

STUDI ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DI GARDU INDUK PADANG LUAR PT.PLN (Persero) ULTG BUKITTINGGI

Rahmat Efendi¹, Yulisman², MahyessieKamil³

rahmatefendi716@gmail.com¹, fte.umsb12@gmail.com², mahyessie.kamil@gmail.com³

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

ABSTRAK

Gangguan hubung singkat merupakan salah satu kondisi abnormal pada sistem tenaga listrik yang dapat menyebabkan peningkatan arus secara signifikan dan berpotensi mengganggu keandalan serta keamanan penyaluran tenaga listrik. Oleh karena itu, analisis gangguan hubung singkat diperlukan untuk mengetahui besarnya arus gangguan pada sistem sehingga dapat menjadi dasar dalam evaluasi kondisi sistem dan peralatan proteksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya arus gangguan hubung singkat pada Gardu Induk Padang Luar PT PLN (Persero) ULTG Bukittinggi serta membandingkan hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0. Penelitian menggunakan data sekunder berupa Single Line Diagram (SLD), data spesifikasi sistem dan data impedansi yang diperoleh dari PT PLN (Persero). Analisis dilakukan pada Bus 150 kV dan Bus 20 kV dengan empat jenis gangguan, yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah. Perhitungan manual dilakukan menggunakan metode komponen simetris, sedangkan simulasi dilakukan menggunakan ETAP 12.6.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus gangguan pada Bus 20 kV lebih besar dibandingkan Bus 150 kV pada seluruh jenis gangguan yang dianalisis. Hasil simulasi ETAP untuk gangguan tiga fasa sebesar 11,056 kA pada Bus 150 kV dan 25,730 kA pada Bus 20 kV, sedangkan hasil perhitungan manual masing-masing sebesar 9,67 kA dan 17,28 kA. Gangguan tiga fasa merupakan jenis gangguan yang menghasilkan arus terbesar pada kedua bus. Perbedaan antara hasil perhitungan manual dan simulasi ETAP dipengaruhi oleh perbedaan parameter dan konfigurasi sistem serta pemodelan sistem yang lebih rinci pada ETAP.

Kata Kunci: Gangguan Hubung Singkat, Gardu Induk Padang Luar, ETAP 12.6.0, Komponen Simetris, Bus 150 kV, Bus 20 kV.

ABSTRACT

A short-circuit fault is an abnormal condition in an electric power system that can cause a significant increase in current, potentially disrupting operations and compromising the safety of power transmission. Therefore, short-circuit fault analysis is essential to determine the magnitude of fault currents within the system, serving as a basis for evaluating system conditions and protection equipment. This study aims to analyze short-circuit fault current magnitudes at the Padang Luar Substation (PT PLN (Persero) ULTG Bukittinggi) and to compare manual calculation results with simulation results obtained using ETAP 12.6.0 software. The research utilizes secondary data—specifically Single Line Diagrams (SLD), system specifications, and impedance data—obtained from PT PLN (Persero). Analysis was conducted on the 150 kV and 20 kV buses considering four fault types: three-phase, single-phase-to-ground, phase-to-phase, and double-phase-to-ground faults. Manual calculations employed the symmetrical components method, while simulations were performed using ETAP 12.6.0. The results indicate that fault currents on the 20 kV bus were higher than those on the 150 kV bus across all analyzed fault types. ETAP simulation results for three-phase faults showed 11.056 kA on the 150 kV bus and 25.730 kA on the 20 kV bus, whereas manual calculations yielded 9.67 kA and 17.28 kA, respectively. Three-phase faults produced the highest current magnitudes on both buses. Discrepancies between manual calculations and ETAP simulations are attributed to differences in parameters and system configurations, as well as the more detailed system modeling capabilities of the ETAP software.

Keywords: Short-Circuit Fault, Padang Luar Substation, ETAP 12.6.0, Symmetrical Components, 150 Kv Bus, 20 Kv Bus.

