

OPTIMALISASI LBS MOTORIZED KEY POINT PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN SISTEM

I Wayan Sukadana¹, I Nyoman Suartika²

Program Studi Teknik Elektro Universitas Pendidikan Nasional (Undiknas) Denpasar

sukadana@undiknas.ac.id

Abstrak- Sistem distribusi merupakan bagian terpenting dalam proses penyaluran tenaga listrik, karena merupakan penghubung dari sumber ke konsumen. Sehingga Keandalan system distribusi tenaga listrik sangat diperlukan. Oleh karena itu diperlukan cara-cara untuk menjamin keandalan sistem tersebut. Salah satunya dengan menggunakan *LBS Motorized Key Point* dalam pengoperasian jaringannya. Total *LBS Motorized Key Point* yang terpasang sebanyak 620 set, tersebar di 230 penyulang 20 KV di seluruh PLN Bali. *LBS Motorized Key Point* yang terpasang selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal dan belum semua fitur diintegrasikan dengan perangkat SCADA, akibatnya tele metering, tele kontrol, tele status dan fault indicator tidak dapat dimonitor secara *real time* oleh pengatur operasi system 20 KV sehingga waktu penyalan listrik di pelanggan jika terjadi gangguan akan lebih lama.

Pada loop Penyulang Cokro diperoleh tingkat SAIDI sebelum LBS dioptimalisasi adalah sebesar 1,182 jam/pelanggan dan ENS nya sebesar 2.455,88 KWH. Sedangkan dengan LBS yang sudah dioptimalisasi diperoleh tingkat SAIDI sebesar 0,414 jam/pelanggan dan ENS nya sebesar 910,85 KWH. Dengan selisih perhitungan pada system *loop* Cokro sebelum dan sesudah *LBS Motorized* di Optimalisasi maka diperoleh tingkat SAIDI sebesar 0,768 jam/pelanggan dan ENS nya sebesar 1.545,03 KWH. Selisih tersebut menunjukkan dengan menggunakan *LBS Motorized* yang sudah dioptimalisasi di sistem *loop* penyulang Cokro maka tingkat keandalan sistem pada penyulang akan lebih baik.

Kata kunci : *LBS Motorized Key Point, SCADA, SAIDI (System Average Interruption Duration Index), ENS (Energy Not Sold)*

Abstract-Distribution system is the most important part in the process of distributing electricity, because it is a link from source to consumer. So that the reliability of the electric power distribution system is very necessary. Therefore we need ways to

guarantee the reliability of the system. One of them is by using *LBS Motorized Key Points* in the operation of its network. The total *LBS of Motorized Key Points* installed were 620 sets, spread over 230 feeders of 20 KV in all PLN Bali. *LBS Motorized Key Points* that have been installed so far have not been fully utilized and not all features are integrated with SCADA devices, as a result telephoto metering, tele control, tele status and fault indicators cannot be monitored in real time by the operating system regulator.

In the Cokro Feeder loop, the level of SAIDI is obtained before the LBS is optimized at 1.182 hours / customer and the ENS is 2,455.88 KWH. Where as with LBS which has been optimized, the SAIDI level is 0.414 hours / customer and the ENS is 910.85 KWH. With the difference in calculation on the Cokro loop system before and after *LBS Motorized* in Optimization, the SAIDI level of 0.768 hours / customer is obtained and the ENS is 1,545.03 KWH. The difference shows that by using *LBS Motorized* which has been optimized in the Cokro feeder loop system, the level of system reliability in feeders will be better

Keyword : *LBS Motorized Key Point, SCADA, SAIDI (System Average Interruption Duration Index), ENS (Energy Not Sold)*

PENDAHULUAN

Keandalan sistem penyaluran tenaga listrik yang baik tidak hanya dalam sistem pembangkitan dan distribusi saja, namun sistem jaringannya juga harus diperhatikan. Kontinuitas penyaluran energi listrik menjadi salah satu aspek terpenting dalam keandalan suatu sistem kelistrikan. Sehingga untuk menunjang keandalan sistem kelistrikan tersebut maka diperlukan suatu sistem jaringan listrik yang handal. Semakin tinggi tingkat keandalan suatu sistem yang diinginkan, maka diperlukan peralatan atau komponen yang memiliki jaminan tingkat keandalan dengan sensitivitas tinggi untuk mengatasi, mengisolir serta menormalisir kembali sistem dari gangguan yang terjadi pada jaringan. Di samping itu, keandalan sistem distribusi tenaga listrik

juga sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sistem, alat pengaman yang dipasang, dan sistem proteksinya. Konfigurasi yang tepat, peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan memberikan unjuk kerja sistem distribusi yang baik sehingga keandalan penyaluran tenaga listrik dapat tetap terjamin.

Keandalan sistem merupakan suatu hal utama yang diperhitungkan oleh PT. PLN (PERSERO) selaku penyedia tenaga listrik. Oleh karena itu, PLN pun mengembangkan berbagai cara untuk tetap menjamin keandalan penyaluran tenaga listrik tersebut. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mengoptimalkan fungsi LBS Motorized key point yang terpasang di jaringan distribusi. LBS Motorized Key point merupakan salah satu peralatan yang memiliki peranan penting dalam proses penyaluran tenaga listrik diantaranya adalah :

