

Studi Peningkatan Kualitas Pelayanan Penyulang Menggunakan *Load Break Switch (LBS) Three Way*

I Kadek Hery Samudra¹, I Gede Dyana Arjana², I Wayan Artha Wijaya³

Abstract— In a distribution system, the quality of the reliability can be seen from the duration of the power outage or SAIDI (System Average Interruption Duration Index) and how often the power outage happened in a unit of time or SAIFI (System Average Interruption Frequency Index). One of the ways that had been done by PT. PLN (Persero) Bali distribution South Bali area's network to reduce the number of customers' power outage when the interference occurred is by installing Load Break Switch (LBS) three way. The results of the calculation of quality reliability based on outage of Gunung Agung feeder after installation LBS Three Way with SAIFI is 0.989688526 and SAIDI is 0.683913253, while of Imam Bonjol feeder after installation LBS Three Way with SAIFI is 0.683913253 and SAIDI is 3.908243775. The results of analysis influence installation LS Three Way to customer DB0133 (United Overseas Bank) that is customer DB0133 no experience power outage if disruption of Gunung Agung feeder because customer in maneuvering for Imam Bonjol feeder. Based on the analysis of maneuverability load on Gunung Agung and Imam Bonjol's feeders after the installation of LBS three way. Gunung Agung's feeder was capable in maneuvering customers section I and III from Imam Bonjol's feeder and Imam Bonjol's feeder was capable in maneuvering customers section III, IV, and V from Gunung Agung's feeder.

Intisari— Pada sistem distribusi, kualitas keandalan dapat dilihat dari lamanya pemadaman atau SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan seberapa sering pemadaman terjadi dalam satuan waktu atau SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*). Sebuah upaya yang telah dilakukan oleh PT. PLN (persero) Distribusi Bali AJ Bali Selatan untuk mengurangi jumlah pelanggan padam saat terjadi gangguan yaitu dengan cara pemasangan LBS *Three Way*.

Hasil perhitungan kualitas keandalan berdasarkan angka keluaran pada penyulang Gunung Agung setelah pemasangan LBS *Three Way* yaitu SAIFI sebesar 0.989688526 dan SAIDI sebesar 5.737530618, sedangkan pada penyulang Imam Bonjol setelah pemasangan LBS *Tree Way* yaitu SAIFI sebesar 0.683913253 dan SAIDI sebesar 3.908243775. Hasil analisa pengaruh pemasangan LBS *Three Way* terhadap pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) yaitu pelanggan pada DB133 tidak mengalami pemadaman apabila terjadi gangguan pada penyulang Gunung Agung karena pelanggan DB0133 dapat dimanuver oleh penyulang Imam Bonjol.

Berdasarkan perhitungan kemampuan manuver beban pada penyulang Gunung Agung dan Imam Bonjol, dapat dikatakan penyulang Gunung Agung mampu memanuver beban seksi I dan III pada penyulang Imam Bonjol, dan penyulang Imam Bonjol mampu memanuver beban seksi III, IV dan V pada penyulang Gunung Agung.

Kata Kunci— Keandalan Sistem, Indeks keandalan, LBS *Three Way*.

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jalan Kampus Bukit Jimbaran

^{2, 3}Dosen, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jalan Kampus Bukit Jimbaran Badung Bali 80361

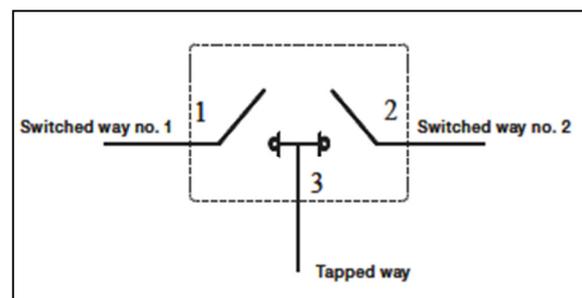
I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik yang andal dan energi listrik dengan kualitas yang baik atau memenuhi standar, mempunyai kontribusi yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat moderen. Peranan energi listrik yang dominan dibidang industri, telekomunikasi, teknologi informasi, pertambangan, transportasi umum, dan lain-lain, yang semuanya itu dapat beroperasi karena tersedianya energi listrik. Perusahaan – perusahaan yang bergerak diberbagai bidang sebagaimana disebutkan diatas, akan mengalami kerugian cukup besar jika terjadi pemadaman listrik secara tiba – tiba atau tegangan listrik yang tidak stabil, dimana aktifitas dari perusahaan akan terhenti atau produk yang dihasilkan menjadi rusak.

