

ANALISIS HUBUNG SINGKAT SATU FASA KE TANAH PADA SISTEM DISTRIBUSI PT.PLN RAYON BELOPA

Muh. Syahiruddin H.¹⁾, Sofyan²⁾, Ahmad Rosyid Idris³⁾
Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang
muhsyahiruddinhalik@gmail.com



Abstrak

Gangguan hubung singkat adalah salah satu gangguan dalam sistem tenaga yang mempunyai karakteristik *transien* yang harus dapat diatasi oleh peralatan pengaman. Terjadinya hubung singkat mengakibatkan timbulnya lonjakan arus dengan *magnitude* lebih tinggi dari keadaan normal dan tegangan di tempat tersebut menjadi sangat rendah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada isolasi, kerusakan mekanis pada konduktor, bunga api listrik dan keadaan terburuk yaitu kegagalan sistem secara keseluruhan. Pada skripsi ini akan dilakukan analisis dan perhitungan untuk mendapatkan suatu nilai arus gangguan hubung singkat fasa ke tanah guna untuk mengevakuasi gangguan pada jaringan distribusi. Untuk melakukan semua perhitungan tersebut dengan cepat dan akurat, maka diperlukan suatu media perhitungan melalui bantuan komputer yakni dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0, Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa, apabila terjadi gangguan hubung singkat satu fasa-tanah, maka dapat diketahui besarnya berdasarkan lokasi gangguan. Dimana arus hubung singkat terbesar ada pada titik 25% dan arus terendah pada titik 100% dengan demikian karakteristik arus hubung singkat dapat di ketahui berada pada titik 25% senilai 224,26888 Amper.

Keywords: arus hubung singkat, satu fasa ke tanah, ETAP

I. PENDAHULUAN

Gangguan hubung singkat adalah salah satu gangguan dalam sistem tenaga yang mempunyai karakteristik *transien* yang harus dapat diatasi oleh peralatan pengaman. Terjadinya hubung singkat mengakibatkan timbulnya lonjakan arus dengan *magnitude* lebih tinggi dari keadaan normal dan tegangan di tempat tersebut menjadi sangat rendah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada isolasi, kerusakan mekanis pada konduktor, bunga api listrik dan keadaan terburuk yaitu kegagalan sistem secara keseluruhan. Pada sistem pentanahan titik netral bila terjadi hubung singkat fasa ke tanah arus gangguan yang timbul akan besar dan busur listrik tidak lagi padam dengan sendirinya timbul gejala-gejala “busur listrik ke tanah (*arcing ground*)” sangat berbahaya karena menimbulkan tegangan lebih *transien* yang dapat merusak peralatan. Apabila hal diatas dibiarkan, maka kontinuitas penyaluran tenaga listrik akan berhenti yang berarti dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar. Membesarnya nilai arus gangguan tanah disebabkan oleh pengaruh kapasitansi dan saluran transmisi. Jika terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah maka akan timbul arus gangguan tanah yang besar akibat *linedischarging* dari saluran transmisi.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis dan perhitungan untuk mendapatkan suatu nilai arus gangguan hubung singkat fasa ketanah guna untuk mengevakuasi gangguan pada jaringan distribusi. Untuk melakukan semua perhitungan tersebut dengan cepat dan akurat, maka diperlukan suatu media perhitungan melalui bantuan komputer yakni dengan menggunakan *software* ETAP

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Jaringan Distribusi

Bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan adalah sistem distribusi. Sistem distribusi adalah bagian sistem tenaga listrik yang paling banyak mengalami gangguan, sehingga masalah utama dalam operasi sistem distribusi adalah mengatasi gangguan.

Tenaga listrik dibangkitkan dalam pusat-pusat listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTP dan PLTD kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*step up transformer*) yang ada pada pusat listrik. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah tenaga listrik ke gardu induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (*step down transformer*) menjadi tegangan menengah atau juga yang disebut sebagai tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer yang dipakai PLN adalah 20 kV, 12 kV, dan 6 kV. Kecenderungan saat ini menunjukkan bahwa tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah 20 kV.

