

Analisa Penentuan Estimasi Jarak Gangguan pada Sistem Distribusi Menggunakan Metode ETAP 12.6.0

M. A'an Auliq¹, Bagus Setya R², Indra Bagus Pratama³

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata 49 Jember 68121
E-mail: indrabaguspratama21@gmail.com

ABSTRAK

Abstrak - Dalam penyaluran tenaga listrik, baik saluran transmisi dari pusat pembangkit ke gardu induk, maupun jaringan distribusi dari gardu induk ke konsumen, kerap dijumpai gangguan hubung singkat. Keadaan tersebut jika dibiarkan secara terus menerus akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan kualitas energi listrik yang disalurkan, serta munculnya komplain dari masyarakat dikarenakan lamanya pencarian titik gangguan yang mempengaruhi panjangnya durasi pemadaman listrik. Oleh karena itu, menentukan lokasi gangguan secara tepat dan cepat merupakan hal yang penting dalam sistem distribusi tenaga listrik. Penentuan jarak lokasi gangguan pada Penyulang Seruji PLN ULP Jember Kota ini disimulasikan dengan menggunakan *software* ETAP. Hasil simulasi yang diperoleh dibandingkan dengan jarak gangguan riil yang terjadi di lapangan. Melalui perbandingan tersebut, nilai eror terkecil dapat diketahui, sehingga titik gangguan bisa ditemukan dengan lebih mudah dan cepat. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa titik gangguan dapat ditentukan dengan menyimulasikan gangguan di setiap bus pada ETAP sesuai dengan jenis gangguannya. Rata-rata eror dan selisih jarak gangguan hubung singkat terbesar yang diperoleh terdapat pada gangguan hubung singkat 3 fasa yang memiliki persentase eror 1,40798% dengan selisih jarak 127 meter. Sementara itu, rata-rata eror dan selisih jarak gangguan hubung singkat terkecil terdapat pada gangguan hubung singkat fasa ke fasa yang memiliki persentase eror 0,54324% dengan selisih jarak 49 meter. Hasil pengujian dan analisis tersebut mengindikasikan bahwa metode ETAP 12.6.0 dapat digunakan untuk menentukan estimasi jarak lokasi gangguan hubung singkat di PLN ULP Jember Kota.

Kata kunci: Hubung Singkat, Titik dan Jarak Gangguan, ETAP, Sistem Distribusi Listrik

ABSTRACT

Abstract - In the distribution of electricity, either the transmission line from the power plant to the substation, or the distribution network from the substation to the consumer, there is often a short circuit fault. If this situation is allowed to continue, it will cause a decrease in the reliability of the electrical power system and the quality of the electrical energy supplied, as well as the emergence of complaints from the public due to the long search for fault points which affect the duration length of power outages. Therefore, determining the location of the fault precisely and quickly is important in the electrical power distribution system. Determination of the fault location distance at Penyulang Seruji PLN ULP Jember Kota was simulated by using ETAP software. The simulation results were compared with the real fault distance which occurs in the field. Through this comparison, the smallest error value can be known, so that the fault points can be found more easily and quickly. The results of the research indicate that the fault point can be determined by simulating the fault on each bus on ETAP according to the type of fault. The biggest average error and difference in short circuit fault distance obtained is in the 3-phase short circuit which has an error percentage of 1.40798% with a difference of 127 meters. Meanwhile, the smallest average error and the difference in short circuit fault distance is the phase-to-phase short circuit which has an error percentage of 0.54324% with a distance of 49 meters. The results and analysis indicate that the ETAP 12.6.0 method can be used to determine the estimated distance of the short circuit fault location in PLN ULP Jember Kota.

Keywords: Short Circuit, Fault Point and Distance, ETAP, Electrical Power System

Copyright © 2020 Universitas Muhammadiyah Jember.

1. PENDAHULUAN

Distribusi tenaga listrik mempunyai peran penting karena terhubung langsung dengan penggunaan energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Namun, pada

sistem pendistribusian itu pula kerap ditemui adanya gangguan (*fault*). Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Suatu gangguan di dalam peralatan listrik juga didefinisikan sebagai suatu kerusakan yang terjadi di dalam jaringan listrik yang menyebabkan aliran arus listrik keluar dari saluran yang seharusnya.

Dalam penyaluran tenaga listrik, baik saluran transmisi dari pusat pembangkit ke gardu induk, maupun jaringan distribusi dari gardu induk ke konsumen, kerap dijumpai gangguan hubung singkat [2]. Gangguan-gangguan yang terjadi dapat berasal dari faktor internal maupun eksternal. Beberapa faktor internal yang menyebabkan munculnya gangguan tersebut adalah material yang rusak dan *flash over*. Sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi kejadian tersebut adalah gangguan dari binatang, pohon tumbang, ataupun sambaran petir.

Keadaan tersebut jika dibiarkan secara terus menerus akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan kualitas energi listrik yang disalurkan, serta menyebabkan kerusakan alat-alat yang bersangkutan dan munculnya komplain dari masyarakat dikarenakan lamanya durasi pencarian titik gangguan yang mempengaruhi panjangnya durasi pemadaman listrik. Oleh karena itu, menentukan lokasi gangguan merupakan hal yang penting dalam sistem distribusi energi listrik, sehingga gangguan dapat segera ditemukan dan aliran listrik dapat kembali normal. Lokasi gangguan sangat penting untuk diketahui atau diperkirakan dengan akurasi yang cukup tinggi, sehingga dapat menghemat waktu untuk melakukan *recovery*, serta dapat memberikan layanan yang lebih baik kepada masyarakat karena pemulihan listrik dilakukan lebih cepat.

