

Analisis Manuver Penyulang Selecta untuk Menjaga Nilai Keandalan Sistem Distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Batu

Sukamdi^{*a)}, Awan Setiawan^{a)}, Heri Sungkowo^{a)}

(Artikel diterima: September 2022, direvisi: Oktober 2022)

Abstrak: PT. PLN (Persero) ULP Batu, The Selecta feeder is one of the 7 feeders in the distribution system that supplies several areas in PT. PLN (Persero) ULP Batu. In the Selecta feeder themselves, the number of error that occurred from January to November 2020 was fourteen times, with details of one time temporary error and thirteen times permanent errors. Delegating a portion of the load from feeders which got error can have an impact on feeders which are working normally. This can cause a voltage drop on the feeder for maneuvering purposes so that the distribution of electric power becomes less than optimal and requires some other loads to be temporarily transferred to other feeders. Based on the problems that occur, it is necessary to analyze the maneuver to reduce the impact of disruption on The Selecta feeder and maintain the reliability value of the distribution system at PT. PLN (Persero) ULP Batu.

Keywords : Maneuvers, SAIDI, SAIFI, Drop Voltage, Distribution System

1. Pendahuluan

Penyulang Selecta milik PT. PLN (Persero) ULP Batu mulai Januari hingga November 2020 telah mengalami sebanyak 14 kali gangguan dengan rincian satu kali gangguan temporer dan tiga belas kali gangguan permanen. Dari jumlah tersebut, penyulang Selecta menjadi penyulang yang paling sering mengalami pemadaman di PT. PLN (Persero) ULP Batu. Dari pemadaman listrik tersebut akan berpengaruh pada nilai SAIDI dan SAIFI yang menjadi indeks keandalan pada sistem distribusi tenaga listrik. Untuk meminimalisir daerah yang padam, maka ketika terjadi gangguan di Penyulang Selecta harus dilakukan manuver jaringan untuk menjaga nilai keandalan dari sistem distribusi tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Keandalan Sistem Distribusi

Sistem distribusi memiliki fungsi yaitu menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat suplai, dalam hal ini dapat dari Gardu Induk atau Pusat Pembangkit ke Pusat Beban (Gardu Trafo atau Distribusi) dan Komponen, dengan mutu yang memadai. Kontinuitas pelayanan yang merupakan salah satu unsur dari mutu pelayanan tergantung pada macam sarana penyaluran dan peralatan pengaman. Sarana penyaluran, jalur distribusi mempunyai tingkat kontinuitas yang tergantung pada sumber saluran susunan saluran dan cara pengaturan operasinya dan pemeliharaannya, yang pada hakekatnya direncanakan dan dipilih untuk memenuhi kebutuhan dan sifat beban.

Tingkat tersebut antara lain:

Tingkat 1: Mungkin padam berjam-jam; waktu yang cukup untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena gangguan.

Tingkat 2: Padam beberapa jam; waktu untuk mengirim petugas ke lapangan, melokalisir kerusakan dan melakukan manipulasi untuk menghidupkan sementara kembali.

Tingkat 3: Padam beberapa menit; manipulasi oleh petugas yang stand by di Gardu atau dilakukan deteksi atau pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh (dengan bantuan DCC).

Tingkat 4: Padam beberapa detik; pengamanan dan manipulasi

Umumnya jaringan distribusi pedesaan dan kota kecil terdiri dari SUTM dengan cara pelayanan radial, yang dimungkinkan padam berjam-jam yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki yang rusak karena gangguan. Sedangkan untuk pelayanan dalam kota besar susunan jaringan yang dipakai di SUTM adalah sistem spindel yang dimungkinkan padam berjam-jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mengirimkan petugas ke lapangan, melokalisir kerusakan dan melakukan manipulasi untuk menghidupkan sementara kembali dari arah atau saluran yang lain. (SPLN 52-3, 1983 :5) (Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume 5, No. 2; 2016')