PENDAHULUAN

Gardu Induk merupakan bagian penting dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi mengatur dan menyalurkan energi listrik dari jaringan transmisi menuju jaringan distribusi. Keandalan Gardu Induk sangat berpengaruh terhadap kontinuitas penyaluran tenaga listrik kepada konsumen. Dalam proses penyaluran tersebut, sistem tenaga listrik tidak terlepas dari kemungkinan terjadinya gangguan yang dapat mengurangi keandalan dan kontinuitas sistem. Gangguan dapat disebabkan oleh faktor eksternal, seperti sambaran petir, pohon yang menyentuh penghantar, gangguan hewan, dan kondisi cuaca, maupun faktor internal berupa kerusakan peralatan, kegagalan isolasi, kesalahan operasi, dan pembebanan yang melebihi kapasitas peralatan.

Salah satu gangguan yang perlu diperhatikan dalam sistem tenaga listrik adalah gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat dapat menyebabkan peningkatan arus secara signifikan sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan pada peralatan listrik, mengganggu kinerja sistem proteksi, serta memengaruhi kontinuitas penyaluran energi listrik. Oleh karena itu, analisis arus hubung singkat diperlukan untuk mengetahui karakteristik gangguan pada suatu sistem dan dapat digunakan sebagai salah satu dasar dalam mengevaluasi kemampuan peralatan serta sistem proteksi.

Gardu Induk Padang Luar merupakan gardu induk 150/20 kV yang menerima daya dari sistem transmisi 150 kV dan menyalurkannya ke jaringan distribusi 20 kV melalui transformator daya. Penelitian ini difokuskan pada analisis gangguan hubung singkat pada Bus 150 kV dan Bus 20 kV di Gardu Induk Padang Luar. Analisis dilakukan terhadap empat jenis gangguan, yaitu gangguan tiga fasa, satu fasa ke tanah, fasa ke fasa, dan dua fasa ke tanah.

Untuk memperoleh nilai arus gangguan, penelitian dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0 dan perhitungan manual. Pemodelan sistem kelistrikan dibuat dalam bentuk single-line diagram berdasarkan data teknis sistem yang diperoleh dari Gardu Induk Padang Luar. Hasil simulasi ETAP kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan manual pada Bus 150 kV dan Bus 20 kV untuk mengetahui perbedaan nilai arus gangguan pada masing-masing jenis gangguan. Pendekatan tersebut digunakan untuk memperoleh gambaran karakteristik arus hubung singkat pada kedua level tegangan serta mengetahui jenis gangguan yang menghasilkan arus terbesar.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya arus gangguan hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, fasa ke fasa, dan dua fasa ke tanah pada Bus 150 kV dan Bus 20 kV di Gardu Induk Padang Luar, serta membandingkan hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi menggunakan ETAP 12.6.0. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik arus gangguan pada sistem dan menjadi bahan pendukung dalam evaluasi keandalan sistem tenaga listrik serta peralatan proteksi di Gardu Induk Padang Luar.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT PLN (Persero) Gardu Induk Padang Luar, Sumatera Barat. Objek penelitian adalah sistem kelistrikan Gardu Induk Padang Luar 150/20 kV, dengan fokus analisis pada Bus 150 kV dan Bus 20 kV. Jenis gangguan yang dianalisis meliputi gangguan hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, fasa ke fasa, dan dua fasa ke tanah.

Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT PLN (Persero) Gardu Induk Padang Luar serta sumber literatur yang relevan. Data tersebut meliputi single-line diagram dan data teknis sistem tenaga listrik yang diperlukan.

dalam proses perhitungan dan simulasi. Data sistem kemudian digunakan untuk membangun model sistem kelistrikan pada perangkat lunak ETAP 12.6.0.

Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur dan identifikasi permasalahan, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data sistem kelistrikan Gardu Induk Padang Luar. Selanjutnya dibuat pemodelan single-line diagram pada ETAP 12.6.0 berdasarkan konfigurasi sistem dan data teknis yang diperoleh. Simulasi gangguan hubung singkat dilakukan dengan menentukan titik gangguan pada Bus 150 kV dan Bus 20 kV, kemudian menjalankan simulasi untuk empat jenis gangguan yang telah ditentukan.

