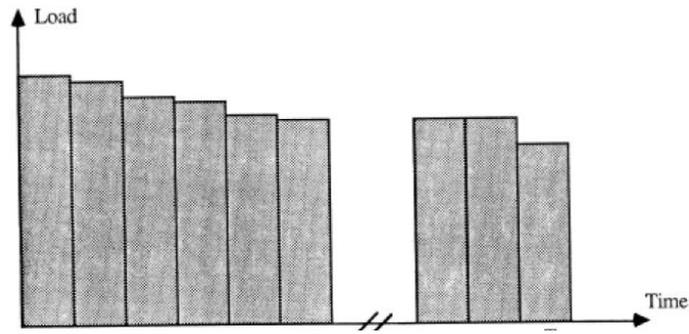
Kurva lama beban adalah bagian dari perencanaan beban yang berfungsi untuk kegiatan perencanaan dan pengoperasian suatu pembangkit. Dengan kurva lama beban diketahui energi dan durasi kebutuhan daya, kurva lama beban dapat diperoleh dari kurva beba harian, bulanan dan tahunan. Luas daerah dibawah kurva lama beban adalah jumlah energi yang dikonsumsi selama satu hari, satu bulan atau satu tahun. Untuk membentuk kurva lama beban dengan menyusun grafik kurva lama beban untuk setiap tingkatannya. Beban pada kurva lama beban dihubungkan dengan durasi waktu pemakaiannya.

Gambar 3.2 merupakan gambar kurva beban harian, dari gambar 3.2 dapat dibuat dalam bentuk histogram seperti pada gambar 3.3 berikut.



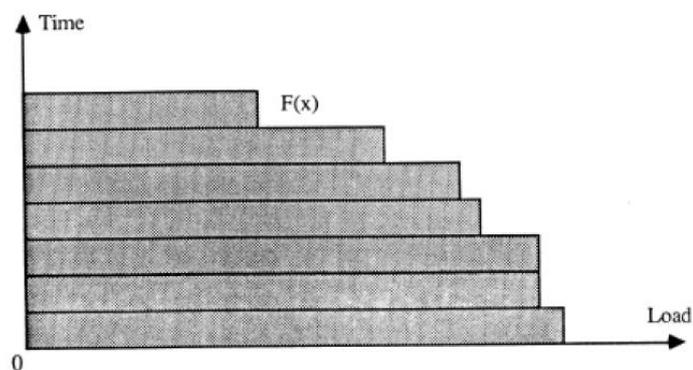
Gambar 3.3. Diagram Beban Menurut Urutan Waktu

Selanjutnya dari gambar 3.3 diatas diurutkan menurut besarnya beban dari yang terbesar hingga yang terkecil.



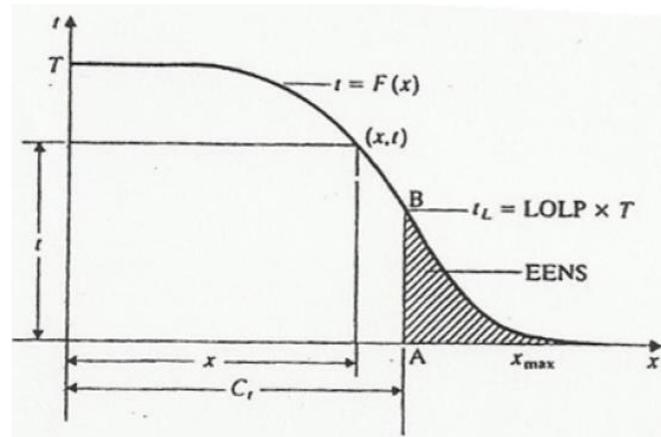
Gambar 3.4. Diagram Beban Dalam Urutan Besarnya Beban

Setelah gambar 3.4 terbentuk, maka dilakukan invers diagram pada gambar di atas dan diperoleh suatu bentuk *invers load duration curve* atau *invers* kurva lama beban. *Invers* kurva lama beban adalah modifikasi dengan membalik koordinat dari fungsi tersebut dengan merubah posisi sumbu x sebagai fungsi waktu dan sumbu y fungsi beban menjadi sumbu x sebagai fungsi beban dan sumbu y adalah fungsi waktu seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. *Invers Load Duration Curve*

