

Optimalisasi *Load Break Switch Motorized* Menggunakan Fungsi *Sectionalizer* Berbasis Scada pada Penyulang Bacan ULP Pulung Kencana

Jeckson¹, Hamimi², Ahmad Adhitya Prawira³

^{1, 2, 3} Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Lampung
Jl. H. Zainal Abidin Pagar Alam No.14 Bandar Lampung 35142
E-mail: jecksonmuhammad@gmail.com
ahmadadhitya0184@gmail.com

Abstrak

The medium voltage network of bacan feeders was an air line power network and had a very high potential to experience disruptions impacted on customer outages. The bacan feeder network was divided into sections using breaker equipment (Recloser/LBSM) in order to narrow down the area of blackout when a disturbance occurs. The work function of the breaker equipment was not yet optimal, so it can have an impact on the length of time the customer goes out when there was a network disturbance. From the simulation of the existing feeder conditions, the ENS (Energy Not Supplied) results were really high and the duration of the shutdown was very long so we optimize the breaker equipment (LBSM) by resetting the sectionalizer and telesignaling SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) and RTU (Remote Terminal Unit) on LBSM that has not been integrated with SCADA. Based on the results of the analysis, evaluation and simulation, after the optimization of the SCADA-based sectionalizer function had been applied to the LBSM equipment, the ENS value and the feeder shutdown duration function due to the disturbance of the bacan feeder network could be significantly reduced

Keywords : LBSM, Sectionalizer, RTU, Telesignaling, SCADA

1. Pendahuluan

Penyaluran energy listrik terbagi menjadi empat bagian utama yaitu bagian pembangkitan, bagian penyaluran transmisi (150kV), bagian penyaluran distribusi tegangan menengah (20kV) dan bagian penyaluran distribusi tegangan rendah (400V). Salah satu bagian penyaluran yang mempunyai potensi terjadi gangguan sangat tinggi dan proses penormalan yang lama adalah bagian penyaluran distribusi tegangan menengah (TM) karena sebagian besar jaringannya tidak berisolasi dan relating panjang. Penyebab gangguan yang dapat terjadi dapat dibagi menjadi dua yaitu penyebab eksternal (pohon, laying-layang, hewan, dan lain sebagainya) serta penyebab internal (isolator, arrester, penghantar, dan lain sebagainya). Oleh sebab itu perlu dilakukan optimalisasi fungsi-fungsi peralatan yang terdapat pada jaringan penyulang 20 kV sehingga saat terjadi gangguan durasi padamnya dapat ditekan seminimal mungkin. Salah satu upaya untuk mempercepat durasi penanganan gangguan dan mengurangi daerah yang padam maka dilakukan pembagian jaringan menjadi beberapa section menggunakan peralatan pemutus yang

terkoneksi dengan system SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Pemutus yang digunakan terbagi menjadi dua jenis yaitu pemutus proteksi seperti CB (*Circuit Breaker*), Recloser, FCO (*Fuse Cut Out*) dan pemutus section seperti LBS (*Load Break Switch*), LBSM (*Load Break Switch Motorized*).

Salah satu peralatan yang dapat dioptimalkan fungsinya adalah LBSM yaitu selain untuk monitoring pengukuran dan control buka tutup didalam LBSM terdapat fungsi sectionalizer yang dapat mendeteksi adanya gangguan dan bias dikoordinasikan dengan peralatan proteksi untuk terbuka sendiri. Selain itu dengan mengaktifkan fungsi sectionalizer pada LBSM dan kemudian di kombinasikan dengan fungsi telesignaling pada SCADA maka Dispatcher dapat mengetahui lebih awal section jaringan yang terganggu sehingga durasi dan daerah padam bisa dioptimalkan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 *Load Break Switch Motorized*

Merupakan saklar atau pemutus arus tiga fasa untuk penempatan di luar ruas pada tiang pancang, yang dikendalikan secara

elektronis. *Switch* dengan penempatan di atas tiang pancang ini dioptimalkan melalui skema otomatisasi. *Switch* pemutus beban juga merupakan sebuah sistem penginterupsi hampa yang terisolasi oleh gas SF₆ dalam sebuah tangki baja anti karat dan disegel.

Sistem kabelnya yang *full-insulated* dan sistem pemasangan pada tiang pancang yang sederhana yang membuat proses instalasi lebih cepat dengan biaya yang rendah. Sistem pengendalian elektroniknya ditempatkan pada sebuah kotak pengendali yang terbuat dari baja anti karat sehingga dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan. Panel pengendali (*user-friendly*) dan tahan segala kondisi cuaca.

2.2 SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) adalah sistem kendali industri berbasis komputer yang dipakai untuk pengontrolan suatu proses, seperti proses industri manufaktur, pabrik, produksi, generator tenaga listrik. Beberapa contoh lain dari sistem SCADA ini banyak dijumpai di lapangan produksi minyak dan gas, jaringan tegangan tinggi dan jaringan tegangan menengah dan beberapa aplikasi yang dipakai untuk memonitor dan mengontrol areal produksi yang cukup luas.