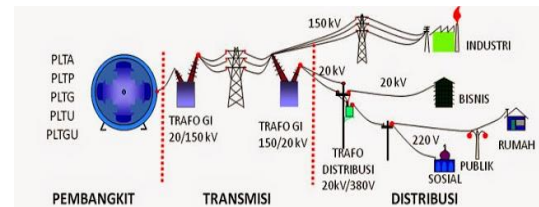
1. Deteksi sumber gangguan (*Fault Detection*)
Dengan adanya *Fault Indicator* yang terintegrasi dalam sistem SCADA, lokasi gangguan dapat diketahui dengan cepat dan akurat.
2. Lokalisir sumber gangguan (*Fault Isolation*)
Setelah sumber gangguan diketahui, perangkat LBS *Motorized Key Point* dapat melakukan operasi buka/tutup dalam rangka meminimalisasi daerah pelanggan yang terdampak.
3. Pemulihan gangguan (*Fault Restorization*)
Setelah sumber gangguan berhasil diatasi, tahap normalisasi operasi tenaga listrik dilakukan untuk mengembalikan sistem distribusi tenaga listrik ke kondisi operasi normal.
4. Manajemen pelepasan beban (*Load Shedding*)
Apabila jaringan distribusi tenaga listrik kekurangan pasokan tenaga listrik, maka harus dilakukan pelepasan beban untuk menjaga keseimbangan supply pembangkit tenaga listrik dan beban di pelanggan.
5. Memberikan informasi besaran beban dan tegangan secara real time (MW,A,V), serta dapat memberikan informasi status switch LBS di lokasi pemasangan.
6. Memberikan informasi *Door Open* jika *box control* di peralatan LBS *Motorized* yang terpasang dilapangan di buka oleh orang yang tidak bertanggungjawab.

LBS *Motorized Key Point* yang terpasang selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal dan belum semua fitur diintegrasikan dengan perangkat SCADA, akibatnya semua kemampuan yang dimiliki LBS *Motorized Key Point* tidak dapat berfungsi dengan sempurna. Dengan adanya permasalahan tersebut maka perlu dilakukan optimalisasi fitur LBS *Motorize Key Point* pada jaringan distribusi yang terpasang di masing-masing penyalur 20 kV.

Kajian Pustaka

Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Struktur tenaga listrik atau system tenaga listrik sangat besar dan kompleks karena terdiri atas komponen peralatan atau mesin listrik seperti generator, transformator, beban dan alat-alat pengaman dan pengaturan yang saling dihubungkan membentuk suatu sistem yang digunakan untuk membangkitkan, menyalurkan, dan menggunakan energi listrik.



Gambar 1. Proses Distribusi Tenaga Listrik

Proses Distribusi Tenaga Listrik

Setelah tenaga listrik dibangkitkan oleh pusat pembangkit listrik, selanjutnya akan disalurkan (ditransmisikan) melalui jaringan transmisi. Dari jaringan transmisi selanjutnya didistribusikan kepada para konsumen tenaga listrik melalui jaringan distribusi tenaga listrik. Pada PTL biasanya membangkitkan energi listrik pada tegangan menengah, yaitu pada umumnya antara 6-20 KV, pada sistem tenaga listrik besar atau jika PTL terletak jauh dari pemakai, maka tegangannya perlu dinaikan melalui saluran transmisi dari tegangan menengah (TM) menjadi tegangan tinggi (TT) bahkan tegangan ekstra tinggi (TET).

Pada pembangkit tegangan yang dikeluarkan oleh generator yaitu 16 KV kemudian dinaikan tegangannya melalui Trafo *Step-up* di GITET hingga tegangannya menjadi 500 KV, kemudian disalurkan melalui SUTET menuju ke konsumen pemakai tegangan tinggi, sebelum ke konsumen pemakai tegangan tinggi, maka tegangan terlebih dahulu diturunkan dari TET menjadi TT yaitu sekitar 150 KV, tegangan tersebut diturunkan melalui Trafo *step-down* yang berada di Gardu Induk (GI).

Setelah itu listrik dialirkan melalui SUTT menuju ke konsumen pemakai Tegangan Menengah, sebelum ke konsumen pemakai (TM), tegangan diturunkan kembali oleh Gardu Induk melalui Trafo *step-down*, dari (TT) menjadi (TM) yaitu sekitar 20 KV. Mendekati pusat pemakaian tenaga listrik yang umum, energi listrik yang dialirkan melalui Jaringan Tegangan Menengah akan diturunkan, dari TM menjadi TR oleh Trafo *step-down* di gardu distribusi, tegangannya yaitu 220 Volt dan 380 Volt, yang kemudian didistribusikan ke pemakai oleh gardu distribusi melalui JTR.

Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Tingkat keandalan dari system distribusi diukur dari sejauh mana penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung secara kontinu kepada para pelanggan tanpa perlu terjadi pemadaman. Seiring dengan kemajuan zaman, terjadi

pertumbuhan beban ditandai munculnya kawasan industri, bisnis, serta pemukiman yang baru, dan hal ini tentunya menuntut tingkat keandalan yang semakin tinggi.

Indeks Keandalan dan *Energy Not Sold (ENS)*

Indeks-indeks keandalan yang digunakan untuk menghitung performa keandalan system distribusi secara keseluruhan yaitu :

- a. SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) menginformasikan tentang frekuensi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi, cara menghitungnya yaitu total frekuensi pemadaman dari konsumen dalam setahun dibagi dengan jumlah total konsumen yang dilayani. Secara matematis dituliskan sebagai :

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N} (\text{failure/year} \times \text{customer})$$

Dimana :

λ = indeks kegagalan rata-rata per tahun (*failure/year*)

N= jumlah konsumen padam

- b. SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi, cara menghitungnya yaitu total durasi pemadaman dari konsumen dalam setahun dibagi dengan jumlah total konsumen yang dilayani. Secara matematis dituliskan sebagai :

$$SAIDI = \frac{\sum(U_i \times N_i)}{\sum N} (\text{Hours/year} \times \text{customer})$$

