

Analisis penentuan LBS sebagai upaya melokalisir daerah gangguan di penyulang Pandan Landung ULP Kebonagung PT. PLN (Persero) UP3 Malang

Rohmanita Duanaputri¹, Awan Setiawan², Rhezal Agung Ananto³

¹rohmanitar@gmail.com, ²awansetiawan.sb@gmail.com, ³rhezal.a.a@gmail.com

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 29 September 2020

Direvisi 16 Oktober 2020

Diterbitkan 30 Oktober 2020

Kata kunci:

Penyulang
Manuver
LBS

ABSTRAK

Penyulang Pandan Landung merupakan penyulang dengan sistem radial. Dengan sistem radial ini, saat terjadi gangguan dapat diminimalisir dengan penempatan LBS, sedangkan untuk manuver dengan penyulang lain perlu diperhatikan dahulu beban yang dapat ditampung oleh penyulang lain dan jarak lokasi tersebut untuk manuver. Dengan melihat data gangguan yang ada saat ini, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penempatan LBS dalam hal melokalisir atau mempersempit daerah padam. Alternatif penempatan LBS baru dibutuhkan untuk mengurangi daerah padam. Penempatan LBS baru di Penyulang Pandan Landung yakni pada lokasi sebelum trafo R1116. LBS ini memaanuver dari Penyulang Pandan Landung ke Penyulang Klayatan sehingga dapat meminimalisir daerah padam pada penyulang Pandan Landung. Energi yang hilang pada saat sebelum terjadi manuver adalah 26987,4 kWh sedangkan ketika sudah ada manuver nilainya menjadi 12647,18. Dari angka tersebut terlihat bahwa terjadi penurunan nilai energy yang hilang sebesar 53,14%

ABSTRACT

Pandan Landung feeder is a feeder with a radial system. With this radial system, disruption can be minimized by placing LBS, while for maneuvering with other feeders, it is necessary to pay attention to the load that can be accommodated by other feeders and the distance of these locations for maneuvers. By looking at the current disturbance data, this study aims to analyze the placement of the LBS in terms of localizing or narrowing down the blackout areas. An alternative to placing new LBS is needed to reduce blackout areas. The placement of the new LBS at Pandan Landung Feeder is at the location before transformer R1116. This LBS maneuvers from the Pandan Landung feeder to the Klayatan feeder so as to minimize the area of outages in the Pandan Landung feeder. The energy lost before the maneuver is 26987.4 kWh, while when there is a maneuver the value becomes 12647.18, it can be seen that there is a decrease in the value of energy lost by 53.14%.

Keywords:

Feeder
Maneuver
LBS

Penulis Korespondensi:

Rohmanita Duanaputri,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Sukarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.
Email: rohmanitar@gmail.com

1. 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 perusahaan dibidang industri, telekomunikasi, teknologi informasi, pertambangan, transportasi umum, dan lain-lain, yang semuanya itu dapat beroperasi karena tersedianya energi listrik. Ketika terjadi gangguan dapat menyebabkan pemadaman listrik secara tiba-tiba atau tegangan listrik yang tidak stabil, dimana aktifitas dari perusahaan tersebut akan terhenti atau produk yang dihasilkannya menjadi rusak hal ini dapat menyebabkan kerugian cukup besar.[1]

Gangguan tersebut dapat diminimalisir dengan memasang Load Break Switch (LBS). Dalam satu penyulang terdiri dari beberapa section yang terbagi berdasarkan pemasangan peralatan pemisah dan pemutus yang salah satunya Load Break Switch (LBS). LBS berfungsi sebagai pemutus arus beban tanpa memutus arus gangguan. LBS digunakan untuk meminimalisir pemadaman yang diakibatkan adanya gangguan maupun pemeliharaan jaringan. Selain itu LBS dipasang untuk memudahkan pelaksanaan manuver jaringan. Manuver jaringan adalah tindakan yang dilakukan dengan memilih alternatif pasokan beban listrik yang biasanya dilakukan dengan memilih sumber pasokan terdekat.[2-4]