Salah satu cara yang telah dilakukan oleh PT. PLN (Persero) Distribusi Bali area jaringan Bali selatan untuk mengurangi jumlah pelanggan padam saat terjadi gangguan yaitu dengan pemasangan *Load Break Swich (LBS) three way*. Pemasangan *Load Break Swich (LBS) three way* ini diharapkan mampu untuk meningkatkan mutu pelayanan kepada pelanggan. Berdasarkan permasalahan diatas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan analisa pengaruh pemasangan *Load Break Switch (LBS) Three Way* terhadap peningkatan mutu pelayanan penyulang terutama indeks keandalan SAIDI dan SAIFI.

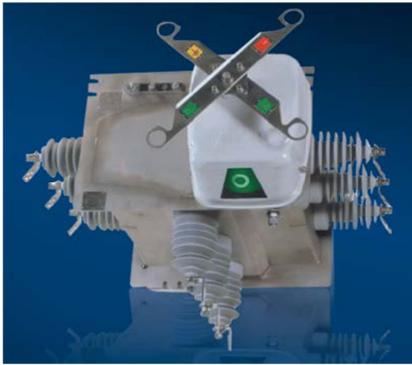
II. LOAD BREAK SWITCH TREE WAY

Load Break Switch (LBS) Three Way merupakan saklar pemutus beban atau arus tiga fasa, dimana *load break switch three way* ini memiliki perbedaan dari *load break switch (LBS)* secara umum. Perbedaan LBS *Three Way* ini menggunakan tiga saluran atau *three way*.



Gambar 1: Skema LBS *Three Way*

Pada jaringan distribusi LBS *three way* ini diaplikasikan pada persimpangan jaringan dan dapat juga sebagai penggabungan antara dua penyulang yang bertujuan untuk memanuverkan daya ke penyulang lain saat terjadi gangguan sehingga dapat memperkecil daerah pemadaman.



Gambar 2 : Load Break Switch Three Way

A. Keandalan (Reliability) Pada Sistem Distribusi

Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan/tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai/pelanggan. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi (*restoration*). Sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga.

Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem yang dipakai untuk memperoleh pengertian yang mendalam kedalam keseluruhan pencapaian. Indeks keandalan tersebut antara lain : SAIDI, SAIFI dan AENS [5].

1) Sistem Average Interruption Frekuensi Index (SAIFI)

Indeks ini didefinisikan sebagai jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan waktu (umumnya pertahun). Persamaan SAIFI didefinisikan sebagai berikut:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^m C_i}{N} = \frac{\text{Pemadaman}}{\text{Tahun}} \tag{1}$$

Dimana :

- m = jumlah pemadaman dalam satu tahun
- C_i = jumlah konsumen yang mengalami pemadaman
- N = jumlah konsumen yang dilayani

Indeks keandalan ini dapat juga dihitung dari angka keluaran komponen yang menyebabkan pemadaman.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_k M_k}{\sum M} = \frac{\text{Pemadaman}}{\text{Tahun}} \tag{2}$$

Dimana :

- λ_k = angka keluaran (*outage*) komponen
- M_k = jumlah pelanggan pada titik beban
- M = total pelanggan terlayani

2) Sistem Average Interruption Duration Index (SAIDI)

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap konsumen selama satu tahun. SAIDI didefinisikan sebagai berikut:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^m C_i t_i}{N} = \frac{\text{Jam}}{\text{Tahun}} \tag{3}$$

Dimana :

- m = jumlah pemadaman dalam satu tahun
- C_i = jumlah konsumen yang mengalami pemadaman
- t_i = lamanya tiap-tiap pemadaman
- N = jumlah konsumen yang dilayani

Indeks keandalan ini juga dapat dihitung dari angka keluaran komponen yang menyebabkan pemadaman dan waktu pemulihan pelayanan.

$$SAIDI = \frac{\sum U_k M_k}{\sum M} = \frac{\text{Pemadaman}}{\text{Tahun}} \tag{4}$$

Dimana :

- U_k = waktu perbaikan peralatan
- M_k = jumlah pelanggan pada titik beban
- M = total pelanggan terlayani

III. METODE PENELITIAN

Analisis dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data penyulang Gunung Agung dan Imam Bonjol : *single line* diagram penyulang, panjang saluran, beban, pelanggan masing-masing penyulang, LBS *Tree Way*, *recloser*, trafo
2. Menghitung SAIFI dan SAIDI kedua penyulang sebelum pemasangan LBS *Three Way* berdasarkan data gangguan
4. Menghitung SAIFI dan SAIDI kedua penyulang sebelum pemasangan LBS *Three Way* berdasarkan angka keluaran
5. Menghitung SAIFI dan SAIDI kedua penyulang setelah pemasangan LBS *Three Way* berdasarkan angka keluaran
6. Analisa pengaruh pemasangan LBS *Three Way* terhadap mutu pelayanan pelanggan DB133 (*United Overseas Bank*).
7. Menghitung kemampuan manuver beban pada penyulang Gunung Agung dan Imam Bonjol.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Keandalan Penyulang Gunung Agung Sebelum Pemasangan LBS *Three Way*

