



Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik UP3 Makassar Utara dengan Menggunakan Aplikasi Etap 12.6

Al Imran¹, Ruslan², Syamsurijal³

Universitas Negeri Makassar

Email: al.imran@unm.ac.id

Abstrak. Analisis gangguan hubung singkat pada suatu jaringan kelistrikan sangat penting dilakukan untuk mengetahui besar arus gangguan terbesar yang terjadi pada saluran dan persentase kenaikan tegangan terbesar yang dapat terjadi di bus-bus apabila terjadi gangguan. Analisis gangguan hubung singkat pada penelitian ini dilakukan pada jaringan kelistrikan sistem distribusi 20 kV Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Makassar Utara PT. PLN (Persero), yaitu pada jaringan Gardu Induk (GI) Tallo Lama dan *Gas Insulated Switchgear* (GIS) Bontoala dengan menggunakan aplikasi ETAP 12.6. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gangguan hubung singkat 1 fase ke tanah menyebabkan arus gangguan terbesar yaitu 59,573 kA mengalir pada bus 55 (sisi 20 kV Trafo#1 60 MVA GIS bontoala) yang memasok penyulang Ahmad Yani, Akademis, Masjid Raya, Sungai Tangka, Sudirman dan penyulang Polda. Persentase kenaikan tegangan terbesar terjadi pada bus 26 (Penyulang Teuku Umar) apabila terjadi gangguan 2 fasa ke tanah dengan kenaikan tegangan pada fase yang sehat menjadi 467% dari tegangan nominal.

Kata Kunci : Gangguan hubung singkat, arus gangguan, sistem distribusi, aplikasi ETAP 12.6.

PENDAHULUAN

Jaringan pada sistem distribusi tegangan menengah atau Jaringan Tegangan Menengah (JTM) merupakan bagian dari sistem distribusi yang berhubungan langsung ke pelanggan. Pada operasi sistem tenaga listrik dapat terjadi gangguan yang mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Faktor internal dan faktor eksternal bisa menyebabkan terjadinya hubung singkat. Faktor internal dari gangguannya ini terjadi akibat peralatan listrik yang rusak. Faktor eksternal terjadi akibat dari cuaca yang buruk seperti gempa bumi, angin puting beliung, petir, runtuhnya pohon yang tumbang, dan lain-lain. Terjadinya hubung singkat ketika penghantar bertegangan akan berhubungan dengan penghantar netral (*ground*).

Suatu gangguan distribusi hampir selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi. Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam jaringan distribusi ada 4 (empat), yaitu : gangguan hubung singkat 3 fase, gangguan hubung singkat 1 fase ke tanah, gangguan hubung singkat antar fase (2 fase, dan gangguan hubung singkat 2 fase ke tanah. (Grainger, 1994)

Gangguan hampir selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar fase atau hubung singkat fase ke tanah. Suatu gangguan distribusi hampir selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi. Istilah gangguan identik dengan hubung singkat, sesuai standar *American National Standards Institute (ANSI)/Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Std. 100-1992*. Untuk mengetahui arus dan tegangan setelah gangguan, perlu dilakukan analisis hubung singkat sehingga sistem proteksi yang tepat pada sistem tenaga listrik dapat ditentukan. Analisis gangguan hubung singkat adalah analisis yang mempelajari kontribusi arus gangguan hubung singkat yang mungkin mengalir pada setiap cabang di dalam sistem ketika gangguan hubung singkat terjadi di dalam sistem tenaga listrik. Analisis gangguan hubung singkat merupakan suatu hal yang penting untuk menentukan rating arus hubung singkat, seperti *interrupting capacity (breaking capacity)* dan *momentary capacity* semua *circuit breaker* dan *momentary capacity* busbar yang digunakan pada sistem tenaga atau sistem distribusi untuk melindungi perangkat dan peralatan sistem distribusi dari efek yang ditimbulkan oleh gangguan hubung singkat. (Hutauruk, T.S. 1983). Hasil analisis hubung singkat sangat penting untuk perencanaan, perancangan dan perluasan sistem tenaga listrik.