2.2 Bentuk Jaringan

Masalah utama dalam operasi sistem distribusi adalah bagaimana mengatasi gangguan dengan cepat karena gangguan yang terbanyak dalam sistem tenaga listrik terdapat dalam sistem distribusi jaringan distribusi tegangan menengah atau juga disebut jaringan distribusi primer. Gangguan pada SUTM jumlahnya lebih banyak

dan kebanyakan bersifat temporer sedangkan pada kabel tanah jumlah lebih sedikit tetapi kebanyakan bersifat sementara. Oleh karena itu banyak dipakai penutup balik recloser untuk SUTM. Ada beberapa bentuk sistem distribusi yang umum dipergunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu : sistem radial, sistem ring dan sistem spindel. Pemilihan dari masing-masing jaringan distribusi tersebut tergantung pada keperluan dan keandalan sistem yang di inginkan, seperti kontinuitas penyalur/pelayanan tenaga listrik, perkembangan beban dan faktor ekonomis yang di inginkan.

2.2.1 Jaringan Radial

Sistem radial merupakan bentuk sistem jaringan distribusi yang paling sederhana dan yang paling umum dipakai untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik. Jaringan ini ditarik secara radial dari gardu kepusat-pusat beban/konsumen yang dilayaninya. Sistem ini terdiri dari saluran utama dan saluran cabang.

2.2.2 Jaringan Ring

Sistem ini disebut rangkaian tertutup, Karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayaninya membentuk suatu rangkaian tertutup.

2.2.3 Jaringan Spindel

Sistem spindel ini sebetulnya merupakan perkembangan dari sistem jaringan Loop – Radial. Beberapa feeder utama keluar dari sebuah gardu induk dan kemudian bertemu ujung-ujungnya pada sebuah gardu hubung (bus – refleksi).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan mulai pada bulan Desember 2017 di wilayah PT. PLN (Persero) Area Palopo Rayon Belopa yang beralamat di Jln. Pelabuhan Kel. Tanamanai Kec. Belopa Kab. Luwu

3.2 Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satu unit personal komputer
2. Perangkat lunak ETAP 12.6.0 sebagai alat bantu simulasi
3. Sekunder

3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori (buku dan internet) yang berkaitan dengan penelitian dalam menganalisis

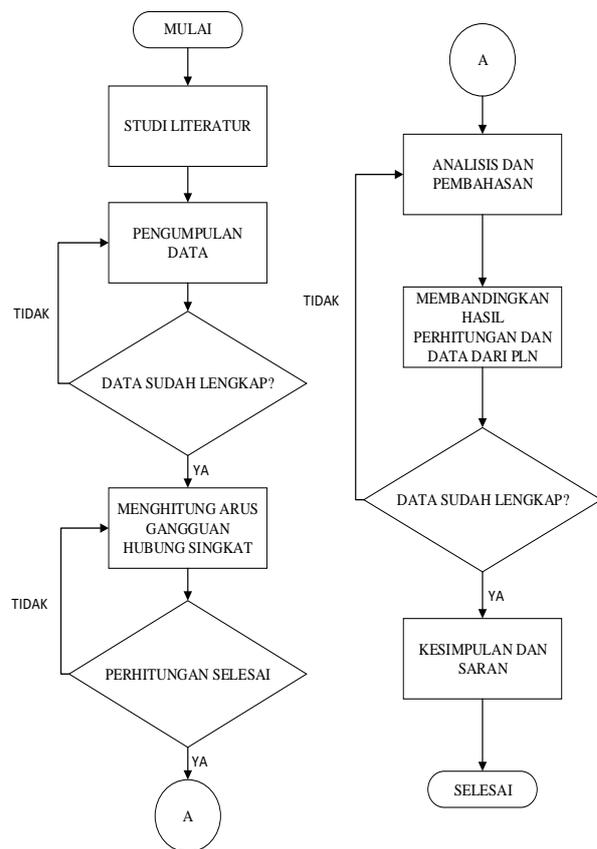
pengaruh perubahan beban terhadap biaya bahan bakar pembangkitan.