Saat LBS bekerja terkadang mengalami kegagalan. Kegagalan tersebut dapat terjadi dikarenakan hal seperti, kenaikan temperature LBS dan respon arus hubung singkat akibat dari pemasangan LBS ini. Kegagalan LBS di Indonesia bisa terjadi karena faktor usia dan pola operasi LBS sendiri. Kenaikan temperature LBS bisa dipengaruhi oleh design dari LBS itu sendiri. LBS juga perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui kondisi LBS dalam keadaan baik. Penelitian tentang pengujian LBS ditujukan untuk biaya yang efektif, sederhana dan efisien.[5-11]

Dalam penerapannya perlu dikaji pula penempatan serta ukuran LBS akan digunakan sehingga penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan LBS yang sesuai dan dapat beroperasi secara maksimal. Tempat yang akan menjadi objek penelitian ini adalah Penyulang Pandan Landung.

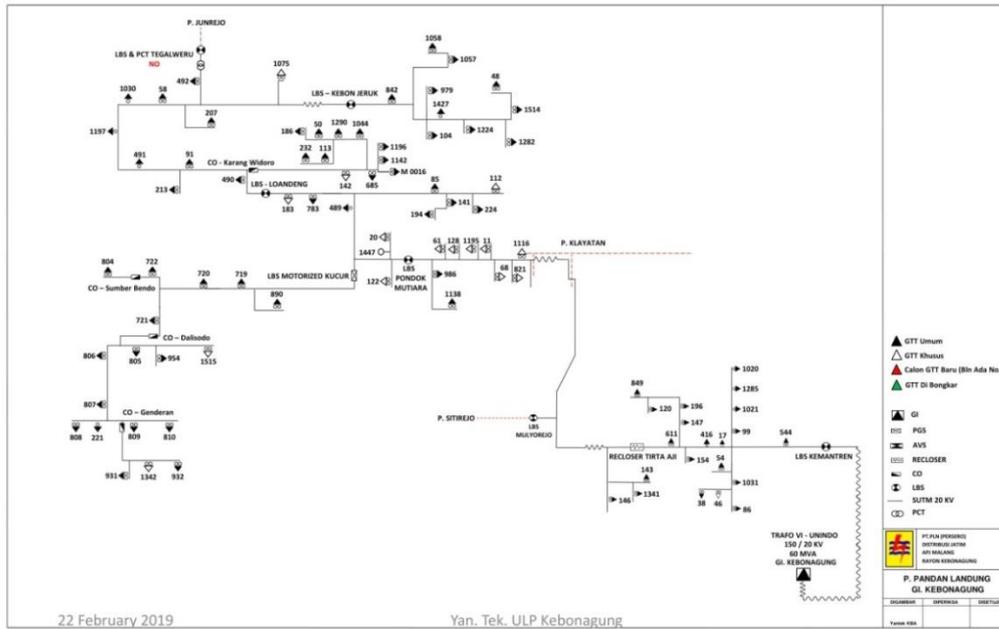
2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah dengan pengambilan data *real time*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tentang penempatan LBS dan pembagian beban saat manuver jaringan di Penyulang Pandan Landung serta penentuan LBS yang akan digunakan pada penyulang tersebut. Data – data yang digunakan adalah data yang didapat dari ULP Kebonagung, UP3 Malang dan observasi langsung. Data – data yang diperoleh yaitu:

- a. Data dari ULP Kebonagung
 1. Data single line diagram penyulang ULP Kebonagung
 2. Data pengukuran beban puncak penyulang ULP Kebonagung
 3. Data SUTM penyulang ULP Kebonagung
 4. Data aset penyulang ULP Kebonagung
 5. Data gangguan penyulang dan recloser tahun 2015-2019 ULP Kebonagung
 6. Data gardu distribusi penyulang ULP Kebonagung
- b. Data dari AP2D
 1. Data pengukuran beban di Jawa Timur

2.1. Kondisi Penyulang Pandan Landung

Pada Penyulang Pandan Landung merupakan bagian dari sistem distribusi yang menyalurkan energi listrik ke beban yaitu berupa Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV dengan konfigurasi tipe radial single line diagram pada penyulang ini terdapat pada Gambar 1. Penyulang ini mendapatkan suplai tegangan dari Gardu Induk Kebonagung Trafo VI yang berkapasitas 60 MVA. Penyulang Pandan Landung terdiri dari 88 trafo distribusi. Selain itu, pada Penyulang Pandan Landung memiliki 1 Recloser Tirta Aji, 5 LBS yaitu LBS Kemantren, LBS Pondok Mutiara, LBS Loandeng, LBS Tegalweru, LBS Kebonjeruk dan 2 LBS motorized yaitu LBS-M Kucur dan LBS-M Mulyorejo. LBS Mulyorejo dapat dimanuver dengan Penyulang Sitirejo dan LBS Tegalweru dapat dimanuver dengan Penyulang Junrejo ULP Batu pada saat pemeliharaan tanpa pemadaman ataupun pada saat terjadi gangguan dalam waktu yang lama.