Dimana :

U = Durasi kegagalan rata-rata per tahun (*hour/year*)

N = Jumlah konsumen padam

- c. CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata konsumen untuk setiap gangguan yang terjadi, cara menghitungnya yaitu SAIDI dibagi dengan SAIFI. Secara matematis dituliskan sebagai :

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} (\text{hours/customer} \times \text{failure})$$

- d. *Energy Not Sold (ENS)* merupakan besaran energy listrik yang tidak termanfaatkan yang diakibatkan oleh gangguan maupun pemeliharaan dalam kurun waktu tertentu. Secara matematis dituliskan sebagai :

Energi Listrik = P x t *kwh*

$P = V \times I \times \sqrt{3} \times \text{Cos } Q$

Dimana :

P = Daya (watt).

= Tegangan Sistem (Volt).

I = Arus Beban (Ampere).

= 1,732

Cos Q = Faktor Daya sistem.

V

$\sqrt{3}$

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*)

SCADA (*supervisory control and data acquisition*) merupakan teknologi yang menggabungkan fungsi pengawasan, pengendalian dan pengambilan data jarak jauh (*remote area*) yang terpusat pada suatu tempat yang disebut *controlcenter*. Secara umum SCADA berfungsi mulai dari pengambilan data pada Gardu Induk atau Gardu Distribusi, pengolahan informasi yang diterima, sampai reaksi yang ditimbulkan dari hasil pengolahan informasi.

Sistem pengendalian berbasis SCADA banyak diterapkan karena memiliki fungsi pengukuran (*Tele Metering*), fungsi pengawasan (*Tele Control*) dan fungsi permintaan pengiriman data (*Tele Status*) dalam pengoperasiannya dan juga berfungsi sebagai pengendali berbagai sistem misalnya pada system tenaga listrik, system distribusi minyak dan gas, system pengendalian lalu lintas kereta api, system pengendalian suplai air minum, sistem irigasi dan lain-lain.

Load Break Switch (LBS) Motorized Key Key Point.

Load Break Switch (LBS) Key Point merupakan suatu alat pemutus atau penyambung sirkuit pada sistem distribusi listrik dalam keadaan berbeban. LBS mirip dengan alat pemutus tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker (CB)* dan biasanya dipasang dalam saluran distribusi listrik. LBS digunakan untuk pemutusan lokal apabila terjadi gangguan atau ingin dilakukan perawatan jaringan distribusi pada daerah tertentu sehingga daerah yang tidak mengalami gangguan atau perawatan tidak mengalami pemadaman listrik. Seiring perkembangan teknologi fungsi koordinasi *LBS* dan *recloser* serta fungsi sebagai sakelar seksi otomatis (*sectionalizer*) yang memungkinkan untuk mengisolasi segmen jaringan yang terganggu sementara itu pelayanan pada segmen jaringan yang tidak terganggu dipulihkan secara otomatis dengan memanfaatkan fungsi peralatan kontrol RTU yang mampu menyalurkan, menyambung dan memutus beban secara elektromekanis (*motorized*) di jaringan listrik tegangan menengah.

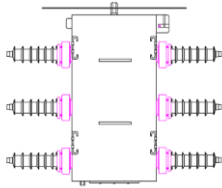
Komponen utama dalam perancangan *Load Break Switch (LBS) Motorized Key Point.*

Dalam perencanaan pemasangan *Load Break Switch (LBS) Key point* ada beberapa komponen yang harus diperlukan yaitu :

1. *Switching Load Break Switch*

Switching Load Break Switch tersebut direncanakan dan dibuat untuk dapat dipergunakan sesuai dengan sifat dan penampilannya, yaitu memutus beban pada system saluran udara tegangan menengah 20 kV sebesar *rated current* (630A) sampai 100 kali, dengan umur operasi mekanik paling sedikit 5.000 kali, secara *motorized*, baik

secara remote maupun secara lokal, serta bisa dioperasikan secara manual pada saat sistem motorized tidak bisa digunakan. *Switching Load break switch* dirancang untuk memutus beban pada jaringan distribusi 20 KV sesuai dengan rating pemutus tersebut, yaitu 630 A.



Gambar 2 Switching Load Break Switch

2. Remote Terminal Unit (RTU)

Karena *Load Break Switch* dioperasikan dengan menggunakan sistem SCADA atau secara remote, maka pada *Load Break Switch* ditambahkan sebuah panel kontrol yang dihubungkan dengan RTU (*Remote Terminal Unit*) atau di *Load Break Switch* dikenal dengan sebutan FTU (*Feeder Terminal Unit*). Sebagai perangkat pemroses sinyal, RTU/FTU dirancang untuk dapat melakukan proses-proses sebagai perangkat pengiriman data ke pusat pengendalian system seperti perubahan status peralatan, perubahan besaran analog, perubahan sinyal (*alarm*), pembacaan harga *pulse akumulator*, pembacaan besaran analog, serta memproses data perintah yang datang dari satu, dua atau tiga control center ke rangkaian proses dan mengirim data hasil pengukuran/pemantauan ke pusat pengendali yang sesuai dengan ketetapan dan mampu berkomunikasi dengan satu, dua atau tiga *control center*.



Gambar 3 Remote Terminal Unit/Feeder Terminal Unit

3. Sumber tegangan untuk catu daya

Untuk jaringan radial, *voltage transformer* (VT) eksternal dipasang pada sisi sumber sedangkan untuk jaringan yang memungkinkan untuk dicatu dari arah sebaliknya, maka VT eksternal dipasang pada kedua sisi *LBS*.