3.3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dimaksudkan untuk mengambil data yang nantinya akan diolah dan dianalisis. Adapun data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Data Primer
Data primer adalah data yang diperoleh langsung terhadap objek penelitian, hal ini dilakukan dengan observasi atau survei langsung ke lokasi penelitian.
2. Data Sekunder
Data sekunder ini diperoleh melalui literatur dan jurnal-jurnal tentang kajian gangguan hubung singkat.
3. Metode Penyelesaian
Metode penyelesaian akan di jelaskan pada gambar aliran penelitian

Berikut gambar diagram alir penelitian ini sebagai berikut:



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penyulang Belopa

Gardu Induk Palopo terdapat 3 jenis trafo tenaga dengan tegangan kerja 150/20 KV. Dalam penelitian ini penulis mengambil Trafo II dengan kapasitas 20 MVA karena penyulang Belopa dilayani oleh penyulang

tersebut. Adapun data – data yang diperoleh dan yang diperlukan untuk analisis sebagai berikut:

Tabel 1 Data Trafo Daya

DATA TRAFU TENAGA	
Merk	JEUMONT SCHNEIDER
Daya	20 MVA
Arus HS sisi 150	819 MVA
Tegangan	150/20 kV
Impedansi (Z)	12,33%
Inominal	577 A
Vektor Group	Ynyno
Tahanan Dalam (RN)	40

Sumber: PT.PLN Area Palopo

Tabel 2 Data Penyulang

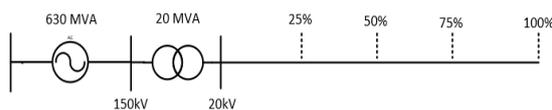
DATA PENYULANG BELOPA SULI/TEMBOE	
Nama Penyulang	BELOPA SULI/EMBOE
Panjang Penyulang	96,13 kms
Jenis Penghantar	AAAC
Ukuran Penghantar	150 mm ²
Impedansi Urutan Positif	0,2162+j0,3305 Ω/km
Impedansi Urutan Nol	0,3441+j1,6180 Ω/km
Beban	2,97 MW

Sumber: PT.PLN Rayon Belopa

4.2 Langkah-langkah Dalam Menghitung Arus Gangguan

Untuk menghitung arus gangguan pada sistem distribusi, tahapan yang perlu dilakukan adalah:

1. Gambarkan diagram satugarisnya
2. Pilih kVA/MVA untuk keseluruhan sistem
3. Gambar urutan positif, urutan negatif dan nolnya



Gambar 19. Lokasi gangguan pada jaringan distribusi penyulang Suli/Temboe (digambar visio)

4. Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat, pertama yang dilakukan adalah menghitung impedansi sumber, impedansi trafo tenaga dan impedansi penyulang.

Menghitung Impedansi Sumber

Dengan menggunakan persamaan (1 & 2) di peroleh perhitungan impedansi sumber, yaitu :

$$Z_s = \frac{KV^2}{MVA}$$

$$Z_s = \frac{150^2}{819}$$

$$Z_s = 27,47 \Omega$$

Dimana: kV² = Tegangan di Bus 150kV

MVA = Kapasitas hubung singkat di busbar 819 MVA

Karena gangguan terjadi di sisi 20 kV, maka impedansi dikonversikan di sisi 20 kV, maka :

$$Z_s = \frac{20^2}{150^2} \times 27,47$$

$$Z_s = 0,48 \Omega$$

Menghitung Impedansi Trafo

Persentase pada trafo tenaga adalah 12,33 % berdasarkan name plate (PT.PLN Area Palopo) dengan kapasitas trafo tenaga 20 MVA, maka dalam menghitung impedansi trafo tenaga dengan menggunakan persamaan (3) di dapatkan reaktansi urutan positif pada sisi 20 kV, yaitu:

$$X_{t1} = X_{t2} = Z\% \times \frac{KV^2}{MVA}$$

$$X_{t1} = X_{t2} = 12,33\% \times \frac{20^2}{20}$$

$$X_{t1} = X_{t2} = j 2,466 \Omega$$

Sedangkan untuk menghitung reaktansi urutan negatifnya dengan menggunakan persamaan (4), yaitu:

$$X_{to} = (Y_y X_{to}) = 3 \times X_t$$

$$= 3 \times 2,466$$

$$= 7,398 \Omega$$

Menghitung Impedansi Jaringan

Sebelum menghitung impedansi hantaran, harus diketahui dulu harga impedansi jaringan yang telah ditentukan yang nilainya tergantung dari panjang penyulang dan konfigurasi tiang.

