

Perhitungan Rating Circuit Breaker Menggunakan Software ETAP Pada Gardu Induk 150/20 KV

Muhammad Jalalludin Imron

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: muhammad.17050874050@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya arus hubung singkat antara simulasi pembangkit listrik ETAP 12.6 dan kesesuaian rating pemutus arus 150/20 kV gardu induk Mataram. Subjek penelitian ini adalah gangguan hubung singkat pada GI Mataram 150/20 kV. Penelitian ini menggunakan simulasi software ETAP Power Station 12.6. Berdasarkan hasil penelitian, hasil simulasi arus hubung singkat pembangkit listrik ETAP 12.6 pada tiga kondisi antara lain kondisi gangguan arus hubung singkat tertinggi sebesar 11,451 kA dari salah satu fasa ke ground, 9,125 kA antar fasa dan terakhir 10,466 kA untuk arus gangguan hubung singkat tiga fasa. Hasil perhitungan arus hubung singkat selanjutnya dijadikan indikator untuk mengetahui sinkronisasi kapasitas pemutus arus hubung singkat (Gardu Induk Mataram 150/20 kV). Ternyata selisih rating pemutus arus yang terpasang (*existing*) lebih besar, yaitu sebesar 40 kA untuk yang terpasang dibandingkan hasil pemilihan rating pemutus arus berdasarkan hasil simulasi dikalikan faktor keamanan 1,2, sehingga diperoleh hasil sebesar 13.741 kA. Dapat disimpulkan bahwa Gardu Induk Mataram 150/20kV telah terpasang kapasitas sinkron sesuai kebutuhan proses operasional.

Kata Kunci: kapasitas pemutus tenaga, arus hubung singkat, simulasi ETAP 12.6, kuantitatif

Abstract

The purpose of this study was to determine the magnitude of the short-circuit current between the simulation of the ETAP 12.6 power plant and the suitability of the 150/20 kV circuit breaker rating of the Mataram substation. The subject of this study was a short-circuit fault at the Mataram 150/20 kV substation. This study used the ETAP Power Station 12.6 software simulation. Based on the results of the study, the results of the short-circuit current simulation of the ETAP 12.6 power plant in three conditions include the highest short-circuit current condition of 11.451 kA from one phase to ground, 9.125 kA between phases and finally 10.466 kA for three-phase short-circuit current. The results of the short-circuit current calculation are then used as an indicator to determine the synchronization of the short-circuit circuit breaker capacity (Mataram 150/20 kV Substation). It turns out that the difference in the installed circuit breaker rating (*existing*) is greater, which is 40 kA for the installed one compared to the results of the circuit breaker rating selection based on the simulation results multiplied by a safety factor of 1.2, so that the result is 13,741 kA. It can be concluded that the Mataram 150/20kV Main Substation has been installed with synchronous capacity according to the operational process needs.

Keywords: rating circuit breaker, short circuit current, ETAP 12.6 simulation, quantitative

PENDAHULUAN

Dalam suatu jaringan tenaga listrik, sistem transmisi tenaga listrik merupakan suatu sarana yang menyalurkan energi listrik dari suatu generator ke suatu gardu induk atau dari satu gardu induk ke gardu induk lainnya, dan dalam prosesnya, besar kemungkinan terjadinya berbagai jenis kegagalan dan daya yang besar mempengaruhi keandalan sistem transmisi (Ageng Sulistiono dkk., 2021).

Sebuah gardu induk terdiri dari beberapa komponen utama seperti trafo daya, trafo arus, trafo tegangan, penangkal petir, panel kendali, reaktor, isolator, dan pemutus arus. Pemutus arus, atau sakelar mekanis yang biasa disebut circuit breaker adalah sakelar yang berfungsi sebagai pemutus arus atau distributor dalam kondisi normal atau gangguan. Karena circuit breaker merupakan komponen yang paling penting, maka koordinasi antar

circuit breaker perlu mendapat perhatian lebih (Helmi Dwi Prasetya dkk., 2021).

Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) pada Gardu Induk Mataram berfungsi untuk memutus rangkaian listrik dalam keadaan berbeban. Fungsi utama CB/PMT adalah untuk menghindari kerusakan pada peralatan Gardu Induk dan mencegah terhambatnya penyaluran tenaga listrik ke konsumen.

Tujuan dari analisis hubung singkat adalah untuk menentukan arus maksimum yang mengalir melalui setiap perangkat. Selanjutnya, sesuai kebutuhan, tentukan kapasitas peralatan, terutama pemutus arus yang merupakan salah satu perangkat proteksi sistem tenaga listrik. Dengan demikian, meskipun sistem jaringan GI Mataram berubah, Anda dapat memeriksa apakah

perangkat yang terpasang di GI Mataram masih mampu mengatasi masalah tersebut.

Dalam ilmu kelistrikan, pemutus arus memegang peranan penting dalam proses keselamatan atau perlindungan sistem kelistrikan. Pemutus sirkuit/Pemutus sirkuit (PMT) adalah alat paling penting untuk menghilangkan/melemahkan gangguan daya. PMT memiliki dua fungsi untuk menghilangkan arus hubung singkat yang sangat besar yang melebihi nilai pengenal arus beban yang mengalir melalui konduktor dan isolator. Disconnecter merupakan alat isolasi tegangan pada peralatan instalasi tegangan tinggi dan biasa digunakan untuk mengisolasi beban yang diperbaiki dari beban tegangan (Yusniati dkk., 2019)

Analisis hubung singkat (short circuit analysis) adalah analisis yang berhubungan mengenai kontribusi arus yang mengalami gangguan short circuit dan mungkin mengalir pada setiap cabang atau dalam proses perencanaan. Analisis ini bermaksud dapat memahami kapasitas beban yang dibutuhkan setiap komponen atau instrumen dalam suatu jaringan. Namun analisis ini dapat dilakukan kembali dari sistem tenaga yang sudah ada, terutama berupa yang mengalami perubahan atau pengembangan pada sistem tenaga transmisi dan pengembangan sistem pada beban yang sudah beroperasi (feeder atau penyulang). Perubahan jaringan pada electric power system ini membuat dilakukannya lagi short circuit analysis yang bertujuan yaitu untuk menentukan sudahkah peralatan proteksi atau komponen pada electric power system masih mampu beroperasi dengan baik disaat terjadinya gangguan short circuit current (Calnela dkk., 2019).

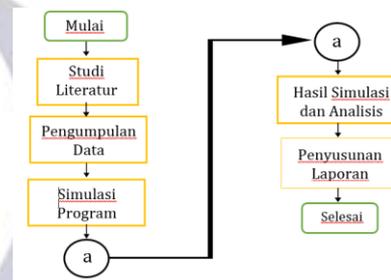
Untuk menanggulangi gangguan tersebut, perlu dilakukan analisis hubung singkat agar sistem keamanan (perlindungan) jaringan listrik dapat ditentukan dengan benar. Analisis hubung singkat merupakan analisis yang mengkaji kontribusi arus gangguan hubung singkat yang mungkin mengalir ke suatu cabang sistem (dari jaringan distribusi, transmisi, trafo, atau generator) pada saat terjadi hubung singkat yang mungkin terjadi pada sistem tenaga listrik (Yulisman, 2018).