Analisis hubung singkat pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software Electrical Transient and Analyzer Program (ETAP) 12.6*. ETAP adalah salah satu perangkat lunak untuk simulasi dan analisis sistem tenaga listrik yang dibuat oleh ETAP®. ETAP® adalah perusahaan solusi rekayasa analitik yang mengkhususkan diri dalam simulasi, desain, pemantauan, kontrol, pelatihan operator, pengoptimalan, dan otomatisasi sistem tenaga listrik (<https://www.etap.com>)

METODE PENELITIAN

Analisis gangguan hubung singkat dilakukan pada sistem distribusi tenaga listrik Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Makassar Utara PT. PLN (Persero), yaitu pada jaringan Gardu Induk (GI) Tallo Lama dan *Gas Insulated Switchgear (GIS)* Bontoala. *Single line diagram* jaringan distribusi Gardu Induk (GI) Tallo Lama, *Gas Insulated Switchgear (GIS)* Bontoala dan semua penyulang yang terhubung pada kedua GI tersebut digambar di perangkat lunak ETAP 12.6. Penyulang-penyulang tersebut antara lain penyulang Achmad Yani, Akademis, Andalas, Bawakaraeng, BMA, Polda, Sudirman, Bulusalaka Mattoangin, Masjid Raya, Pelamonia, Rujab, Sungai Tangka, Indofood, Panampu, Pelindo, Rante Mario, Caraka, Paotere, Barawaja dan penyulang Sunu.

Karena hanya 2 GI yang dianalisis, maka semua LBS maupun PMT yang terhubung ke Gardu induk selain GI Tallo Lama dan GIS Bontoala diasumsikan terbuka yakni LBS Radio Pantai, LBS Lima Muda, LBS Pertama Tol, dan LBS Pertemuan Tol. Empat jenis gangguan hubung singkat, yaitu hubung singkat 3 fase (3-phase), satu fase ke tanah (LG), 2 fase (LL), dan 2 fase ke tanah (LLG) dihitung dan disimulasikan pada ½ cycle (hubung singkat maksimum).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dan simulasi gangguan hubung singkat pada jaringan distribusi GI Tallo Lama dan GIS Bontoala dari keempat jenis gangguan yang diperoleh dari perangkat lunak ETAP 12.6 diperlihatkan pada Tabel 1. Lokasi gangguan disimulasikan pada 5 bus-bus utama, yaitu bus 5, bus 2, bus 52, bus 55 dan bus 71 dengan tegangan nominal 20 kV yang merupakan sisi sekunder dari 5 trafo utama masing-masing 150 kV/20 kV. I_1 , I_2 , dan I_3 masing-masing adalah arus gangguan urutan positif, urutan negatif dan urutan nol yang mengalir pada titik gangguan setelah gangguan terjadi.

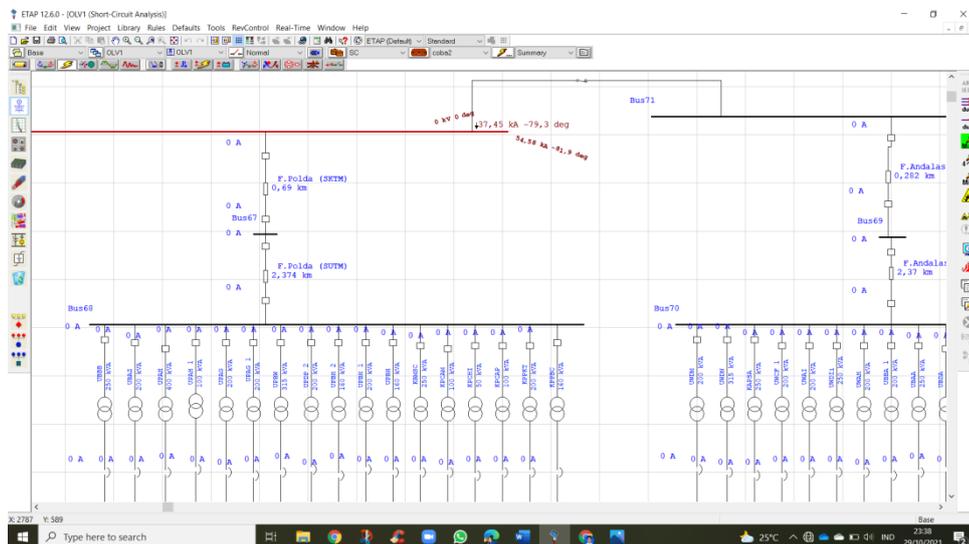
Tabel 1. Hasil Simulasi Hubung Singkat Terbesar pada Setiap Bus