Tabel 3 Impedansi urutan positif dan nol penghantar AAAC

Penampang nominal (mm ²)	Jan-jan (mm)	Jumlah urat	GMR (m)	Impedansi urutan positif (Ω / km)	Impedansi urutan nol (Ω / km)
16	2,2563	7	1,638	2,0161 +j0,4036	1,1641 +j1,6911
25	2,8203	7	2,0475	1,2903 +j0,3895	1,4384 +j1,6770
35	3,3371	7	2,4227	0,9217 +j0,3790	1,0697 +j1,6665
50	3,9886	7	2,8957	0,6452 +j0,3678	0,7932 +j1,6553
70	4,7193	7	3,4262	0,4608 +j0,3572	0,6088 +j1,6447
95	5,4979	19	4,1674	0,3396 +j0,3449	0,4876 +j1,6324
120	6,1791	19	4,6837	0,2688 +j0,3376	0,4618 +j1,6251
150	6,9084	19	5,2365	0,2162 +j0,3305	0,3441 +j1,6180
185	7,6722	19	5,8155	0,1744 +j0,3239	0,3224 +j1,6114
240	8,7386	19	6,6238	0,1344 +j0,3158	0,2824 +j1,6003

Sumber: (“gusti” SPLN,2015)

Pada penyulang Suli/Temboe, kawat penghantar yang digunakan adalah kawat AAAC pada sistem distribusi 3 fasa 3 kawat.

Untuk kawat penghantar AAAC 150 mm² (jalur utama)

$$Z_1 = Z_2 = (0,2162 +j0,3305)$$

$$Z_0 = (0,3441 + j1,6180)$$

Dengan demikian dapat menghitung impedansi hantaran dengan jarak lokasi yang telah ditentukan pada gambar diatas.

A. Impedansi hantaran dari GI hingga ujung penyulang Suli/Temboe dengan panjang saluran 96,13 kms.

Impedansi urutan positif AAAC:(0,2162 +j0,3305)
 25%=> 25 % x 96,13 (0,2162 + j0,3305) = 5,195 + j7,942Ω
 50 %=> 50 % x 96,13 (0,2162 + j0,3305) = 10,391 + j15,885Ω
 75 %=> 75 % x 96,13 (0,2162 + j0,3305) = 15,587 + j23,828Ω
 100%=> 100 % x 96,13 (0,2162 + j0,3305) = 20,783 + j31,770Ω
 Impedansi urutan nol AAAC : (0,3441 + j1,6180)
 25%=> 25 % x 96,13 (0,3441 + j1,6180) = 8,269 + j38,884Ω
 50%=> 50 % x 96,13 (0,3441 + j1,6180) = 16,539 + j77,769Ω
 75%=> 75 % x 96,13 (0,3441 + j1,6180) = 24,808 + j116,653Ω
 100%=> 100 % x 96,13 (0,3441 + j1,6180) = 33,078 + j155,538Ω

Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan Urutan Positif

Untuk menghitung ini menggunakan persamaan (6), dimana dengan menjumlahkan impedansi sumber, impedansi trafo dan impedansi jaringan urutan positif.

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_s + Z_t + Z_1 \text{ penyulang}$$

$$= j 0,48 + j 2,466 + Z_1 \text{ penyulang}$$

$$= j 2,947 + Z_1 \text{ penyulang}$$

Karena telah ditentukan tempat titik-titik panjang penyulang maka :

B. Impedansi ekuivalen jaringan urutan positif dari GI hingga ujung penyulang

25%=> j2,947 + (5,195 + j7,942) = 5,195 + j10,889 Ω
 50%=> j2,947 + (10,391 + j15,885) = 10,661 + j18,832 Ω
 75 %=> j2,947+ (15,587 + j23,828) = 15,587 + j26,775 Ω
 100%=>j2,947 + (20,783 + j31,770) = 20,783 + j34,717 Ω

Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan Urutan Nol

Untuk menghitung ini menggunakan persamaan (7) dengan cara menjumlahkan impedansi trafo tenaga, tahanan dalam (RN) yang terdapat pada trafo tenaga yaitu sebesar 40 ohm dan impedansi jaringan urutan nol.

$$Z_{0eq} = Z_t + 3 RN + Z_0 \text{ penyulang}$$

$$= j 7,398 + 3(40) + Z_0 \text{ penyulang}$$

C. Impedansi ekuivalen urutan nol dari GI hingga ujung penyulang

25%=> j7,398 +120 + (8,269 + j38,884) = 128,269 + j46,282 Ω
 50%=> j7,398 +120 + (16,539 + j77,769) = 136,539 + j85,167 Ω

75%=> j7,398 +120 + (24,808 + j116,653) = 144,808 + j124,051 Ω
 100%=>j7,398 +120 + (33,078 + j155,538) = 153,078 + j162,936 Ω

4.3 Menghitung Arus Hubung Singkat 1 Fasa

Untuk menghitung arus hubung singkat 1 fasa-tanah yaitu dengan menggunakan persamaan (10) seperti di bawahini:

Perhitungan arus hubung singkat satu fasa dari GI hingga ujung penyulang

$$I_0 = \frac{3 \times 20.000/\sqrt{3}}{2 (Z_{1eq})+(Z_{0eq})} = \frac{34641}{2 (Z_{1eq})+(Z_{0eq})} \text{ A}$$

$$25\%=> I = \frac{34641}{2(5,195 + j10,889) + (128,269 + j46,282)}$$

$$= \frac{34641}{(10,39 + j21,778)} + \frac{34641}{(128,269 + j46,282)}$$

$$= \frac{34641}{\sqrt{138,659^2 + 68,06^2}} = 224,26888 \text{ A}$$

$$50\%=> I = \frac{34641}{2(10,661 + j18,832) + (136,539 + j85,167)}$$

$$= \frac{34641}{(21,322 + j37,7664) + (136,539 + j85,167)} + \frac{34641}{(157,861 + j122,831)}$$

$$= \frac{34641}{\sqrt{157,861^2 + 122,831^2}} = 173,18865 \text{ A}$$

$$75\%=> I = \frac{34641}{2(15,587 + j26,775) + (144,808 + j124,051)}$$

$$= \frac{34641}{(31,174+j53,55)} + \frac{34641}{(144,808 + j124,051)}$$

$$= \frac{34641}{\sqrt{175,982^2 + 177,601^2}} = 138,55094 \text{ A}$$

$$100\%=> I = \frac{34641}{2(20,783 + j34,717) + (153,078 + j162,936)}$$

$$= \frac{34641}{(41,566+j69,434)} + \frac{34641}{(153,078+j162,936)}$$

$$= \frac{34641}{\sqrt{194,644^2 + 232,37^2}} = 114,28124 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat kita lihat hasil seperti pada tabel berikut:

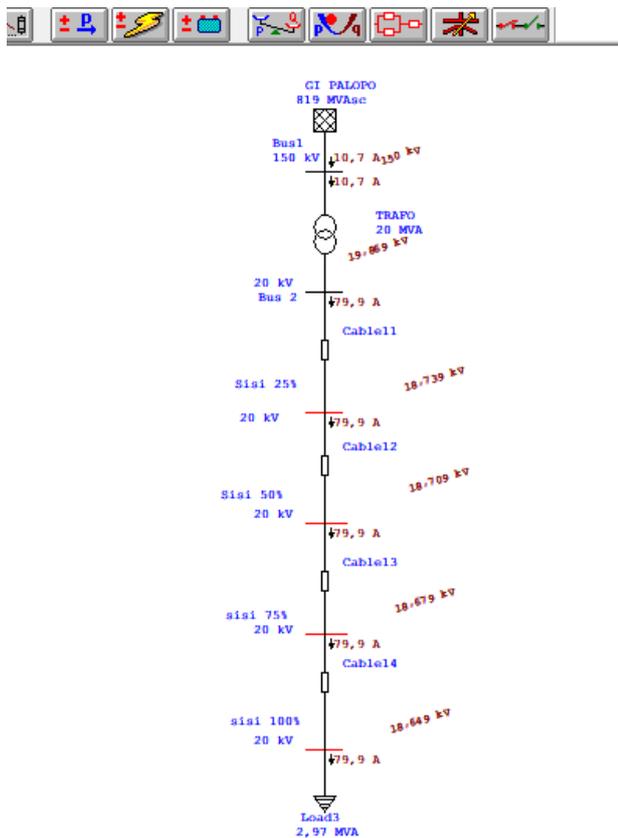
Tabel 4 Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

