

Analisis Drop Tegangan Untuk Menilai Tingkat Keandalan Saat Manuver Jaringan Pada Penyulang Kikim dan Parkit P.T. PLN Area Palembang

Wiwin A. Oktaviani¹, Dwisantiya Ganta Saputri², Taufik Barlian³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang

Jl. Jend.A. Yani 13 Ulu Palembang

¹winarvin1302@gmail.com

²dwisantiyagantasaputri@yahoo.co.id

³tfk_ap@yahoo.com

Abstrak — Sistem distribusi merupakan salah satu komponen dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik ke beban. Salah satu penyebab yang mengakibatkan terputusnya pasokan listrik ke beban adalah *drop* tegangan yang melebihi toleransi. Besarnya nilai *drop* tegangan dapat menunjukkan tingkat keandalan sistem distribusi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis *drop* tegangan pada tiga kondisi, normal-terganggu dan saatmanuver jaringan pada penyulang Kikim dan Penyulang Parkit. Kedua penyulang ini bertemu di satu *Load Break Switch* (LBS). Sistem disimulasikan dengan ETAP Power Station 12.6 untuk memudahkan analisisnya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tingkat keandalan Penyulang Kikim lebih rendah dibandingkan Penyulang Parkit, dimana nilai *drop* tegangan Penyulang Kikim di saat normal 0,36%, saat terganggu sebesar 6,16% dan saat menerima manuver beban dari Penyulang Parkit sebesar 0,38%. Sedangkan pada Penyulang Parkit dimana *drop* tegangan saat normal sebesar 0,09%, saat terganggu sebesar 0,38% dan saat menerima manuver beban dari Penyulang Kikim sebesar 0,26%. *Drop* tegangan kedua penyulang saat menerima manuver beban masih berada dalam batas toleransi 5%.

Kata kunci — Drop Tegangan, Penyulang Kikim, Penyulang Parkit, Manuver.

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik ke titik-titik beban. Penyaluran energi listrik ini dapat terganggu bahkan terhenti. Salah satu penyebabnya adalah *drop* tegangan. *Drop* tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar (Holong Modal, 2012).. Tindakan manuver ini dapat mengurangi daerah pemadaman listrik agar tetap tercapai kondisi penyaluran tenaga listrik yang seefisien dan semaksimal mungkin (Ibrahim S, 2013). Manuver jaringan penyulang hanya dapat dilakukan jika jaringan-jaringan penyulang tersebut terhubung di satu *Load Break Switch* (LBS) dan kapasitas jaringan penyulang yang akan menerima manuver masih dalam kategori aman atau tidak *over load* (Stefanie Manzinger, Marion Leibold, and Matthias Althoff, 2017).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Ketenagalistrikan

Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu dengan yang lain dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan sebuah satu kesatuan yang terinterkoneksi. Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu : pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban yang terpisah satu dengan yang lain kepada saluran transmisi. Hal ini terjadi pada gardu-gardu induk (substation) di mana juga dilakukan transformasi tegangan dan fungsi-fungsi pemutusan (*breaker*) dan penghubung beban (*switching*) (Soeroso, Bambang., Yaulie D.Y.Rindengan., Lily S. Patras., 2016).

Sistem Tenaga Listrik terdiri atas sistem pembangkit, transmisi dan distribusi. Sistem distribusi adalah sistem yang berfungsi mendistribusikan tenaga listrik kepada konsumen (Erhaneli, 2015). Klasifikasi jaringan distribusi berdasarkan letak jaringan terhadap posisi gardu distribusi dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu jaringan distribusi primer (jaringan distribusi tegangan menengah) dan jaringan distribusi sekunder (jaringan distribusi tegangan rendah).

B. Gardu Induk

Gardu Induk merupakan sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik, atau merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran (transmisi). Penyaluran merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik. Berarti, gardu induk merupakan sub-sub sistem dari sistem tenaga listrik. Sebagai sub sistem dari sistem penyaluran, gardu induk mempunyai peranan penting, dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran (transmisi) secara keseluruhan (Yusmartato, 2016). Tegangan menengah yang mesuplai gardu dapat dihitung dengan :

$$V_{TM} = \frac{V_{TR}}{V_{uTR}} \times 20.000 \quad (1)$$

dimana :

- V_{TM} : Tegangan Menengah Perhitungan
- V_{TR} : Tegangan Rendah Terukur
- V_{uTR} : Tegangan Rendah Fasa-fasa

C. Load Break Switch (LBS)

Load Break Switch (LBS) 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 (Hendrik Kenedy Tupan, Rini Nur Nurhasanah, Wijono, 2017). Prinsip kerja LBS yaitu 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. Sistem monitoring dan pengendalian jarak jauh juga dapat ditambahkan tanpa perlu menambahkan Remote Terminal Unit (RTU) (Wigati, 2014).