Penentuan jarak lokasi gangguan pada penelitian ini disimulasikan dengan menggunakan *software* ETAP. Hasil simulasi yang diperoleh dibandingkan dengan jarak gangguan riil yang terjadi di lapangan. Melalui perbandingan tersebut, nilai eror terkecil dapat diketahui, sehingga titik gangguan bisa ditemukan dengan lebih mudah dan cepat. Maka dari itu, analisa gangguan hubung singkat dengan judul “Analisa Penentuan Estimasi Jarak Gangguan Pada Sistem Distribusi Menggunakan ETAP 12.6.0. perlu dilakukan”. Pada penelitian ini, penyulang yang diteliti adalah Penyulang Seruji PLN ULP Jember Kota yang memperoleh *supply* tegangan dari Gardu Induk Jember dengan panjang jaringan 9.02 kms.

2. KAJIAN PUSTAKA

Adapun penelitian-penelitian yang pernah dilakukan adalah sebagai berikut:

2.1. Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Penyulang Tegalsari Surabaya dengan Metode Impedansi Berbasis GIS (*Geographic Information System*). Thoriq Aziz Al Qoyyimi, Ontoseno P., dan N.K, Aryani, 2017. Institute Teknologi Sepuluh [1].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jarak lokasi gangguan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan tipe gangguan satu fasa ke tanah memiliki nilai eror sebesar 1.091% dan rata-rata selisih jarak 9.559 m, untuk gangguan fasa ke fasa erornya 1.017% dan rata-rata selisih jarak 9.04 m, untuk gangguan tiga fasa erornya 1.031% dengan rata-rata selisih jarak adalah 9 m. Dengan akurasi tersebut, identifikasi lokasi jarak gangguan hubung singkat dengan metode impedansi dapat digunakan. Selain itu, simulasi yang diujikan pada GIS dapat memperlihatkan visualisasi lokasi jarak gangguan.

2.2. Sistem Penentuan Lokasi Gangguan Pada Jaringan Distribusi 20 Kv GI Garuda Sakti Penyulang Panam dengan Metode Impedansi. Hendri Agustin Sibarani dan Firdaus, 2019. Universitas Riau [3].

Hubung singkat disimulasikan menggunakan model jaringan distribusi Panam dengan ETAP 12.6. Lokasi gangguan dimodelkan pada bus 19, bus 28, bus 43, bus 81, dan bus 133. Data masukan yang digunakan adalah arus dan impedansi bus dan gardu induk dari simulasi. Dari perhitungan jarak lokasi sesar didapatkan eror terbesar, yaitu 0.0851% dengan perbedaan jarak rata-rata 21.207 m untuk gangguan fasa ke fasa, 0.0843% dengan selisih jarak rata-rata 21.016 m untuk gangguan fasa ke tanah, 0.0215% dengan perbedaan jarak rata-rata 5.356 m untuk sesar tiga fasa.

3. METODE PENELITIAN

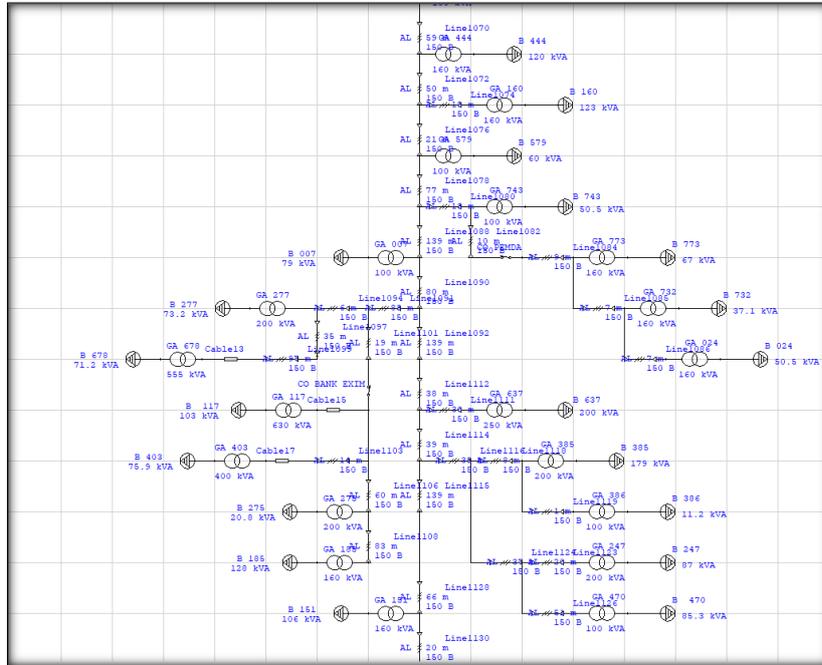
Tujuan Analisa Penentuan Estimasi Jarak Gangguan pada Sistem Distribusi Menggunakan Metode ETAP 12.6.0 adalah sebagai bahan simulasi untuk menentukan estimasi jarak lokasi gangguan, apabila terjadi gangguan di jaringan distribusi.