Panjang %	Arus Hubung Singkat
25%	224,26888 A
50%	173,18865 A
75%	138,55094 A
100%	114,28124 A

4.4 Simulasi Gangguan Hubung Singkat

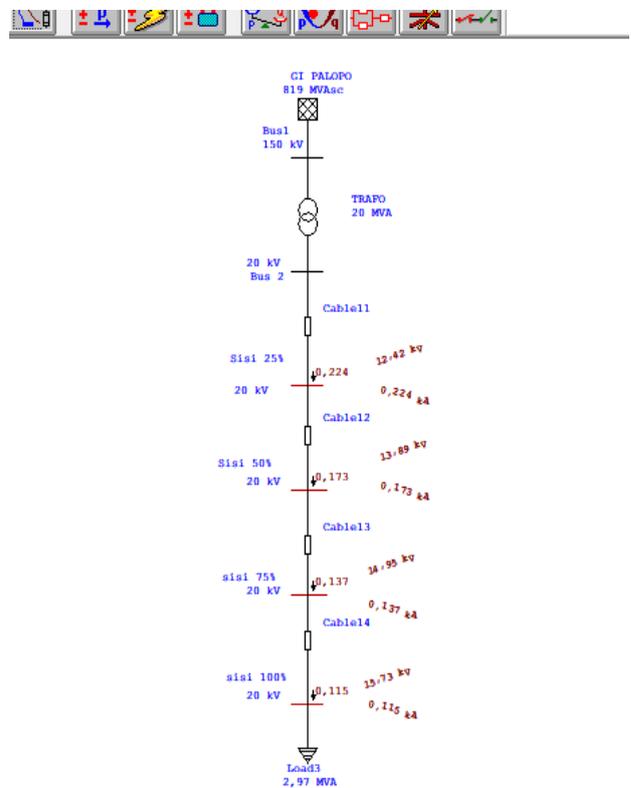
Pada simulasi ini yang akan dilihat besarnya arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada penyulang 20kV, yaitu gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, di mana pada simulasi ini akan menunjukkan kondisi normal dan ketika terjadi gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

Simulasi ini di buat dengan menggunakan software ETAP 12.6.0. adapun simulasi pada saat kondisi normal di tunjukkan pada gambar 10 di bawah ini.



Gambar 20.hasil gambar aliran daya simulasi menggunakan Etap 12.6.0

Adapun tampilan simulasi ketika terjadi arus hubung singkat 1 fasa ke tanah dapat kita lihat pada gambar 11 di bawah ini.



Gambar 21.hasil gambar hubung singkat simulasi menggunakan Etap 12.6.0

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada penyulang Suli/Temboe diketahui panjang penyulang 96,13 kms. Dimana titik gangguan terletak pada 25%,50%,75% dan 100% dari panjang penyulang, maka didapatkan hasil nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah seperti yang terlihat pada tabel berikut:

Tabel 5 arus hubung singkat simulasi

No.	Titik Gangguan	Arus Hubung Singkat	Tegangan (V)
1.	25%	0,224kA	12,42
2.	50%	0,173kA	13,89
3.	75%	0,137kA	34,93
4.	100%	0,115kA	13,73

Adapun parameter yang di input untuk simulasi Etap 12.6.0 berdasarkan data pada tabel berikut:

Tabel 6 data pada simulasi

No.	Nama Komponen	kV	MVA	MW	mm ²	Panjang kms	Impedansi urutan positif	Impedansi urutan negatif
	Power Grid	150	819					
	Trafo	20	20					
	Kabel				150	96,13	0,2162+j0,3305	0,3441+j1,6180
	Beban			2,97				