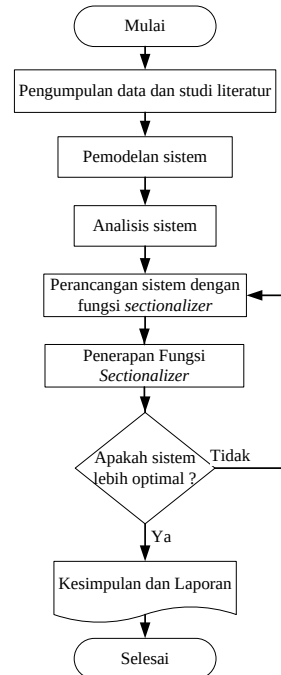
Suatu sistem SCADA biasanya terdiri dari :

1. Antarmuka manusia mesin (*Human-Machine Interface*)
2. Unit terminal jarak jauh yang menghubungkan beberapa sensor pengukuran dalam proses-proses di atas
3. Sistem pengawasan berbasis komputer untuk pengumpul data
4. Infrastruktur komunikasi yang menghubungkan unit terminal jarak jauh dengan sistem pengawasan
5. PLC atau *Programmable Logic Controller*

Salah satu hal yang penting pada sistem SCADA adalah komunikasi data antara sistem *remote* (*remote station/RTU*) dengan pusat kendali. Komunikasi pada sistem SCADA mempergunakan protokol khusus, walaupun ada juga protokol umum yang dipergunakan. Pengaturan sistem tenaga listrik yang kompleks, sangat bergantung kepada SCADA, tanpa adanya sistem SCADA, sistem tenaga listrik diibaratkan seperti seorang pilot membawa kendaraan tanpa adanya alat instrument dihadapannya.

3. METODE PENELITIAN

Berikut flow chart diagram penelitian yang dilakukan



Gambar 1 . Flow chart perancangan system dengan fungsi sectionalizer

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Jaringan Penyulang Bacan

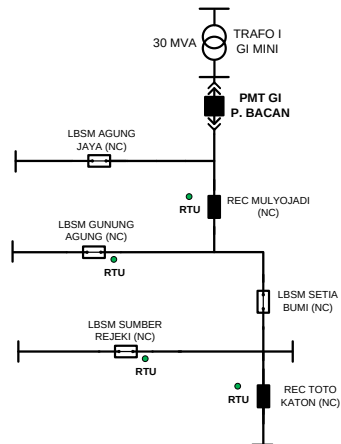
Penyulang Bacan di *supply* dari GI mini dan merupakan jaringan tegangan menengah 20 kV yang beroperasi dengan frekuensi sistem 50 Hz. Penyulang Bacan mempunyai jaringan relatif panjang serta beban yang cukup besar sehingga terdapat beberapa peralatan proteksi dan pemutus yang terpasang pada penyulang Bacan. Untuk data jaringan penyulang Bacan sebagai berikut :

Tabel 1. Data jaringan penyulang bacan

No	Penyulang	Gardu Induk	Trafo GI	Panjang Penyulang	Jumlah Pemutus		
					Proteksi	LBSM	Total
1	Bacan	Mini	Trafo 1, 30 MVA	166,38 KMS	3	4	7

Sumber : Data PT PLN (Persero) ULP Pulung Kencana

Berdasarkan data jaringan pada tabel diatas dengan jumlah pemutus sebanyak 7 (tujuh) pemutus maka jaringan penyulang Bacan terbagi menjadi 7 (tujuh) *section* yang dengan 3 (tiga) zona proteksi sehingga dapat digambarkan untuk kondisi jaringan penyulang Bacan seperti pada *single line diagram* (SLD) berikut ini :



Gambar 2. Single Line Diagram pemutus penyulang bacan

Penyulang Bacan mempunyai karakteristik pembebanan yang tidak konstan atau berubah secara terus menerus sesuai dengan kebutuhan pemakaian pelanggan – pelanggan yang di *supply* selama 24 jam. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan digunakan data pembebanan tertinggi di penyulang Bacan dan dalam kondisi tegangan normal. Berikut merupakan data metering setiap pemutus di penyulang Bacan :

Tabel 2. Rekapitulasi metering per pemutus penyulang bacan

Penyulang	Pemutus	Beban (A)	Tegangan (kV)	Power Faktor (PF)	Daya (MW)
BACAN	Pangkal GI	288	21,04	0,93	5,64
	LBSM Agung Jaya	43	21,04	0,93	0,84
	Recloser Mulyojadi	232	21,04	0,93	4,54
	LBSM Gunung Agung	76	20,97	0,93	1,48
	LBSM Setia Bumi	122	20,96	0,93	2,38
	LBSM Sumber Rejeki	45	20,81	0,93	0,87
	Recloser Totokaton	60	20,81	0,93	1,16

Sumber : Data Monitoring PT. PLN (Persero) UP2D Lampung

Penyulang Bacan memiliki peralatan proteksi untuk mengamankan peralatan dari adanya gangguan jaringan serta pemutus untuk membagi *section-section* jaringan. Peralatan proteksi dan pemutus yang difungsikan sebagai *sectionalizer* sangat penting untuk diperhatikan terkait setting rele yang digunakan. Jika setting tidak sesuai maka dapat berakibat kegagalan proteksi dan kegagalan *sectionalizer*.