Gambar4. Voltage Transformer

4. Lightning Arester 20 kV

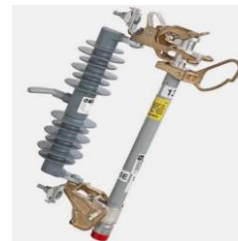
Lightning Arrester ini direncanakan dan dibuat untuk dipergunakan sesuai dengan sifat dan penampilannya untuk pengamanan jaringan distribusi tegangan menengah (SUTM) khususnya LBS dari gangguan tegangan lebih eksternal dan dipasang pada tempat-tempat terbuka (untuk pasangan luar). Dalam keadaan normal dan pada saat terjadi tegangan lebih internal arrester ini tidak boleh beroperasi.



Gambar 5. Lightning arrester 20 kV

5. Fuse Cut Out 20 kV

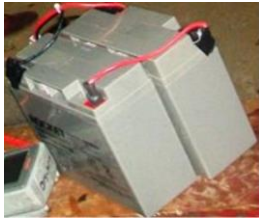
Peralatan ini bekerja berdasarkan prinsip ledakan (*expulsion*) *fuse link* didalam tabung yang dilapisi dengan *deionizing fiber*. Ketika elemen *fuse link* meleleh/lebur maka lapisan *fiber* akan melebur juga dan mengeluarkan gas deionizing, yang akan terkumpul didalam tabung dan keluar sambil memadamkan dan membawa busur api.



Gambar 6. Fuse Cut Out 20 kV

6. Catu Daya (Power Supply)

Catu daya tegangan untuk motor dan perangkat control disediakan dan ditempatkan didalam panel kontrol. Catu daya tegangan dilengkapi dengan battery 24V DC dan charger dengan kapasitas memadai yang dapat menjamin operasi normal LBS selama 24 jam pada saat terjadi gangguan.



Gambar 7. Batray Power Suplai

7. Kabel Control

Sebagai media penghantar arus dan tegangan pada umumnya, yang dilengkapi soket diujung kedua sisinya sehingga memungkinkan LBS mengirim data data *telemetering*, *telestatus*, dan perintah *open/close* ke RTU.



Gambar 8. Kabel Control

8. Kabel Ground

Kabel Ground merupakan kabel yang digunakan untuk pelindung peralatan dari imbas surja. Kabel ground merupakan salah satu peralatan penting yang harus terpasang pada bagian body LBS dan kabel ini kemudian ditanahkan.



Gambar 9. Kabel Ground

9. Antena Modem

Antena modem merupakan peralatan yang berfungsi sebagai *transceiver* (*Transmit dan Receive*) dari sinyal GPRS.

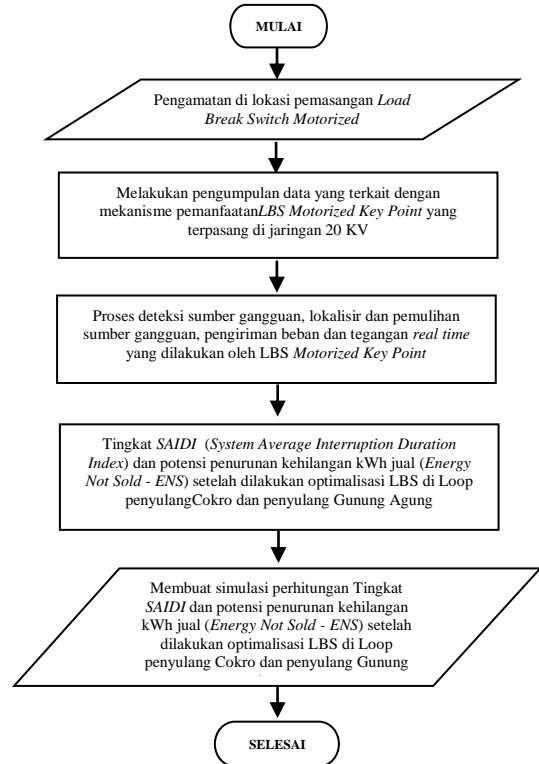


Gambar 10 Antena Modem

METODE PENELITIAN

LBS *Motorized Key Point* merupakan peralatan yang telah lama dipasang pada jaringan distribusi 20 kV, namun belum dimanfaatkan secara maksimal dan belum semua fitur diintegrasikan dengan perangkat SCADA, akibatnya semua kemampuan yang

dimiliki LBS *Motorized Key Point* tidak dapat berfungsi dengan sempurna. Dalam penelitian ini langkah-langkah yang akan dilakukan dapat dilihat dalam bagan berikut :



Gambar 11. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan di penyalang 20 kV loop Gunung Agung yang berpasangan dengan penyalang Cokro yang berlokasi di Area Bali Selatan namun pengaturan sistem 20 kVnya dilakukan oleh PT PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Bali, Unit Pelaksana Pengatur Distribusi Bali, Kecamatan Denpasar Barat Kota Denpasar Provinsi Bali.

Pemasangan *Load Break Switch Motorized* pada penyalang 20 kV loop Gunung Agung yang berpasangan dengan penyalang Cokro ini dimaksudkan untuk memperbaiki SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan menekan potensi kehilangan kWh jual (*Energy Not Sold - ENS*) di PLN Bali.