4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan dan Hasil Simulasi

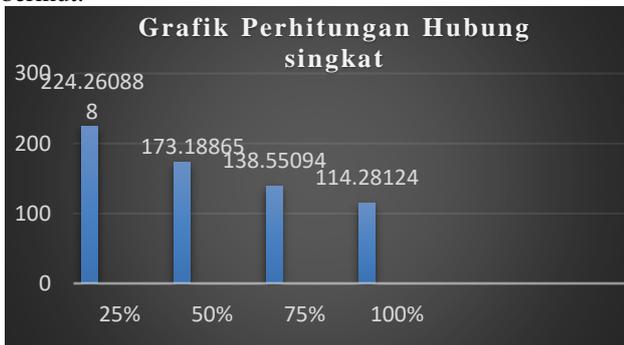
Setelah melakukan perhitungan arus hubung singkat dan telah membuat simulasi maka di dapatkan perbandingan sebagai berikut

Tabel 7 perbandingan hasil perhitungan dan hasil simulasi

Jarak %	Panjang (kms)	Arus Hubung Singkat (A)	
		Hasil Perhitungan	Hasil Simulasi
25%	24,03	224,26888 A	224 A
50%	48,06	173,18865 A	173 A
75%	72,09	138,55094 A	137 A
100%	96,13	114,28124 A	115 A

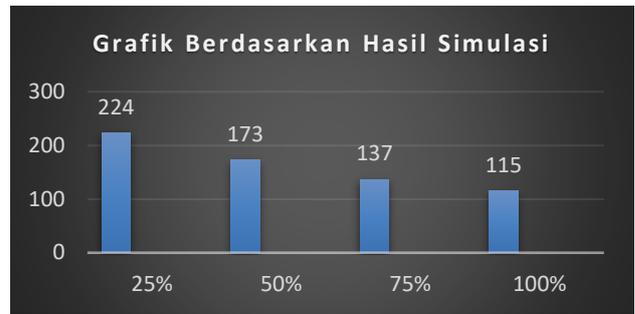
5.5 Analisis

Setelah dilakukan perhitungan dan simulasi yang hasilnya dapat kita lihat pada tabel di atas, maka dapat di buatkan grafik arus gangguan hubung singkat terhadap jarak titik gangguan berdasarkan perhitungan sebagai berikut:



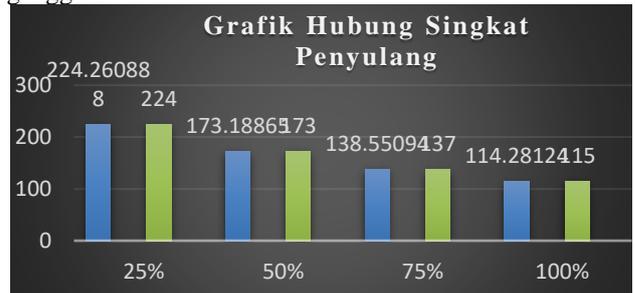
Gambar 22.hasil grafik hubung singkat berdasarkan perhitungan

Dari grafik di atas, dapat di lihat bahwa nilai dari arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik gangguan 25% dari panjang penyulang nilainya sebesar 224,260888 A, pada titik 50% dari panjang penyulang nilainya sebesar173,18865 A, pada titik 75% dari panjang penyulang senilai 138,55094 A, dan pada titik 100% dari panjang penyulang senilai 114,28124 A. Adapun grafik berdasarkan simulasi pada gambar dibawah ini.



Gambar 23.hasil grafik hubung singkat simulasi

Dari grafik di atas, dapat di lihat bahwa nilai dari arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik gangguan 25% dari panjang penyulang nilainya sebesar 224A, pada titik 50% dari panjang penyulang nilainya sebesar173A, pada titik 75% dari panjang penyulang senilai 137 A, dan pada titik 100% dari panjang penyulang senilai 115 A. Jadi dapat di simpulkan bahwa gangguan yang terjadi pada penyulang 20kV dipengaruhi berdasarkan oleh jarak titik gangguan



Gambar 24hasil grafik hubung singkat berdasarkan perhitungan dan simulasi

Dari grafik di atas untuk menganalisis karakteristik arus hubung singkat pada jaringan distribusi 20kV maka perlu di ketahui letak gangguan yaitu 25%,50%,75% dan100%.