Penyulang Gunung Agung adalah salah satu penyulang di PT. PLN (Persero) Distribusi Bali area jaringan Bali selatan dengan total panjang jaringan sekitar 8.470 Km², Penyulang Gunung Agung memiliki total daya terpasang 5,840 kVA dengan jumlah pelanggan sebanyak 3,364 pelanggan (PT. PLN (persero) area jaringan Bali selatan). Berdasarkan tabel 1 total gangguan yang terjadi pada penyulang Gunung Agung selama tahun 2012 sebanyak 8 kali dengan total waktu padam



selama 11.64 jam. Dengan mengasumsikan jumlah pelanggan selama tahun 2012 adalah tetap sebesar 3,364 pelanggan, maka nilai SAIFI dan SAIDI penyulang Gunung Agung sebelum pemasangan LBS *Three Way* dapat dihitung sebagai berikut :

TABEL I
DATA GANGGUAN PADA PENYULANG GUNUNG AGUNG TAHUN 2012 (SEBELUM PEMASANGAN LBS *THREE WAY*)

Bulan	PMT		Lock Out LBS Merta Jaya		Lock Out Recloser Siwa Plasa	
	Kali	Lama Padam (Jam)	Kali	Lama Padam (Jam)	Kali	Lama Padam (Jam)
Jan	2	7,24	0	0	0	0
Feb	0	0	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0	0	0
Apr	0	0	0	0	0	0
Mei	0	0	0	0	0	0
Jun	2	0,34	0	0	0	0
Jul	0	0	0	0	0	0
Agu	0	0	0	0	0	0
Sep	1	0,34	0	0	0	0
Okt	0	0	1	1,34	0	0
Nov	1	1,16	0	0	1	1,22
Des	0	0	0	0	0	0
Total	6	9,08	1	1,34	1	1,22

1) Berdasarkan persamaan (1), maka dapat dihitung SAIFI untuk bulan Januari 2012 :

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Pelanggan Terlayani}}$$

$$SAIFI = \frac{(\text{Jumlah pemadaman} \times \text{PU keluar} \times \text{Plg Padam})}{\text{Jumlah Pelanggan Terlayani}}$$

$$SAIFI = \frac{(1 \times \text{PMT} \times \text{Plg padam}) + (1 \times \text{PMT} \times \text{Plg padam})}{\text{Jumlah Pelanggan Terlayani}}$$

$$SAIFI = \frac{(1 \text{ kali} \times 1 \times 3,364 \text{ plg}) + (1 \text{ kali} \times 1 \times 3,364 \text{ plg})}{3,364 \text{ pelanggan}}$$

$$SAIFI = 2 \text{ Kali/Pelanggan/Tahun}$$

2) Berdasarkan persamaan (3), maka dapat dihitung SAIDI untuk bulan Januari 2012:

$$SAIDI = \frac{\text{Lama Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Pelanggan Terlayani}}$$

$$SAIDI = \frac{(\text{Lama pemadaman} \times \text{PU keluar} \times \text{Plg Padam})}{\text{Jumlah Pelanggan Terlayani}}$$

$$= \frac{(5,06 \times \text{PMT} \times \text{Plg padam}) + (2,18 \times \text{PMT} \times \text{Plg padam})}{\text{Jumlah Pelanggan Terlayani}}$$

$$= \frac{(5,06 \text{ jam} \times 1 \times 3,364 \text{ plg}) + (2,18 \text{ jam} \times 1 \times 3,364 \text{ plg})}{3,364 \text{ pelanggan}}$$

$$SAIDI = 7,24 \text{ Jam/Pelanggan/Tahun}$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai SAIFI dan SAIDI penyulang Gunung Agung sebelum pemasangan LBS *Three Way* seperti tabel 2.

TABEL II
HASIL PERHITUNGAN SAIFI DAN SAIDI PENYULANG GUNUNG AGUNG SEBELUM PEMASANGAN LBS *THREE WAY* BERDASARKAN DATA GANGGUAN

Bulan	Peralatan Trip/Out	Jumlah Gangguan (Kali)	Lama Padam (Jam)	SAIFI	SAIDI
Jan	PMT	2	7,24	2	7,24
Feb	0	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0	0
Apr	0	0	0	0	0
Mei	0	0	0	0	0
Jun	PMT	2	0,34		0,34
Jul	0	0	0	0	0
Agu	0	0	0	0	0
Sept	PMT	1	0,34	1	0,34
Okt	Cut Out	1	1,34	0,018	0,025
Nov	PMT, Recloser	2	2,38	1,33	1,574
Des	0	0	0	0	0
Total	-	8	11,64	6,348	9,519

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai SAIFI penyulang Gunung Agung sebelum pemasangan LBS *Three Way* sebesar 6.348 kali/pelanggan/tahun, untuk SAIDI sebesar 9.519 jam/pelanggan/tahun.