3.1 Pemodelan Sistem Menggunakan ETAP

Dalam perkembangan analisa hubung singkat dengan menggunakan metode ETAP, terdapat beberapa pengembangan yang telah dilakukan untuk menambah keakuratan, kemudahan, dan kecepatan perhitungan analisis, terutama untuk mengakomodir gangguan hubung singkat pada sistem distribusi, maka langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

3.1.1 Perencanaan Jaringan Distribusi di ETAP

Dari Data Induk Jaringan (DIJ) di atas, setelah panjang jaringannya ditemukan, penggambaran di ETAP dimulai dari Gardu Induk hingga Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan trafo – trafo yang ada sesuai dengan aslinya. Pengaturan tiap komponen disesuaikan dengan aslinya mulai dari ukuran penampang, jenis penampang, hingga pada trafo disesuaikan dengan daya trafo dan pembebanan trafo yang ada pada lapangan. Berikut tampilan pada ETAP 12.6.0:

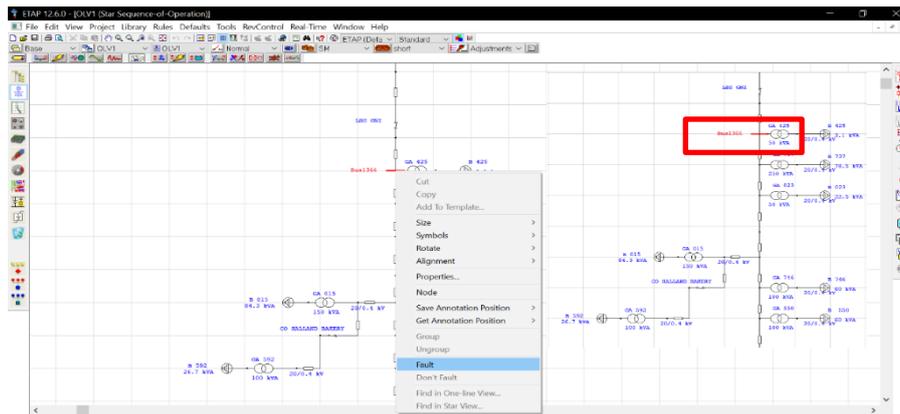


Gambar 1. Tampilan Penyulang Seruji pada ETAP 12.6.0

Sumber: PT. PLN (Persero) ULP Jember Kota, 2020

3.1.2 Pengujian dan Simulasi Gangguan Hubung Singkat pada Software ETAP

Setelah semua jaringan dan komponen lain tergambar di ETAP, selanjutnya menentukan bus/titik mana yang akan terjadi gangguan. Sebagai contoh, gangguan berada pada bus/titik 1366, seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2. Penentuan Gangguan pada Bus/Titik 1366

Sumber: PT. PLN (Persero) ULP Jember Kota, 2020

Dari gambar di atas, dapat dipahami:

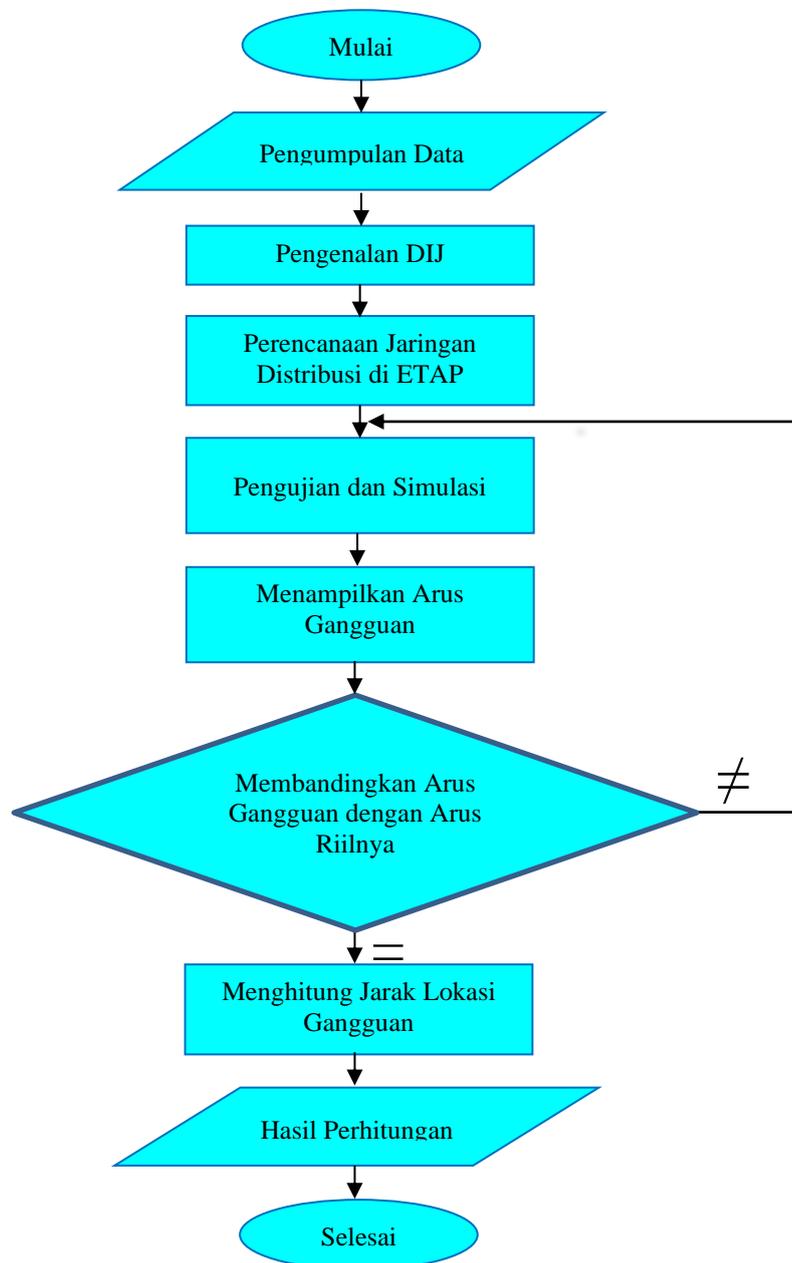
- Posisi CB/PMT trip
- Pemilihan tipe gangguan
- Titik yang terjadi gangguan
- Arus Gangguan

3.1.3 Menghitung Jarak Lokasi Gangguan

Apabila gangguan telah disimulasikan dan muncul arus gangguan, kemudian tahap selanjutnya adalah menentukan berapa panjang jaringan yang terjadi gangguan pada titik tersebut dengan perhitungan manual sesuai panjang kabel yang tergambar pada ETAP.