V. KESIMPULAN

Adapun hasil dari penelitian yang telah dilakukan dengan judul Analisis Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah Pada Sistem Distribusi PT.PLN Rayon Belopa dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Apabila terjadi gangguan hubung singkat satu fasa-tanah, maka dapat di ketahui besarnya arus berdasarkan lokasi gangguan,
2. Arus hubung singkat yang berjarak 25% dari panjang penyulang senilai 224,26888 amper, untuk jarak yang berada 50% arus gangguan senilai 138,55094 amper, sedangkan untuk jarak 75% arus senilai138,55094 amper, dan untuk lokasi gangguan yang terjadi di ujung penyulang titik 100% senilai 114,28124 amper.

UCAPAN TERIMA KASIH

Skripsi ini terwujud berkat bantuan, dukungan, dan saran dari berbagai pihak yang telah bersedia meluangkan waktunya dalam membimbing penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Maka patutlah sekiranya

bila kesempatan ini penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Hamzah Yusuf, M.Si., Selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang
2. Ibu Dr. Ir. Hafsa Nirwana, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
3. Bapak Hermawan selaku Pegawai PT. PLN (Persero) Rayon Belopa yang telah membantu dalam pengambilan data.
4. Bapak Sofyan, S.T., M.T. Selaku Pembimbing I yang selalu membantu dalam pengerjaan skripsi
5. Bapak Ahmad Rosyid Idris, S.T., M.T. Selaku Pembimbing II juga yang selalu mengarahkan dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Seluruh Staf PT. PLN (Persero) yang telah membantu dalam pengambilan data.
7. Seluruh Staf dan Instruktur Politeknik Negeri Ujung Pandang yang selalu memberikan dorongan dan semangat kepada penulis.
8. Rekan-rekan Mahasiswa/Mahasiswi yang memberikan bantuannya dalam menyelesaikan laporan ini terkhusus D4 Teknik Listrik dan Teknik Elektro 2014.
9. Orang-orang takkan terlupakan dalam hidup penulis, yaitu :kedua orang tuapenulis serta keluarga yang telah merawat, memberikan dukungan, do'a restunya baik moral maupun material.

Penulis menyadari bahwa tak ada manusia yang sempurna dalam hidup ini. Demikian dalam skripsi ini, masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan yang diharapkan mengingat segala keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun bagi kita semua khususnya bagi pembaca dan terkhusus bagi penulis sendiri demi kesempurnaan skripsi kedepannya.

REFERENSI

- [1]. Al Qoyyimi, T. A., Panangsang, O., & Aryani, N. (2017). Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20kV Penyulang Tegarsari Surabaya dengan Metode Berbasis GIS (Geographic Information System). *Jurnal Teknik ITS*, (2).
- [2]. Aprianto, A. (2015, 07 14). *Impedansi Kawat Penghantar Menurut SPLN 64:1945*.
- [3]. Badan Standar Nasional Indonesia. (2011). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011)*. Badan Standar Nasional Indonesia.
- [4]. Fajar, W. (2014). *Analisis Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa pada Sistem Distribusi Standar 13 BUS Dengan menggunakan Program ETAP POWER STATION 7.0*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [5]. Gusti, S. (2011). *Impedansi Kawat Penghantar Menurut Spln 64*. Diambil kembali dari <https://www.scribd.com>.

- [6]. Indrianto. (2014). *Analisis Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Line To Ground pada Sistem Distribusi Standar IEEE 13 BUS dengan menggunakan Program ETAP POWER STATION 7.0*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7]. Politeknik Negeri Ujung Pandang. (2016). *Pedoman Penulisan Proposal dan Skripsi Program Diploma Empat (D-4) Bidang Rekayasa dan Tata Niaga*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [8]. Sopyandi, E. (2011, 08 16). *Tipe-tipe Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20kV*. <http://www.google.com/amp/s/electricdot.wordpress.co> Stevenson, J. W. (1983). *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Dalam Erlangga. Jakarta: Jakarta.