No. dan Nama Bus	Kontribusi	Teg. Bus (kV)	Gangguan Hubung Singkat (kA)			
			3 fasa (kA)	1 fasa ke tanah (kA)	Fasa ke fasa (kA)	2 fasa ke tanah
Bus 5 (Trafo #2 GI Tallo Lama 30 MVA)	Trafo #2 (bus GI Tallo Lama – bus GIS Bontoala)	20,13	53,540	$I_1 =$ 19,480	$I_1 =$ 26,770	$I_1 =$ 37,462
				$I_2 =$ 19,480	$I_2 =$ 26,770	$I_2 =$ 16,099
				$I_0 =$ 19,480	$I_0 = 0$	$I_0 = 21,418$
Bus 2 (Trafo #1 GI Tallo Lama 30 MVA)	Trafo #1 (bus GI Tallo Lama – bus GIS Bontoala)	20,48	54,471	$I_1 =$ 19,819	$I_1 =$ 27,235	$I_1 =$ 38,114
				$I_2 =$ 19,819	$I_2 =$ 27,235	$I_2 =$ 16,379
				$I_0 =$ 19,819	$I_0 = 0$	$I_0 = 21,79$
Bus 52 (Trafo #3 GI Tallo Lama 60 MVA)	Trafo #3 (bus GI Tallo Lama – bus GIS Bontoala)	20,40	54,258	$I_1 =$ 19,741	$I_1 =$ 27,129	$I_1 =$ 37,965
				$I_2 =$ 19,741	$I_2 =$ 27,129	$I_2 =$ 16,315
				$I_0 =$ 19,741	$I_0 = 0$	$I_0 =$ 21,705
Bus 55 (Trafo #2 GIS)	Trafo #2 (bus GIS Bontoala)	20,52	54,577	$I_1 =$ 19,858	$I_1 =$ 27,289	$I_1 =$ 38,188

Bontoala 60 MVA)	– bus GI Tallo Lama)			$I_2 =$	$I_2 =$	$I_2 =$
				19,858	27,289	16,411
				$I_0 =$	$I_0 = 0$	$I_0 =$
				19,858		21,833
Bus 71 (Trafo #1 GIS Bontoala 60 MVA)	Trafo #1 (bus GIS Bontoala – bus GI Tallo Lama)	20,00	53,194	$I_1 =$	$I_1 =$	$I_1 =$
				19,354	26,597	37,220
				$I_2 =$	$I_2 =$	$I_2 =$
				19,354	26,597	15,995
				$I_0 =$	$I_0 = 0$	$I_0 =$
				19,8354		21,280

Sumber : Hasil olah data progam ETAP 12.6

Berdasarkan Tabel 1, untuk hubung singkat 3 fase, arus gangguan terbesar terjadi pada bus 55 (Trafo #2 GIS Bontoala 60 MVA) yaitu 54,577 kA, dan untuk gangguan 1 fase ke tanah, dengan $I_1 = 19,858$ kA, $I_2 = 19,858$ kA, dan $I_0 = 19,858$ kA, setelah dijumlahkan menghasilkan 59,573 kA. Tampilan ETAP 12.6 untuk simulasi dan perhitungan arus gangguan 3 fase untuk gangguan di bus 55 diperlihatkan pada Gambar 1. Sedangkan tampilan ETAP berupa ringkasan besar arus gangguan di bus 55 (dalam bentuk bilangan rectangular) untuk keempat jenis gangguan diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Tampilan Short Circuit 3 Fase pada Bus 55

Project: lesson	ETAP	Page: 1
Location:	12.6.0H	Date: 29-10-2021
Contract:		SN:
Engineer:	Study Case: SC	Revision: Base
Filename: qwerty		Config.: Normal

Short-Circuit Summary Report

1/2 Cycle - 3-Phase, LG, LL, & LLG Fault Currents
 Prefault Voltage = 100 % of the Bus Nominal Voltage

Bus ID	kV	3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault			*Line-to-Line-to-Ground		
		Real	Imag	Mag	Real	Imag	Mag	Real	Imag	Mag	Real	Imag	Mag
Bus55	20.52	7.708	-54.030	54.577	6.652	-59.200	59.573	46.791	6.675	47.265	44.301	39.329	59.240

All fault currents are symmetrical momentary (1/2 Cycle network) values in rms kA
 *LLG fault current is the larger of the two faulted line currents

Gambar 2. Tampilan Short Circuit Summary Report pada ETAP dengan lokasi gangguan bus 55 (Trafo #2 GIS Bontoala 60 MVA)

Arus gangguan yang mengalir pada setiap saluran untuk gangguan pada bus 55 dari keempat jenis gangguan diperlihatkan pada Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2. Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 Fase dan 1 Fase ke Tanah pada Bus 55