Gambar 3.5 adalah *invers load duration curve* yang jika dihubungkan akan membentuk kurva seperti pada gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6. *Invers* Kurva Lama Beban

Gambar 3.6 mengilustrasikan invers kurva durasi beban (*Invers Load Duration Load*), sumbu horizontal mewakili beban dan sumbu vertikal adalah waktu durasi.  $T$  adalah periode terukur yang dapat berupa tahun, bulan, minggu atau hari. Setiap titik pada kurva  $(x, t)$  menunjukkan durasi  $t$  ketika beban sistem lebih besar atau sama dengan  $x$  dengan nilai  $t = F(x)$ . Pada gambar 3.6 setiap ruas dibagi dengan  $T$ , sehingga diperoleh persamaan 3.1:

$$P = \frac{F(x)}{T} \quad (3.1)$$

Dengan

$P$  = Probabilitas

$F(x)$  = Durasi waktu ketika beban sistem lebih besar atau sama dengan  $x$  (MW)

$T$  = Periode terukur (tahun, bulan atau hari)

Misalkan kapasitas total semua unit pembangkit yang beroperasi selama interval waktu adalah  $C_t$ . Dari gambar 3.6 diketahui durasi waktu ketika beban sistem lebih besar dari kapasitas total unit pembangkit, maka:

$$t_L = F(C_t) \quad (3.2)$$

Dengan

$t_L = F(Ct)$  = kapasitas beban pada pembangkit terhadap waktu (jam)

Dengan menggabungkan persamaan 3.1 dan persamaan 3.2, maka didapat persamaan untuk menghitung indeks keandalan *Loss of load probability*:

$$LOLP = \frac{t_L}{T} = f(Ct) \quad (3.3)$$

Atau

$$LOLP = \sum p_j t_j \quad (3.4)$$

Dengan

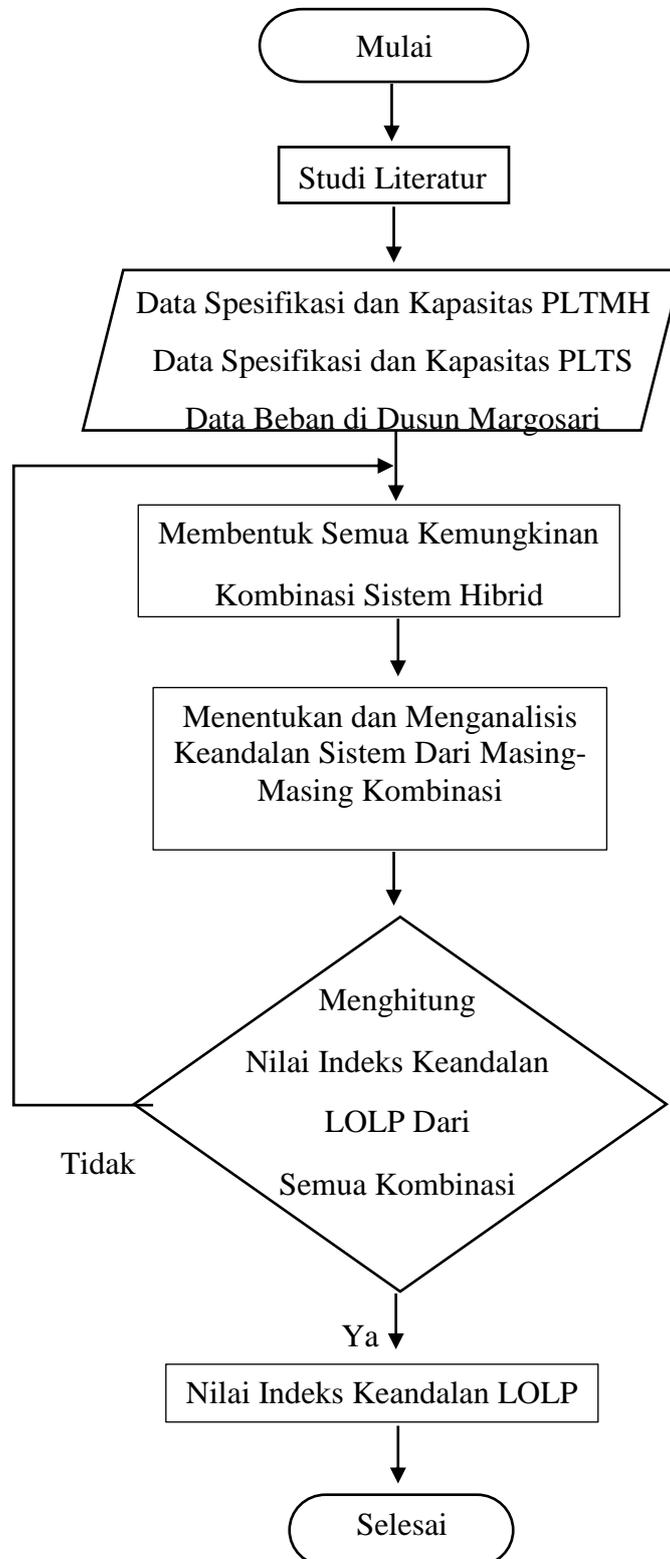
$t_L$  = Kapasitas beban pada pembangkit terhadap waktu (jam)