B. Keandalan Penyulang Imam Bonjol Sebelum Pemasangan LBS *Three Way*

Penyulang Imam Bonjol adalah salah satu penyulang di PLN (Persero) Distribusi Bali area jaringan Bali selatan dengan total panjang jaringan sekitar 5.906 Km², penyulang Imam Bonjol memiliki total daya terpasang 5,962 kVA dengan jumlah pelanggan sebanyak 2,987 pelanggan (PT. PLN (persero) area jaringan Bali selatan).

Berdasarkan tabel 3 total gangguan yang terjadi pada penyulang Imam Bonjol selama tahun 2012 sebanyak 2 kali dengan total waktu padam selama 0.30 jam. Dengan mengasumsikan jumlah pelanggan selama tahun 2012 adalah tetap sebesar 2,987 pelanggan, maka nilai SAIFI dan SAIDI penyulang Imam Bonjol sebelum pemasangan LBS *Three Way* dapat dihitung sebagai berikut :

1) Berdasarkan persamaan (1), maka dapat dihitung SAIFI untuk bulan Februari 2012:

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Pelanggan Terlayani}}$$

$$SAIFI = \frac{(\text{Jumlah pemadaman} \times \text{PU keluar} \times \text{Plg Padam})}{\text{Jumlah Pelanggan Terlayani}}$$

$$SAIFI = \frac{(1 \text{ Kali} \times \text{PMT} \times \text{Plg padam})}{\text{Jumlah Pelanggan Terlayani}}$$

TABEL III
DATA GANGGUAN PADA PENYULANG IMAM BONJOL TAHUN 2012
(SEBELUM PEMASANGAN LBS THREE WAY)

Bulan	PMT		Lock Out LBS Merta Jaya		Lock Out Recloser Siwa Pasa	
	Kali	Lama Padam (Jam)	Kali	Lama Padam (Jam)	Kali	Lama Padam (Jam)
Jan	0	0	0	0	0	0
Feb	1	0,06	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0	0	0
Apr	0	0	0	0	0	0
Mei	0	0	0	0	0	0
Jun	0	0	0	0	0	0
Jul	0	0	0	0	0	0
Agu	0	0	0	0	0	0
Sep	1	0,24	0	0	0	0
Okt	0	0	0	0	0	0
Nov	0	0	0	0	0	0
Des	0	0	0	0	0	0
Total	2	0,30	0	0	0	0

$$SAIFI = \frac{(1 \text{ kali} \times 1 \times 2,987 \text{ plg})}{2,987 \text{ pelanggan}}$$

$$SAIFI = 1 \text{ Kali/Pelanggan/Tahun}$$

2) Berdasarkan persamaan (3), maka dapat dihitung SAIDI untuk bulan Februari 2012 :

$$SAIDI = \frac{\text{Lama Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Pelanggan Terlayani}}$$

$$SAIDI = \frac{(\text{Lama pemadaman} \times \text{PU keluar} \times \text{Plg Padam})}{\text{Jumlah Pelanggan Terlayani}}$$

$$SAIDI = \frac{(0,06 \text{ Jam} \times 1 \times 2,987 \text{ plg})}{2,987 \text{ pelanggan}}$$

$$SAIDI = 0,06 \text{ Jam/Pelanggan/Tahun}$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai SAIFI dan SAIDI penyulang Imam Bonjol sebelum pemasangan LBS Three Way seperti tabel 4.

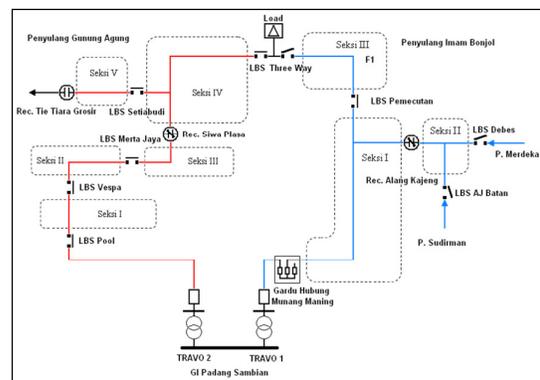
TABEL IV
HASIL PERHITUNGAN SAIFI DAN SAIDI PENYULANG IMAM BONJOL SEBELUM PEMASANGAN LBS THREE WAY BERDASARKAN DATA GANGGUAN

Bulan	Peralatan Trip/Out	Jumlah Gangguan (Kali)	Lama Padam (Jam)	SAIFI	SAIDI
Jan	-	0	0	0	0
Feb	PMT	1	0,06	1	0,06
Mar	-	0	0	0	0
Apr	-	0	0	0	0
Mei	-	0	0	0	0
Jun	-	0	0	0	0
Jul	-	0	0	0	0
Agu	-	0	0	0	0
Sept	PMT	1	0,24	1	0,24
Okt	-	0	0	0	0
Nov	-	0	0	0	0
Des	-	0	0	0	0
Total		2	0,30	2	0,30

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai SAIFI dan SAIDI penyulang Imam Bonjol sebelum pemasangan LBS Three Way nilai SAIFI sebesar 2 kali/pelanggan/tahun, untuk SAIDI sebesar 0.30 jam/pelanggan/tahun.