Analisis hubung singkat dapat dilakukan dengan menggunakan teknik analisis hubung singkat simetris dan tidak seimbang atau menggunakan komponen simetris. Perangkat lunak ETAP Power Station 12.60 dapat digunakan sebagai program simulasi gangguan hubung singkat pada jaringan tenaga listrik untuk analisis yang cepat dan akurat. Mulailah analisis aliran daya Anda dengan mempertimbangkan komponen dan perangkat AC dan DC yang digunakan untuk menggambarkan diagram satu garis sistem tenaga Anda. Editor Kasus Analisis Aliran Beban mencakup beberapa opsi untuk variabel kontrol dan format laporan atau hasil keluaran perangkat lunak yang digunakan untuk menyelesaikan analisis aliran beban. Setelah memilih studi kasus, kita akan mengkaji aliran daya dalam sistem saat terjadi hubungan pendek pada jaringan listrik. Umumnya, analisis hubung singkat dilakukan ketika membangun jaringan listrik baru dan melihat LF-Default, Tab Jendela dan Proyek Editor.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan studi literatur dengan menganalisis dari sebagian jurnal ilmiah tentang circuit breaker, setelah itu data hasil analisis dari harian ilmiah. Penelitian ini pula memakai tata cara kuantitatif sebab berkaitan penghitungan angka. Bagi Sugiyono (2018) data kuantitatif ialah metode penelitian yang berlandaskan positivistic (data konkrit), data penelitian berupa angka-angka yang akan diukur menggunakan statistik sebagai alat uji penghitungan, berkaitan dengan masalah yang diteliti untuk menghasilkan suatu kesimpulan.

Flowchart rancangan penelitian sebagai berikut:

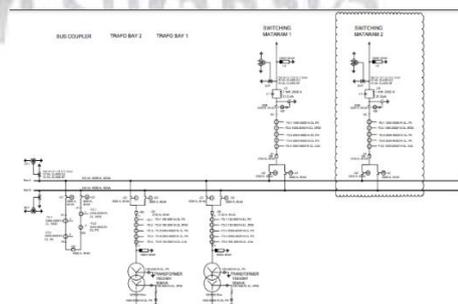


Gambar 1. Flowchart Sistematika Penelitian Rating Circuit Breaker

Dari proses awal yakni Studi Literatur dengan mengumpulkan beberapa referensi, dilanjutkan dengan Pengumpulan Data yang didapatkan dari lokasi penelitian, lalu dari terkumpulnya data yang dibutuhkan maka dapat dilakukan Simulasi Program. Setelah Simulasi Program dilakukan maka muncul Hasil Simulasi dengan dilanjutkan analisis data dari Hasil Simulasi dan dilanjutkan Penyusunan Laporan.

Analisa terhadap perhitungan arus hubung singkat, peneliti menganalisa dengan mengumpulkan data *real time* berupa data *logger* yang merupakan kumpulan data *real* hasil pengukuran diperoleh dari sistem SCADA yang dilakukan operator pihak GI Mataram. Data yang dibutuhkan berupa nilai daya ataupun tegangan dari Generator, Transformator maupun *Line Bus*. Sehingga pada Circuit Breaker bisa muncul nilai hasil dari *short circuit* menggunakan simulasi *software* ETAP.

Dan untuk *single line diagram* yang digunakan data masukkan untuk simulasi ETAP seperti pada gambar berikut:

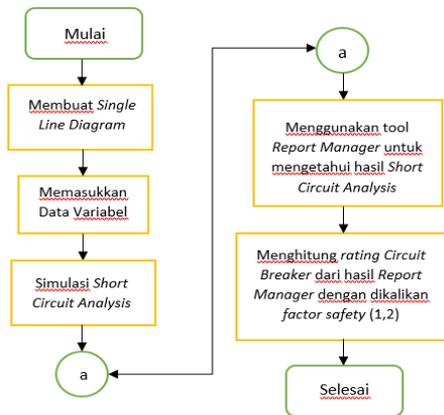


Gambar 2. Single Line Diagram digunakan data masukkan untuk simulasi ETAP

Dari gambar single line diagram diatas dapat dilihat bahwa terdapat *Generator Swing*, *BayBus A* dan *B*, *Disconnecting Switch (DS)*, *Transformator*, *Circuit Breaker (CB)* dan *Lightning Arrester (LA)* serta *Load*.

