

Analisis Energi Listrik Terselamatkan pada Penyulang Bangli PT. PLN (Persero) Area Bali Timur dengan Beroperasinya PLTS Kayubih

Valentinus Gerald¹, Rukmi Sari Hartati², Antonius Ibi Weking³

Abstract— Bangli Feeder has 3 Feeder, namely Kota Feeder, Kayubih Feeder and Tembuku Feeder. This Feeder has a main power supply is obtained from the Gianyar Main Relay Station. Currently Kayubih Solar Cell Power Plant directly interconnected to the Feeder Bangli. With Solar cell power plant connected on Kayubih Feeder, it will result in a change in the performance of feeder Bangli. This involves changes in the performance of of the electrical energy that is channeled along the Bangli feeder system reliability. The addition of the feeder solar cell power plant create electrical energy saved Bangli feeder decline. Bangli feeder without generating large solar power energy not supplied amounted to 10.426 kWh. Energy not supplied Bangli Feeder after obtaining additional supplies of solar power generating is 1.505 kWh.

Intisari— Penyulang Bangli memiliki 3 Feeder, yaitu Feeder Kota, Feeder Kayubih dan Feeder Tembuku. Penyulang ini memiliki suplai daya utama yang didapatkan dari GI Gianyar. Saat ini terhubung PLTS yang terinterkoneksi langsung pada penyulang Bangli. Dengan adanya PLTS yang terhubung pada Feeder Kayubih, maka akan berakibat pada berubahnya performa penyulang Bangli. Perubahan performa ini menyangkut tentang energi listrik yang tersalurkan serta keandalan sistem penyulang Bangli tersebut. Penambahan PLTS pada penyulang Bangli membuat energi listrik terselamatkan Penyulang Bangli mengalami penurunan. Penyulang Bangli tanpa PLTS menghasilkan besar *energy not supplied* sebesar 10.426 kWh. ENS Penyulang Bangli setelah mendapat pasokan tambahan dari PLTS menghasilkan 1.505 kWh.

Kata Kunci— *Section Technique*, RIA, gabungan metode, Indeks Keandalan.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu energi yang sangat diperlukan oleh semua golongan masyarakat untuk menunjang aktivitas sehari-hari. Seiring perkembangan zaman dengan era globalisasi, perkembangan teknologi dan industri-industri besar yang menggunakan energi listrik pun semakin menjamur sehingga kebutuhan listrik setiap tahun terus meningkat. [1].

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Muding Pertiwi No. 17 Kerobokan 80361 INDONESIA (telp: 085792007585; e-mail: budi.arigandhi@gmail.com)

²Dosen, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Kertha Petasikan 1/4 Denpasar (telp: 081238203599; e-mail: rshartati@unud.ac.id)

³Dosen, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Panji No. 8 Banjar Kwanji Dalung (telp: 081236476536; e-mail: tony@unud.ac.id)

Di Indonesia saat ini sudah banyak pembangkit yang memanfaatkan energi sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik untuk menambah pasokan tenaga listrik pada suatu daerah yang kekurangan pasokan tenaga listrik. Baru-baru ini telah dibangun salah satu pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di provinsi Bali tepatnya dibangun di Desa Bangklet di atas tanah seluas 1,2 Ha di Kabupaten Bangli. Pembangkit listrik tenaga surya merupakan sumbangan pemerintah kepada pihak PLN dalam rangka mendukung penggunaan energi terbarukan sebagai energi untuk membangkitkan listrik.

PLTS ini memiliki daya mampu sebesar 1 MW dan langsung terinterkoneksi (terhubung) pada sistem jaringan penyulang Bangli khususnya pada Feeder Kayubih. Seluruh daya listrik yang dibangkitkan oleh PLTS ini langsung disalurkan pada sistem jaringan penyulang Bangli tanpa adanya baterai untuk menyimpan energi listrik (esdm.go.id). Suplai daya utama penyulang Bangli didapatkan dari GI Gianyar. Kondisi existing saat ini, sistem jaringan penyulang Bangli memiliki 3 Feeder, yaitu Feeder Kota, Feeder Kayubih dan Feeder Tembuku [3].