2.2 Indeks Keandalan Sistem Distribusi

Menurut SPLN 59: 1985 tentang indeks keandalan. Suatu besaran untuk membandingkan penampilan sistem distribusi. Dua indeks keandalan yang sering digunakan dalam sistem distribusi adalah indeks frekuensi pemadaman rata-rata (f) dan indeks lama pemadaman rata-rata (d). (SPLN 59, 1985)

a. Indeks Frekuensi Pemadaman Rata-Rata (SAIFI)

Jumlah konsumen yang mengalami pemadaman dalam satu tahun dibagi dengan jumlah konsumen yang dilayani. (SPLN 59: 1985 Pasal Empat Indeks Pemadaman Rata-Rata)

$$f = \frac{\sum_{i=1}^m C_i \text{ pemadaman}}{N \text{ tahun}} \dots \dots \dots (2-1)$$

Keterangan:

m = jumlah pemadaman dalam satu tahun

C_i = jumlah konsumen yang mengalami pemadaman

N = jumlah konsumen yang dilayani

b. Indeks Lama Pemadaman Rata-Rata (SAIDI)

Menurut IEEE 1366-2003, SAIDI adalah indeks yang menunjukkan total durasi gangguan untuk pelanggan rata-rata selama periode waktu yang ditentukan sebelumnya. Hal ini biasanya diukur dalam menit pelanggan atau jam gangguan pelanggan. (IEEE std 1366-2003: 5)

* Korespondensi: sukamdi@gmail.com

a) Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

Jumlah lamanya pemadaman yang dialami konsumen dalam satu tahun, dibagi dengan jumlah konsumen yang dilayani

$$d = \frac{\sum_{i=1}^m \text{Citi Jam}}{N \text{ tahun}} \dots\dots\dots(2-2)$$

Keterangan:

- m = jumlah pemadaman dalam satu tahun
- ti = lamanya tiap – tiap pemadaman
- Ci = jumlah konsumen yang mengalami pemadaman
- C = jumlah konsumen yang dilayani

2.3 Standar Keandalan Sistem Distribusi 20 kV

Untuk mengukur tingkat keandalan suatu sistem distribusi maka diperlukan nilai acuan sehingga dapat menilai sistem tersebut. Menurut majalah **FOKUS** penerbit PT. PLN (Persero) Februari 2011, menetapkan sistem dalam kondisi baik jika telah memenuhi standart seperti dibawah:

SAIFI : 1,2 kali/pelanggan/tahun

SAIDI : 0,83 jam/pelanggan/tahun

Sedangkan standart menurut **IEEE P1366 – 2003**, nilai indeks keandalan suatu sistem dikatakan baik jika telah memenuhi sebagai berikut :

SAIFI : 1,26 kali/pelanggan/tahun

SAIDI : 1,9 jam/pelanggan/tahun

a. Indeks Keandalan dari Beberapa Sistem Distribusi

Tabel 2.1 Indeks Keandalan dari Beberapa Sistem Distribusi

No.	Sistem	F (%)	D (%)
1.	SUTM Sistem Radial	267	483
2.	SUTM Sistem Radial dengan menggunakan pemisah otomatis di tengah-tengah	261	294
3.	SKTM Sistem Spindel	100	100
4.	SKTM Sistem Spindel dengan pusat pengatur jaringan distribusi	100	76
5.	Saluran kabel sistem spot network	0.83	0.29

Catatan: Tabel diatas diperoleh dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

- a. Panjang SUTM = 16 km
- b. Panjang SKTM = 16,5 km
- c. Yang dimaksud dengan f = 100% ialah = 1.199 kali/tahun
- d. Yang dimaksud dengan d = 100% ialah = 4.364 kali/tahun

(SPLN 59: 1985 Lampiran D Indeks Dari Beberapa Sistem

Distribusi)

b. Faktor-faktor yang mempengaruhi indeks keandalan dalam suatu sistem distribusi sesuai standar IEEE P1366 dan SPLN 59:1985