D. Drop Tegangan

Drop tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar (Modal Holong, 2012). *Drop* tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya *drop* tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan (Modal Holong, 2012). PT PLN (Persero) mengatur standar *drop* tegangan dalam SPLN No.72 Tahun 1987 yaitu turun tegangan yang diperbolehkan pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 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.

Perhitungan *drop* tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti (Isla, 2013).

Sesuai dengan standar tegangan yang ditentukan oleh PLN (SPLN), perancangan jaringan dibuat agar jatuh tegangan di ujung diterima 10%. Tegangan jatuh pada jaringan disebabkan adanya rugi tegangan akibat hambatan listrik (R) dan reaktansi (X). Adapun perhitungan dalam menganalisis *drop* tegangan yaitu sebagai berikut (Modal Holong, 2012) :

Jatuh tegangan phasor (V_d) pada suatu penghantar yang mempunyai impedansi (Z) dan membawa arus (I)

$$V_d = I \cdot Z \quad (2)$$

Drop tegangan relatif dinamakan regulasi tegangan V_R (*voltage regulation*)

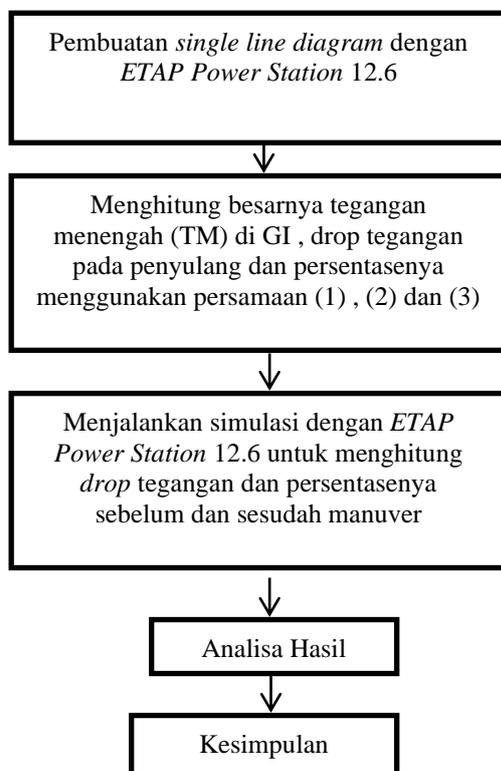
$$V_R = \frac{V_S - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (3)$$

dimana :

V_S : tegangan pada pangkal pengiriman
 V_r : tegangan pada ujung Penerimaan

III. METODE PENELITIAN

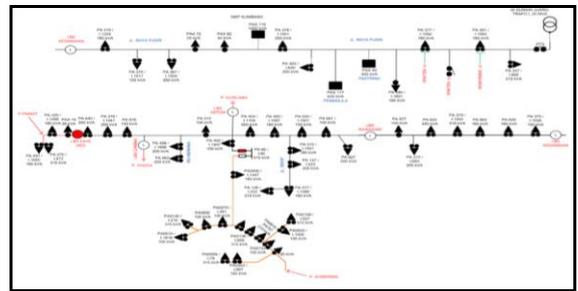
Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi *online diagram* sistem distribusi dimana Penyulang Parkit dan Penyulang Kikim terhubung, tegangan, impedansi, panjang masing-masing penyulang serta beban aktual dari kedua penyulang tersebut. Selanjutnya, besarnya tegangan dan drop tegangan pada masing-masing penyulang dihitung menggunakan program ETAP. Diagram alir tahapan perhitungan ditunjukkan pada gambar berikut :