Adapun setelah nanti diketahui nilai *short circuit current* dari *Circuit Breaker* maka bisa ditentukan *rating Circuit Breaker* lalu dibandingkan dengan rating *Circuit Breaker* yang sudah terpasang pada GI 150 kV Mataram.

Flowchart simulasi ETAP 12.6 sebagai berikut:



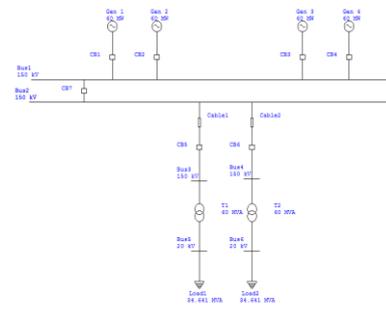
Gambar 3. Flowchart Sistematika Penelitian Rating Circuit Breaker

Perangkat lunak yang digunakan untuk perhitungan ini adalah ETAP 12.6. ETAP memungkinkan Anda membuat proyek sistem tenaga dalam bentuk diagram induksi dan jalur sistem ground untuk berbagai bentuk analisis seperti aliran daya, hubung singkat, *start* motor, stabilitas transien, koordinasi relai proteksi, harmonisasi sistem, dll. Dalam proyek jaringan listrik, setiap elemen rangkaian dapat diedit langsung dari diagram satu garis atau jalur sistem ground. Untuk kenyamanan, Anda dapat menampilkan hasil perhitungan analitis Anda dalam grafik garis tunggal..

Berdasarkan pertanyaan penelitian, penelitian ini mengadopsi metode deskriptif kualitatif untuk mengumpulkan data real-time dalam bentuk data logger. Merupakan kumpulan data nyata dari pengukuran yang diperoleh dari sistem SCADA yang dilakukan oleh operator GI Mataram. Selain itu diperlukan data spesifikasi setiap perangkat sebagai data masukan parameter-parameter yang diperlukan untuk simulasi program software ETAP Power Station 12.60.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menarik kesimpulan mengenai kapasitas pemutus arus GI Mataram 150/20 kV. Hal ini untuk memeriksa kesesuaian kapasitas pemutus arus dan mengetahui apakah masih mampu menangani gangguan arus hubung singkat. Namun pada sistem jaringan GI Mataram 150/20 kV terjadi perubahan sistem transmisi dan sistem beban pada sistem jaringan.

Adapun setelah diketahui data dari nilai daya ataupun tegangan dari Generator, Transformator maupun *Line Bus* maka kita buat single line diagram dari data yang telah didapat. Dan untuk *single line diagram* yang dibuat seperti pada gambar berikut:



Gambar 4. Single Line Diagram untuk menghitung short circuit pada Circuit Breaker

Adapun *single line diagram* dibuat sesuai jalur sistem pada Gardu Induk yang sesuai pada gambar 3.2 tentang *single line diagram* pada Gardu Induk Mataram. Yang terdiri dari *Swing Generator* yang dihubungkan ke CB dan sesuai misal Generator 1 dengan CB 1 dst. Dari CB 1 sampai 4 disambungkan dengan BusBar A dan diantara BusBar A (Bus 1) dan B (Bus 2) terdapat CB 7. Dilanjutkan dari BusBar B disambung dengan CB 5 dan 6, untuk setelah CB 5 disambungkan Bus 3 lalu ke Trafo 1 dan yang CB 6 disambungkan Bus 4 lalu ke Trafo 2. Dari Trafo 1 dilanjutkan ke Bus 5 lalu ke Load 1 sedangkan dari Trafo 2 dilanjutkan ke Bus 6 lalu ke Load 2.