Selain simulasi ETAP, dilakukan perhitungan arus gangguan secara manual menggunakan parameter dan impedansi sistem. Hasil perhitungan manual kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi ETAP 12.6.0. Perbandingan dilakukan berdasarkan nilai arus gangguan pada masing-masing jenis gangguan dan lokasi bus untuk mengetahui selisih hasil antara kedua metode. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap karakteristik arus gangguan pada Bus 150 kV dan Bus 20 kV serta ditentukan jenis gangguan yang menghasilkan arus terbesar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Perhitungan dan Simulasi Arus Hubung Singkat Tiga Fasa

BUS	Perhitungan (kA)	Simulasi ETAP (kA)	Selisih (kA)	Persentase Error
Bus1 (150kV)	9,67 kA	11,056 kA	1,386	12,54%
Bus 2 (20 kV)	17,28 kA	25,730 kA	8,450	32,84%

Pada Bus 1 (150 kV), hasil perhitungan manual diperoleh sebesar 9,67 kA, sedangkan hasil simulasi ETAP sebesar 11,056 kA. Selisih antara kedua hasil tersebut sebesar 1,386 kA, dengan persentase error sebesar 12,54%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan manual dan simulasi ETAP memiliki nilai yang relatif berdekatan, meskipun terdapat perbedaan akibat perbedaan metode pemodelan dan parameter yang digunakan.

Pada Bus 2 (20 kV), hasil perhitungan manual diperoleh sebesar 17,28 kA, sedangkan hasil simulasi ETAP sebesar 25,730 kA. Selisih yang diperoleh sebesar 8,450 kA, dengan persentase error sebesar 32,84%. Persentase perbedaan pada Bus 20 kV lebih besar dibandingkan Bus 150 kV. Hal ini disebabkan oleh karakteristik sistem pada sisi 20 kV yang dipengaruhi oleh dua transformator yang beroperasi secara paralel, yaitu Trafo 1 sebesar 60 MVA dan Trafo 2 sebesar 30 MVA. Selain itu, pemodelan ETAP mempertimbangkan parameter sistem secara lebih rinci dibandingkan penyederhanaan pada perhitungan manual.

2. Hasil Perhitungan dan Simulasi Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

BU S	Perhitung an (kA)	Simula si ETAP (kA)	Selis ih (kA)	Persenta se Error
Bus 1 (150 kV)	8,62 kA	9,54 kA	0,92	9,64%
Bus 2 (20 kV)	16,74 kA	22,27 kA	5,53	24,83%

Pada Bus 1 (150 kV), hasil perhitungan manual diperoleh sebesar 8,62 kA, sedangkan hasil simulasi ETAP sebesar 9,54 kA. Selisih antara kedua hasil tersebut adalah 0,92 kA, dengan persentase error sebesar 9,64%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil perhitungan manual cukup mendekati hasil simulasi ETAP.

Pada Bus 2 (20 kV), hasil perhitungan manual diperoleh sebesar 16,74 kA, sedangkan hasil simulasi ETAP sebesar 22,27 kA. Selisih antara kedua hasil tersebut sebesar 5,53 kA, dengan persentase error sebesar 24,83%. Perbedaan hasil pada Bus 20 kV lebih besar dibandingkan Bus 150 kV. Salah satu faktor yang memengaruhinya adalah konfigurasi sistem 20 kV yang menggunakan Trafo 1 dan Trafo 2 secara paralel, sehingga impedansi ekuivalen yang dilihat dari titik gangguan menjadi berbeda dibandingkan sistem dengan satu transformator.