Selain pentingnya setting peralatan pemutus saat ini seiring kemajuan teknologi maka sangat penting untuk dapat mengetahui informasi aktifitas yang dilakukan peralatan pemutus secara cepat dan tepat serta dapat dilakukan pengontrolan peralatan pemutus secara jarak jauh.

Untuk kondisi setting eksisting peralatan pemutus masih belum optimal yaitu sebagai berikut :

Tabel 3. Rekapitulasi data setting peralatan pemutus penyulang

Penyulang	Proteksi	Setting OCR				Setting GFR			
		I >	t >	Kurva	I >>	t >>	I >	t >	Kurva
BACAN	PMT GI	348	0,12	SI	2400	0	30	0,12	SI
	Recloser Mulyojadi	300	0,08	SI	1600	0	25	0,08	SI
	Recloser Totokaton	150	0,05	SI	1000	0	15	0,05	SI
	Pemutus	Setting Sectionalizer							
		Status	I-phase (A)	I-netral (A)	Counter	Reset Time (detik)			
	LBSM Agung Jaya	On	300	30	2	40			
	LBSM Gunung Agung	Off	-	-	-	-			
	LBSM Setia Bumi	Off	-	-	-	-			
	LBSM Sumber Rejeki	On	200	20	2	40			

Sumber : PT. PLN (Persero) UP2D Lampung

Oleh karena itu penerapan teknologi SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) pada peralatan pemutus jaringan 20 kV sangat penting. Untuk kondisi pemanfaat SCADA pada peralatan penyulang Bacan masih belum optimal seperti pada table berikut ini :

Tabel 4. Rekapitulasi fungsi SCADA pada pemutus penyulang bacan

Penyulang	Proteksi	Telesignaling		Tele Metering		TeleControlling	
		Status	Keterangan	Status	Keterangan	Status	Keterangan
BACAN	PMT GI	Aktif	Open, Close, Trip	Aktif	Real Time	Aktif	Open, Close
	Recloser Mulyojadi	Aktif	Open, Close, Trip	Aktif	Real Time	Aktif	Open, Close
	Recloser Totokaton	Aktif	Open, Close, Trip	Aktif	Real Time	Aktif	Open, Close
	Pemutus	Telesignaling		Tele Metering		TeleControlling	
		Status	Keterangan	Status	Keterangan	Status	Keterangan
	LBSM Agung Jaya	-	Belum SCADA	-	Belum SCADA	-	Belum SCADA
	LBSM Gunung Agung	Aktif	Open, Close	Aktif	Real Time	Aktif	Open, Close
	LBSM Setia Bumi	-	Belum SCADA	-	Belum SCADA	-	Belum SCADA
	LBSM Sumber Rejeki	Aktif	Open, Close	Aktif	Real Time	Aktif	Open, Close

Sumber : PT. PLN (Persero) UP2D Lampung

Untuk mengetahui sudah optimal atau belum fungsi kerja peralatan pemutus dan proteksi suatu jaringan serta dalam menjaga keandalan penyaluran energi listrik maka yang menjadi indikator adalah terkait jumlah padam penyulang akibat adanya gangguan jaringan. PT PLN (Persero) mempunyai data monitoring aktivitas dan ENS (*Energy Not Supplied*) yang disebabkan adanya gangguan penyulang bacan.

Dari data rekapitulasi aktivitas dan ENS penyulang bacan dibawah ini maka dapat disimpulkan jika gangguan yang terjadi di penyulang masih banyak dan ENS yang ditimbulkan relatif masih sangat tinggi akibat lamanya proses penormalan jaringannya.

Tabel 5. Rekapitulasi aktivitas dan ENS penyulangbancan

Penyulang	Proteksi	Gangguan 2020								
		Februari			Maret			April		
		Kali	Menit	ENS (MWh)	Kali	Menit	ENS (MWh)	Kali	Menit	ENS (MWh)
BACAN	PMT GI	1	225	21,3	4	280	26,30	2	187	17,56
	Recloser Mulyojirdi	6	310	23,45	3	209	15,81	4	233	17,63
	Recloser Totokaton	4	188	3,64	2	160	3,10	2	108	2,09
	Total	11	723	48,23	9	649	45,21	8	528	37,28

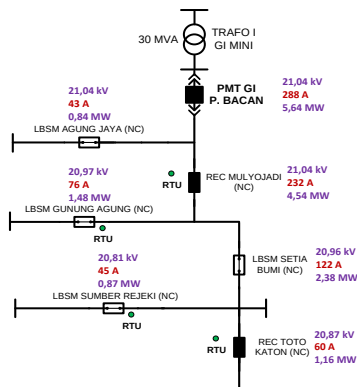
Sumber : Data Monitoring PT. PLN (Persero) UP2D Lampung

Melihat kondisi diatas dan ditambah dengan belum optimalnya fungsi *sectionalizer* pada LBSM (*Load Break Switch Motorized*) serta kurangnya pemanfaatan fasilitas SCADA maka berdampak pada rendahnya kualitas pelayanan dan ENS yang seharusnya menjadi potensi penjualan hilang begitu saja.