1. Pemadaman / Interruption of Supply
Terhentinya pelayanan pada satu atau lebih konsumen, akibat dari salah satu atau lebih komponen mendapat gangguan.
2. Keluar / Outage
Keadaan dimana suatu komponen tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut. Suatu outage dapat atau tidak dapat menyebabkan pemadaman, hal ini masih tergantung pada konfigurasi sistem.
3. Lama keluar / Outage Duration
Periode dari saat permulaan komponen mengalami outage sampai saat dapat dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya.
4. Lama keluar paksa transien / Transient Forced Outage Duration
Waktu singkat, karena alat pemutus mampu bekerja menutup kembali
5. Lama keluar paksa permanen / Permanent Forced Outage Duration
Waktu yang diperlukan dari saat permulaan komponen mengalami keluar sampai komponen mendapat perbaikan.
6. Lama keluar terencana / Scheduled Outage Duration
Waktu yang diperlukan untuk perawatan dan pemeliharaan yang telah direncanakan.
7. Lama pemadaman / interruption Duration
Waktu dari saat permulaan terjadinya pemadaman sampai saat menyala kembali.

(Arifani, Winarno, 2013: 2)

c. Identifikasi Gangguan Berorientasikan Pelanggan

Dalam penentuan indeks keandalan, untuk sistem secara keseluruhan maka factor faktor jumlah pelanggan, frekuensi dan durasi/ lama pemadaman dapat dievaluasi dan bisa didapatkan lengkap mengenai kinerja sistem. Indeks-indeks ini adalah frekuensi atau lama pemadaman rata-rata tahunan. Indeks keandalan yang dipakai pada sistem distribusi dijelaskan dalam uraian berikut ini, Sebagai indikator penyaluran adalah angka lama dan atau seringnya pemadaman pada pelanggan yang disebut dengan angka SAIDI dan SAIFI.

Angka lama padam SAIDI (*system Average Interruption Duration Index*)

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah durasi gangguan pelanggan}}{\text{Jumlah Pelanggan}} \dots\dots\dots(2-3)$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \dots\dots\dots(2-4)$$

keterangan:

- Ui = Lama waktu gangguan rata-rata unit (menit)
- Ni = Jumlah pelanggan pada satu titik

Angka sering padam SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah gangguan pelanggan}}{\text{Jumlah Pelanggan}} \dots\dots\dots(2-5)$$

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N} \dots\dots\dots(2-6)$$

keterangan:

λ_i = Laju kegagalan unit (kali)

N_i = Banyak pelanggan pada satu titik

$\sum N$ = Jumlah pelanggan

Semua perusahaan penyedia listrik besar akan berusaha untuk menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI dari pelayanan penyaluran energi listriknya, sehingga dapat memenuhi standarisasi perusahaan dengan tingkat kelas dunia yaitu dengan angka SAIDI 100 menit/pelanggan/tahun dan SAIFI 3 kali/pelanggan/tahun.

(Arifani, Winarno, 2013: 2)

2.4 Perhitungan Drop Tegangan pada Jaringan

Drop tegangan atau jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Menurut buku SPLN 72:1987 mengenai pengaturan tegangan dan jatuh tegangan dinyatakan jika besarnya turun tegangan pada JTM yang diperbolehkan adalah 2% dari tegangan kerja dengan sistem yang tidak memanfaatkan STB, yaitu spindle dan gugus serta 5% dari tegangan kerja bagi sistem yang memanfaatkan STB, yaitu sistem radial diatas tanah dan sistem simpul.