Di dalam penelitian ini akan mengetahui indeks ENS dan AENS sistem dapat dilakukan analisis energi listrik yang disalurkan peralatan distribusi yang memiliki dampak terhadap penjualan energi. Analisis energi listrik terselamatkan dari sisi PLN dilakukan berdasarkan besar indeks ENS (Energy Not Supplied) dan tarif dasar penjualan energi yang ditetapkan oleh PLN sebagai penyedia energi listrik. Dari hasil analisis nilai ini secara komprehensif dapat dikorelasikan dengan aspek keandalannya sehingga dapat dievaluasi kembali peralatan distribusi yang terpasang untuk memperkecil kerugian yang terjadi di PLN.

Penyulang Bangli memiliki tipe jaringan radial, dengan panjang saluran 78,963 km. Selain itu, penyulang ini memiliki trafo distribusi sebanyak 137 buah dengan total jumlah pelanggan mencapai 20.700 pelanggan. Penyulang untuk tahun 2014. Untuk tahun 2015 Penyulang Bangli memiliki 150 trafo distribusi dengan pelanggan penyulang mencapai 22.979 pelanggan.

II. ENERGI LISTRIK TERSELAMATKAN

A. ASIDI (AVERAGE SYSTEM INTERRUPTION DURATION INDEX) :

ASIDI merupakan indeks keandalan yang memiliki persamaan dengan SAIDI, namun ASIDI memiliki nilai berdasarkan daya gangguan yang terkoneksi pada seluruh system [5].:



$$ASIDI = \frac{kVa \text{ durasi gangguan terkoneksi}}{kVa \text{ system}} \quad (1)$$

B. ASIFI (AVERAGE SYSTEM INTERRUPTION FREQUENCY INDEX)

ASIFI merupakan indeks keandalan yang memiliki persamaan dengan SAIFI, namun ASIFI memiliki perhitungan berdasarkan daya gangguan yang terkoneksi pada seluruh sistem [5].

$$ASIFI = \frac{kVa \text{ gangguan terkoneksi}}{kVa \text{ system}} \quad (2)$$

C. NDE (NON DELIVERY ENERGY) [6]

$$NDE = P_C \times t_{CA} \quad (3)$$

Dimana :

NDE : Jumlah total energi yang tidak terkirim dalam durasi waktu tertentu.

P_C : Jumlah total energi yang tidak terkirim

T_{CA} : Durasi waktu pemadaman

D. AENS (AVERAGE ENERGY NOT SUPPLIED)

AENS (*Average Energy Not Supplied*) merupakan jumlah rata-rata energi listrik yang tidak tersalurkan dalam suatu sistem distribusi tiap tahun. Hal ini didefinisikan sebagai rasio dari total energi yang tidak diberikan untuk jumlah pelanggan [5].

$$AENS = \frac{\text{Energi Total yang tak tersalurkan sistem}}{\text{Total pelanggan yang dilayani}} \quad (4)$$

Dimana AENS dapat dikerucutkan menjadi indeks ENS (*Energy Not Supplied*) yang merupakan penjumlahan dari daya yang tidak tersuplai kepada pelanggan selama periode satu tahun. Ini didefinisikan sebagai penjumlahan energi tidak diberikan karena gangguan terhadap pasokan daya selama periode tahun.

$$ENS = \sum [\text{Gangguan (kW)} \times \text{Durasi (h)}] \quad (5)$$

E. LOAD FACTOR

Faktor beban (*load factor*) didefinisikan sebagai perbandingan antara beban rata-rata dengan beban puncak yang diukur untuk suatu periode waktu tertentu.

$$F_{LD} = \frac{B_r \text{ (beban rata rata)}}{B_p \text{ (beban puncak)}} \quad (6)$$

Pada persamaan tersebut beban rata-rata akan selalu bernilai lebih kecil dari kebutuhan maksimum atau beban puncak, sehingga faktor beban akan selalu lebih kecil dari 1 (satu) [3].