3. Hasil Perhitungan dan Simulasi Arus Hubung Singkat Dua Fasa

Bu s	Perhitung an (kA)	Simula si Etap (kA)	Selisi h (kA)	Persenta se error
150 (k V)	8,25 kA	9,57 kA	1,32	13,79%
20 (k V)	14,89 kA	22,28 kA	7,39	33,17%

Pada Bus 1 (150 kV), hasil perhitungan manual diperoleh sebesar 8,25 kA, sedangkan hasil simulasi ETAP sebesar 9,57 kA. Selisih antara kedua hasil tersebut adalah 1,32 kA, dengan persentase error sebesar 13,79%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil perhitungan manual memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil simulasi ETAP, namun masih menunjukkan tingkat pendekatan yang cukup baik.

Pada Bus 2 (20 kV), hasil perhitungan manual diperoleh sebesar 14,89 kA, sedangkan hasil simulasi ETAP sebesar 22,28 kA. Selisih antara kedua hasil tersebut adalah 7,39 kA, dengan persentase error sebesar 33,17%. Perbedaan yang lebih besar pada Bus 2 dibandingkan Bus 1 menunjukkan bahwa hasil perhitungan manual memiliki penyimpangan yang lebih besar terhadap hasil simulasi ETAP pada level tegangan 20 kV.

4. Hasil Perhitungan dan Simulasi Arus Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah

Bus	Perhitungan (kA)	Simulasi Etap (kA)	Selisih (kA)	Persentase error
(150 kV)	9,09 kA	10,48 kA	1,39	13,29%
20kV	16,99 kA	24,42 kA	7,43	30,44%

Pada Bus 1 (150 kV), hasil perhitungan manual diperoleh sebesar 9,09 kA, sedangkan hasil simulasi ETAP sebesar 10,48 kA. Selisih antara kedua hasil tersebut adalah 1,39 kA, dengan persentase error sebesar 13,29%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai perhitungan manual lebih rendah dibandingkan hasil simulasi ETAP, namun masih memiliki tingkat pendekatan yang cukup baik.

simulasi ETAP, namun masih memiliki tingkat pendekatan yang cukup baik.

Pada Bus 2 (20 kV), hasil perhitungan manual diperoleh sebesar 16,99 kA, sedangkan hasil simulasi ETAP sebesar 24,42 kA. Selisih antara kedua hasil tersebut adalah 7,43 kA. Perbedaan hasil pada Bus 2 lebih besar dibandingkan Bus 1, yang menunjukkan adanya penyimpangan yang lebih besar antara hasil perhitungan manual dan simulasi ETAP pada sisi tegangan 20 Kv.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan simulasi menggunakan ETAP 12.6.0 pada Gardu Induk Padang Luar, dapat disimpulkan bahwa nilai arus gangguan pada Bus 20 kV lebih besar dibandingkan Bus 150 kV pada seluruh jenis gangguan yang dianalisis. Pada gangguan tiga fasa, hasil simulasi ETAP diperoleh sebesar 11,056 kA pada Bus 150 kV dan 25,730 kA pada Bus 20 kV. Gangguan satu fasa ke tanah menghasilkan 9,54 kA dan 22,27 kA, gangguan dua fasa sebesar 9,57 kA dan 22,28 kA, sedangkan gangguan dua fasa ke tanah sebesar 10,48 kA dan 24,42 kA pada Bus 150 kV dan Bus 20 kV.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara perhitungan manual dan simulasi ETAP pada seluruh jenis gangguan. Persentase perbedaan pada Bus 150 kV berada pada kisaran 9,64%–13,79%, sedangkan pada Bus 20 kV berada pada kisaran 24,83%–33,17%. Perbedaan tersebut berkaitan dengan parameter impedansi dan konfigurasi sistem yang digunakan dalam perhitungan serta pemodelan sistem pada ETAP.