4.2 Sistem Tenaga Listrik Kondisi Normal

Simulasi sistem tenaga listrik penyulang Bacan dilakukan untuk mengetahui aliran daya pada saat kondisi operasi normal dengan kondisi tegangan dan frekuensi sistem stabil serta dalam kondisi pembebanan maksimum. Pada kondisi *steady state* ini diketahui beban penyulang bacan sebesar 288 A, Tegangan jaringan pangkal sebesar 21,04 kV dan tegangan jaringan ujung sebesar 20,81 kV. Penyulang bacan terbagi menjadi 7 *section* dan setiap *section*-nya dibatasi oleh peralatan pemutus yaitu PMT, Recloser, dan LBSM. Untuk menjaga keamanan dan kestabilan sistem agar tidak terjadi overload maka penyulang bacan dilindungi oleh fungsi proteksi yaitu salah satu peralatan proteksi tersebut adalah PMT GI sebesar 348A.

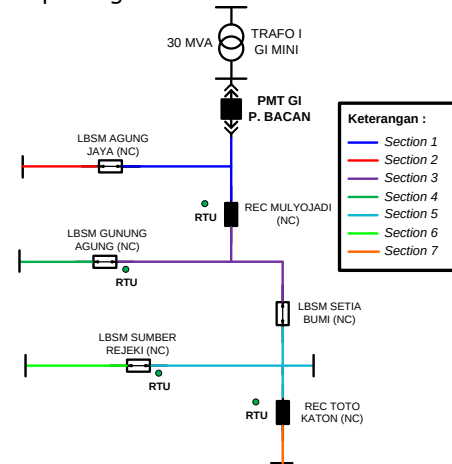
Berdasarkan data-data metering dan setting proteksi pada penyulang bacan maka analisis aliran daya kondisi normal untuk sistem tenaga listrik penyulang bacan adalah sebagai berikut ini :



Gambar 3. Aliran daya kondisi normal penyulang bacan

4.3 Sistem Terjadi GangguanKondisi Eksisting

Simulasi saat sistem terjadi gangguan penyulang bacaan dibagi menjadi tiga kondisi gangguan yaitu pertama saat terjadi gangguan pada *section 2* (antara LBSM Agung Jaya sampai dengan ujung jaringan), kedua saat terjadi gangguan pada *section 4* (antara LBSM Gunung Agung sampai dengan ujung jaringan), ketiga saat terjadi gangguan pada *section 5* (antara LBSM Setia Bumi sampai dengan Recloser totokaton dan LBSM Sumber Rejeki). Untuk secara detail penentuan *section* dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4. Pembagian *section* penyulang bacan

Analisis dan evaluasi yang akan dilakukan meliputi kondisi fungsi kerja *sectionalizer* LBSM, informasi SCADA, waktu rata-rata yang dibutuhkan petugas untuk menuju kesetiap titik peralatan pemutus (*keypoint*) untuk memastikan adanya gangguan yang terjadi dan kemudian dilakukan perhitungan terhadap ENS (*Energy Not Supplied*) saat terjadi gangguannya. Daftar waktu perjalanan rata-rata petugas menuju *keypoint* sebagai berikut :

Tabel 6. Waktu rata-rata petugas menuju lokasi *keypoint* dengan lokalisir kasat mata selama perjalanan

Penyulang	Pemutus	Petugas Terdekat	Waktu Perjalanan (menit)
BACAN	Pangkal GI	Posko Pakuon	20
	LBSM Agung Jaya	Posko Pakuon	40
	Recloser Mulyojadi	Posko Pakuon	20
	LBSM Gunung Agung	Posko Pakuon	40
	LBSM Setia Bumi	Posko Pakuon	60
	LBSM Sumber Rejeki	Posko Pakuon	90
	Recloser Totokaton	Posko Pakuon	90

Sumber : Data PT. PLN (Persero) ULP Pulung Kencana

4.4 Gangguan Penyulang Bacan pada *Section 2*

Saat terjadi gangguan permanen pada *section* 2 (antara LBSM Agung Jaya sampai dengan ujung jaringan) maka akan dibutuhkan waktu lama karena belum optimalnya setting *sectionalizer*-nya yang masih menggunakan *counter trip* sebanyak 2 kali dengan waktu reset time selama 40 detik. PMT GI tidak mengakomodir adanya *auto reclose* maka saat terjadi gangguan pasti membutuhkan waktu lebih dari 40 detik untuk dicoba penormalan jaringannya sehingga ketika terjadi gangguan permanen di *section* 2 mengakibatkan *sectionalizer* pada LBSM Agung Jaya tidak bekerja dan pemutus tidak terbuka, selain itu karena peralatan pemutus LBSM belum terintegrasi sistem SCADA maka kondisi diatas juga tidak tersampaikan ke DCC (*Distribution Control Center*) yang merupakan pusat monitoring aktifitas peralatan SCADA.

Dari kondisi tersebut maka sesuai SOP (Standar Operational Prosedur) untuk penanganan gangguan petugas harus melakukan lokalisir pada *section* 1 lebih dulu dan pengecekan pemutus pembatas *section*-nya (LBSM Agung Jaya dan Recloser Mulyojadi) sehingga dibutuhkan waktu selama 80 menit untuk menuju ke lokasi pemutus tersebut sambil melakukan lokalisir kasat mata. Kemudian Ketika diketahui ada indikasi di LBSM agung jaya maka petugas akan melakukan lokalisir secara detail pada *section* 2 sehingga dibutuhkan estimasi waktu selama 40 menit dan estimasi waktu perbaikan gangguan selama 30 menit. Selain itu penyulang bacan tidak memiliki opsi untuk dilakukan manuver.