F. LOSS FACTOR

Perhitungan susut energi tahunan secara empiris dapat dilakukan dengan menggunakan konstanta yang disebut dengan *loss factor*. *Loss factor* ditentukan dari pola beban harian pada sistem yang akan diteliti [3]. *Loss factor* dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F_{LS} = 0.15 F_{LD} + (1 - 0.15) F_{LD}^2 \quad (7)$$

Dimana:

F_{LS} = *Loss factor*

F_{LD} = *Load factor*

G. SUSUT ENERGI

Untuk perhitungan susut energi digunakan persamaan dengan parameter rugi tembaga dan rugi beban kuadrat. Rugi tembaga atau rugi-rugi lainnya berbanding lurus dengan kuadrat beban dan dengan adanya kurva beban dengan waktu atau kurva lamanya pembebanan, maka dapatlah dibuat kurva rugi daya dibagi waktu atau kurva lamanya rugi daya dimana setiap ordinatnya berbanding lurus dengan kuadrat setiap ordinat kurva bebannya. Dari kurva lamanya rugi daya, dapat pula ditentukan rugi daya rata-ratanya selama periode tersebut. Luas dari kurva lamanya rugi daya merupakan rugi energi selama periode tersebut [4]. Dalam perhitungan rugi energi sebaiknya dipakai faktor rugi yaitu perbandingan antara rugi daya rata-rata dan rugi daya pada beban puncak dalam periode tertentu. Jadi rugi daya rata-rata (susut energi) adalah

$$\text{Susut energi} = \text{Rugi Daya pada Beban Puncak} \times \text{Loss Factor} \times 8760 \quad (8)$$

Dimana : 8760 merupakan periode jam dalam satu tahun (365 hari x 12 bulan)

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengambil contoh sistem distribusi pada wilayah kerja PT. PLN (Persero) Area Bali Timur, tepatnya di Penyulang Bangli, dimana penyulang ini merupakan salah satu penyulang tipe radial dalam area PT. PLN (Persero) Distribusi Area Bali Timur Rayon Bangli. Penelitian dimulai pada bulan Juli hingga November 2015. Data yang dikumpulkan bersifat data sekunder. Data yang digunakan dalam analisis penelitian ini adalah :

- *Single line diagram* Penyulang Bangli
- Data jumlah pelanggan untuk tiap titik beban
- Data panjang saluran penyulang
- Parameter pada tiap komponen dalam menganalisis keandalan sistem, seperti : Laju Kegagalan (λ), Waktu Perbaikan (r), Waktu Pemindahan (r_s), angka keluaran peralatan (*Outage*) dan waktu operasi kerja pemulihan pelayanan komponen sistem distribusi.
- Data Tarif Dasar Listrik (TDL) terbaru yang ditetapkan PLN sesuai dengan *TARIF Adjustment* PLN per Desember 2015.

- Data pembangkitan PLTS Kayubih dan beban puncak Penyulang Bangli.

Alur analisis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Kepustakaan dengan pengolahan data dilakukan dengan membaca literatur-literatur yang berhubungan dengan ketenagalistrikan sistem distribusi, struktur jaringan radial, metode-metode dalam menganalisis indeks keandalan seperti ASIDI, ASIFI, ENS dan AENS.
2. Metode Observasi dengan mengumpulkan data-data Penyulang Bangli diperoleh langsung dari PT. PLN (Persero) Distribusi Bali Area Bali Timur, yang kemudian data tersebut akan digunakan untuk menganalisis indeks energi listrik Penyulang Bangli.
3. Melakukan perhitungan Energi Terselamatkan dengan melakukan dengan perhitungan besar daya listrik yang tidak disuplai pada waktu pemadaman (AENS dan ENS) di tiap-tiap titik beban yang diperoleh.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Energi Listrik Terselamatkan