$T$  atau  $t_j$  = Periode terukur (tahun, bulan, hari)

$p_j$  = Probabilitas

### 3.6. Flow Chart Penelitian

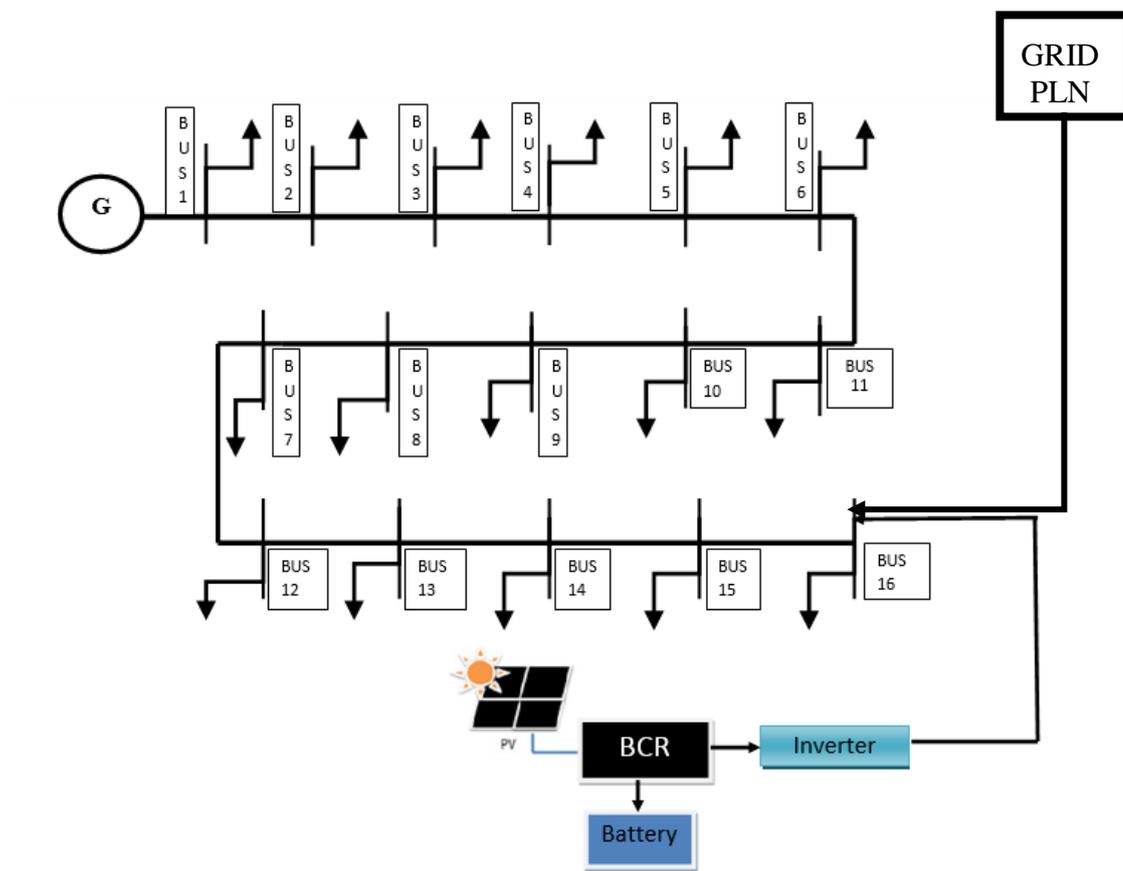
Diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.10 berikut :