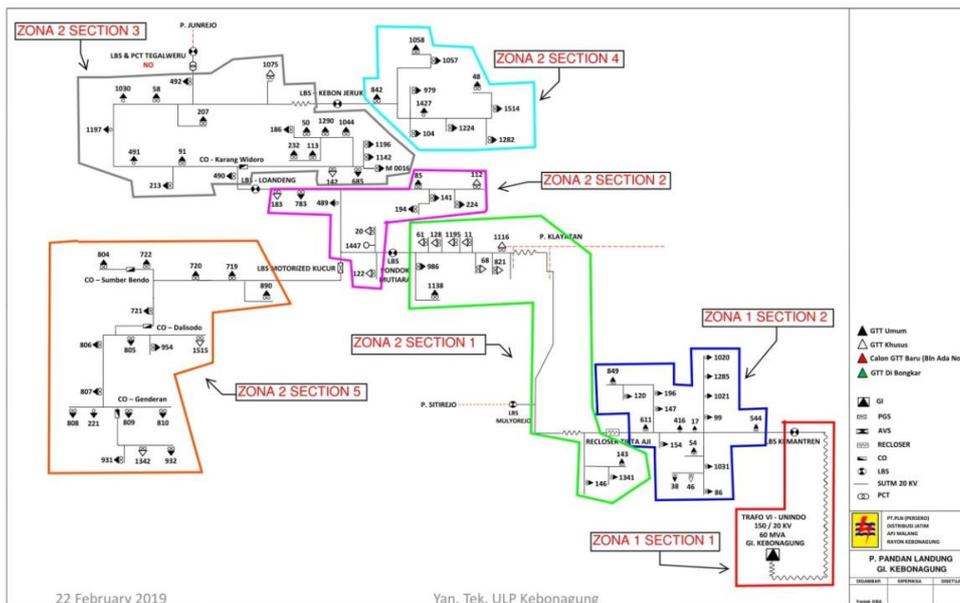
Gambar 1. Single Line Diagram Penyulang Pandan Landing

2.2. Pembagian Zonasi Penyulang Pandan Landing

Penyulang Pandan Landing memiliki zona rawan gangguan yaitu di wilayah kerja LBS Loandeng namun di wilayah tersebut juga terdapat banyak industri dan pelanggan yang diprioritaskan untuk menyala. Selain itu zona rawan gangguan yang lain adalah di wilayah kerja LBS Motorized Kukur karena faktor alam yaitu banyaknya pohon cengkeh.

Penyulang Pandan Landing mendapatkan suplai energi listrik dari Trafo VI 60 MVA GI Kebonagung sebagai suplai utama pada saat penyulang beroperasi normal. Sedangkan pada saat terjadi gangguan maka Penyulang Pandan Landing dapat dimanuver dengan Penyulang Junrejo dan Penyulang Sitirejo sesuai dengan wilayah gangguannya atau section yang membutuhkan manuver.

Penyulang Pandan Landing terbagi menjadi 2 zona yaitu zona 1 sebelum recloser Tirtaaji dan zona 2 setelah recloser Tirtaaji. Pada zona 1 terdapat 2 section dan pada zona 2 terdapat 5 section. Pembagian zona dan section digolongkan berdasarkan letak recloser dan LBS terdekat dari gardu distribusi yang ada. Pembagian zonasi tersebut seperti Gambar 2, serta besar daya pada dijelaskan pada Tabel 1.