Berdasarkan kronologi diatas maka untuk menghitung ENS yang ditimbulkan akibat dari adanya gangguan permanen pada *section 2* dibutuhkan waktu selama 150 menit dengan kondisi penyulang tidak bisa dimanuver maka semua pelanggan mengalami padam untuk durasi waktu tersebut. Rincian perhitungan ENS nya adalah sebagai berikut :

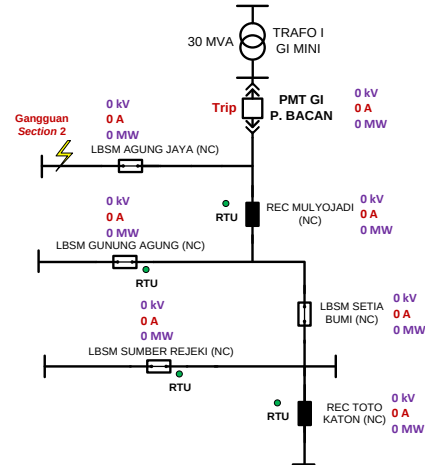
ENS gangguan :

$$\text{ENS gangguan} = (\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \Phi) \times \left(\frac{\text{Menit}}{60}\right)$$

$$\text{ENS gangguan} = (\sqrt{3} \times 21,04 \times 288 \times 0,93) \times \left(\frac{150}{60}\right)$$

$$\text{ENS gangguan} = 24.401,08 \text{ kWh}$$

$$\text{ENS gangguan} = 24,40 \text{ MWh}$$



Gambar 5. Aliran daya eksisting saat terjadi gangguan pada *section 2*

4.5 Gangguan Penyulang Bacan pada *Section 4*

Saat terjadi gangguan permanen pada *section* 4 (antara LBSM Gunung Agung sampai dengan ujung jaringan) maka akan dibutuhkan waktu lama karena belum diaktifkannya fungsi *sectionalizer* pada LBSM Gunung Agung sehingga ketika proteksi recloser mulyojadi aktif bekerja *auto reclose* atau trip maka LBSM Gunung Agung tidak melakukan aktifitas apapun. Selain itu karena SCADA hanya mengakomodir adanya telesignaling pemutus untuk kondisi open/close dan belum mengakomodir telesignaling LBSM saat merasakan adanya arus gangguan maka kondisi diatas juga tidak tersampaikan ke DCC (*Distribution Control Center*) yang merupakan pusat monitoring aktifitas peralatan SCADA.

Dari kondisi tersebut maka sesuai SOP (Standar Operational Prosedur) untuk penanganan gangguan petugas harus melakukan lokalisir pada *section* 3 lebih dulu dan pengecekan pemutus pembatas *section*-nya (LBSM Gunung Agung dan LBSM Setia Bumi) sehingga dibutuhkan waktu selama 120 menit untuk menuju ke lokasi pemutus tersebut sambil melakukan lokalisir kasat mata. Kemudian Ketika diketahui ada indikasi di LBSM Setia Bumi maka petugas akan melakukan lokalisir secara detail pada *section* 4 sehingga dibutuhkan estimasi waktu selama 40 menit dan estimasi waktu perbaikan gangguan selama 30 menit. Selain itu penyulang bacan tidak memiliki opsi untuk dilakukan manuver.

Berdasarkan kronologi diatas maka untuk menghitung ENS yang ditimbulkan akibat dari adanya gangguan permanen pada *section 4* dibutuhkan waktu selama 190 menit dengan kondisi penyulang tidak bisa dimanuver maka perhitungan ENS dibagi menjadi dua yaitu ENS 1 untuk pelanggan pada *section 3* dan *section 4* yang mengalami padam sampai dengan diketahui jika penyebab gangguan berada di *section 4* dan penyulang dinormalkan sampai dengan LBSM Gunung Agung selama 120 menit dan ENS 2 untuk pelanggan pada *section 4* yang mengalami padam sampai gangguan selesai ditangani dan penyulang dinormalkan selama 190 menit. Rincian perhitungan ENS nya adalah sebagai berikut :

$$\text{ENS total} = \text{ENS 1} + \text{ENS 2}$$

Untuk ENS 1 :

$$\text{ENS 1} = (\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \Phi) \times \left(\frac{\text{Menit}}{60}\right)$$

$$\text{ENS 1} = (\sqrt{3} \times 21,04 \times 156 \times 0,93) \times \left(\frac{120}{60}\right)$$

$$\text{ENS 1} = 10.573,80 \text{ kWh} = 10,57 \text{ MWh}$$

Untuk ENS 2 :

$$\text{ENS 2} = (\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \Phi) \times \left(\frac{\text{Menit}}{60}\right)$$

$$\text{ENS 2} = (\sqrt{3} \times 20,97 \times 76 \times 0,93) \times \left(\frac{190}{60}\right)$$

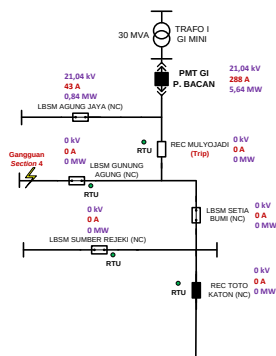
$$\text{ENS 2} = 8.129,15 \text{ kWh} = 8,13 \text{ MWh}$$