Kontribusi	Gangguan							
	3 fasa		1 fasa ke tanah					
	kA Symm. rms	kA			Arus Urutan (kA)			
	la	lb	lc	3I0	Positif (I ₁)	Negati f (I ₂)	NoI (I ₀)	
Bus 55-Total	54.577	59.573	0.000	0.000	59.573	19.858	19.858	19.858
Bus 762- Bus 55 (Trafo #2 GIS Bontoala sisi 150 kV- sisi 20 kV)	13.198	14.442	0.566	0.566	14.580	4.802	4.802	4.860
Bus 763- Bus 71 (Trafo #1 GIS Bontoala sisi 150 kV-sisi 20 kV)	13.894	15.203	0.596	0.596	15.348	5.055	5.055	5.116
Bus 761- Bus 52 (Trafo #3 GI Tallo Lama sisi	12.624	13.912	1.669	1.669	14,752	4.593	4.593	4.917

150 kV- 20 kV)								
Bus 814- Bus 5 (Trafo #1 GI Tallo Lama sisi 150 kV- sisi 20 kV)	7.706	8.036	0.472	0.472	7.319	2.804	2.804	2440
Bus 759- Bus 2 (Trafo #2 GI Tallo Lama sisi 150 kV-sisi 20 kV)	8.130	8.440	0.443	0.443	7.575	2.958	2.958	2.52 5

Sumber: Hasil analisis data menggunakan program ETAP 12.6

Tabel 3. Hasil Simulasi Hubung Singkat Fase ke Fase pada Bus 55

Kontribusi	Fase ke Fase (kA)					
	Ia	Ib	Ic	Arus urutan positif (I ₁)	Arus urutan negatif (I ₂)	Arus urutan nol (I ₀)
Bus 55-Total	0.000	47.265	47.265	27.289	27.289	0.000
Bus 762- Bus 55 (Trafo #2 GIS Bontoala sisi 150 kV- sisi 20 kV)	0.000	11.430	11.430	6.599	6.599	0.000
Bus 763- Bus 71 (Trafo #1 GIS Bontoala sisi 150 kV-sisi 20 kV)	0.000	12.032	12.032	6.947	6.947	0.000
Bus 761- Bus 52 (Trafo #3 GI Tallo Lama sisi 150 kV- 20 kV)	0.000	10.933	10.933	6.312	6.312	0.000
Bus 814- Bus 5 (Trafo #1 GI Tallo Lama sisi 150 kV- sisi 20 kV)	0.000	6.673	6.673	3.853	3.853	0.000
Bus 759- Bus 2 (Trafo #2 GI Tallo Lama sisi 150 kV-sisi 20 kV)	0.000	7.041	7.041	4.065	4.065	0.000

Tabel 4. Hasil Simulasi Hubung Singkat 2 Fase ke Tanah pada Bus 55

Kontribusi	2 fasa ke tanah (kA)					
	la	lb	lc	Arus urutan positif (I ₁)	Arus urutan negatif (I ₂)	Arus urutan nol (I ₀)
Bus 55-Total	0.000	55.710	59.240	36.188	16.411	21.833
Bus 762- Bus 55 (Trafo #2 GIS Bontoala sisi 150 kV- sisi 20 kV)	0.622	14.017	13.853	9.235	3.969	5.343
Bus 763- Bus 71 (Trafo #1 GIS Bontoala sisi 150 kV-sisi 20 kV)	0.655	14.755	14.583	9.722	4.178	5.625
Bus 761- Bus 52 (Trafo #3 GI Tallo Lama sisi 150 kV- 20 kV)	1.835	11.397	15.223	8.833	3.796	5.406
Bus 814- Bus 5 (Trafo #1 GI Tallo Lama sisi 150 kV- sisi 20 kV)	0.519	7.921	7.868	5.392	2.317	2.682
Bus 759- Bus 2 (Trafo #2 GI Tallo Lama sisi 150 kV-sisi 20 kV)	0.487	8.137	8.467	5.688	2.445	2.776

Sumber: Hasil olah data menggunakan program ETAP 12.6

Pada saat terjadi gangguan, tegangan pada bus dan fase yang terganggu sama dengan nol atau persentase penurunannya sama dengan 100%. Pada bus dengan fase yang sehat umunya tegangannya mengalami kenaikan. Untuk gangguan 1 fase ke tanah, kenaikan tegangan terbesar terjadi pada bus 11 (penyulang Indofood). Diasumsikan bahwa fase a adalah fase yang terhubung singkat ke tanah, tegangan fase a, V_a tegangannya menjadi nol, sedangkan tegangan fase b, V_b mengalami kenaikan menjadi 465% dari tegangan nominal dan V_c sebesar 437% dari tegangan nominal.