3.2 Flowchart

Secara garis besar analisa penentuan estimasi lokasi gangguan dengan metode ETAP digambarkan melalui diagram alir (*flowchart*) berikut:



Gambar 3. *Flowchart* Analisa Data Menggunakan Metode ETAP
 Sumber: Pratama, 2020

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Gangguan pada Jaringan Distribusi

Tabel 1. Data Gangguan Penyulang Seruji

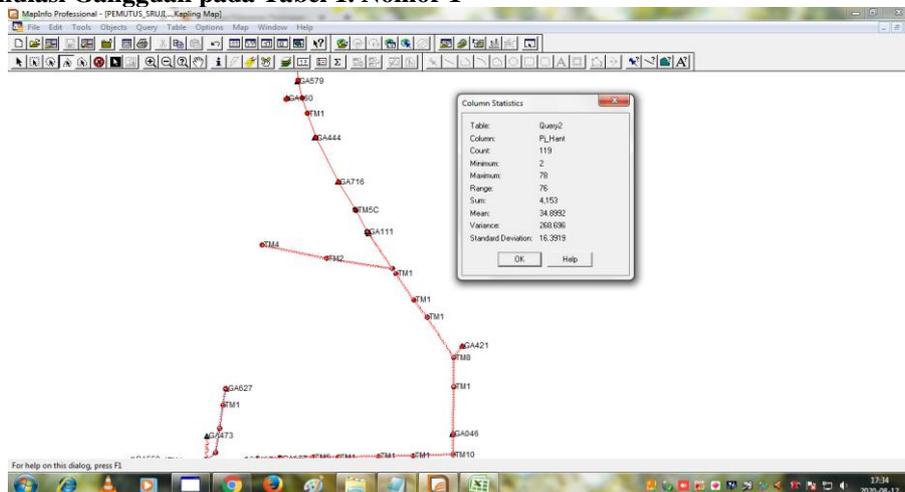
No	Tanggal	ULP	Penyulang	Jam Kejadian				Indikator	Phasa / KV0	Arus Gangguan				JARAK (KMS)	Detail kategori penyebab	Lokasi		
				TRIP	MASK	TOTAL				R	S	T	N					
1	16/02/2019	JEMBER KOTA	SERUJI	14	22	17	23	17	55	OCR	Phasa R - S - T	3476	3341	3583	8.36	4153	Pohon trembesi roboh mengenai SUTM T.111	Jl. A Yani
2	26/09/2019	JEMBER KOTA	SERUJI	18	03	19	47	21	03	OCR	Phasa S,T	183	2795	2760	34	5224	Ledakan di TM10 bank BRI GA 637 B1 - A1	Jl. A Yani
3	30/09/2019	JEMBER KOTA	SERUJI	16	35	16	37	16	37	OCR	Phasa R - S	2183	2011	197	48.9	8303	Ground Wire putus mengenai SUTM GA 009	Jl. PB SUDIRMAN
4	28/04/2020	JEMBER KOTA	SERUJI	16	47	16	49	16	49	OCR	Phasa R - S	3228	3413	0	47.86	3649	Clevel Og isolator tarik TM10 patah di T.46 C1	Jl. A Yani
5	20/07/2020	JEMBER KOTA	SERUJI	03	39	03	53	06	30	DGR	Phasa S	150	855	256	1172	2558	Jumperan In CO T.23 Phasa R Putus sehingga mengenai SUTM	Jl. Wahid Hasyim, Ds. Kepatihan

Sumber: PT. PLN (Persero) ULP Jember Kota, 2020

Tabel di atas adalah data gangguan Penyulang Seruji yang diambil dari jurnal UP3 Jember mulai tahun 2019 hingga tahun 2020. Dari data di atas kemudian disimulasikan di ETAP 12.6.0 sesuai dengan titik tumpu lokasi gangguan yang ada.

4.2 Simulasi Gangguan pada ETAP 12.6.0

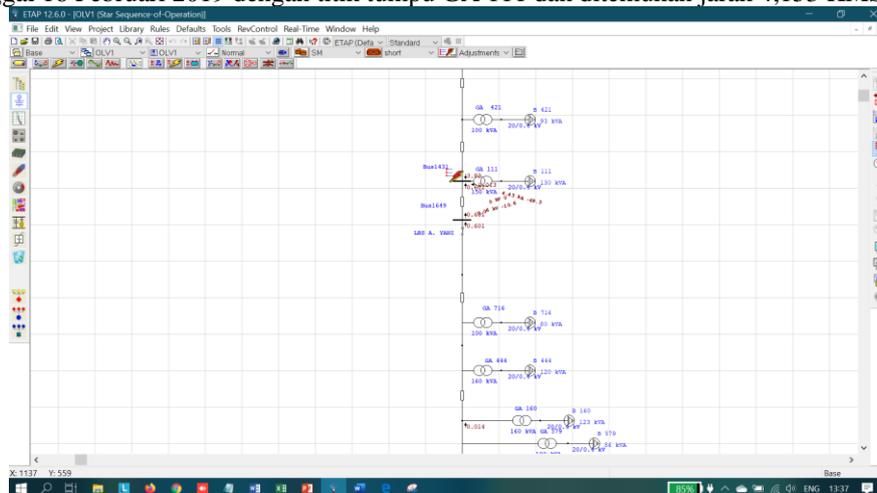
4.2.1 Simulasi Gangguan pada Tabel 1. Nomor 1