Pada awal langkah pertama di dalam menganalisis energi listrik terselamatkan pada penyulang Bangli adalah mengetahui jumlah pelanggan yang dilayani pada tiap titik beban, data jumlah pelanggan yang mengalami gangguan, jumlah daya yang terpakai, daya pelanggan gangguan dan lama waktu perbaikan (*repair time*) pada penyulang Bangli yang akan digunakan untuk menghitung energi listrik terselamatkan menggunakan indeks ASIDI, ASIFI, ENS dan AENS pada penyulang Bangli sebelum dan sesudah beroperasinya PLTS Kayubih.

B. Energi Listrik Terselamatkan Penyulang Bangli Sebelum mendapat pasokan PLTS Kayubih

Sistem Distribusi Jaringan penyulang Bangli merupakan jaringan sistem distribusi 20 kV dengan 3 *feeder*, yaitu *feeder* Kota, *feeder* Kayubih dan *feeder* Tembuku dari 137 transformator distribusi. Penyulang Bangli mendapatkan suplai daya utama dari GI Gianyar trafo 2 dengan kapasitas daya sebesar 30 MVA. Penyulang ini mensuplai energi ke konsumen kota Bangli dengan pelanggan mencapai 20.700 pelanggan.

Energi listrik terselamatkan pada penyulang Bangli menggunakan parameter-parameter data berupa pelanggan yang dilayani tiap titik beban, pelanggan yang mengalami gangguan, jumlah daya yang terpakai, daya gangguan dan lama waktu pemadaman pada penyulang Bangli menggunakan indeks ASIDI, ASIFI, ENS (*Energy Not Supplied*), dan AENS (*Average Energy Not Supplied*).

Tabel 1.

Kondisi Penyulang Bangli sebelum mendapat pasokan PLTS Kayubih

JUMLAH GARDU	PELANGGAN	PELANGGAN INTERRUPT	TOTAL DAYA (KVA)	TOTAL DAYA INTERRUPT (KVA)
137	20.700	8.855,06	22.106	9.456

Dari tabel kondisi diatas, didapat data gardu sejumlah 137 gardu distribusi dengan melayani total pelanggan 20.700 pelanggan, dimana terdapat pelanggan yang mengalami gangguan sebesar 8.855 pelanggan. Total daya pelanggan Penyulang Bangli yang dilayani sebelum mendapat pasokan tambahan PLTS Kayubih yaitu 22.106 kVa dan total daya pelanggan gangguan sebesar 9.456 kVa.

Nilai dari total daya gangguan atau *interrupt* akan dikalikan dengan waktu perbaikan atau *repair time* tiap-tiap titik beban atau *load point* sehingga didapat nilai kWh Gangguan dari pelanggan gangguan. Maka didapat nilai ENS (*Energy Not Supplied*) sebagai berikut :

Tabel 2.

ENS (*Energy Not Supplied*) Penyulang Bangli sebelum mendapat pasokan PLTS Kayubih

JUMLAH GARDU	TOTAL PELANGGAN	PELANGGAN INTERRUPT	Repair Time	ENS (Energy Not Supplied)
137	20.700	8.855,06	0-3 jam	10.378,98

Maka untuk nilai indeks Energi Listrik Terselamatkan pada Penyulang Bangli dari sumber utama tanpa adanya tambahan pasokan PLTS Kayubih adalah sebagai berikut :

➤ Perhitungan ASIFI Penyulang Bangli Sebelum mendapat pasokan PLTS Kayubih :

$$ASIFI = \frac{\text{Jumlah kVA Gangguan}}{\sum \text{Total kVA Sistem yang dilayani}}$$

$$ASIFI = \frac{9.457}{22.106}$$

$$ASIFI = 0,428 \text{ Gangguan Per Hari}$$

➤ Perhitungan ASIDI Penyulang Bangli Sebelum mendapat pasokan PLTS Kayubih :

$$ASIDI = \frac{\text{Jumlah kVA Jam Gangguan}}{\sum \text{Total kVA Jam Sistem yang dilayani}}$$

$$ASIDI = \frac{10.379}{17.685}$$

$$ASIDI = 0,590 \text{ Jam}$$

$$ASIDI = 35,4 \text{ Menit}$$

➤ Perhitungan ENS (*Energy Not Supplied*) Penyulang Bangli Sebelum mendapat pasokan PLTS Kayubih :