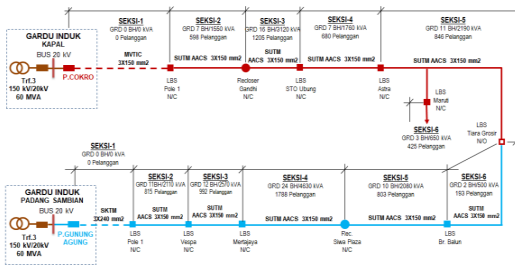
PEMBAHASAN

PT PLN (Persero) Distribusi Bali bertanggung jawab untuk menyediakan layanan listrik yang handal, kontinyu dan berkualitas untuk semua pelanggan yang tersebar di pulau Bali. Dengan total kapasitas daya yang mencapai 1274 Megawatt, beban puncak 900,1 MW dan 1,4 Juta pelanggan , PLN Bali menargetkan pertumbuhan kelistrikan mencapai 6 persen pada tahun 2019. Salah satu cara untuk mencapai target tersebut diatas dilakukan pengaturan konfigurasi jaringan distribusi 20 kV yang tepat, menempatkan peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan memberikan

unjuk kerja sistem distribusi yang baik sehingga keandalan penyaluran tenaga listrik dapat tetap terjamin.

Prinsip Kerja LBS Motorized Key Point setelah di Optimalisasi.

LBS Motorize Key Point yang sudah dioptimalisasi sendiri sudah digunakan di sistem loop penyulang Gunung Agung GI Padang sambian yang berpasangan dengan penyulang Cokro GI kapal yang berada diwilayah PLN Area Bali Selatan. Penyulang Gunung Agung di suplay dari GI Padang sambian Trafo-3 150kV/20kV 60 MVA, sedangkan Penyulang Cokro di Suplay dari GI Kapal Trafo-3 150kV/20kV 60 MVA. Sesuai Gambar 12 dibawah Penyulang Cokro dibagi menjadi 5 Seksi, sedangkan Penyulang Gunung Agung dibagi menjadi 6 seksi,



Gambar 12. Single Line Loop Penyulang Cokro dan Penyulang Gunung Agung

Data jumlah Gardu Distribusi, kVA Trafo dan jumlah pelanggan per seksi adalah sebagai berikut :

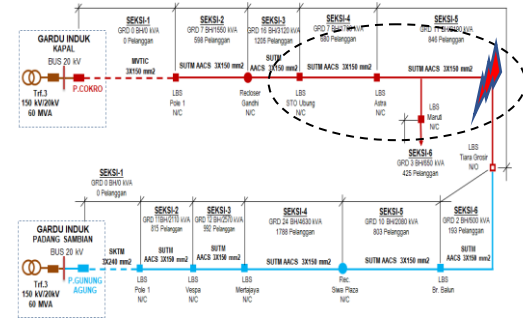
Tabel 1. Jumlah Pelanggan per Seksi di Penyulang Cokro dan Penyulang Gunung Agung.

NO	SEKSI	PENYULANG						CAT AT AN
		COKRO			GUNUNG AGUNG			
		GRD	KV A	PLG	GRD	KVA	PLG	
1	SEKSI-1	0	0	0	0	0	0	
2	SEKSI-2	7	1550	598	11	2110	815	
3	SEKSI-3	16	3120	1205	12	2570	992	
4	SEKSI-4	7	1760	680	24	4630	1788	
5	SEKSI-5	11	2190	846	10	2080	803	
6	SEKSI-6	-	-	-	2	500	193	
TOTAL		41	8620	3329	59	11890	4591	

Koordinasi Kerja Loop Penyulang Cargo dan Gunung Agung sebelum LBS Motorized Key Point di Optimalisasi.

Dalam simulasi ini akan di asumsikan titik gangguan berada pada seksi-5 Penyulang Cokro (Gangguan Isolator TM Pecah). Apabila terjadi gangguan pada seksi 5 Penyulang Cokro, maka Recloser Gandhi akan mencoba reclosed (Jika Indikasi gangguan EF dan OC, kalau Indikasi gangguan Momen Recloser akan lock

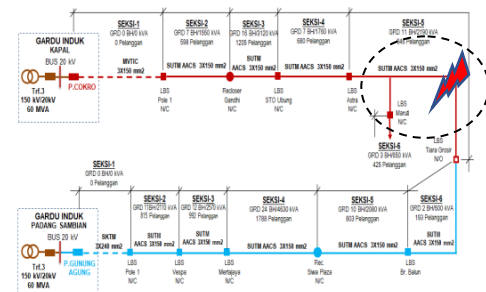
out), Apabila gangguannya bersifat sementara maka jaringan akan normal kembali. Tetapi karena gangguan bersifat permanent maka recloser Gandhi akan Lock Out, selanjutnya recloser Tiara Grosir akan mencoba masuk, karena gangguan permanent maka recloser Tiara Grosir akan Lock Out. Pada Kondisi seperti ini LBS Motorized belum dioptimalisasi, daerah padam meliputi Seksi-3, Seksi-4 dan Seksi-5, dari Recloser Gandhi sampai Recloser Tiara Grosir seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 13. Single Line Loop Penyulang Cokro dan Penyulang Gunung Agung . (Titik Gangguan Seksi-5 LBS belum Optimalisasi)

Koordinasi Kerja Loop Penyulang Cargo dan Gunung Agung setelah LBS Motorized Key Point di Optimalisasi.