Gambar 2. Pembagian Section Penyulang Pandan Landing

1. Zona 1 section 1
Zona 1 section 1 berada diantara keluaran trafo VI 60 MVA GI Kebonagung dan LBS Kemantren. Pada section ini dipasang LBS dengan tujuan untuk mengamankan Trafo VI 60 MVA GI Kebonagung pada saat terjadi gangguan di penyulang Pandan Landung sehingga tidak terjadi gangguan di gardu induk.
2. Zona 1 section 2
Zona 1 section 2 terletak diantara LBS Kemantren dan Recloser Tirtaaji. Pada wilayah ini terdapat 17 Gardu Distribusi. Total daya pada zona 1 section 2 adalah 1603,01 kVA.
3. Zona 2 Section 1
Zona 2 section 1 terletak diantara Recloser Tirtaaji dan LBS Pondok Mutiara. Pada wilayah ini terdapat 12 Gardu Distribusi. Total daya pada zona 2 section 1 adalah 815 kVA.
4. Zona 2 Section 2
Zona 2 section 2 terletak diantara LBS Pondok Mutiara dan LBS Loandeng. Pada wilayah ini terdapat 11 Gardu Distribusi. Total daya pada zona 2 section 2 adalah 1133 kVA.
5. Zona 2 Section 3
Zona 2 section 3 terletak diantara LBS Loandeng dan LBS Kebonjeruk. Pada wilayah ini terdapat 21 Gardu Distribusi. Total daya pada zona 2 section 3 adalah 1754,7 kVA.
6. Zona 2 Section 4
Zona 2 section 4 terletak diantara LBS Kebonjeruk sampai ujung. Pada wilayah ini terdapat 10 Gardu Distribusi. Total daya pada zona 2 section 4 adalah 729,9 kVA.
7. Zona 2 Section 5
Zona 2 section 5 terletak diantara LBS Motorized Kukur sampai ujung. Pada wilayah ini terdapat 18 Gardu Distribusi. Total daya pada zona 2 section 5 adalah 1162,4 kVA.

Tabel 1. Daya Pada Pembagian Zonasi [12]

No.	Zona	Section	Daya (kVA)
1	1	2	1603,01
2	2	1	815
3	2	2	1133
4	2	3	1754,7
5	2	4	729,9
6	2	5	1162,4

2.3. Gangguan Penyulang Pandan Landung

Gangguan di Penyulang Pandan Landung terjadi menjadi dua yaitu Gangguan Penyulang dan Gangguan Recloser. Tabel 2 menunjukkan gangguan penyulang di Penyulang Pandan Landung yang terjadi dalam kurun waktu dari November 2015 sampai Januari 2019.

Tabel 2. Gangguan Penyulang Pandan Landung [12]

GANGGUAN							
WAKTU PMT LEPAS		WAKTU PMT MASUK		TOTAL	Lama Padam	KATEGORI	SECTION
TGL PMT Lepas	JAM PMT Lepas	TGL PMT Masuk	JAM PMT Masuk	masuk total	LAMA PADAM	KATEGORI	
29-12-15	7.51	29-Dec-15	8.08	8.10	0.17	permanen	ZONA 1 SECTION 2
31-12-15	14.25	31-Dec-15	15.19	15.19	0.54	permanen	ZONA 2 SECTION 1
07-12-16	06.07	07-Dec-16	07.14	11.30	1.07	permanen	ZONA 2 SECTION 1
12-01-17	17.09	12-Jan-17	17.35	17.37	0.26	permanen	ZONA 1 SECTION 2
02-02-17	18.24	02-Feb-17	19.17	19.18	0.53	permanen	ZONA 1 SECTION 2
19-03-17	15.33	19-Mar-17	15.36	15.36	0.03	temporer	ZONA 1 SECTION 2
14-01-19	13.01	14-Jan-19	15.31	16.12	2.30	permanen	ZONA 2 SECTION 1

Berdasarkan data gangguan pada Tabel 2 maka dipilih dua titik yang paling lama mengalami gangguan permanen selama November 2015 sampai Januari 2019 yaitu pada tanggal 2 Februari 2017 akibat terjadi gangguan SUTM di Zona 1 Section 2 dengan lama padam 53 menit dan gangguan SUTM di daerah Zona 2 section 1 dengan lama padam 2 jam 30 menit.