Setelah dibuat *single line diagram* maka dimasukkan nilai daya atau tegangan dari data yang sudah diperoleh ke *element-element* pada rangkaian *single line diagram* yang telah dibuat. Setelah dimasukkan data maka untuk mencari nilai dapat menggunakan *tool short-circuit analysis*, dan ketika sudah berjalan analisis dari programnya maka untuk melihat data nilai dari *short circuit* pada *circuit breaker* dengan cara menggunakan *tool report manager*, setelah diklik maka kita pilih opsi untuk data yang kita butuhkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun untuk rangkaian *single line diagram* yang digunakan untuk simulasi ETAP *Power Station* seperti pada Gambar 3.2. maka setelah membuat *single line diagram* selesai, maka kita masukkan nilai-nilai pada setiap element menggunakan data *real time* berupa data *logger* yang merupakan kumpulan data *real* hasil pengukuran diperoleh dari sistem SCADA yang dilakukan operator pihak GI Mataram.

Untuk data yang dibutuhkan berupa nilai daya untuk generator (dalam bentuk satuan MW), nilai tegangan pada penghantar (*Bus*) (dalam bentuk satuan kV) dan nilai arus pada Transformator (dalam bentuk satuan MVA). Adapun data tersebut sebagai berikut:

1. Generator

Tabel 1. Nilai Daya pada Generator GI Mataram

Nama Generator	Nilai Daya (MW)
Generator 1	60
Generator 2	60
Generator 3	60
Generator 4	60

Pada Gardu Induk Mataram terdapat Generator yang berkarakteristik *Swing* berupa system kinerja dengan upaya untuk memperbaiki kekurangan daya pada sistem adalah dengan menjaga nilai sudut tegangan terminal generator pada nilai operasi tertentu.

2. Penghantar (*Bus*)

Tabel 2. Nilai Daya pada Generator GI Mataram

Nama Penghantar	Nilai Tegangan (kV)
Bus 1 (<i>Swing Bus A</i>)	150
Bus 2 (<i>Swing Bus B</i>)	150
Bus 3 (<i>Generator Bus A</i>)	150
Bus 4 (<i>Generator Bus B</i>)	150
Bus 5 (<i>Load Bus A</i>)	20
Bus 6 (<i>Load Bus B</i>)	20

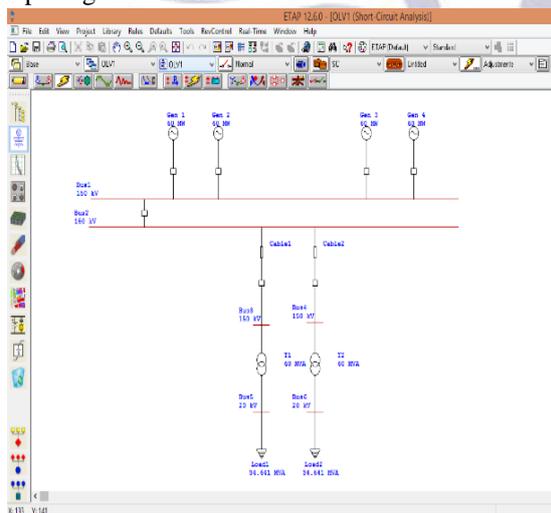
Pada sistem jaringan Gardu Induk Mataram terdapat *Bayline A* dan *B*, yang setiap *Bus* terdapat sepasang *Swing Bus*, *Generator Bus* dan *Load Bus*.

3. Transformator

Tabel 3. Nilai Arus pada Transformator GI Mataram

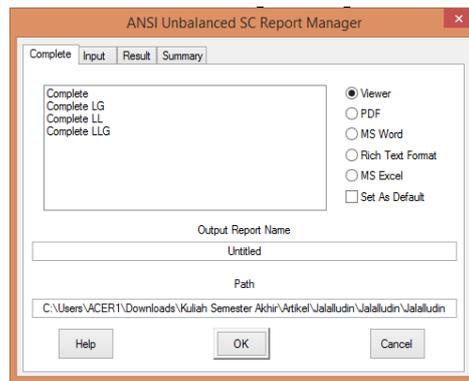
Nama Transformator	Nilai Arus (MVA)
Transformator 1	60
Transformator 2	60