Gambar 4. Simulasi Gangguan pada Tabel 4.1 Nomor 1

Sumber: Pratama, 2020

Gambar di atas adalah tampilan gambar pada Data Induk Jaringan (DIJ) yang bertujuan untuk mengetahui jarak gangguan. Gambar tersebut menggambarkan gangguan Penyulang Seruji pada tanggal 16 Februari 2019 dengan titik tumpu GA 111 dan ditemukan jarak 4,153 KMS.

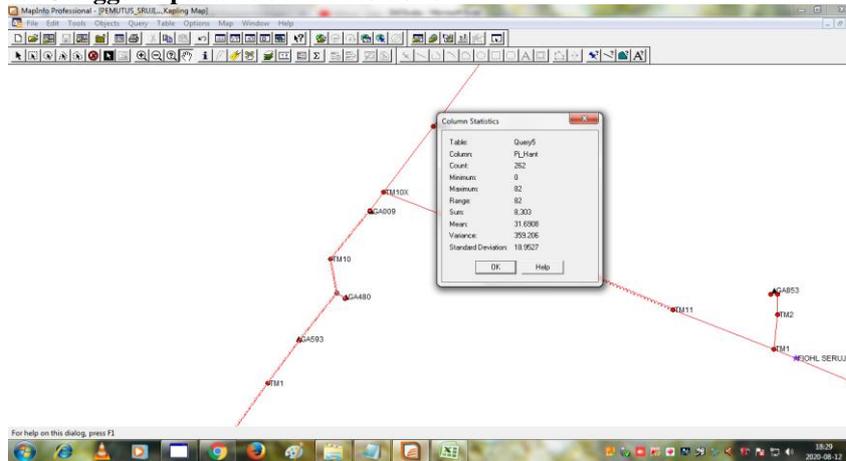


Gambar 5. Simulasi Gangguan di Titik Tumpu GA 111 pada BUS 1431

Sumber: Pratama, 2020

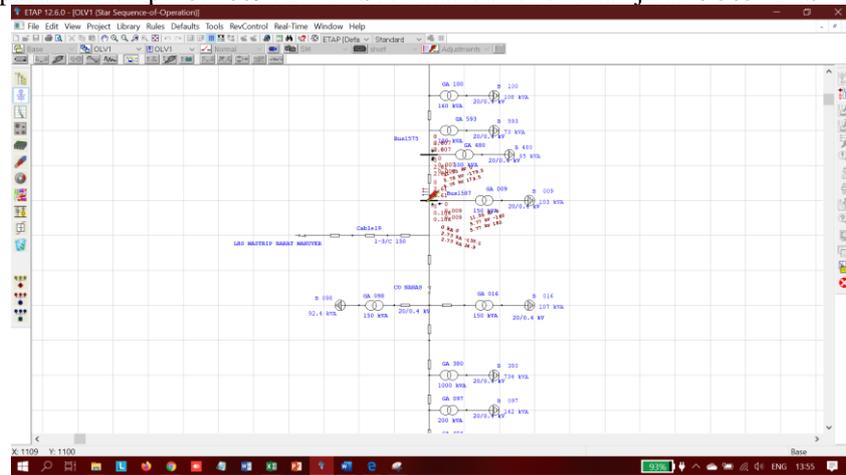
Gambar di atas adalah tampilan simulasi gangguan pada ETAP di titik tumpu GA 111 pada BUS 1431 dengan arus gangguan yang didapat adalah 3.648 A.

4.2.3 Simulasi Gangguan pada Tabel 4.1 Nomor 3



Gambar 8. Simulasi Gangguan pada Tabel 4.1 Nomor 3
 Sumber: Pratama, 2020

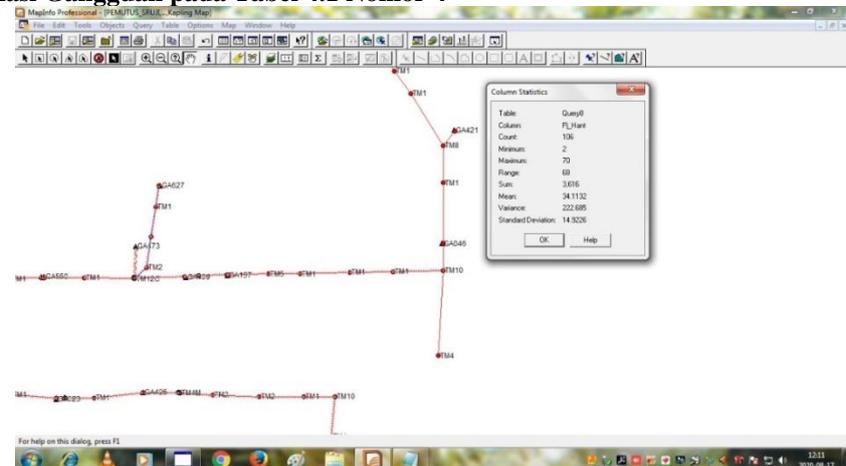
Gambar di atas adalah tampilan gambar pada DIJ yang bertujuan untuk mengetahui jarak gangguan. Gambar tersebut menggambarkan gangguan Penyulang Seruji pada tanggal 30 September 2019 pada titik tumpu GA 009 JL. PB. Sudirman dan ditemukan jarak 8.303 KMS.