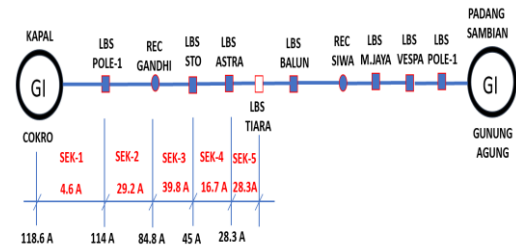
Dalam simulasi ini akan di asumsikan titik gangguan berada pada seksi-5 (Gangguan Isolator TM Pecah). Apabila terjadi gangguan pada seksi 5, maka Recloser Gandhi akan mencoba reclosed (Jika Indikasi gangguan EF dan OC, kalau Indikasi gangguan Momen Recloser akan lock out), bila gangguannya bersifat sementara maka jaringan akan normal kembali. Tetapi karena gangguan bersifat permanent maka recloser Gandhi akan Lock Oout, karena LBS Motorized termasuk recloser sudah di optimalisasi maka pada recloser Gandhi, LBS STO Ubung dan LBS Astra di layar HMI dibaca oleh dispatcher akan muncul sinyal alarm, selanjut berdasarkan sinyal alarm yang muncul dimasing masing LBS yang dilewati oleh arus gangguan, dispatcher dapat memastikan gangguan ada di SEKSI-5, langkah selanjutnya adalah melokalisir seksi-5 dan menormalkan seksi-3 dan seksi-4.



Gambar 14. Single Line Loop Penyulang Cokro dan Penyulang Gunung Agung . (Titik Gangguan Seksi-5 LBS sudah di Optimalisasi)

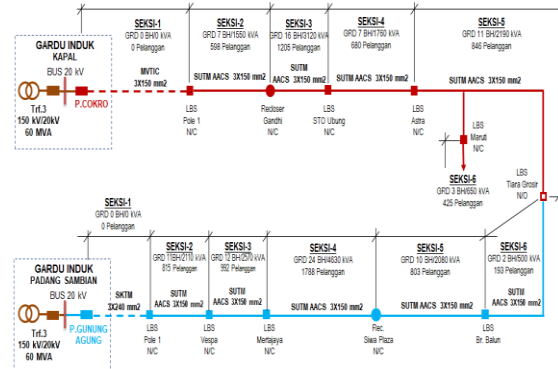
Koordinasi Kerja Loop Penyulang Cargo dan Gunung Agung dioperasikan dengan DAS (Distribution Automation System)

Simulasi ini akan di asumsikan titik gangguan berada pada seksi-5 (Gangguan Isolator TM Pecah). Apabila terjadi gangguan pada seksi 5, maka *Recloser* Gandhi akan mencoba *reclosed* (Jika Indikasi gangguan EF dan OC, kalau Indikasi gangguan Moment *Recloser* akan *lock out*), bila gangguannya bersifat sementara maka jaringan akan normal kembali. Tetapi karena gangguan bersifat permanen maka *recloser* Gandhi akan *terbuka/trip*, maka selanjutnya LBS *Motorized* Astra langsung *Lock Out* karena merasakan arus gangguan terbesar, dan kemudian secara otomatis *recloser* Gandhi masuk sehingga Seksi-3 dan Seksi-4 langsung menyala, dan Seksi-5 secara langsung terlokalisir. *Dispatcher* akan membaca di HMI seksi-5 sudah terlokalisir dan *dispatcher* dapat memastikan gangguan ada di SEKSI-5.



Gambar 16. Beban masing – masing Seksi di Penyulang Cokro

Ketika gangguan permanen di seksi-5 maka potensi kehilangan kwh secara total di Penyulang Cokro adalah 2455.88 kWh meliputi Seksi-3 525 kWh, Seksi-4 391.01 kWh dan seksi Seksi-5 1539.87 kWh seperti tabel berikut :



Gambar 15. Single Line Loop Penyulang Cokro dan Penyulang Gunung Agung . (Titik Gangguan Seksi-5 LBS sudah di Optimalisasi)

Tabel 2. Potensi kehilangan kWh (ENS) sebelum LBS di optimalisasi.

NO	SEKSI	BEBAN		TEGANGAN		LAMA PADAM		ENS
		AMPERE	KV	COSQ	MENIT	JAM	KWH	
1	SEKSI-3	39.8	20.6	0.96	40	0.67	525.00	
2	SEKSI-4	16.7	20.6	0.96	71	1.18	391.01	
3	SEKSI-5	28.3	20.6	0.96	165	2.75	1539.87	
TOTAL					276	4.60	2455.88	

Potensi kehilangan kWh jual (ENS)

Energy Not Sold – ENS merupakan besaran energi listrik yang tidak termanfaatkan yang diakibatkan oleh gangguan maupun pemeliharaan dalam kurun waktu tertentu. Secara matematis dituliskan sebagai :

Energi Listrik = P x t (*kwh- kilo watt hour*)

$P = V \times I \times \sqrt{3} \times \text{Cos Q}$

Dimana :

$P = \text{Daya (watt)}$.

$V = \text{Tegangan Sistem (Volt)}$.

$I = \text{Arus Beban (Ampere)}$. $\sqrt{3} = 1,732$

$\text{Cos Q} = \text{Factor Daya system}$.

Analisis Potensi kehilangan kWh (ENS) dan potensi penurunan SAIDI di Penyulang Cokro GI Kapal, akan dihitung berdasarkan asumsi gangguan permanen di Seksi-5 Penyulang Cokro, dan menggunakan beban, tegangan dan factor daya secara riil yang didapat dari server APD Bali. Beban, tegangan dan factor daya yang diguna menggunakan data hari kerja tanggal 9 April 2019 pada pukul 11.00 Wita.