C. Analisa SAIFI dan SAIDI Berdasarkan Angka Keluaran

Setelah pemasangan LBS Three Way pada pertemuan penyulang Gunung Agung dan Imam Bonjol maka konfigurasi jaringan antara kedua penyulang tersebut sesuai dengan gambar 5 Pada LBS Three Way, line 1 terhubung pada penyulang Gunung Agung, line 2 terhubung pada penyulang Imam Bonjol dan line 3 terhubung dengan 1 buah pelanggan DB0133 (United Overseas Bank) dari penyulang Gunung Agung, penempatan LBS Three Way (Wahidin) berlokasi di Jalan Wahidin depan United Overseas Bank (UOB).



Gambar 3: Loop Scheme Penyulang Gunung Agung dan Imam Bonjol

Menghitung Keandalan Penyulang Gunung Agung Berdasarkan Angka Keluaran. Data yang digunakan untuk menghitung tingkat keandalan penyulang Gunung Agung yaitu jenis komponen, jumlah pelanggan, panjang komponen



dan untuk data angka keluaran komponen menggunakan acuan dari SPLN.

1) *Perhitungan keandalan penyulang gunung agung sebelum pemasangan LBS three way berdasarkan angka keluaran dapat di jelaskan sebagai berikut :*

TABEL V
MENGHITUNG KEANDALAN TITIK BEBAN 1 (DB0585) PENYULANG GUNUNG AGUNG

Titik Beban (DB0585)					
Jenis Komponen	n Komponen (unit,km)	angka keluaran m	Laju Kegagalan $\lambda = n \times m$	waktu perbaikan r (jam)	Ketidakter-sediaan $U = \lambda \times r$
CB	1	0.004	0.004	10	0.04
L1	0.519	0.7	0.3633	10	3.633
L2	0.119	0.2	0.0238	3	0.0714
LBS Poll	1	0.004	0.004	10	0.04
L3	0.458	0.2	0.0916	3	0.2748
L4	0.059	0.2	0.0118	3	0.0354
Fuse	1	0.004	0.004	10	0.04
Trafo	1	0.005	0.005	10	0.05
Fuse	1	0.004	0.004	10	0.04
Laju kegagalan (λ) total				0.5115	
Waktu perbaikan (r) total				8.2592375	
Ketidakterseediaan tahunan (U) total				4.2246	
Jumlah pelanggan				2	

Dengan cara yang sama diperoleh nilai titik beban yang lain pada penyulang Gunung Agung didapatkan hasil :

TABEL VI
HASIL PERHITUNGAN KEANDALAN PENYULANG GUNUNG AGUNG PER TITIK BEBAN

Titik Beban	λ	r	u	m	$\lambda * m$	$u * m$
Load 1	0.5115	8.2592	4.224	2	1.023	8.4492
Load 2	0.5573	7.8270	4.362	1	0.5573	4.362
.....
Load 29	1.0639	5.6140	5.972	76	80.856	453.932
Load 30	1.0887	5.5545	6.047	1	1.0887	6.0472
Pelanggan terlayani (Σm)				3364		
Pemadaman ($\Sigma (\lambda \times m)$)					3329.2	
Jam ($\Sigma (u \times m)$)						19300.9

Berdasarkan persamaan (2), maka dapat dihitung SAIFI pada penyulang Gunung Agung sebelum pemasangan LBS *Three Way* :

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= [\Sigma (\lambda \times m)] / \Sigma m \\ &= 3329.297 / 3364 \\ &= 0.989683948 \text{ (kali/pelanggan/tahun)} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (4), maka dapat dihitung SAIDI pada penyulang Gunung Agung sebelum pemasangan LBS *Three Way* :

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= [\Sigma (u \times m)] / \Sigma m \\ &= 19300.98 / 3364 \\ &= 5.737508561 \text{ (jam/pelanggan/tahun)} \end{aligned}$$

2) *Perhitungan keandalan penyulang gunung agung setelah pemasangan LBS three way berdasarkan angka keluaran dapat dijelaskan sebagai berikut:*

TABEL VII
HASIL PERHITUNGAN KEANDALAN PENYULANG GUNUNG AGUNG PER TITIK BEBAN

Titik Beban	λ	r	u	m	$\lambda * m$	$u * m$
Load 1	0.5115	8.2592	4.224	2	1.023	8.4492
Load 2	0.5573	7.8270	4.362	1	0.5573	4.362
.....
Load 29	1.0639	5.6140	5.972	76	80.856	453.932
Load 30	1.1041	5.5442	6.121	1	1.1041	6.1214
Pelanggan terlayani (Σm)				3364		
Pemadaman ($\Sigma (\lambda \times m)$)					3329.3	
Jam ($\Sigma (u \times m)$)						19301.0