Sehingga :

$$\text{ENS total} = \text{ENS 1} + \text{ENS 2}$$

$$\text{ENS total} = 10,57 \text{ MWh} + 8,13 \text{ MWh}$$

ENS total = 18,70 MWh



Gambar 6. Aliran daya eksisting saat terjadi gangguan pada *section 4*

4.6 Gangguan Penyulang Bacan pada *Section 5*

Saat terjadi gangguan permanen pada *section* 5 (antara LBSM Setia Bumi sampai dengan Recloser totokaton dan LBSM Sumber Rejeki) maka akan dibutuhkan waktu lama karena

belum diaktifkannya fungsi *sectionalizer* pada LBSM Setia Bumi sehingga ketika proteksi recloser mulyojadi aktif bekerja *auto reclose* atau trip maka LBSM Setia Bumi tidak melakukan aktifitas apapun. Selain itu karena peralatan pemutus LBSM belum terintegrasi sistem SCADA maka kondisi diatas juga tidak tersampaikan ke DCC (*Distribution Control Center*) yang merupakan pusat monitoring aktifitas peralatan SCADA.

Dari kondisi tersebut maka sesuai SOP (Standar Operational Prosedur) untuk penanganan gangguan petugas harus melakukan lokalisir pada *section* 3 lebih dulu dan pengecekan pemutus pembatas *section*-nya (LBSM Gunung Agung dan LBSM Setia Bumi) sehingga dibutuhkan waktu selama 120 menit untuk menuju ke lokasi pemutus tersebut sambil melakukan lokalisir kasat mata. Kemudian Ketika diketahui ada indikasi di LBSM Setia Bumi maka petugas akan melakukan lokalisir secara detail pada *section* 5 sehingga dibutuhkan estimasi waktu selama 40 menit dan estimasi waktu perbaikan gangguan selama 30 menit. Selain itu penyulang bacan tidak memiliki opsi untuk dilakukan manuver.

Berdasarkan kronologi diatas maka untuk menghitung ENS yang ditimbulkan akibat dari adanya gangguan permanen pada *section 5* dibutuhkan waktu selama 190 menit dengan kondisi penyulang tidak bisa dimanuver maka perhitungan ENS dibagi menjadi dua yaitu ENS 1 untuk pelanggan pada *section 3* dan *section 4* yang mengalami padam sampai dengan diketahui jika penyebab gangguan berada di *section 5* dan penyulang dinormalkan sampai dengan LBSM Setia Bumi selama 120 menit dan ENS 2 untuk pelanggan pada *section 5* sampai dengan *section 7* yang mengalami padam sampai gangguan selesai ditangani dan penyulang dinormalkan selama 190 menit. Rincian perhitungan ENS nya adalah sebagai berikut :

$$\text{ENS total} = \text{ENS 1} + \text{ENS 2}$$

Untuk ENS 1 :

$$\text{ENS 1} = (\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \Phi) \times \left(\frac{\text{Menit}}{60}\right)$$

$$\text{ENS 1} = (\sqrt{3} \times 21,04 \times 110 \times 0,93) \times \left(\frac{120}{60}\right)$$

$$\text{ENS 1} = 7.455,89 \text{ kWh} = 7,46 \text{ MWh}$$

Untuk ENS 2 :

$$\text{ENS 2} = (\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \Phi) \times \left(\frac{\text{Menit}}{60}\right)$$

$$ENS\ 2 = (\sqrt{3} \times 20,96 \times 122 \times 0,93) \times \left(\frac{190}{60}\right)$$

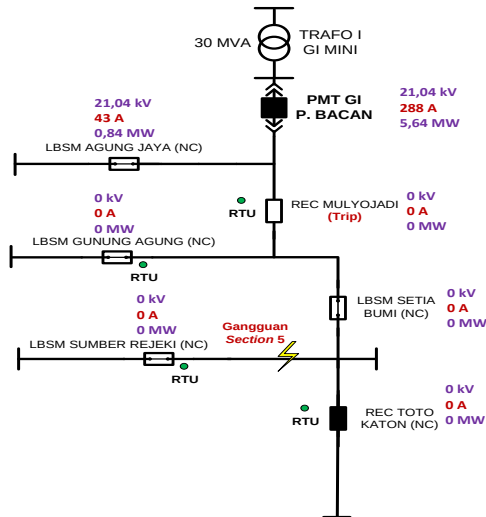
$$ENS\ 2 = 13.043,20\ kWh = 13,04\ MWh$$

Sehingga :

$$ENS\ total = ENS\ 1 + ENS\ 2$$

$$ENS\ total = 7,46\ MWh + 13,04\ MWh$$

$$ENS\ total = 20,50\ MWh$$



Gambar 7. Aliran daya eksisting saat terjadi gangguan pada *section* 5

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi kondisi eksisting penyulang bacan ketika terjadi gangguan pada *section* - *section* nya maka secara ringkas hasil evaluasi dan perhitungan ENS yang ditimbulkan dari tiga simulasi kondisi kondisi gangguan seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 7. ENS simulasi kondisi gangguan penyulang bacan eksisting