Untuk beban masing masing peralatan adalah : Penyulang Cokro = 118,6A, LBS Pole-1 = 114A, Rec Gandhi=84.8A, LBS STO =45A, dan LBS Astra=28.3A, maka beban masing masing seksi dapat digambarkan sebagai berikut :

Ketika gangguan permanen di seksi-5 dan LBS *Motorized* sudah di optimalisasi maka potensi kehilangan kwh secara total di Penyulang Cokro adalah 961.19 kWh atau turun 61% , seksi-3 turun menjadi 26,25 kWh (turun 95%), seksi-4 turun menjadi 11,01 kWh (turun 97%) , seksi-5 turun 923.92 kwh (turun 40%) dibandingkan dengan sebelum LBS di optimalisasi seperti tabel berikut :

Tabel 3. Potensi kehilangan kWh (ENS) setelah LBS di optimalisasi.

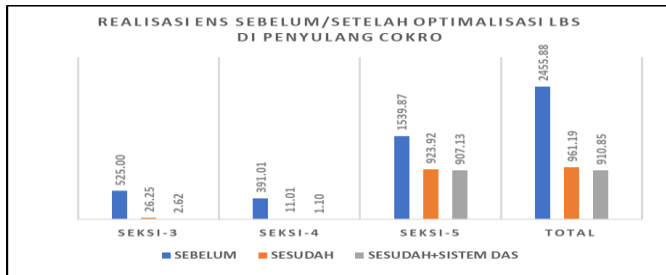
NO	SEKSI	BEBAN		TEGANGAN		LAMA PADAM		ENS
		AMPERE	KV	COSQ	MENIT	JAM	KWH	
1	SEKSI-3	39.8	20.6108	0.96	2	0.03	26.25	
2	SEKSI-4	16.7	20.6108	0.96	2	0.03	11.01	
3	SEKSI-5	28.3	20.6108	0.96	99	1.65	923.92	
TOTAL					103	1.72	961.19	

Ketika gangguan permanen di seksi-5 dan LBS *Motorized* sudah di optimalisasi serta *system* menggunakan DAS maka potensi kehilangan kwh secara total di Penyulang Cokro adalah 910.85 kWh atau turun 5% , seksi-3 turun menjadi 2.62 kWh (turun 90%), seksi-4 turun menjadi 1.10 kWh (turun 90%) , seksi-5 turun 923.92 kwh (turun 2%) dibandingkan dengan setelah LBS di optimalisasi seperti tabel berikut :

Tabel 3. Potensi kehilangan kWh (ENS) Dengan Sistem DAS.

NO	SEKSI	BEBAN		TEGANGAN		LAMA PADAM		ENS
		AMPERE	KV	COSQ	MENIT	JAM	KWH	
1	SEKSI-3	39.8	20.6108	0.96	0.2	0.003		2.62
2	SEKSI-4	16.7	20.6108	0.96	0.2	0.003		1.10
3	SEKSI-5	28.3	20.6108	0.96	97.2	1.62		907.13
TOTAL					97.6	1.63		910.85

Realisasi potensi kWh tak terjual (ENS), pada penyulang Cokro jika titik gangguan permanen di seksi-5 dapat ditampilkan seperti grafik berikut :



Grafik 1. Realisasi ENS sebelum/sesudah LBS Motorized di optimalisasi.

Potensi penurunan SAIDI

Berdasarkan data jumlah pelanggan per seksi di Penyulang Cokro dan Penyulang Gunung Agung dan perhitungan lama padam di masing masing seksi sebelum dan sesudah LBS *Motorized* dioptimalisasi maka dapat dihitung besarnya SAIDI sebagai berikut : Realisasi SAIDI secara total di Penyulang Cokro adalah 1,182 jam/pelanggan, meliputi Seksi-3 0,241 jam/pelanggan, Seksi-4 0,242 jam/pelanggan dan seksi Seksi-5 0,699 jam/pelanggan seperti tabel berikut :

Tabel 4. Realisasi SAIDI sebelum LBS di optimalisasi.

NO	SEKSI	PELANGGAN		LAMA PADAM		SAIDI
		TOTAL	SEKSI	MENIT	JAM	
1	SEKSI-3	3329	1205	40	0.67	0.241
2	SEKSI-4	3329	680	71	1.18	0.242
3	SEKSI-5	3329	846	165	2.75	0.699
TOTAL				276	4.60	1.182

Ketika gangguan permanen di seksi-5 dan LBS *Motorized* sudah di optimalisasi maka SAIDI secara total di penyulang Cokro adalah 0,438 jam/pelanggan atau turun 63 % , seksi-3 0,012 jam/pelanggan (turun 95%), seksi-4 0,007 jam/pelanggan (turun 97%) , seksi-5 0,419 jam/pelanggan (turun 40%) dibandingkan dengan sebelum LBS di optimalisasi seperti tabel berikut :

Tabel 5. Realisasi SAIDI setelah LBS di optimalisasi.

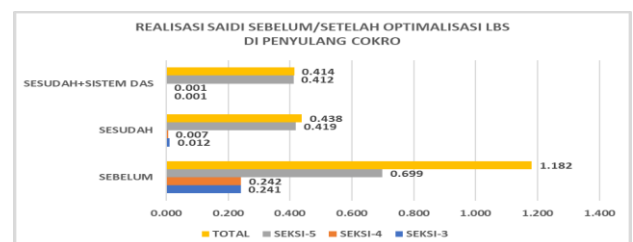
NO	SEKSI	PELANGGAN		LAMA PADAM		SAIDI
		TOTAL	SEKSI	MENIT	JAM	
1	SEKSI-3	3329	1205	2	0.03	0.012
2	SEKSI-4	3329	680	2	0.03	0.007
3	SEKSI-5	3329	846	99	1.65	0.419
TOTAL				103	1.72	0.438