Gardu Induk Mataram mempunyai Trafo sepasang sebesar 60MVA. Dari data-data di beberapa tabel diatas yang setelah itu dimasukkan pada element-element yang sesuai table tersebut. Maka bisa kita gunakan *tool short-circuit analysis* untuk menjalankan program seperti pada gambar berikut:



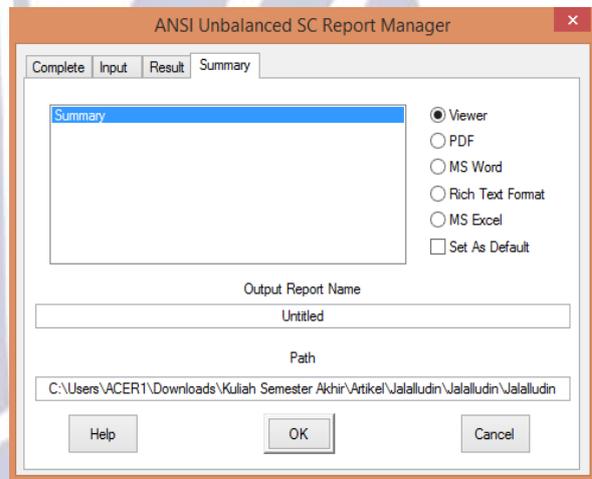
Gambar 5 Tampilan ETAP saat menjalankan tool *Short-Circuit Analysis*

Setelah itu kita supaya mendapatkan data hasil menjalankan *tool short-circuit analysis* tersebut dengan *tool report manager*. Setelah kita klik maka muncul seperti pada gambar berikut:



Gambar 6. Tampilan *Report Manager* pada ETAP

Setelah muncul tampilan dari tool *Report Manager* maka kita pilih yang *Summary* lalu pilih *Summary* lagi dan pilih mode *viewer* terakhir klik *OK* seperti pada gambar berikut:



Gambar 7. Tampilan *Report Manager* untuk *Summary* pada ETAP

Setelah itu akan muncul hasilnya seperti berikut:

Project:	ETAP	Page:	1
Location:	12.6.008	Date:	11-10-2022
Contract:		SN:	
Engineer:	Study Case: SC	Revision:	Base
Filename:	Jalaludin	Config:	Normal

Short-Circuit Summary Report

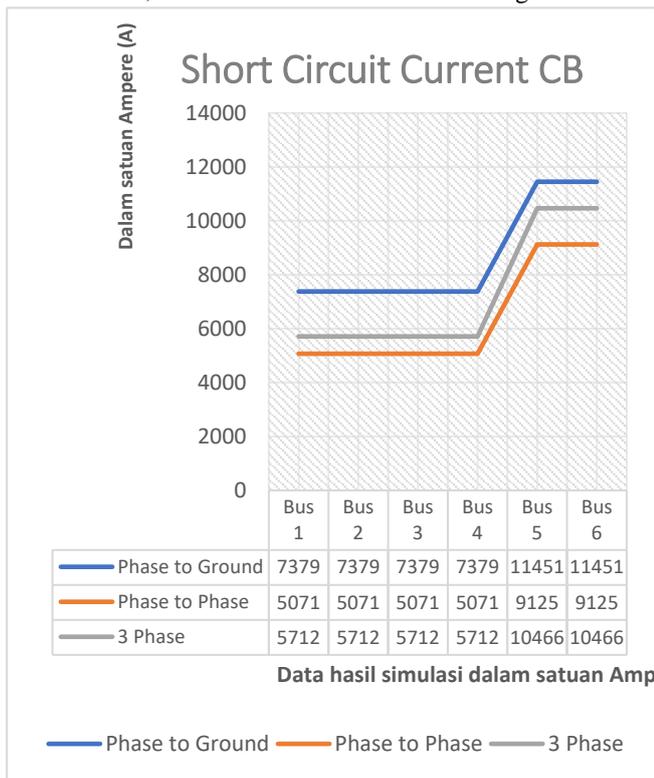
1/2 Cycle - 3-Phase, L-G, LL, & LLG Fault Currents
 Prefault Voltage = 100 % of the Bus Nominal Voltage