ENS (ENERGY NOT SUPPLIED = 10.379 kWh / Hari

➤ **Perhitungan AENS (Average Energy Not Supplied) Penyulang Bangli Sebelum mendapat pasokan PLTS Kayubih :**

$$AENS = \frac{ENS}{\Sigma \text{TOTAL PELANGGAN}}$$

$$AENS (AVERAGE ENERGY NOT SUPPLIED) = \frac{10.379}{20.700}$$

AENS = 0,501 kWh / Pelanggan

C. Energi Listrik Terselamatkan Penyulang Bangli Setelah mendapat pasokan PLTS Kayubih

Sistem distribusi penyulang Bangli setelah mendapatkan pasokan energi listrik dari PLTS Kayubih memiliki karakteristik 150 gardu distribusi dengan total pelanggan 22.977 pelanggan.

Tabel 3. Kondisi Penyulang Bangli setelah mendapat pasokan PLTS Kayubih

JUMLAH GARDU	TOTAL PELANGGAN	PELANGGAN INTERRUPT	TOTAL DAYA (KVA)	TOTAL DAYA INTERRUPT (KVA)
150	22.977	1.276,11	22.137,8	1.227,95

Dari tabel kondisi diatas, didapat data gardu sejumlah 150 gardu distribusi dengan melayani total pelanggan 22.977 pelanggan, dimana terdapat pelanggan yang mengalami gangguan sebesar 1.276,11 pelanggan. Total daya pelanggan Penyulang Bangli yang dilayani setelah mendapat pasokan tambahan PLTS Kayubih yaitu 22.137,8 kVa dan total daya pelanggan gangguan sebesar 1.227,95 kVa.

Nilai dari total daya gangguan atau *interrupt* akan dikalikan dengan waktu perbaikan atau *repair time* tiap-tiap titik beban atau *load point* sehingga didapat nilai kWh Gangguan dari pelanggan gangguan. Maka didapat nilai ENS (*Energy Not Supplied*) sebagai berikut :

Tabel 4. ENS (*Energy Not Supplied*) Penyulang Bangli setelah mendapat pasokan PLTS Kayubih

JUMLAH GARDU	TOTAL PELANGGAN	PELANGGAN INTERRUPT	Repair Time	ENS (Energy Not Supplied)
150	22.977	1.276,11	0-2 jam	1.505,24

Maka untuk nilai indeks Energi Listrik Terselamatkan pada Penyulang Bangli dari sumber utama tanpa adanya tambahan pasokan PLTS Kayubih adalah sebagai berikut :

➤ **Perhitungan ASIFI Penyulang Bangli Setelah mendapat pasokan PLTS Kayubih :**

$$ASIFI = \frac{\text{Jumlah kVA Gangguan}}{\Sigma \text{Total kVA Sistem yang dilayani}}$$

$$ASIFI = \frac{1.228}{22.138}$$

ASIFI = 0,055 Gangguan Per Hari

➤ **Perhitungan ASIDI Penyulang Bangli Setelah mendapat pasokan PLTS Kayubih :**

$$ASIDI = \frac{\text{Jumlah kVA Jam Gangguan}}{\Sigma \text{Total kVA Jam Sistem yang dilayani}}$$

$$ASIDI = \frac{1.505}{17.710}$$

ASIDI = 0,085 jam/pelanggan
ASIDI = 5,1 menit/pelanggan

➤ **Perhitungan ENS (Energy Not Supplied) Penyulang Bangli Setelah mendapat pasokan PLTS Kayubih :**