Gambar 3.7 *Flow Chart* Penelitian

### 3.7. Pemodelan Keandalan Sistem Hibrid

Berikut adalah skema perancangan sistem hibrid yang akan dilakukan di Dusun Margosari Kecamatan Pesawaran Indah Kabupaten Pesawaran



Gambar. 3.8 Pemodelan Sistem Hibrid dengan Grid PLN

Gambar 3.8 merupakan interkoneksi sistem antara PLTS dan PLTMH, dimana G merupakan generator *Mikrohidro* yang digunakan untuk membangkitkan daya untuk memenuhi kebutuhan beban disetiap bus. Jaringan yang terdapat pada margosari merupakan jenis jaringan *radial*. Panjang saluran PLTMH dari generator bus 1 sampai bus 16 yaitu 1.2 km. Generator yang digunakan yaitu generator merek *Mindong Yanan* yang menghasilkan daya sebesar 16 KW<sup>[8]</sup>.

PLTS merupakan salah satu solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan beban di margosari. PLTS disini berfungsi untuk memperbaiki drop tegangan, dimana pada gambar 3.8 PLTS dipasang pada bus 16. Hal itu dikarenakan penginjekan maksimal terletak pada bus 16<sup>[6]</sup>. Setelah drop tegangan dapat diperbaiki dengan penginjeksian PLTS sekarang akan dihitung keandalan dengan memasukan jaringan distribusi PLN sehingga didapatkan kombinasi sebanyak 2<sup>n</sup>. Tabel 3.4 merupakan beberapa kombinasi yang akan di analisis nilai keandalannya dari sistem pembangkit hibrid ini.

Tabel 3.4. Kombinasi Sistem Hibrid PLN-*Mikrohidro-Photovoltaic*

<b>Kombinasi</b>	<b>Plant</b>
Kombinasi 1	3 Unit Pembangkit PLN-PLTS-PLTMH
Kombinasi 2	2 Unit Pembangkit PLTS-PLN
Kombinasi 3	2 Unit Pembangkit PLTMH-PLN
Kombinasi 4	2 Unit Pembangkit PLTMH-PLTS
Kombinasi 5	1 Unit Pembangkit PLN
Kombinasi 6	1 Unit Pembangkit PLTS
Kombinasi 7	1 Unit Pembangkit PLTMH
Kombinasi 8	Semua Pembangkit Outage

Tabel 3.4. merupakan kombinasi sistem hibrid yang akan dianalisa keandalan dari masing-masing kombinasi. Dari tabel 3.4 dapat dilihat terdapat delapan kombinasi dengan masing-masing kombinasi akan dihitung keandalan sistem hibrid dengan melihat indeks keandalan LOLP yang dihasilkan. Kombinasi 1 digunakan tiga kombinasi pembangkit yaitu PLN-PLTMH-PLTS. Kombinasi 2 digunakan dua kombinasi pembangkit yaitu PLN dengan PLTS. Kombinasi 3 digunakan dua pembangkit yaitu PLN dengan PLTMH. Kombinasi 4 digunakan dua pembangkit

yaitu PLTS dengan PLTMH. Kombinasi 5 digunakan satu pembangkit yaitu PLN. Kombinasi 6 digunakan satu pembangkit yaitu PLTS, dan kombinasi 7 digunakan 1 pembangkit yaitu PLTMH dan kombinasi 8 tidak ada pembangkit. Ketentuan indeks keandalan suatu sistem tenaga listrik yang ditetapkan oleh PLN yaitu sebesar 0.274% atau atau 1 hari/tahun.<sup>[25]</sup>