Berdasarkan persamaan (2), maka dapat dihitung SAIFI pada penyulang Gunung Agung setelah pemasangan LBS *Three Way* :

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= [\Sigma (\lambda \times m)] / \Sigma m \\ &= 3329.3122 / 3364 \\ &= 0.989688526 \text{ (kali/pelanggan/tahun)} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (4), maka dapat dihitung SAIDI pada penyulang Gunung Agung setelah pemasangan LBS *Three Way* :

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= [\Sigma (u \times m)] / \Sigma m \\ &= 19301.053 / 3364 \\ &= 5.737530618 \text{ (jam/pelanggan/tahun)} \end{aligned}$$

TABEL VIII
HASIL PERHITUNGAN SAIFI DAN SAIDI PENYULANG GUNUNG AGUNG SEBELUM DAN SETELAH PEMASANGAN LBS THREE WAY

No	Sebelum Pemasangan LBS		Setelah Pemasangan LBS	
	SAIFI (Kali/plg/thn)	SAIDI (Jam/plg/thn)	SAIFI (Kali/plg/thn)	SAIDI (Jam/plg/thn)
1	0,989683948	5,737508561	0,98968852	5,737530618

3) *Perhitungan Keandalan Penyulang Imam Bonjol sebelum Pemasangan LBS Three Way Berdasarkan Angka Keluaran*

TABEL X
DATA KEANDALAN TITIK BEBAN 1 (DB0177) PENYULANG IMAM BONJOL

Titik Beban (DB0177)					
Jenis Komponen	n Komponen (unit,km)	angka keluarn m	Laju Kegagalan $\lambda = n \times m$	waktu perbaikan r (jam)	Ketidakterseediaan $U = \lambda \times r$
CB	1	0.004	0.004	10	0.04
L1	0.345	0.7	0.069	10	0.207
L2	0.241	0.2	0.0482	3	0.1446
GH	1	0.005	0.005	10	0.05
L3	0.810	0.2	0.162	3	0.486
L4	0.169	0.2	0.0338	3	0.1014
L5	0.035	0.2	0.007	3	0.021
Fuse	1	0.004	0.004	10	0.04
Trafo	1	0.005	0.005	10	0.05
Fuse	1	0.004	0.004	10	0.04
Laju kegagalan (λ) total				0.5145	
Waktu perbaikan (r) total				6.585034	
Ketidakterseediaan tahunan (U) total				3.3880	
Jumlah pelanggan				77	

Dengan cara yang sama diperoleh nilai titik beban yang lain pada penyulang Imam Bonjol didapatkan hasil :

TABEL XI
HASIL PERHITUNGAN KEANDALAN PENYULANG IMAM BONJOL PER TITIK BEBAN

Titik Beban	λ	r	u	m	$\lambda * m$	$u * m$
Load 1	0.5145	6.5850	3.388	77	39.6165	260.87
Load 2	0.5313	6.4716	3.438	87	46.2231	299.14
.....
Load 23	0.6545	5.8609	3.836	26	17.017	99.73
Load 24	0.6803	5.7524	3.913	171	116.33	669.19
Pelanggan terlayani (Σm)				2987		
Pemadaman ($\Sigma (\lambda \times m)$)					2042.8	
Jam ($\Sigma (u \times m)$)						11673.8

Berdasarkan persamaan (2), maka dapat dihitung SAIFI pada penyulang Imam Bonjol sebelum pemasangan LBS *Three Way* :

$$\begin{aligned} SAIFI &= [\Sigma (\lambda \times m)] / \Sigma m \\ &= 2042.8279 / 2987 \\ &= 0.68390623 \text{ (kali/pelanggan/tahun)} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (4), maka dapat dihitung SAIFI pada penyulang Imam Bonjol sebelum pemasangan LBS *Three Way* :

$$\begin{aligned} SAIDI &= [\Sigma (u \times m)] / \Sigma m \\ &= 11673.8172 / 2987 \\ &= 3.90820797 \text{ (jam/pelanggan/tahun)} \end{aligned}$$

4) Perhitungan Keandalan Penyulang Imam Bonjol Setelah Pemasangan LBS *Three Way* Berdasarkan Angka Keluaran

TABEL XII
HASIL PERHITUNGAN KEANDALAN PENYULANG IMAM BONJOL PER TITIK BEBAN

Titik Beban	λ	r	u	m	$\lambda * m$	$u * m$
Load 1	0.5145	6.5850	3.388	77	39.616	260.876
Load 2	0.5313	6.4716	3.438	87	46.223	299.140
.....
Load 24	0.6803	5.7524	3.913	171	116.33	669.191
Load 25	0.7049	5.6961	4.015	1	0.704	4.0152
Pelanggan terlayani (Σm)				2988		
Pemadaman ($\Sigma (\lambda \times m)$)					2043.5	
Jam ($\Sigma (u \times m)$)						11677.8