No	Keterangan	Lama Padam (menit)	ENS (MWh)	SCADA	Sectionalizer
1	Gangguan <i>Section</i> 2	150	24,4	Belum Optimal	Belum Optimal
2	Gangguan <i>Section</i> 4	190	18,7	Belum Optimal	Belum Optimal
3	Gangguan <i>Section</i> 5	190	20,5	Belum Optimal	Belum Optimal

4.6 Perancangan dan Optimalisasi Sistem

Agar didapatkan hasil yang optimal maka penting untuk melakukan perancangan sistem semaksimal mungkin dengan memperhatikan segala aspek dan sudut pandang kemungkinan terjadinya kesalahan kerja peralatan. Oleh karena itu untuk perancangan ini dibagi menjadi dua bagian utama yaitu terkait koordinasi proteksi kerja *sectionalizer* dan penambahan telesignaling LBSM saat merasakan adanya arus gangguan.

Setelah didapatkan rancangan yang paling optimal kemudian dilakukan penerapan rancangan tersebut di peralatan-peralatan pemutus penyulang bacan serta melakukan simulasi dan evaluasi kerja peralatan saat terjadi gangguan. Jika semua hasil simulasi dan evaluasi menunjukkan hasil yang optimal maka rancangan yang telah dibuat sudah layak untuk diterapkan secara terus menerus.

4.7 Perencanaan Koordinasi Proteksi Sectionalizer

Dalam penerapan fungsi *sectionalizer* yang optimal maka yang paling utama adalah memperhatikan setting peralatan-peralatan proteksinya (PMT GI, Recloser) terlebih dahulu, apakah secara kerja fungsi proteksi dapat berkoordinasi secara maksimal dengan peralatan *sectionalizer* (LBSM) atau belum. Setelah diketahui bagaimana kondisi setting rele proteksinya maka kemudian dilakukan perancangan koordinasi peralatan *sectionalizer* (LBSM) dengan peralatan proteksi (PMT GI, Recloser).

Setelah diketahui setting dan fungsi kerja peralatan proteksi (PMT GI dan Recloser) maka selanjutnya akan dilakukan perencanaan koordinasi proteksi dengan *sectionalizer* disetiap LBSM nya. Pertama LBSM Agung Jaya lokasi pemutus setelah GI dan sebelum recloser Mulyojadi, karena PMT GI tidak difungsikan *auto reclose* maka saat terjadi gangguan permanen hanya akan terjadi satu kali kerja trip sehingga untuk fungsi *sectionalizer* pada LBSM Agung Jaya harus aktif bekerja dengan *counter trip* sebanyak satu kali.

Kedua LBSM Gunung Agung, LBSM Setia Bumi dan LBSM Sumber Rejeki lokasi pemutus setelah recloser Mulyojadi yang difungsikan aktif *auto reclose* satu kali maka saat terjadi gangguan permanen akan terjadi dua kali kerja trip sehingga untuk fungsi *sectionalizer* pada LBSM - LBSM setelah recloser harus aktif bekerja dengan *counter trip* sebanyak dua kali.

Berdasarkan uraian diatas maka untuk perencanaan resetting setting *sectionalizer* pada setiap LBSM penyulang Bacan secara detail seperti pada table berikut ini :

Tabel 8. Resetting setting *sectionalizer* pada LBSM penyulang bacan

Penyulang	Pemutus	Setting Sectionalizer Eksisting				
		Status	I-phasa (A)	I-netral (A)	Counter	Reset Time (detik)
Bacan	LBSM Agung Jaya	On	300	30	2	40
	LBSM Gunung Agung	Off	-	-	-	-
	LBSM Setia Bumi	Off	-	-	-	-
	LBSM Sumber Rejeki	On	200	20	2	40
	Pemutus	Rencana Resetting Setting Sectionalizer				
		Status	I-phasa (A)	I-netral (A)	Counter	Reset Time (detik)
	LBSM Agung Jaya	On	100	20	1	600
	LBSM Gunung Agung	On	150	25	2	600
	LBSM Setia Bumi	On	200	30	2	600
	LBSM Sumber Rejeki	On	100	20	2	600

4.8 Perencanaan Sistem SCADA Penyulang Bacan

Berdasarkan data kondisi eksisting terdapat beberapa LBSM yang masih belum terintegrasi dengan Sistem SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) yaitu LBSM Agung Jaya dan LBSM Setia Bumi. Selain itu untuk peralatan LBSM yang sudah terintegrasi pada sistem SCADA masih belum dapat dimanfaatkan secara maksimal karena untuk fungsi telesignaling nya baru mengakomodir ketika terjadi aktifitas open dan close saja.