Jatuh tegangan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times I \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi)}{1000} \dots\dots\dots(2-7)$$

Dimana: ΔV = Jatuh tegangan (kV)
 L = Panjang Saluran (ms)
 I = Arus (A)
 R = Resistansi
 X = Reaktansi

Dengan menggunakan persamaan 2-7 dapat dihitung nilai jatuh tegangan dalam persentase. Berikut ini adalah persamaan untuk mencari nilai jatuh tegangan dalam persentase pada masing – masing GTT:

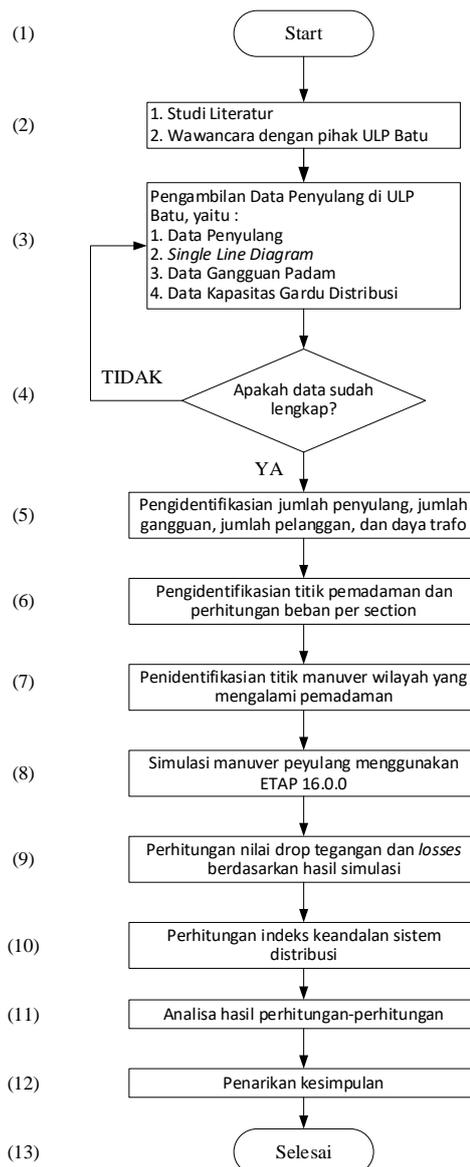
$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_{\text{ kirim GI}}} \times 100\% \dots\dots\dots(2-8)$$

Dimana: $\Delta V(\%)$ = Jatuh tegangan (%)
 ΔV = Jatuh tegangan (Volt)
 $V_{\text{ kirim GI}}$ = Tegangan kirim dari GI (Volt).

3. Metodologi

3.1 Langkah Pengerjaan

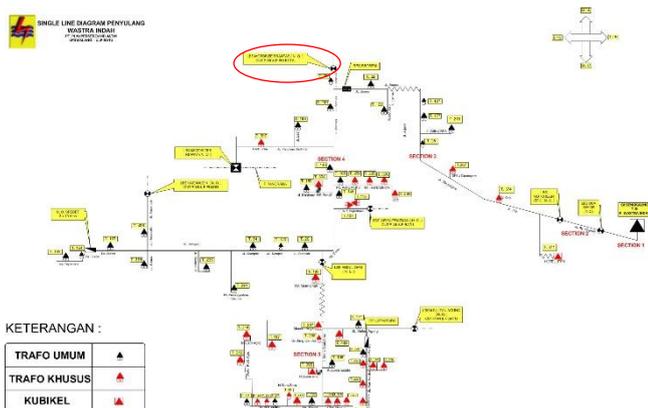
Pengerjaan Laporan Akhir ini dilaksanakan dengan melalui beberapa langkah agar dapat dikerjakan secara efektif dan efisien, sesuai dengan arahan dari pembimbing.