Berdasarkan persamaan 2.3, maka dapat dihitung SAIFI pada penyulang Imam Bonjol setelah pemasangan LBS *Three Way* :

$$\begin{aligned} SAIFI &= [\Sigma (\lambda \times m)] / \Sigma m \\ &= 2043.5328 / 2988 \\ &= 0.683913253 \text{ (kali/pelanggan/tahun)} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan 2.6, maka dapat dihitung SAIFI pada penyulang Imam Bonjol setelah pemasangan LBS *Three Way* :

$$\begin{aligned} SAIDI &= [\Sigma (u \times m)] / \Sigma m \\ &= 11677.8324 / 2988 \\ &= 3.908243775 \text{ (jam/pelanggan/tahun)} \end{aligned}$$

TABEL XIII
HASIL PERHITUNGAN SAIFI DAN SAIDI PENYULANG IMAM BONJOL SEBELUM DAN SETELAH PEMASANGAN LBS *THREE WAY*

No	Sebelum Pemasangan LBS		Setelah Pemasangan LBS	
	SAIFI (Kali/plg/thn)	SAIDI (Jam/plg/thn)	SAIFI (Kali/plg/thn)	SAIDI (Jam/plg/thn)
1	0.68390623	3.90820797	0.68390623	3.908243775

D. Analisa Pengaruh Pemasangan LBS *Three Way* Terhadap Mutu Pelayanan Pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*)

Dari hasil menganalisa jumlah dan lama pemadaman, sebelum dan setelah pemasangan LBS *Three Way* pada pelanggan khususnya DB0133 (*United Overseas Bank*) yang terhubung langsung dengan LBS *Three Way*. Maka dapat dilihat pengaruh pemasangan dari LBS *Three Way* terhadap kualitas pelayanan pada pelanggan.

Pada tabel 14 dapat dijelaskan pada tahun 2012 sebelum pemasangan LBS *Three Way*, pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) mengalami pemadaman sebesar 6.348 kali/pelanggan/tahun dan lama pemadaman sebesar 9.519 jam/pelanggan/tahun. Hal tersebut dikarenakan pada tahun 2012 sebelum pemasangan LBS *Three Way* pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) masih terhubung langsung pada penyulang Gunung Agung, sehingga apabila terjadi gangguan pada penyulang gunung agung maka pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) ikut mengalami pemadaman.



Pada tahun 2014 setelah pemasangan LBS *Three Way*, pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) tidak mengalami gangguan karena saat terjadi gangguan pada penyulang Gunung Agung, pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) lepas dari penyulang Gunung Agung dan terhubung dengan penyulang Imam Bonjol sehingga pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) tetap mendapat *supply* daya dari penyulang Imam Bonjol.

TABEL XIV
PENGARUH PEMASANGAN LBS THREE WAY TERHADAP MUTU PELAYANAN PELANGGAN DB0133 PADA PENYULANG GUNUNG AGUNG BERDASARKAN DATA GANGGUAN

B u l a n	SAIFI (Kali/plg/thn)		SAIDI (Jam/plg/thn)	
	Sebelum Pemasangan LBS	Setelah Pemasangan LBS	Sebelum Pemasangan LBS	Setelah Pemasangan LBS
Jan	2	0	7,24	0
Feb	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0
Apr	0	0	0	0
Mei	0	0	0	0
Juni	2	0	0,34	0
Jul	0	0	0	0
Agu	0	0	0	0
Sep	1	0	0,34	0
Okt	0,018	0	0,025	0
Nov	1,33	0	1,57	0
Des	0	0	0	0
Total	6,348	0	9,519	0

E. Analisa manuver pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) Dari Penyulang Gunung Agung Ke Penyulang Imam Bonjol

Dari menganalisa perpindahan pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) penyulang Gunung Agung ke penyulang Imam Bonjol, maka dapat diketahui pengaruh pembebanan pada penyulang Imam Bonjol saat memanuver daya ke pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*). Pengaruh perpindahan pelanggan DB133 (*United Overseas Bank*) dari penyulang Gunung Agung ke penyulang Imam Bonjol dapat dihitung sebagai berikut :

- 1) Daya terpasang penyulang Imam Bonjol setelah manuver DB133 (*United Overseas Bank*).

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= \text{Daya terpasang penyulang Imam Bonjol} + \text{Daya terpasang DB133 (United Overseas Bank)} \\ &= 5,962 \text{ kVA} + 250 \text{ kVA} \\ &= 6,212 \text{ kVA} \end{aligned}$$

- 2) Arus penyulang Imam Bonjol setelah manuver DB133 (*United Overseas Bank*).