2.4. Hasil Pengukuran Arus pada Trafo

Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan besar arus pada setiap trafo pada penyulang. Besar arus hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Arus Penyulang Pandan Landung [12]

Zona	Section	Pemutus / Pemisah		No. Gardu	Arus (A) Primer
		Dari	Sampai		
1	2	LBS Kemantren	Recloser Tirtaaji	R0544	5.78
				R1031	7.23
				R0086	4.62
				R0054	2.89
				R0046	2.89
				R0038	2.89
				R0099	7.23
				R1021	4.62
				R1285	4.62
				R1020	4.34
				R0416	2.17
				R0154	2.89
				R0147	2.89
				R0196	2.89
				R0849	7.23
2	1	Recloser Tirtaaji	LBS Pondok Mutiara	R0120	2.89
				R0611	7.23
				R0143	2.89
				R1341	2.89
				R0146	2.89
				R1116	4.62
				R0821	2.89
				R0068	2.89
				R0011	5.78
				R1195	5.78
2	2	LBS Pondok Mutiara	LBS Loandeng	R0128	2.89
				R0061	2.89
				R0986	4.62
				R1138	2.89
				R0122	7.23
				R0020	7.23
				R1447	2.89
				R0489	2.17
				R0085	2.89
				R0141	5.78
2	3	LBS Loandeng	LBS Kebonjeruk	R0194	2.89
				R0224	2.89
				R0112	4.62
				R0783	4.62
				R0183	4.62
				R00142	2.89
				R1044	4.62
				R1290	2.89
				R0113	7.23
				R0232	4.62
R0050	4.62				
R0186	2.89				
R0685	4.62				
R1196	5.78				
R1142	4.62				

Zona	Section	Pemutus / Pemisah		No. Gardu	Arus (A) Primer
		Dari	Sampai		
2	4	LBS Kebonjeruk	Ujung	M0016	2.89
				R0091	2.89
				R0490	5.78
				R0213	2.89
				R0491	4.34
				R1197	2.89
				R1030	4.34
				R0058	2.89
				R0207	2.89
				R0492	5.78
				R1075	5.78
				R0842	4.62
				R1057	2.89
				R1058	2.89
R0104	2.89				
R0979	7.23				
R1427	2.89				
R1224	7.23				
R1282	1.45				
R1514	4.62				
R0048	2.89				
2	5	LBSM Kucur	Ujung	R0890	4.34
				R0719	2.89
				R0720	4.62
				R0721	2.89
				R0722	2.89
				R0804	2.89
				R0805	2.89
				R0954	2.89
				R1515	4.62
				R0806	4.62
				R0807	2.89
				R0221	2.89
				R0808	2.89
				R0809	2.89
R0810	1.45				
R0931	2.89				
R1342	2.89				
R0932	2.89				

2.5. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Arus hubung singkat tiga fasa diperoleh dari tegangan fasa dibagi dengan impedansi urutan positifnya.[13]

$$I_{fault\ 3\ fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \tag{1}$$

Dimana :

- $I_{fault\ 3\ fasa}$ = Arus gangguan 3 fasa yang dicari
- V_{ph} = Tegangan fasa dengan netral sistem 20 kV
- Z_{1eq} = Impedansi ekivalen urutan positif

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Agar kerugian energi semakin kecil dan daerah terdampak semakin sedikit maka diperlukan adanya penempatan LBS dan alternatif manuver untuk daerah yang masih terdampak saat ini. Penentuan penempatan LBS di Penyulang Pandan Landung dapat dilakukan dengan mempertimbangkan daerah yang sering mengalami gangguan dan pembagian beban yang sudah ada di tiap sectionnya. Alternatif manuver harus memperhatikan beban yang ada pada penyulang lain dan kapasitas pemutus penyulang agar tidak terjadi

$$\begin{aligned} \text{Total Arus P. Junrejo} &= I \text{ Penyulang Junrejo} + I \text{ section 3\&4} \\ &= 224 + 62,42 \\ &= 286,42 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut maka saat gangguan di titik gangguan F1 maka zona 2 section 3 dan 4 dimanuver dengan Penyulang Junrejo, sedangkan trafo R0143 sampai R1138, zona 2 section 2 dan 5 di manuver dengan Penyulang Klayatan.