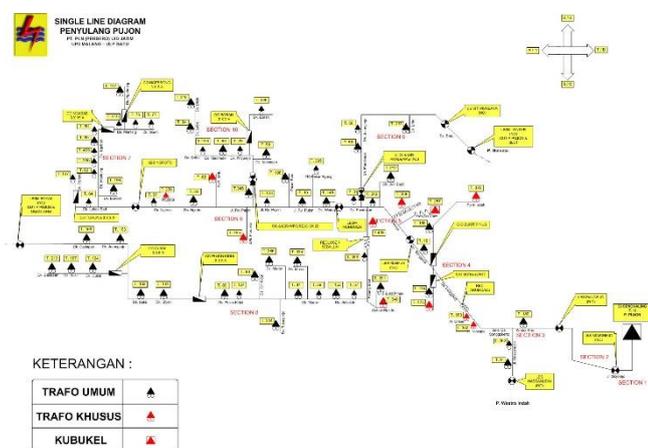
4. Pembahasan

4.1 Ketersediaan Suplai Penyulang Terdekat

Penyulang Selecta mendapatkan suplai tegangan dari Gardu Induk Sengkaling Trafo IV yang berkapasitas 60 MVA. Pada Trafo IV ini juga menyuplai Penyulang Batu, Dinoyo, Tegalgondo, dan Unicora milik ULP Singosari. Penyulang Selecta adalah Penyulang milik ULP Batu yang mana berbatasan dengan penyulang lainnya seperti Wastra Indah dan Pujon yang dibatasi dengan LBSM. Dikarenakan konfigurasi jaringan pada Penyulang Selecta berbentuk loop, maka dapat dimungkinkan untuk melakukan manuver ke penyulang terdekat jika terjadi gangguan.



Gambar 4.1 Penyulang Wastra Indah yang Berbatasan dengan Penyulang Selecta



Gambar 4.2 Penyulang Pujon yang Berbatasan dengan Penyulang Selecta

Dari gambar *single line diagram* penyulang Wastra Indah dan Pujon pada gambar 4.2 dan gambar 4.3, dapat diketahui bahwa penyulang Wastra Indah berbatasan dengan penyulang Selecta yang dibatasi oleh LBSM Brantas (NO). Sedangkan penyulang Pujon juga berbatasan dengan penyulang Selecta yang dibatasi dengan LBSM Jantur (NO).

4.2 Perhitungan Beban Per-Section

Untuk mengetahui jumlah arus yang akan dilimpahkan ke penyulang lain, diperlukan adanya perhitungan nilai beban per *section* dengan menggunakan rumus *demand factor*. Untuk menghindari beban *overload* pada penyulang lain ketika terjadi manuver, pada rumus ini digunakan data arus tertinggi pada suatu penyulang. Data arus didapat dari data pengukuran beban UP2D (Unit Pelaksana Pengatur Distribusi) Jawa Timur PT. PLN (Persero) Tahun 2020.

Rumus Demand Factor :

$$DF = \frac{\text{arus tertinggi} \times (20kV \times \sqrt{3})}{\text{Total kapasitas terpasang}}$$

Diketahui :

- Arus tertinggi pada Penyulang Selecta 160 A
- Total kapasitas Trafo : 14565 kVA

Besarnya nilai DF pada Penyulang Selecta :

$$DF = \frac{160 \times (20kV \times \sqrt{3})}{14565kVA}$$

$$DF = \frac{5542,4kVA}{14565kVA}$$

$$DF = 0,38$$

Diketahui :

- Arus tertinggi pada Penyulang Wastra Indah 168
- Total kapasitas Trafo : 9550 kVA

Besarnya nilai DF pada Penyulang Wastra Indah :

$$DF = \frac{168 \times (20kV \times \sqrt{3})}{9550kVA}$$

$$DF = \frac{5819,52kVA}{9550kVA}$$

$$DF = 0,61$$

Diketahui :

- Arus Terbesar pada Penyulang Pujon 143 A
- Total kapasitas Trafo : 8950 kVA

Besarnya DF pada Penyulang Pujon :

$$DF = \frac{143 \times (20kV \times \sqrt{3})}{8950kVA}$$

$$DF = \frac{4953,52kVA}{8950kVA}$$

$$DF = 0,55$$

Tabel 4.1 Arus Terpakai per-section Penyulang Selecta

Section	Total Kapasitas Trafo (kVa)	Demand Factor	Beban Terpakai (kVa)	Arus maksimal (A)	Arus Terpakai (A)
1	0	0	0	0	0
2	2745	0,38	1043,1	79,24	30,11
3	3950	0,38	1501	114,03	43,33
4	1780	0,38	676,4	51,38	19,53
5	5280	0,38	2006,4	152,42	57,92