ENS (ENERGY NOT SUPPLIED = 1.505 kWh / Hari

➤ **Perhitungan AENS (Average Energy Not Supplied) Penyulang Bangli Setelah mendapat pasokan PLTS Kayubih :**

$$AENS = \frac{ENS}{\Sigma \text{TOTAL PELANGGAN}}$$

$$AENS (AVERAGE ENERGY NOT SUPPLIED) = \frac{1.505}{22.979}$$

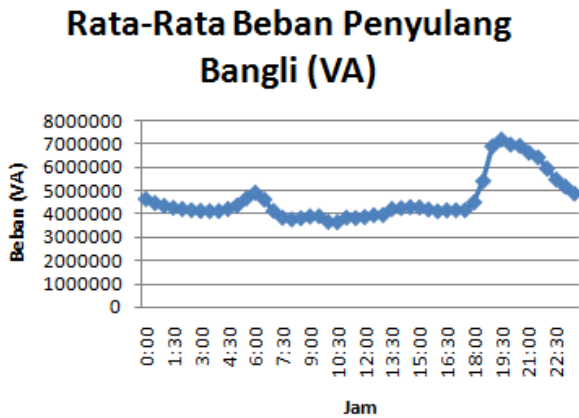
AENS = 0,066 kWh / Pelanggan

Karakteristik yang digunakan untuk mengetahui beban puncak penyulang Bangli adalah karakteristik beban harian. Data yang digunakan untuk mengetahui beban puncak penyulang Bangli, yaitu data beban tiap jam dari pukul 00.00 - 23.30 selama satu bulan pada bulan Oktober 2015 dan dihitung rata-rata beban per jam. Data pada bulan Oktober akan dijadikan acuan untuk pola beban penyulang selama satu tahun. Hasil rata-rata tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 5.

Data beban harian per jam selama satu bulan (Sumber: PLN Batur 2015)

Time	Beban (VA)
0:00	4626627,22
0:30	4455788,796
1:00	4333559,471
1:30	4251743,55
2:00	4197482,206
2:30	4150568,748
3:00	4119622,814
3:30	4103090,076
4:00	4110014,041
.....
.....
22:30	5475449,81
23:00	5167121,065
23:30	4864868,443



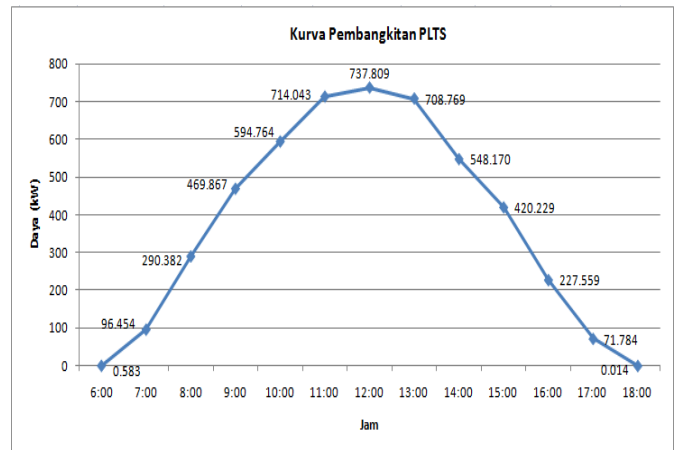
Gambar 1: Rata-Rata Beban Penyulang Bangli Tahun 2015

Kedaaan Penyulang Bangli yang terinterkoneksi dengan PLTS Kayubihii mempengaruhi perhitungan susut energi berdasarkan pada beban puncak pada siang hari penyulang Bangli. Berikut adalah data pembangkitan PLTS Kayubihii dari sumber PLTS Bangklet-Bangli :

Tabel 6.