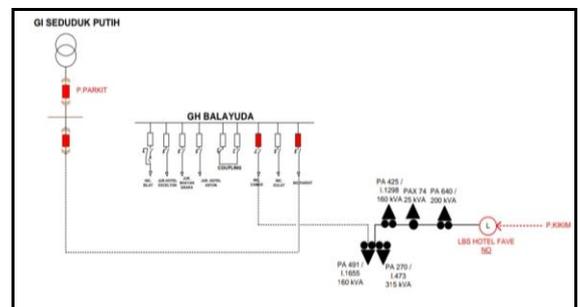
Gbr.1 Diagram Alir Tahapan Perhitungan

Tujuan dilakukannya perhitungan manual sebelum menggunakan ETAP adalah untuk identifikasi awal kelayakan suatu penyulang untuk menerima manuver dari penyulang lainnya. Kelayakan ditentukan dengan melihat apakah persentase drop tegangan pada penyulang tersebut melebihi toleransi yang ditentukan, dalam hal ini batas toleransi yang sesuai SPLN 72 Tahun 1987 sebesar maksimal 5%.Selanjutnya hasil perhitungan awal digunakan untuk menyusun skenario simulasi menggunakan ETAP.

Berikut adalah data-data teknis yang digunakan dalam perhitungan manual maupun simulasi:



Gbr.2 Online diagram Penyulang Kikim



Gbr. 3 Online diagram Penyulang Parkit

Tabel 1. Besar TR Pengukuran dan TM Gardu Induk di Gardu Portal Penyulang Kikim dan Penyulang Parkit

No.	Gardu Portal	Penyulang	Tegangan Rendah (TR) Terukur (V)	TM Gardu Induk (kV)
1.	1	Parkit	231,6	20,6
2.	2	Parkit	232,7	20,6
3.	3	Parkit	234	20,6
4.	1	Kikim	220,5	20,4
5.	2	Kikim	222,7	20,5
6.	3	Kikim	232,3	20,5

Tabel 2. Panjang dan luas penampang konduktor Penyulang Kikim dan Penyulang Parkit

Gardu Induk / Penyulang	Panjang Penyulang (kms)	Luas Penampang Konduktor (mm ²)	Jenis Penampang
Sungai Juaro / Kikim	9.875	240	AAAC
Seduduk Putih / Parkit	4	150	AAAC

Tabel 3. Data Teknis Penyulang

Pnylg.	A (mm ²)	R (Ω/k,m)	L (mH/km)	C (mF/k)	Impedansi Urutan Positif	Impedansi Urutan 0
Parkit	150	0,206	0,33	0,26	0,206 j0,104	0,356 j0,312
Kikim	240	8,7386	19	6,62 38	0,1344 + j0,3158	0,282 4 + j1,603 4

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana diuraikan sebelumnya, bahwa perhitungan dilakukan dalam dua tahapan; manual dan simulasi. Perhitungan manual dimaksudkan untuk mengetahui penyulang mana yang dalam keadaan normal, persentase drop tegangannya tidak melebihi toleransi. Berikut disajikan perhitungan tegangan menengah untuk Penyulang Parkit pada Gardu Portal 1 dengan menggunakan persamaan 1 :

$$\begin{aligned}
 V_{TM} &= \frac{V_{TR}}{V_u} \times 20.000 \\
 &= \frac{231,6 \text{ V}}{220 \text{ V}} \times 20.000 \\
 &= 20,1 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

Besarnya drop tegangan dihitung dengan persamaan 3 :

$$\begin{aligned}
 V_R &= \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \\
 &= \frac{20,6 \text{ kV} - 20,1 \text{ kV}}{20,1 \text{ kV}} \times 100\% = 2,48\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan didapatkan nilai TM yang menyuplai Gardu Portal 1 untuk Penyulang Parkit sebesar 20,1 kV dan *drop* tegangannya sebesar 2,48 %. Hasil perhitungan lengkap ditunjukkan pada tabel 4 berikut : hitung manual ini menjadi dasar untuk menyusun skenario simulasi.

Tabel 4. Drop tegangan Penyulang Kikim dan Parkit dalam kondisi normal diukur dari Gardu Portal

Penyulang	Gardu Portal	TR Terukur (V)	TM Gardu Induk (kV)	TM Perhitungan (kV)	%V drop
PARKIT	1	231,6	20,6	20,1	2,48%
	2	232,7	20,6	20,2	1,98%
	3	234	20,6	20,3	1,47%
KIKIM	1	220,5	20,4	19,1	6,81%
	2	222,7	20,5	19,3	6,21%
	3	232,3	20,5	20,1	1,99%

Dari hasil yang ditunjukkan pada tabel tersebut, bahwa nilai persentase drop tegangan pada Penyulang Parkit untuk ketiga gardu portal berada di bawah batas toleransi 5% sesuai standar SPLN 72 tahun 1987. Berbeda halnya dengan Penyulang Kikim, dimana persentase drop tegangan pada gardu portal 1 dan 2 melebihi toleransi, sedangkan pada gardu portal 3 drop tegangan masih berada dalam batas toleransi. Dari hasil pengamatan di lapangan, pada gardu portal 1 dan 2 Penyulang Kikim banyak terdapat sambungan *jumper* serta konduktor yang rusak. Hal inilah yang mengakibatkan kualitas tegangan pada gardu-gardu tersebut tidak sesuai standar.