Tabel 4.2 Arus Terpakai per-section Penyulang Wastra Indah

Section	Total Kapasitas Trafo (kVa)	Demand Factor	Beban Terpakai (kVa)	Arus maksimal (A)	Arus Terpakai (A)
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	4170	0,61	2543,7	120,38	73,43
4	5100	0,61	3111	147,23	89,81
5	5900	0,61	3599	170,32	103,89

Tabel 4.3 Data Arus Terpakai per-section Penyulang Pujon

Section	Total Kapasitas Trafo (kVA)	Demand Factor	Beban Terpakai (kVa)	Arus maksimal (A)	Arus Terpakai (A)
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	770	0,55	423,5	22,23	12,22
4	745	0,55	409,75	21,51	11,83
5	870	0,55	478,5	25,11	13,81
6	1890	0,55	1039,5	54,56	30,01
7	1305	0,55	717,75	37,67	20,72
8	2100	0,55	1155	60,62	33,34
9	310	0,55	170,5	8,95	4,92
10	795	0,55	437,25	22,95	12,62

4.3 Analisa Manuver

4.3.1 Skenario Manuver Jika Terjadi Gangguan pada Section 3

Saat terjadi gangguan pada section 3 penyulang Selecta dibutuhkan kegiatan manuver jaringan agar section 4 dan section 5 tidak ikut mengalami pemadaman. Kegiatan manuver ini dimulai dengan:

1. Ketika terjadi gangguan pada section 3 penyulang Selecta, Recloser Sekar Putih langsung merespon adanya gangguan. Maka Recloser secara otomatis terbuka dan semua section pada penyulang Selecta mengalami pemadaman.
2. Mengisolir daerah gangguan dengan meminta ijin kepada operator untuk melepas LBS Kali Malang (NC) dan LBS Dieng (NC). Setelah mendapatkan ijin dari operator, maka pelepasan LBS dapat dilaksanakan.
3. Kemudian suplai untuk section 1 dan section 2 didapatkan dari GI Sengkaling, dengan terlebih dahulu meminta ijin kepada operator untuk memasukkan recloser Sekar Putih. Setelah mendapatkan ijin, maka recloser Sekar Putih dapat dimasukkan sehingga section 1 dan section 2 tersuplai kembali dari GI Sengkaling.
4. Selanjutnya suplai untuk section 4 dan section 5 didapatkan melalui manuver jaringan dari penyulang Wastra Indah dengan memasukkan LBSM Brantas (NO). Namun, pertama-tama meminta ijin terlebih dahulu kepada operator untuk memasukkan LBSM Brantas (NO). Setelah mendapatkan ijin dari operator, maka LBSM Brantas dapat dimasukkan sehingga beban section 4 dan section 5 dipindahkan ke Penyulang Wastra Indah.

4.3.2 Skenario Manuver Jika Terjadi Gangguan pada Section 4

Saat terjadi gangguan pada section 4 penyulang Selecta dibutuhkan kegiatan manuver jaringan agar section 5 tidak ikut

mengalami pemadaman. Kegiatan manuver ini dimulai dengan:

1. Ketika terjadi gangguan pada section 3 penyulang Selecta, Recloser Sekar Putih langsung merespon adanya gangguan. Sehingga Recloser secara otomatis terbuka dan semua section pada penyulang Selecta mengalami pemadaman.
2. Mengisolir daerah gangguan dengan meminta ijin kepada operator untuk melepas LBS Dieng (NC) dan LBSM Sidomulyo (NC). Setelah mendapatkan ijin dari operator, maka pelepasan LBS dapat dilaksanakan.
3. Kemudian suplai untuk section 1, section 2, dan section 3 didapatkan dari GI Sengkaling, dengan terlebih dahulu meminta ijin kepada operator untuk memasukkan recloser Sekar Putih. Setelah mendapatkan ijin, maka recloser Sekar Putih dapat dimasukkan sehingga section 1, section 2, dan section 3 tersuplai kembali dari GI Sengkaling.
4. Selanjutnya suplai untuk section 5 didapatkan melalui manuver jaringan dari penyulang Pujon dengan memasukkan LBSM Jantur (NO). Namun, pertama-tama meminta ijin terlebih dahulu kepada operator untuk memasukkan LBSM Jantur (NO). Setelah mendapatkan ijin dari operator, maka LBSM Jantur dapat dimasukkan sehingga beban section 5 dipindahkan ke Penyulang Pujon.

4.4 Perhitungan SAIDI SAIFI

Pada Penyulang Selecta ini, periode bulan Maret 2019 telah terjadi pemadaman sebanyak 3 kali dengan kategori pemadaman permanen. Untuk mengetahui indeks keandalan pada penyulang selecta pada bulan Maret 2019 ketika terjadi banyak gangguan, maka dibutuhkan perhitungan SAIDI dan SAIFI selama periode 1 bulan. Berikut adalah perhitungan mengenai indeks keandalan pada Penyulang Selecta:

Tabel 4.4 SAIDI – SAIFI Penyulang Selecta

Manuver	SAIDI	Target SAIDI	SAIFI	Target SAIFI	Keterangan
Sebelum	333 mnt / plg	120,17 mnt / plg	6 kali / plg	2,61 kali / plg	Tidak Memenuhi Target
Sesudah	118,36 mnt / plg	120,17 mnt / plg	2,13 kali / plg	2,61 kali / plg	Memenuhi Target

4.5 Perhitungan Drop Voltage pada Jaringan

PT PLN (Persero) mengatur standar jatuh tegangan dalam SPLN No.72 Tahun 1987 yaitu Turun tegangan yang diperbolehkan pada JTM adalah 2 % dari tegangan kerja untuk sistem spindle/gugus dan 5 % dari tegangan kerja untuk sistem radial diatas tanah dan sistem simpul tergantung kepadatan beban. Penyulang Selecta memiliki tegangan sistem sebesar 20,4 kV dari GI Sengkaling, dan penyulang Wastra Indah dan Pujon sebagai penyulang tujuan manuver memiliki tegangan sistem 20,6 kV dari GI Sengkaling.

Untuk mencari jatuh tegangan yang terjadi pada setiap saluran/penghantar digunakan persamaan 2-7, maka didapatkan hasil perhitungan drop tegangan sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Drop Tegangan Penyulang Wastra Indah Setelah Manuver

Section	L (ms)	I (A)	ΔV (kV)	% ΔV	Tegangan (kV)	% ΔV Penyulang
GI Sengkaling – LBS Buk Anyar	808	0	0	0	20,6	23,25
LBS Buk Anyar – LBSM JTP3	454	0	0	0	20,6	
LBSM JTP3 – Recloser Brosem	1250	73,43	0,057	0,28	20,54	
Recloser Brosem – T.312, LBS Abdul Gani, dan LBS Hasanudin	40972	167,26	4,25	20,63	16,29	
LBS Abdul Gani – LBSM Sultan Agung	7414	103,89	0,48	2,33	15,81	

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Drop Tegangan Penyulang Pujon Setelah Manuver