Data beban harian per jam selama satu bulan (Sumber: PLN Batur 2015)

Jam	Rata-Rata (KW)
6:00	0,58
7:00	96,45
8:00	290,38
9:00	469,86
10:00	594,76
11:00	714,04
12:00	737,8
13:00	708,76
14:00	548,17
15:00	420,23
16:00	227,56
17:00	71,78
18:00	0,01



Gambar 2: Rata-Rata Daya Pembangkitan PLTS Kayubihii Tahun 2015 (sumber = PLTS Bangklet-Bangli)

➤ **Load Factor pada Penyulang Bangli**

Seperti yang kita ketahui pada tabel diatas bahwa Penyulang Bangli mempunyai beban rataaan 4605,42 kVA dan memiliki beban puncak siang sebesar 4903,44 kVA. Sebagaimana kita ketahui penggunaan beban puncak siang penyulang digunakan karena PLTS tidak bekerja selama 24 jam. Maka untuk mendapatkan *load factor*, yaitu:

$$F_{LD} = \frac{B_r \text{ (beban rata rata)}}{B_p \text{ (beban puncak)}}$$

$$F_{LD} = \frac{4605,42}{4903,44} = 0,94$$

➤ **Loss Factor pada Penyulang Bangli**

Maka kita mengetahui hasil *load factor* maka selanjutnya dapat dihitung *loss factor* pada penyulang Bangli, yaitu:

$$F_{LS} = 0,15 F_{LD} + (1 - 0,15) F_{LD}^2$$

$$F_{LS} = (0,15 \times 0,94) + (1 - 0,15) (0,94)^2 = 0,892$$

➤ **Susut Energi Penyulang Bangli**

Dengan hasil susut energi pada penyulang Bangli pada indeks ENS (*Energy Not Supplied*) Penyulang Bangli maka dapat dihitung susut energi ENS Penyulang Bangli selama setahun yaitu:

1. Susut energi penyulang Bangli Tanpa PLTS:

$$\text{Energy Not Supplied}_{\text{TANPA PLTS}} \times \text{Loss Factor} \times 365$$

$$= 10.379 \text{ kWh} \times 0,892 \times 365$$

$$= 3.379.194,82 \text{ kWh}$$

2. Susut energi penyulang Bangli dengan PLTS:

$$\text{Energy Not Supplied}_{\text{DGN PLTS}} \times \text{Loss Factor} \times 365$$

$$= 1.505 \text{ kWh} \times 0,892 \times 365$$

$$= 489.997,9 \text{ kWh}$$



Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa penyulang Bangli tanpa PLTS susut energi sebesar 3.379.194,82 kWh. Penyulang Bangli dengan PLTS menghasilkan susut energi sebesar 489.997,9 kWh. Terjadi penurunan susut energi ini dikarenakan adanya bantuan daya dari PLTS sehingga proses penyaluran daya pada penyulang semakin baik dan menyebabkan susut energi pada jaringan tersebut menurun.

➤ Selisih Susut Energi Penyulang Bangli

Berikut ini merupakan selisih susut energi penyulang bangli tanpa PLTS dan dengan PLTS:

$$\begin{aligned} \text{Susut Energi Tanpa PLTS} - \text{Susut Energi Dengan PLTS} \\ &= 3.379.194,82 \text{ kWh} - 489.997,9 \text{ kWh} \\ &= 2.889.196,92 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Persentase penurunan susut energi ;

$$\begin{aligned} &= (\text{susut energi dengan PLTS} : \text{susut energi tanpa PLTS}) \times 100\% \\ &= (489.997,9 : 3.379.194,82) \times 100\% \\ &= 14,5\% \end{aligned}$$

➤ NDE (Non Delivery Energy)