Untuk mengetahui besaran tegangan di pangkal dan ujung penyulang dilakukan dengan simulasi ETAP, Simulasi dilakukan untuk keadaan sebagai berikut :

- Penyulang dalam kondisi normal
- Penyulang dalam kondisi terganggu
- Penyulang Kikim *drop* kemudian di manuver ke Penyulang Parkit
- Penyulang Parkit *drop* kemudian di manuver ke Penyulang Kikim

Hasil simulasi ditabulasikan sebagai berikut:

Tabel 5. Drop tegangan masing-masing penyulang pada keadaan normal, terganggu dan menerima manuver dari penyulang lainnya

Sebelum Manuver				
Pynlg	Kondisi	V pangkal	V ujung	% Drop
Kikim	Normal	20,6	20,52	0,36
Parkit		20,6	20,59	0,09
Kikim	Terganggu	20,6	19,32	6,16
Parkit		20,6	20,59	0,38
Setelah Manuver (menerima beban dari penyulang terganggu)				
Kikim Normal, Parkit Terganggu		20,6	20,521	0,38
Parkit Normal, Kikim Terganggu		20,6	20,546	0,26

Hasil-hasil di atas menunjukkan bahwa Penyulang Parkit lebih handal dibandingkan Penyulang Kikim ditinjau dari persentase drop tegangan. Pada Penyulang Parkit, nilai drop tegangan pada kondisi normal, terganggu maupun saat menerima manuver beban dari Penyulang Kikim masih berada pada batas toleransi 5%. Sedangkan untuk Penyulang Kikim, drop tegangan terbesar terjadi pada saat penyulang terganggu dan nilainya melebihi batas toleransi.

Ketidakhandalan Penyulang Kikim juga ditunjukkan oleh nilai persentase drop tegangan yang tidak jauh berbeda pada kondisi normal sebesar 0,36% dan saat menerima manuver sebesar 0,38%. Berbeda halnya dengan Penyulang Parkit, dimana pada kondisi normal drop tegangan sebesar 0,09% dan saat menerima manuver sebesar 0,26%. Hasil juga menunjukkan bahwa kedua penyulang akan mengalami drop tegangan saat menerima manuver beban dari penyulang lainnya. Hal ini disebabkan karena penambahan jumlah beban yang diterima dan panjang jaringan.

V. PENUTUP

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada Penyulang Parkit memiliki tingkat kehandalan yang lebih baik dibandingkan Penyulang Kikim karena *drop* tegangan yang dialami lebih kecil dibandingkan Penyulang Kikim,

Tingkat kestabilan tegangan Penyulang Parkit juga lebih baik pada semua keadaan, normal-terganggu dan manuver. Kedua Penyulang pada saat manuver jaringan memiliki nilai drop tegangan yang masih berada dalam batas toleransi.

REFERENSI

- [1] Holong Modal. *Tegangan Jatuh (Drop Tegangan)*, 2012.
- [2] Stefanie Manzinger, Marion Leibold, and Matthias Althoff. *Driving strategy selection for cooperative vehicles using maneuver templates*. IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2017.
- [3] Soeroso, Bambang., Yaulie D.Y.Rindengan., Lily S. Patras.. *Identifikasi Gardu Distribusi Tenaga Listrik Di Kota Manado Berbasis Sistem Informasi Geografis*, 2016
- [4] Erhaneli. *Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, 2015, Padang.
- [5] Yusmartato, .. P. *Pembangunan Gardu Induk 150KV Di Desa Parbaba Dolok Kecamatan Pengurusan Kabupaten Samosir*, 2016.
- [6] Hendrik Kenedy Tupan, Rini Nur Nurhasanah, Wijono. *Optimasi Penempatan Load Break Switch (LBS) pada Penyulang Karpan 2 Ambon Menggunakan Metode Algoritma Genetika*, 2017.
- [7] Wigati, A. *Instalasi Tegangan Menengah Load Break Switch (LBS)*, (2014).
- [8] Isla, Y. M.. *Evaluasi Drop Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Feeder Bojo PT PLN (Persero) Rayon Mattirotasi*. 43, 2013