Section	L (ms)	I (A)	ΔV (kV)	% ΔV	Tegangan (kV)	% ΔV Penyulang
GI Sengkaling – LBS Mojorejo	500	0	0	0	20,6	6,31
LBS Mojorejo – LBS Pangsud	928	0	0	0	20,6	
LBS Pangsud – Recloser Arumdalu dan LBS Hasanudin	2425	12,22	0,018	0,087	20,58	
Recloser Arumdalu – LBS Klemuk	4075	11,83	0,029	0,14	20,55	
LBS Klemuk – LBS Pandemas, LBSM Monumen, dan Recloser Sebaluh	3144	13,81	0,027	0,13	20,52	
LBSM Monumen – LBS Ngroto dan LBS Wiyurejo	8087	30,01	0,15	0,73	20,37	
LBS Ngroto – Ujung	5400	20,72	0,069	0,33	20,3	
Recloser Sebaluh – LBSM Boyak	29125	33,34	0,6	2,91	19,92	
LBS Pandemas – T.312	31463	62,84	1,22	5,92	19,3	
LBS Wiyurejo – Ujung	3021	12,62	0,023	0,11	20,35	

Dari hasil perhitungan *drop* tegangan pada tabel 4.5 dan tabel 4.6, dapat disimpulkan bahwa proses manuver jaringan penyulang Selecta ditinjau dari drop tegangannya tidak memenuhi standar yang ditetapkan, yakni melebihi dari 5%.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

1. Gangguan pada penyulang Selecta sering terjadi di section 3 dan section 4. Sehingga metode pemilihan titik manuver mengidentifikasi terlebih dahulu daerah yang sering mengalami gangguan, lalu menentukan penyulang terdekat sebagai penyulang tujuan manuver. Dari hasil identifikasi didapatkan 2 penyulang tujuan manuver yakni Penyulang Wastra Indah dan Penyulang Pujon.
2. Setelah dilakukan analisa melalui skenario manuver ketika terjadi gangguan, maka diperoleh nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI yang lebih baik dari kondisi awal sebelum

dilakukan manuver jaringan dengan nilai SAIDI yang awalnya sebesar 333 menit/pelanggan menurun menjadi 118,36 menit/pelanggan dan nilai SAIFI yang awalnya sebesar 6 kali/pelanggan menurun menjadi 2,13 kali/pelanggan.

3. Hasil analisa manuver jaringan penyulang Selecta ke penyulang Wastra Indah dan penyulang Pujon juga didapatkan nilai drop tegangan yang mana nilainya tidak memenuhi standar maksimal 5%, yakni sebesar 23,25%. Tetapi masih bisa dilakukan manuver jaringan karena tidak melebihi dari rating pengaman dan KHA penghantar kedua penyulang. Hanya saja nilai drop tegangannya tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan.

5.2 Saran

Dikarenakan nilai drop tegangan pada penyulang Wastra Indah setelah dilakukan manuver jaringan hasilnya sangat melebihi dari 5% yakni sebesar 23,25%. Maka, disarankan jika terjadi gangguan di section 3 dan dibutuhkan manuver untuk section 4 dan section 5, maka disuplai dari kedua penyulang sekaligus yakni section 4 untuk Penyulang Wastra Indah dan section 5 untuk Penyulang Pujon. Agar Penyulang Wastra Indah tidak terlalu panjang untuk menyuplai pada section 5 Penyulang Selecta. Sehingga nilai drop tegangan untuk Penyulang Wastra Indah juga tidak terlalu besar.

Daftar Pustaka

- [1] Erhaneli. (2015). *Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Indeks Keandalan Saidi Dan Saifi Pada PT. PLN (Persero) Rayon Bagan Batu Tahun 2015*. Institut Teknologi Padang.
- [2] Fatoni, A. (2016). *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Firman. (2013). *Analisa Drop Tegangan Menengah 20 KV Pada Penyulang Pagentenan Di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Pemekasan*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [4] PT. PLN (Persero). 2010. *Buku PLN 1 Kriteria Desain Enjinering Kontruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, 2010.
- [5] PT. PLN (Persero). 2010. *Buku PLN 2 Standar Kontruksi Sambungan Tenaga Listrik*. Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, 2010.
- [6] PT. PLN (Persero). 2010. *Buku PLN 4 Standar Kontruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, 2010.
- [7] PT. PLN (Persero). 2010. *Buku PLN 5 Standar Kontruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*. Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, 2010.