Ketika gangguan permanen di seksi-5 dan LBS *Motorized* sudah di optimalisasi serta *system* menggunakan DAS maka SAIDI secara total di penyulang Cokro adalah 0,414 jam/pelanggan atau turun 6% , seksi-3 0,001 jam/pelanggan (turun 90%), seksi-4 0,001 jam/pelanggan (turun 90%) , seksi-5 0,412 jam/pelanggan (turun 2%) dibandingkan dengan setelah LBS di optimalisasi seperti tabel berikut :

Tabel 6. Realisasi SAIDI dengan Sistem DAS

NO	SEKSI	PELANGGAN		LAMA PADAM		SAIDI
		TOTAL	SEKSI	MENIT	JAM	
1	SEKSI-3	3329	1205	0.2	0.003	0.001
2	SEKSI-4	3329	680	0.2	0.003	0.001
3	SEKSI-5	3329	846	97.2	1.62	0.412
TOTAL				97.60	1.63	0.414

Realisasi SAIDI, pada penyulang Cokro jika titik gangguan permanen di seksi-5 dapat ditampilkan seperti grafik berikut :



Grafik 2. Realisasi SAIDI sebelum/sesudah LBS Motorized di optimalisasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Optimalisasi LBS *Motorized* di Jaringan 20 kV penyulang Cokro dapat mempercepat proses manuver, memberikan informasi daerah padam secara real time, load profile beban dan tegangan secara real time , sehingga SAIDI dan potensi kehilangan kWh jual (ENS ,*Energy Not Sold*) dapat ditekan serta perencanaan pengembangan jaringan distribusi dapat dilakukan lebih baik.
2. Realisasi potensi kWh tak terjual (ENS), pada penyulang Cokro jika titik gangguan permanen di seksi-5 adalah sebagai berikut :

Setelah LBS *Motorized* di Optimalisasi.

- a. Seksi-3 turun 95% (dari 525 kwh menjadi 26,25 kwh).

- b. Seksi-4 turun 97% (dari 391,01 kwh menjadi 11,01 kwh).
- c. Seksi-5 turun 40% (dari 1539,87 kwh menjadi 923,92 kwh).
- d. ENS Total turun 61% (dari 2455,88 kWh menjadi 961,19 kWh).

Setelah LBS *Motorized* di Optimalisasi dengan *system* DAS dioperasikan.

- a. Seksi-3 turun 90% (dari 26,25 kwh menjadi 2,62 kwh).
 - b. Seksi-4 turun 90% (dari 11,01 kwh menjadi 1,10 kwh).
 - c. Seksi-5 turun 2% (dari 923,92 kwh menjadi 907,13 kwh).
 - d. ENS Total turun 5% (dari 961,19 kWh menjadi 910,85 kWh).
3. Tingkat SAIDI, Pada Penyulang Cokro jika titik gangguan permanen di seksi-5 adalah sebagai berikut :

Setelah LBS *Motorized* di Optimalisasi.

- a. Seksi-3 turun 95% (dari 0,241 jam/plg menjadi 0,012 jam/plg).
- b. Seksi-4 turun 97% (dari 0,242 jam/plg menjadi 0,007 jam/plg).
- c. Seksi-5 turun 40% (dari 0,699 jam/plg menjadi 0,419 jam/plg).
- d. SAIDI Total turun 63% (dari 1,182 jam/plg menjadi 0,438 jam/plg).

Setelah LBS *Motorized* di Optimalisasi dengan *system* DAS dioperasikan.

- a. Seksi-3 turun 90% (dari 0,012 jam/plg menjadi 0,001 jam/plg).
- b. Seksi-4 turun 90% (dari 0,007 jam/plg menjadi 0,001 jam/plg).
- c. Seksi-5 turun 2% (dari 0,419 jam/plg menjadi 0,412 jam/plg).
- d. SAIDI Total turun 6% (dari 0,438 jam/plg menjadi 0,144 jam/plg).

SARAN

Adapun saran yang dapat penulis berikan yaitu apabila akan menempatkan LBS *Motorized* pada Jaringan 20 kV dengan konfigurasi sistem *loop* maka harus memperhatikan :

1. Keseimbangan beban kedua penyulang agar secara total tidak melebihi setting *Over Load* nya.
2. Perkembangan beban pada penyulang yang akan melayani agar dijaga tidak melampaui KHA kawat penghantarnya.
3. Untuk mengoptimalkan kinerja dan kemampuan LBS *Motorized* yang dilengkapi dengan RTU guna mendukung keberhasilan *system loop*, maka utilitas penting yang harus diperhatikan adalah jaringan komunikasinya.
4. Setiap pemasangan LBS *Motorized* baru agar memperhatikan pola konfigurasi jaringan dengan

4 segmentasi penyulang, dimana minimal masing-masing penyulang memiliki 2 LBS remote dan 1 Recloser remote.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SPLN 59 : Lampiran Keputusan Direksi PT PLN (PERSERO) No. 014/DIR/1985, *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 KV dan 6 KV*, 1985.
- [2] Stevenson, Jr, William, D. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Jakarta : Erlangga 1994.
- [3] SPLN 109-5 : Lampiran Keputusan Direksi PT PLN (PERSERO) No. 065.K/0594/DIR/1996, *Pola SCADA Pengatur Distribusi*; 1996
- [4] Sarimun, Wahyudi, *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta : Garamond 2012.
- [5] SPLN S3. 003 : Lampiran Keputusan Direksi PT PLN (PERSERO) No. 0062.P/DIR/2017, *Spesifikasi Motorized Pole Mounted Load Break Switch dan Sistem Kontrol*, 2016.
- [6] PT PLN (PERSERO) Distribusi Bali, *Standar Operasi Prosedur (SOP) Penormalan Jaringan Distribusi 20 KV, Mei 2018*.