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{3} \times V \times I \\ I &= \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \\ I &= \frac{6,212 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} \\ I &= 179.33 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, daya terpasang pada penyulang Imam Bonjol setelah pelanggan DB133 (*United Overseas Bank*) masuk ke penyulang Imam Bonjol sebesar 6,212 kVA dan Arus sebesar 179.33 Ampere, sehingga penyulang Imam Bonjol masih mampu untuk melayani daya terpasang setelah manuver pelanggan DB133, karena dilihat dari jenis penghantar yang digunakan pada penyulang Imam Bonjol yaitu NA2XSEBY 3x150mm² dengan nilai KHA sebesar 294 Ampere.

F. Analisa Kemampuan Manuver Beban Penyulang Imam Bonjol Setelah Pemasangan LBS Three Way

Dari hasil perhitungan diatas, daya terpasang pada penyulang Imam Bonjol setelah manuver seksi IV dan V penyulang Gunung Agung sebesar 7,908 kVA dan nilai arus sebesar 228.92 Ampere, sehingga penyulang Imam Bonjol dapat dikatakan mampu untuk melayani beban setelah manuver seksi IV dan V penyulang Gunung Agung.

TABEL XV
HASIL PERHITUNGAN DAYA TERPASANG DAN ARUS PADA PENYULANG GUNUNG AGUNG DAN IMAM BONJOL

No	Penyulang Gunung Agung Manuver Seksi I dan III P. Imam Bonjol		Penyulang Imam Bonjol Manuver Seksi III, IV dan V P. Gunung Agung	
	Daya terpasang (kVA)	Arus (Ampere)	Daya terpasang (kVA)	Arus (Ampere)
1	9,881	285.24	9,293	268.27

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh daya terpasang penyulang Gunung Agung setelah manuver beban pada seksi I dan III penyulang Imam Bonjol sebesar 9,881 kVA dan arus sebesar 285.24 Ampere, sedangkan pada penyulang Imam Bonjol setelah manuver beban pada seksi III, IV dan V penyulang Gunung Agung diperoleh daya terpasang sebesar 9,293 kVA dan arus sebesar 268.27 Ampere.

V. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan analisa yang telah dilakukan maka dapat disampaikan beberapa simpulan antara lain:

- 1) Pemasangan LBS *Three Way* dapat meningkatkan kualitas pelayanan pelanggan khususnya DB0133 (*United Overseas Bank*), hal ini dilihat dari hasil analisa pada tahun 2012 sebelum pemasangan LBS *Three Way*, pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) mengalami pemadaman sebesar 6.348 kali/pelanggan/tahun dan lama pemadaman sebesar 9.519 jam/pelanggan/tahun dan Pada tahun 2014 setelah pemasangan LBS *Three Way*, pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) tidak mengalami gangguan karena saat terjadi gangguan pada penyulang Gunung Agung, pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) lepas dari penyulang Gunung Agung dan terhubung dengan penyulang Imam Bonjol sehingga pelanggan DB0133 (*United Overseas Bank*) tetap mendapat *supply* daya dari penyulang Imam Bonjol.

- 2) Berdasarkan hasil perhitungan kemampuan manuver beban penyulang Gunung Agung dan Imam Bonjol. Daya terpasang pada penyulang Gunung Agung setelah manuver seksi I dan III penyulang Imam Bonjol sebesar 9,881 kVA dan nilai arus sebesar 285.24 Ampere, dan daya terpasang pada penyulang Imam Bonjol setelah manuver seksi III, IV dan V penyulang Gunung Agung sebesar 9,293 kVA dengan nilai arus sebesar 268.27 Ampere. Maka dapat disimpulkan bahwa penyulang Gunung Agung mampu memaanuver sampai seksi I dan III penyulang Imam Bonjol dan penyulang Imam Bonjol mampu memaanuver sampai seksi III, IV dan V penyulang Gunung Agung.

REFERENSI

- [1] Billinton, R.,J.E.1989. *Distribution System Reliability Indices*, IEEE Trans. Power Delivery, vol.4.
- [2] PT PLN (Persero). 2005. *Power System Engeneering Bidang Distribusi : Keandalan Sistem Distribusi*. Palembang : PT PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan.
- [3] Jendra. 2010. *Analisa Pengaruh Pemasangan Recloser Tie Pada Penyulang Blahkiuh – Panglan Terhadap Mutu Pelayanan*. Denpasar : Universitas Udayana.
- [4] Gonen, Turan. 1986. *Elektrical Power Distribution System Engeneering*. USA : McGraw-Hill.
- [5] Tim Kajian Perencanaan Sistem Distribusi Tenaga Listrik. 2005. *Laporan Akhir Perencanaan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jimbaran : Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana.
- [6] PT PLN (Persero). 1985. SPLN 59 : *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*. Jakarta : Departeman Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.