Gambar 9. Simulasi Gangguan di Titik Tumpu GA 009 pada BUS 1587
 Sumber: Pratama, 2020

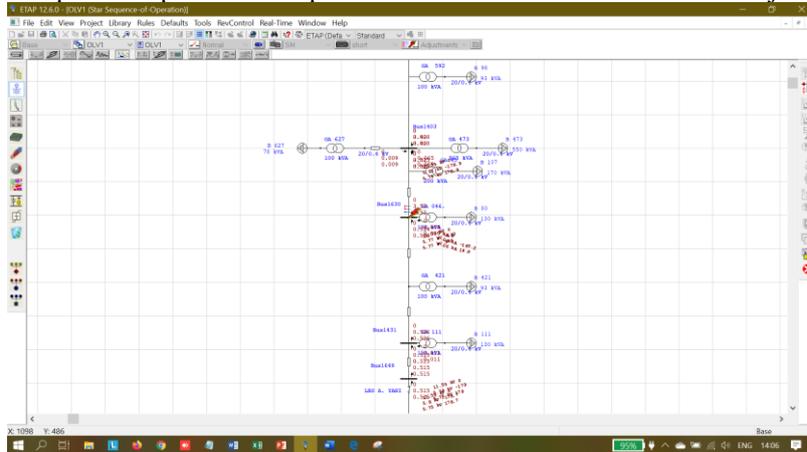
Gambar di atas adalah tampilan simulasi gangguan pada ETAP di titik tumpu GA 009 JL. PB. Sudirman pada BUS 1587 dengan arus gangguan yang didapat adalah 2.171 A.

4.2.4 Simulasi Gangguan pada Tabel 4.1 Nomor 4



Gambar 10. Simulasi Gangguan pada Tabel 4.1 Nomor 4
 Sumber: Pratama, 2020

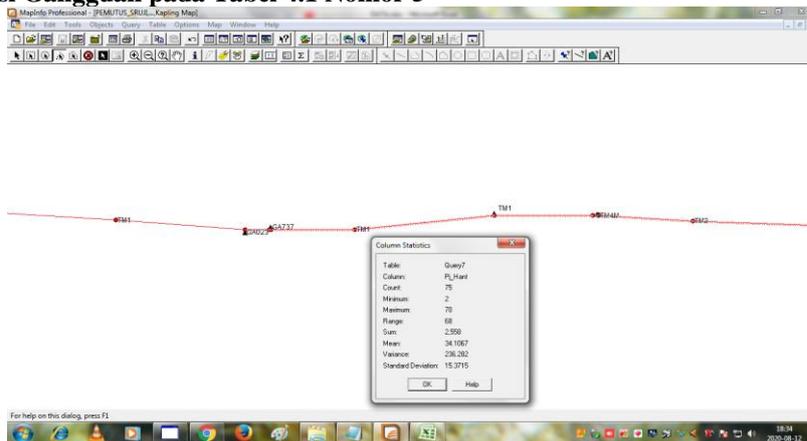
Gambar di atas adalah tampilan gambar pada Data Induk Jaringan (DIJ) yang bertujuan untuk mengetahui jarak gangguan. Gambar tersebut menggambarkan gangguan Penyulung Seruji pada tanggal 28 April 2020 pada titik tumpu GA 046 C1 JL. A. Yani dan ditemukan jarak 3.616 KMS.



Gambar 11. Simulasi Gangguan di Titik Tumpu GA 046 C1 pada BUS 1630
Sumber: Pratama, 2020

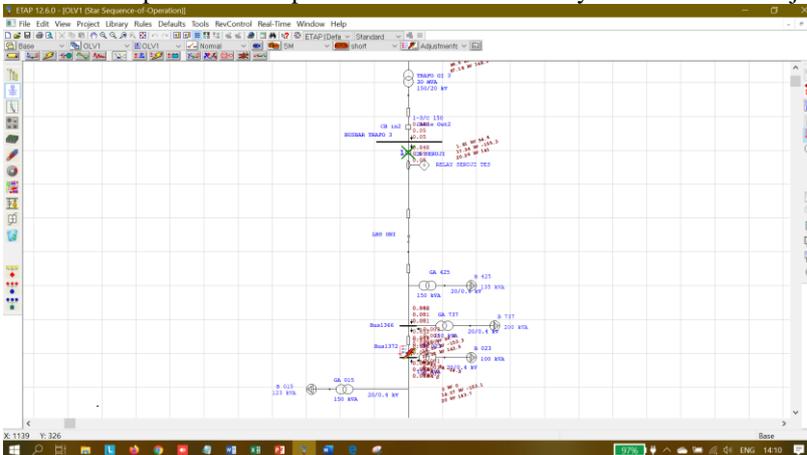
Gambar di atas adalah tampilan simulasi gangguan pada ETAP di titik tumpu GA 046 C1 JL. A. Yani pada BUS 1630 dengan arus gangguan yang didapat adalah 3.375 A.