Kenaikan tegangan terbesar untuk gangguan fase ke fase terjadi pada bus 63 (penyulang Sungai Tangka). Diasumsikan bahwa fase a adalah fase yang sehat, sedangkan fase b dan c yang terhubung singkat. Tegangan fase a, V_a naik menjadi 399% dari tegangan nominal, sedangkan V_b dan V_c mengalami kenaikan menjadi 149% dari tegangan nominal. Pada gangguan 2 fasa ke tanah, dengan asumsi bahwa fase a adalah fase yang sehat, sedangkan fase b dan fase c yang terhubung singkat ke tanah, kenaikan tegangan terbesar terjadi pada bus 26 (penyulang Teuku Umar). Tegangan V_a naik menjadi 467% dari tegangan nominal, sedangkan

tegangan Vb dan Vc menjadi nol, hal yang biasa pada gangguan hubung singkat 2 fase ke tanah.

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.4 Tahun 2009 tentang aturan distribusi tenaga listrik bahwasanya tegangan sistem distribusi harus dijaga pada batas-batas kondisi normal yaitu maksimal +5% dan minimal -10% dari tegangan nominal. Kenaikan tegangan sampai 467% dari tegangan nominal dapat merusak peralatan dan perangkat-perangkat kelistrikan yang terhubung pada jaringan distribusi, apalagi yang berada sangat dekat dengan titik gangguan. Oleh karena itu peralatan proteksi harus segera bekerja memisahkan bagian sistem yang mengalami gangguan dengan jaringan yang lain untuk mencegah kerusakan yang fatal akibat kenaikan tegangan dan arus akibat gangguan hubung singkat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi gangguan hubung singkat pada pada sistem distribusi tenaga listrik UP3 Makassar Utara dengan menggunakan program ETAP 12.6, diperoleh bahwa bahwa gangguan hubung singkat 1 fase ke tanah menyebabkan arus gangguan terbesar yaitu 59,573 kA mengalir pada bus 55 (sisi 20 kV Trafo#1 60 MVA GIS bontoala) yang memasok penyulang Ahmad Yani, Akademis, Masjid Raya, Sungai Tangka, Sudirman dan penyulang Polda. Persentase kenaikan tegangan terbesar terjadi pada bus 26 (Penyulang Teuku Umar) apabila terjadi gangguan 2 fasa ke tanah dengan kenaikan tegangan pada fase yang sehat menjadi 467% dari tegangan nominal. Mengalirnya arus dan kenaikan tegangan yang besar tersebut harus segera diputuskan oleh peralatan proteksi untuk mencegah kerusakan yang besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh dana hibah PNBPN Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar dengan Nomor Kontrak: 1250/UN36.11/LP2M/2021. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNM dan Dekan Fakultas Teknik, yang telah memberi fasilitas, melakukan monitoring, dan meng-evaluasi kegiatan penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Hadi Saadat. (2002), *Power System Analysis*, 2nd edition, McGraw-Hill, Inc., Singapore.
- Harjunang, M. (2018). *Analisis Gangguan Hubung Singkat Simetri dan Tidak Simetri pada Jaringan Distribusi 20 kV di Gardu Induk Panakukang*. (September), 402–503.
- Hutauruk, T.S. 1983. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jilid 1. Sistem-Sistem yang Seimbang. Diktat Kuliah. Bandung: Jurusan Elektroteknik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung.
- Grainger, John J. and William D. Stevenson, Jr. (1994), *Power System Analysis*, 2nd



- edition, New York: McGraw-Hill, Inc.
- Mantara, I. G. K. J. A. (2018). Analisis Hubung Singkat Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Kedonganan. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 17(2), 213. Retrieved Desember 18, 2020 from <https://doi.org/10.24843/MITE.2018.v17i02.P08>
- Murty, P. S. R. (2017). Short Circuit Analysis. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-101111-9.00011-2> Retrieved January 10, 2021
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral. *Aturan Distribusi Tenaga Listrik*. , Pub. L. No. 04, 9 (2009). Retrieved January 10, 2021
- Stevenson, W. D., & Sebo, S. A. (1976). Elements of Power System Analysis, Third Edition. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-6(7), 512–512. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1976.4309538> Retrieved March 10, 2020
- Von Jouanne, A., & Banerjee, B. (2001). Assessment of voltage unbalance. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 16(4), 782–790. <https://doi.org/10.1109/61.956770> Retrieved Desember 10, 2020