Dari empat jenis gangguan yang dianalisis, gangguan hubung singkat tiga fasa menghasilkan arus terbesar, yaitu 25,730 kA pada Bus 20 kV dan 11,056 kA pada Bus 150 kV. Hasil tersebut dapat digunakan sebagai informasi dalam evaluasi kondisi sistem tenaga listrik dan kemampuan peralatan proteksi terhadap arus hubung singkat di Gardu Induk Padang Luar.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan analisis selanjutnya juga dapat mempertimbangkan kondisi operasi sistem yang berbeda, seperti perubahan konfigurasi jaringan dan jumlah transformator yang beroperasi. Selain itu, hasil arus hubung singkat dapat digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam mengevaluasi kemampuan peralatan proteksi dan menentukan pengaturan sistem proteksi agar dapat bekerja sesuai dengan kondisi gangguan yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

Adrama, I Nyoman Gede et al. (2024). Teknik Tegangan Tinggi Gardu Induk.
Anshar C dan Budiman B. (2022). Studi Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat Berdasarkan

- Lokasi Titik Gangguan Pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV. *Jurnal teknik Komputer Agroteknologi dan Sains*. 1(1). 140-149.
- Fiqri, D. Fahmi. , S. Alona. , S. D. (2023). Analisis Simulasi Pemasangan Circuit Breaker Dan Short Circuit Pada Transformator Dengan Menggunakan Aplikasi ETAP. *Jurnal Jukim*, 2, 26–34.
- Hakiki, F., Sastra Pengalaman Tarigan. (2025). Analisis Gangguan Hubung Singkat dan Koordinasi Proteksi di Jaringan 20 KV PLTD Aneuk Laot ULP Sabang Dengan Simulasi ETAP 21.0.1. *Jurnal Nasional Teknologi Komputer*. 5. 545-553.
- Hasrul, R dan Wafa R et al. (2022). Simulasi Hubung Singkat Pada Sistem Jaringan Listrik Menggunakan ETAP 19.0.1. *Jurnal Sains, Energi, Tekonologi dan industri*. 4.(2). 28-33.
- Khirunnisa, Nabila. , I. N. dkk. (2024). Studi Literatur Tentang Jenis dan Penyebab Gangguan Pada Saluran Transmisi. *ISSN*, 11, 569–573.
- Markoni, Ferrin. (2025). Analisis Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Yogyakarta: Andi.
- Markoni, Ferrin. (2025). Operasi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: Andi Muskhair, Mukhlidi dan Latif, M.R. (2021). Rangkaian Listrik. Padang: UNP Press Nurul Syamsy, L., Tohir, T., Teknik Elektro, J., & Negeri Bandung, P. (2024). Prosiding the 15 th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung.
- Patoding, Hestikah Eirine dan Sau, Matius. (2019). Buku Ajar Energi Dan Operasi Tenaga Listrik Dengan Aplikasi ETAP. Sleman: Deepublish
- Penulis Korespondensi, E., Hakim, F., & Sembiring, M. (2025). Peran Sistem Proteksi Petir Pada Sistem Kelistrikan Di Gardu Induk 150 KV. 5(1).
- Rohman Syah, F., & Elektro, T. (2021). Analisis Hubung Singkat Pada Sistem Distribusi 20 kV PT. Pertamina Ep Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok Menggunakan ETAP 12.6.0. Subuh Isnur Haryudo, Unit Three Kartini, Nur Kholis.
- Siagian, Sahat., Simamora, Yoakim dan Sinaga D,J. (2025). Operasi Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Electrical Transient Analyzer Program (ETAP). Banyumas : Wawasan Ilmu Sleman: Deepublish Digital
- Stephanus, Harnoko dan Lestari, Sri. (2022). Proteksi Sistem Tenaga Listrik.
- Stephanus, Harnoko dan Lestari, Sri. (2025). Transmisi Arus Searah Tegangan Tinggi. Yogyakarta: Andi
- Sulistiono, A., & Kiswantono, A. (n.d.). Analisa Simulasi Gangguan Hubung Singkat Dan Breaking Capacity Circuit Breaker Menggunakan Software ETAP 12.6.0.
- Wibowo, Sigi Syah. (2018). Analisa Sistem Tenaga. Malang: Polinema Press Widiarto, Hendro dan Samanhudi, Asep. (2022). Transmisi dan Distribusi. Yogyakarta: CV Andi Offset