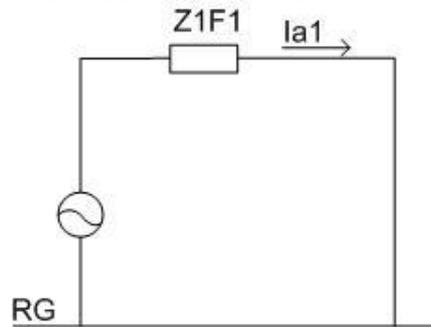
Berdasarkan penghantar di sisi Penyulang Klayatan menggunakan AAAC 3x150 mm² dengan KHA sebesar 425 A. Total beban yang ditanggung Penyulang Klayatan setelah manuver dengan Penyulang Pandanlandung 357,32 A sehingga KHA penghantar yang digunakan masih mencukupi. Total arus setelah manuver di Penyulang Klayatan dibawah setting pengaman Penyulang Klayatan yaitu 400 A sehingga scenario ini dapat digunakan.

3.2. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Data impedansi penyulang yang digunakan dalam perhitungan hubung singkat, adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_{\text{positif}} &: 15,361 + j 25,35 \text{ pu} \\ Z_{\text{negatif}} &: 15,361 + j 25,35 \text{ pu} \\ Z_{\text{ nol}} &: 10979,89 + 25,347 \text{ pu} \end{aligned}$$

Perhitungan arus hubung singkat dengan mengembangkan rumus dasar, dimana impedansi ekuivalen yang dimasukkan tergantung gangguan hubung singkatnya.



Gambar 4. Rangkaian Ekuivalen Gangguan 3 Fasa

Initial Condition :

$$\begin{aligned} I_{a2} &= I_{a0} = 0 \\ |I_A| &= |I_B| = |I_C| \\ V_A &= V_B = V_C = 0 \end{aligned}$$

Perhitungan arus gangguan 3 fasa simetris dengan menggunakan persamaan (1), adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{a1} &= \frac{V_{PU}}{Z_{1F1}} = \frac{1 \angle 0^\circ \text{ pu}}{15,361 + j 25,35 \text{ pu}} = 0,017 - j 0,028 \text{ pu} \\ &= 0,0337 \angle - 58,79^\circ \text{ pu} \end{aligned}$$

Maka dapat diketahui nilai arus hubung singkat simetri 3 fasa adalah :

$$\begin{aligned} I_A &= 0,0337 \angle - 58,79^\circ \times 84405 = 2844,45 \angle - 58,79^\circ \text{ A} \\ I_B &= 0,0337 \angle 178,79^\circ \times 84405 = 2844,45 \angle 178,79^\circ \text{ A} \\ I_C &= 0,0337 \angle 298,79^\circ \times 84405 = 2844,45 \angle 298,79^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

Dari skenario ini didapatkan arus hubung singkat seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Arus Hubung Singkat di Titik Gangguan F1

Tujuan	Panjang (Kms)	3 Fasa		
		IA (A)	IB (A)	IC (A)
GI – F1	6,789	2844,45 ∠ - 58,79°	2844,45 ∠ 178,79°	2844,45 ∠ 298,79°

3.3. Perhitungan Rating LBS Baru

Berdasarkan hasil perhitungan arus hubung singkat 3 fasa pada titik gangguan F1 maka diperoleh nilai arus hubung singkat tertinggi yang digunakan untuk menghitung rating LBS yang baru. Sebelum menghitung rating LBS maka terlebih dahulu dihitung breaking capacity dengan perhitungan :

$$\text{Closing Capacity} = 2,5 \times I_{sc} \tag{2}$$

Keterangan : I_{sc} = Arus Hubung Singkat (kA)

Hasil perhitungan arus hubung singkat 3 fasa di titik gangguan yang terdekat dengan letak LBS baru Isc F1 yaitu 2,8 kA. Maka sesuai persamaan 1 breaking capacity LBS baru yaitu

$$\begin{aligned} \text{Closing Capacity} &= 2,5 \times 2,8 \text{ kA} \\ &= 7 \text{ kA} \end{aligned}$$

Arus nominal Penyulang Pandanlandung pada saat terjadi gangguan F1 sebesar 140,32 A. Berdasarkan datasheet LBS maka dipilih LBS Motorized Three Ways tipe NXDB dengan kapasitas :