4.2.5 Simulasi Gangguan pada Tabel 4.1 Nomor 5



Gambar 12. Simulasi Gangguan pada Tabel 4.1 Nomor 5
Sumber: Pratama, 2020

Gambar di atas adalah tampilan gambar pada Data Induk Jaringan (DIJ) yang bertujuan untuk mengetahui jarak gangguan. Gambar tersebut menggambarkan gangguan Penyulung Seruji pada tanggal 20 Juli 2020 pada titik tumpu GA 023 JL. Wahid Hasyim dan ditemukan jarak 2.258 KMS.



Gambar 13. Simulasi Gangguan di Titik Tumpu GA 023 pada BUS 1372
Sumber: Pratama, 2020

Gambar di atas adalah tampilan simulasi gangguan pada ETAP di titik tumpu GA 023 JL. Wahid Hasyim pada BUS 1372 dengan arus gangguan yang didapat adalah 947 A.

4.3 Hasil Simulasi Gangguan pada ETAP 12.6.0

Tabel 2. Hasil Simulasi Arus Gangguan ETAP 12.6.0

NO	TITIK TUMPU	BUS	FAULT INDIKATOR	ARUS GANGGUAN	JARAK
1	GA 111	1431	3 FASA	3.648 A	4,153 KMS
2	GA 637 B1 - A1	1465	2 FASA	2.834 A	5,224 KMS
3	GA 009	1587	2 FASA	2.171 A	8,303 KMS
4	GA 046 C1	1630	2 FASA	3.375 A	3,616 KMS
5	GA 023	1372	1 FASA	947 A	2,258 KMS

Sumber: Pratama, 2020

Dari hasil simulasi di atas diperoleh nilai arus gangguan yang selanjutnya akan dibandingkan dengan arus gangguan riil pada Penyulang Seruji, berikut hasil perbandingannya:

Tabel 3. Perbandingan Arus Gangguan Riil dan ETAP

NO	TITIK TUMPU	FAULT INDIKATOR	ARUS GANGGUAN SIMULASI ETAP	ARUS GANGGUAN RIIL P. SERUJI
1	GA 111	3 FASA	3.648 A	3.583 A
2	GA 637 B1 - A1	2 FASA	2.834 A	2.795 A
3	GA 009	2 FASA	2.171 A	2.183 A
4	GA 046 C1	2 FASA	3.375 A	3.413 A
5	GA 023	1 FASA	947 A	952 A

Sumber: Pratama, 2020

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa simulasi untuk menentukan jarak lokasi gangguan belum pasti, dikarenakan arus gangguan yang didapat dari hasil simulasi tidak sama dengan arus gangguan riilnya.

4.4 Simulasi Ulang untuk Menyesuaikan Nilai Arus Gangguan

Simulasi ulang ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari arus gangguan agar sesuai dengan arus gangguan riilnya. Berikut hasil simulasi ulang yang diperoleh:

Tabel 4. Hasil Simulasi Ulang ETAP

NO	TITIK TUMPU	BUS	FAULT INDIKATOR	ARUS GANGGUAN	JARAK
1	GA 111	1649	3 FASA	3.584 A	4,280 KMS
2	GA 637 B1 - A1	1640	2 FASA	2.795 A	5,330 KMS
3	GA 009	1575	2 FASA	2.183 A	8,254 KMS
4	GA 046 C1	1403	2 FASA	3.414 A	3,539 KMS
5	GA 023	1366	1 FASA	952 A	2,401 KMS

Sumber: Pratama, 2020

Tabel di atas adalah hasil simulasi ulang, dari hasil simulasi ulang tersebut telah didapatkan arus gangguan yang baru.

Tabel 5. Perbandingan Ulang Arus Gangguan Riil dan ETAP

NO	TITIK TUMPU	FAULT INDIKATOR	ARUS GANGGUAN SIMULASI ULANG	ARUS GANGGUAN RIIL P. SERUJI
1	GA 111	3 FASA	3.584 A	3.583 A
2	GA 637 B1 - A1	2 FASA	2.795 A	2.795 A
3	GA 009	2 FASA	2.183 A	2.183 A
4	GA 046 C1	2 FASA	3.414 A	3.413 A
5	GA 023	1 FASA	952 A	952 A

Sumber: Pratama, 2020

Berikut perbandingan arus gangguan dari simulasi ETAP dan arus gangguan riil dari gangguan Penyulang Seruji. Ada beberapa titik yang tidak bisa sama dengan riilnya, tapi juga tidak jauh beda hasilnya. Pada arus gangguan tersebut hanya berbeda ≤ 1 A di beberapa titik gangguan.

Tabel 6. Jarak Gangguan dari Hasil Simulasi

NO	TITIK TUMPU	ARUS GANGGUAN SIMULASI ETAP	JARAK (KMS)	ARUS GANGGUAN RIIL P. SERUJI	JARAK (KMS)	ARUS GANGGUAN SIMULASI ULANG	JARAK (KMS)
1	GA 111	3.648 A	4,153	3.583 A	4,153	3.584 A	4,280
2	GA 637 B1 - A1	2.834 A	5,224	2.795 A	5,224	2.795 A	5,330
3	GA 009	2.171 A	8,303	2.183 A	8,303	2.183 A	8,254
4	GA 046 C1	3.375 A	3,616	3.413 A	3,616	3.414 A	3,539
5	GA 023	947 A	2,258	952 A	2,258	952 A	2,401

Sumber: Pratama, 2020

Tabel di atas adalah tabel keseluruhan hasil simulasi ETAP, dari hasil simulasi tersebut didapatkan arus gangguan dan jarak gangguan dari Gardu Induk ke titik gangguan yang sudah ditentukan sesuai dengan titik tumpu pada gangguan Penyulang Seruji.