Karena rata-rata dari konsumen PT. PLN (Persero) Area Bali Timur memiliki golongan tegangan rendah dan satu tegangan menengah, maka untuk NDE (*Non Delivery Energy*). Dengan tarif listrik *adjustment* per desember Bali adalah Rp 1.507,00 (PLN,2015), maka NDE (*Non Delivery Energy*) dalam rupiah adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{NDE}_{(\text{rupiah})} &= \text{Selisih Susut energi} \times \text{tarif dasar listrik} \\ &= 2.889.196,92 \text{ kWh} \times \text{Rp. 1.507,00 (rupiah)} \\ &= \text{Rp. 4.354.019.758,44} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan selisih *Non Delivery Energy* yang terjadi sebesar 2.889.196,92 kWh per tahun dengan penurunan susut energi sebesar 14,5% dan selisih susut energi dalam rupiah sebesar Rp. 4.354.019.758,44. Dilihat dari hasil selisih susut energi di atas nilainya cukup besar jadi dengan adanya PLTS sangat berdampak baik pada penyulang Bangli.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan pada bagian sebelumnya pada Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan Energi listrik terselamatkan pada Penyulang Bangli sebelum mendapat pasokan tambahan PLTS Kayubih memiliki indeks keandalan ASIDI 0,428 Jam atau 25,67 menit, ASIFI 0,085 Gangguan, ENS (*Energy Not Supplied*) 10.379 kWh, AENS 0,501 kWh/Pelanggan
2. Perhitungan Energi listrik terselamatkan pada Penyulang Bangli setelah mendapat pasokan tambahan PLTS Kayubih memiliki indeks keandalan ASIDI 0,085 Jam atau 5,1 menit/pelanggan/hari, ASIFI 0,055 Gangguan/pelanggan/hari, ENS (*Energy Not Supplied*) 1.505 kWh, AENS 0,066 kWh/Pelanggan.
3. Hasil susut energi pada penyulang Bangli pada indeks ENS (*Energy Not Supplied*) Penyulang Bangli maka dapat dihitung susut energy ENS Penyulang Bangli selama setahun yaitu susut energi penyulang Bangli tanpa PLTS 3.379.194,82 kWh per tahun dan susut energi penyulang Bangli dengan PLTS 489.997,9 kWh per tahun. Selisih susut energi menjadi 2.889.196,92 kWh dan untuk persentase susut energy penyulang bangli tanpa PLTS dan dengan PLTS sebesar 14,5 %.
4. Dengan demikian PLN Area Bali Timur dapat menghemat pengeluaran NDE (*Non Delivery Energy*) sebesar Rp. 4.354.019.758,44 / Tahun (empat miliar tiga ratus lima puluh empat juta sembilan belas ribu tujuh ratus lima puluh delapan rupiah empat puluh empat sen).

REFERENSI

- [1] Xie, K. Zhou, J. dan Billinton, R. 2008. *Fast algorithm for the reliability evaluation of large scale electrical distribution networks using the section technique*. IET Gener. Transm. Distrib. Vol. 2, No.5, pp. 701-707.
- [2] Abisatya, Nyoman. 2014. *Analisis Pengaruh Lokasi Distributed Generation Terhadap Susut Daya Pada Penyulang Abang Di Karangasem*. E-Journal SPEKTRUM. Vol.1, No.1. Universitas Udayana.
- [3] Natha Riadnyana, Kadek. 2015. *Pengaruh Beroperasinya PLTS Kayubih Terhadap Susut Energi Dan Keandalan Penyulang Bangli*. E-Journal SPEKTRUM. Vol.2, No.1. Universitas Udayana.
- [4] Gina, Juniastira. 2012. *Susut Energi Pada Sistem Kelistrikan Bali Sesuai Rencana Operasi Sutet 500 kV*. E-Journal SPEKTRUM Vol 1, No. 2. Universitas Udayana.
- [5] Gonen, Turan. 2007. *“Electric Power Distribution System Engineering”* CRC Press Taylor & Francis Group. United States of America : California State University Sacramento, California.
- [6] Praditama, Fery. 2014. *Analisis Keandalan dan Nilai Di Penyulang Pujon PT. PLN (Persero) Area Malang*. Malang: Universitas Brawijaya.
- [7] Partawan, Nyoman. 2014. *“Studi Perbandingan Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode Section Technique dan RNEA pada Penyulang Renon”*(Tugas Akhir). E-Journal SPEKTRUM Vol. 1, No. 1. Denpasar : Universitas Udayana.