Rated Normal Current = 630 A

Short Circuit Making Current = 50 kA

Maka dari perhitungan dan penentuan kapasitas LBS tersebut, dapat dipilih LBS Motorized Three Ways dengan rating arus 630 A dan breaking capacity 50 kA sejumlah satu buah yang diletakkan sebelum trafo R116. LBS Motorized Three Ways disuplai dua masukan penyulang yaitu Penyulang Klayatan dan Penyulang Pandanlandung dengan keluaran satu buah menuju trafo R1116 dan section terdampak setelah trafo R1116 maupun trafo R0143 sampai dengan R0146. LBS ini digunakan untuk pemutus beban sekaligus manuver pada saat terjadi gangguan seperti di titik gangguan F1. Pemilihan LBS seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Pemilihan LBS

Lokasi	Rating LBS	Manuver
Sebelum trafo R1116	Tipe : LBS Motorized 3 Ways Rating arus : 630 A Rating Tegangan : 24 kV Breaking Capacity : 50 kA	Penyulang Klayatan

4. KESIMPULAN

Penempatan LBS baru di Penyulang Pandan Landung yakni pada lokasi sebelum trafo R1116 dengan rating LBS tipe Motorized 3 Ways, rating arus 630 A, rating tegangan 24 kV, breaking capacity 50 kA.

LBS ini memanuver dari Penyulang Pandan Landung ke Penyulang Klayatan sehingga dapat meminimalisir daerah padam pada penyulang Pandan Landung. Energi yang hilang pada saat sebelum terjadi manuever adalah 26987,4 kWh sedangkan ketika sudah ada manuever nilainya menjadi 12647,18. Dari angka tersebut terlihat bahwa terjadi penurunan nilai energy yang hilang sebesar 53,14%

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. K. Hery Samudra, I. G. Dyana Arjana, dan I. W. Artha Wijaya, "Studi Peningkatan Kualitas Pelayanan Penyulang Menggunakan Load Break Switch(LBS) Three Way", Teknologi Elektro, Vol. 15, No. 1, Januari-Juni 2016 ISSN 1693 – 2951S.
- [2] H. K. Tupan dan R. N. Nurhasanah, "Optimasi Penempatan Load Break Switch (LBS) pada Penyulang Karpan 2 Ambon menggunakan Metode Algoritma Genetika", Jurnal EECCIS Vol 11, No. 1, April 2017
- [3] Anonim, 1. (2010). Kriteria Disain Enjinerig Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta: PT. PLN Persero.
- [4] Donny Fisca Efisiyanto, M. F. (2014). Pengoperasian dan Pemeliharaan Load Break Switch ENTEC Pada SUTM 20 KV. 2-10.
- [5] S. Nina, at all, "Comparison of Different Air Flow Concepts for a Medium Voltage Load Break Switch", IEEE Transactions on Power Delivery, Volume: 35, Issue: 2, April 2020.
- [6] S. Nina, at all, "Empirical Relationships Between Air-Load Break Switch Parameters and Interrupting Performance", IEEE Transactions on Power Delivery, Volume: 31, Issue: 1, Feb. 2016.
- [7] S. Nina, at all, "Air-Flow Investigation for a Medium-Voltage Load Break Switch", IEEE Transactions on Power Delivery, Volume: 30, Issue: 1, Feb. 2015.
- [8] Priamabodo, NW, at all. Case Study of Medium Voltage Load Break Switch Failure in Indonesia. 2018 3rd International Conference on Information Technology, Information System and Electrical Engineering (ICITISEE)
- [9] E. Fjeld, W. Rondeel, and M. Saxegaard, "Temperature Rise in a Load Break Switch," in 2016 IEEE 62nd Holm Conference on Electrical Contacts (Holm), 2016, pp. 49–54.
- [10] P. C. Jabs, K. Niayesh and N. S. Støa-Aanensen, "Short-Circuit Making of Medium Voltage Load Break Switches Using a Grid Connected Test Circuit," 2018 IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE), ATHENS, Greece, 2018, pp. 1-4.
- [11] A. Islam, D. Birtwhistle and T. K. Saha, "Synthetic testing of medium voltage load break switches," 2014 Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC), Perth, WA, 2014, pp. 1-5.
- [12] Laporan PT. PLN Rayon Kebonagung
- [13] Das. D, "Electrical Power System", New Age International Publishers, 2006.