4.5 Perhitungan Nilai Error

Tabel 7. Selisih Jarak Antara Riil dan ETAP

NO	TITIK TUMPU	JARAK RIIL	JARAK ETAP	SELISIH (+/-)
1	GA 111	4,153 KMS	4,280 KMS	127 MS
2	GA 637 B1 - A1	5,224 KMS	5,330 KMS	106 MS
3	GA 009	8,303 KMS	8,254 KMS	49 MS
4	GA 046 C1	3,616 KMS	3,539 KMS	77 MS
5	GA 023	2,258 KMS	2,401 KMS	143 MS

Sumber: Pratama, 2020

Tabel di atas adalah tabel selisih jarak antara jarak riil dan jarak yang ada di ETAP. Jarak tersebut didapat dari menyamakan besarnya arus gangguan antara arus gangguan riil dan arus gangguan yang didapat dari simulasi ETAP.

Dari selisih jarak tersebut dapat dihitung nilai *error*nya dengan rumus berikut:

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{d - d_{\text{exact}}}{l} \right| \times 100\%$$

Dengan nilai *d* merupakan jarak estimasi atau jarak yang dihitung di ETAP, *d_{exact}* adalah jarak sebenarnya dan *l* adalah panjang total saluran dengan panjang total pada Penyulang Seruji adalah 9,02 KMS atau 9020 MS.

a. Nilai *error* pada titik tumpu GA 111

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{d - d_{\text{exact}}}{l} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{4153 - 4280}{9020} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{127}{9020} \right| \times 100\%$$

$$= 0,0140798 \times 100\%$$

$$= 1,40798\%$$

b. Nilai error pada titik tumpu GA 637 B1 – A1

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{d-d_{exact}}{l} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{5224-5330}{9020} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{106}{9020} \right| \times 100\%$$

$$= 0,0117517 \times 100\%$$

$$= 1,17517\%$$

c. Nilai error pada titik tumpu GA 009

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{d-d_{exact}}{l} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{8303-8254}{9020} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{49}{9020} \right| \times 100\%$$

$$= 0,0054324 \times 100\%$$

$$= 0,54324\%$$

d. Nilai error pada titik tumpu GA 046 C1

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{d-d_{exact}}{l} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{3616-3539}{9020} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{77}{9020} \right| \times 100\%$$

$$= 0,0085366 \times 100\%$$

$$= 0,85366\%$$

e. Nilai error pada titik tumpu GA 023

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{d-d_{exact}}{l} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{2258-2401}{9020} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{143}{9020} \right| \times 100\%$$

$$= 0,0158537 \times 100\%$$

$$= 1,58537\%$$

Tabel 8. Perhitungan *Error*

NO	TITIK TUMPU	SELISIH (+/-)	ERROR %
1	GA 111	127 MS	1,40798%
2	GA 637 B1 - A1	106 MS	1,17517%
3	GA 009	49 MS	0,54324%
4	GA 046 C1	77 MS	0,85366%
5	GA 023	143 MS	1,58537%

Sumber: Pratama, 2020

Hasil perhitungan dari perbandingan antara jarak sebenarnya dan jarak simulasi pada ETAP mendapatkan nilai *error* 0,54324% sampai 1,58537%.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Titik gangguan dapat ditentukan dengan mensimulasikan gangguan di setiap bus pada ETAP sesuai dengan jenis gangguannya.
2. Hasil pengujian dan analisis menunjukkan bahwa metode ETAP 12.6.0 dapat digunakan untuk menentukan estimasi jarak lokasi gangguan hubung singkat.
3. Rata-rata *error* dan selisih jarak gangguan hubung singkat terbesar yaitu pada gangguan hubung singkat 3 fasa yang memiliki persentase *error* 1,40798% dengan selisih jarak 127 meter.
4. Rata-rata *error* dan selisih jarak gangguan hubung singkat terkecil yaitu pada gangguan hubung singkat fasa ke fasa yang memiliki persentase *error* 0,54324% dengan selisih jarak 49 meter.

5.2 Saran

1. Perhitungan jarak lokasi gangguan arus hubung singkat dapat dianalisa lebih baik lagi dengan menggunakan lebih dari satu metode.

REFERENSI

- [1] Al Qayyimi, T.A, Ontoseno P., dan N.K, Aryani, 2017, “Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Penyulang Tegalsari Surabaya dengan Metode Impedansi Berbasis GIS (*Geographic Information System*)”, *Jurnal Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 66.
- [2] Setiwidayat, S, 2004, “Setting Waktu Kritis Operasi Breaker dalam Mengatasi Gangguan Sistem dengan Menggunakan Kurva Ayunan”, *Jurnal Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri III FT-UMS*, vol. 3, no. 7.
- [3] Sibarani, Hendri Agustin, dan Firdaus, 2019, “Sistem Penentuan Lokasi Gangguan Pada Jaringan Distribusi 20 Kv GI Garuda Sakti Penyulang Panam dengan Metode Impedansi”, *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik dan Sains*, vol. 6, no. 1, pp. 6-9.

BIOGRAFI PENULIS

	<p>Muhammad A'an Auliq merupakan dosen di lingkungan Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah jember. Bidang penelitiannya berkaitan dengan Arus Kuat. Dapat dihubungi melalui aan.auliq@unmuhjember.ac.id</p>
	<p>Bagus Setya Rintyarna merupakan dosen di lingkungan Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah jember. Dapat dihubungi melalui Bagus.setya@unmuhjember.ac.id</p>
	<p>Indra Bagus Pratama merupakan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah jember. Bidang penelitiannya berkaitan dengan <i>Software</i>.</p>