Dari kondisi eksisting diatas maka perlu dilakukan peningkatan pemanfaatan sistem SCADA untuk penyulang bacan dengan cara melakukan penambahan RTU (*Remote Terminal Unit*) pada LBSM yang belum terintegrasi SCADA dan menambahkan fungsi telesignaling untuk kondisi peralatan merasakan arus gangguan (arus lebih dari setting). Secara detail untuk peningkatan fungsi SCADA dapat dilihat pada table berikut ini :

Tabel 9. Peningkatan fungsi SCADA pada LBSM penyulang bacan

Penyulang	Pemutus	Fungsi SCADA Eksisting					
		Telesignaling		Tele Metering		TeleControlling	
		Status	Keterangan	Status	Keterangan	Status	Keterangan
BACAN	LBSM Agung Jaya	-	Belum SCADA	-	Belum SCADA	-	Belum SCADA
	LBSM Gunung Agung	Aktif	Open, Close	Aktif	Real Time	Aktif	Open, Close
	LBSM Setia Bumi	-	Belum SCADA	-	Belum SCADA	-	Belum SCADA
	LBSM Sumber Rejeki	Aktif	Open, Close	Aktif	Real Time	Aktif	Open, Close
	Pemutus	Rencana Peningkatan Fungsi SCADA					
		Telesignaling		Tele Metering		TeleControlling	
		Status	Keterangan	Status	Keterangan	Status	Keterangan
	LBSM Agung Jaya	Aktif	Open, Close, Arus Gangguan	Aktif	Real Time	Aktif	Open, Close
	LBSM Gunung Agung	Aktif	Open, Close, Arus Gangguan	Aktif	Real Time	Aktif	Open, Close
	LBSM Setia Bumi	Aktif	Open, Close, Arus Gangguan	Aktif	Real Time	Aktif	Open, Close
	LBSM Sumber Rejeki	Aktif	Open, Close, Arus Gangguan	Aktif	Real Time	Aktif	Open, Close

4.9 Resetting LBSM dan Peningkatan SCADA Penyulang Bacan

Setelah selesai dilakukan perencanaan yang paling optimal maka selanjutnya akan dilakukan penerapan perencanaan pada penyulang bacan dengan melakukan perubahan setting *sectionalizer* pada LBSM dan peningkatan fungsi SCADA yang dilakukan bersama petugas PT. PLN (Persero) UP2D Lampung yang mempunyai wewenang untuk melakukan perubahan setting peralatan dan penambahan peralatan RTU serta perubahan setting SCADA nya. Setelah diterapkan kemudian dilakukan simulasi dan evaluasi untuk kondisi setelah diterapkannya sistem yang sudah dioptimalkan fungsi *sectionalizer* dan fungsi SCADA.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi terhadap penyaluran energy listrik di penyulang bacan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Optimalisasi fungsi *Sectionalizer* pada LBSM dan fasilitas SCADA direncanakan dengan cara melakukan resetting setting *sectionalizer* LBSM dan setting telesignaling SCADA serta melakukan pemasangan RTU untuk peralatan yang masih belum terintegrasi dengan sistem SCADA.
2. Untuk mempercepat waktu penanganan gangguan atau penentuan lokasi *section* yang mengalami gangguan maka LBSM difungsikan sebagai *Sectionalizer* yang mampu berkoordinasi dengan peralatan proteksi (PMT GI dan Recloser) serta meningkatkan informasi telesignaling SCADA yaitu aktif mengirimkan informasi saat LBSM merasakan indikasi arus gangguan dan saat *sectionalizer* bekerja ke Dispatcher DCC.
3. Durasi penanganan gangguan di ENS yang ditimbulkan akibat gangguan di penyulang bacan saat kondisi eksisting yaitu pertama saat terjadi gangguan pada *Section 2* berhasil diturunkan dari 24,4 MWh menjadi 2,67 MWh, kedua saat terjadi gangguan pada *Section 4* berhasil diturunkan dari 18,7 MWh menjadi 4,24 MWh, ketiga saat terjadi gangguan pada *Section 5* berhasil diturunkan dari 20,5 MWh menjadi 7,26 MWh.

DAFTAR PUSTAKA

Listrik 20 kV PT PLN APJ Jember.
Jember: Universitas Jember

- Al-Aroffi, Muhammad Rusydi. (2017) Analisis keandalan berbasis sistem dan eens (expected energy not supplied) pada jaringan distribusi 20kV berdasarkan gangguan operasi pada PT. PLN (Persero). Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Didit. (2012) Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode Section Technique. Surabaya: Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh November.
- J.A.Momoh. (2008) *Electric Power Distribution, Automation, Protection, and Control, 1st ed.* Washington DC, USA: CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Marsudi, Djiteng. (2006) Operasi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Maulana, A. H. (2005) Fungsi SCADA Edisi 1 Rev.2.
- Pabla, AS & Abdul Hadi, Ir. (1994) Sistem Distribusi Daya Listrik. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sadimun, Wahyudi N. (2014) Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Bekasi Barat: Garamond.
- SPLN 59 (1985) Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV.
- SPLN 109 1-6 (1996). *Pola SCADA*.
- SPLN S.3-001 (2008) Peralatan SCADA Sistem Tenaga Listrik.
- Suhadi., dan Wrahatno Tri. (2008) Teknik Distribusi Tenaga Listrik.
- Surya Adi Arto, Wahyu. (2017) Instruksi Kerja Perhitungan ENS dan PVO Jaringan Distribusi 20 kV. Lampung: PT. PLN (Persero) APD Lampung.
- Suswanto, D. (2009) Sistem Distribusi Tenaga Listrik Edisi Pertama. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Vena, Okta Arsy. (2015) Pemasangan Motorized Load Break Switch Untuk Peningkatan Kinerja Sistem Distribusi