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
Bus1	150.00	0.000	-5.704	5.712	0.668	-7.549	7.579	2.024	0.410	2.071	-3.372	4.227	5.024
Bus2	150.00	0.000	-5.704	5.712	0.668	-7.549	7.579	2.024	0.410	2.071	-3.372	4.227	5.024
Bus3	150.00	0.000	-5.704	5.712	0.670	-7.548	7.579	2.024	0.412	2.071	-3.381	4.232	5.030
Bus4	150.00	0.000	-5.704	5.712	0.670	-7.548	7.579	2.024	0.412	2.071	-3.381	4.232	5.030
Bus5	20.00	0.111	-10.446	10.471	0.372	-11.443	11.451	0.319	0.312	0.322	0.945	4.537	11.085
Bus6	20.00	0.111	-10.446	10.471	0.372	-11.443	11.451	0.319	0.312	0.322	0.945	4.537	11.085

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

Gambar 8. Tampilan hasil *Report Manager*

Adapun untuk hasil dari *short circuit* salah satu *Phase* ke *Ground*, *Phase* ke *Phase* dan 3 *Phase* sebagai berikut:



Gambar 9. Tampilan grafik Data *Report Manager* pada ETAP

Dari hasil simulasi ETAP didapatkan nilai short circuit current dari masing-masing Bus. Adapun ketika kita ambil nilai hasil tertinggi short circuit current dari masing-masing Bus maka kita bisa kita hitung dengan rumus Rating CB = Nilai Short Circuit Current x factor safety yakni 1,2 dapat kita temukan:

- Hasil nilai pada *short circuit current* tertinggi pada bus 1 sebesar 7,319 kA.
 $\text{Rating CB} = \text{Nilai Short Circuit Current} \times \text{factor safety}$
 $= 7,319 \text{ kA} \times 1,2$
 $= 8,783 \text{ kA}$
 Maka dengan pemilihan *rating Circuit Breaker* yang tersedia di pasaran sebesar 20 kA.
- Hasil nilai pada *short circuit current* tertinggi pada bus 2 sebesar 7,319 kA.
 $\text{Rating CB} = \text{Nilai Short Circuit Current} \times \text{factor safety}$
 $= 7,319 \text{ kA} \times 1,2$
 $= 8,783 \text{ kA}$
 Maka dengan pemilihan *rating Circuit Breaker* yang tersedia di pasaran sebesar 20 kA.
- Hasil nilai pada *short circuit current* tertinggi pada bus 3 sebesar 7,319 kA.
 $\text{Rating CB} = \text{Nilai Short Circuit Current} \times \text{factor safety}$
 $= 7,319 \text{ kA} \times 1,2$
 $= 8,783 \text{ kA}$
 Maka dengan pemilihan *rating Circuit Breaker* yang tersedia di pasaran sebesar 20 kA.
- Hasil nilai pada *short circuit current* tertinggi pada bus 4 sebesar 7,319 kA.

$\text{Rating CB} = \text{Nilai Short Circuit Current} \times \text{factor safety}$
 $= 7,319 \text{ kA} \times 1,2$
 $= 8,783 \text{ kA}$

Maka dengan pemilihan *rating Circuit Breaker* yang tersedia di pasaran sebesar 20 kA.

Hasil nilai pada *short circuit current* tertinggi pada bus 5 sebesar 11,451 kA.

$\text{Rating CB} = \text{Nilai Short Circuit Current} \times \text{factor safety}$
 $= 11,451 \text{ kA} \times 1,2$
 $= 13,741 \text{ kA}$

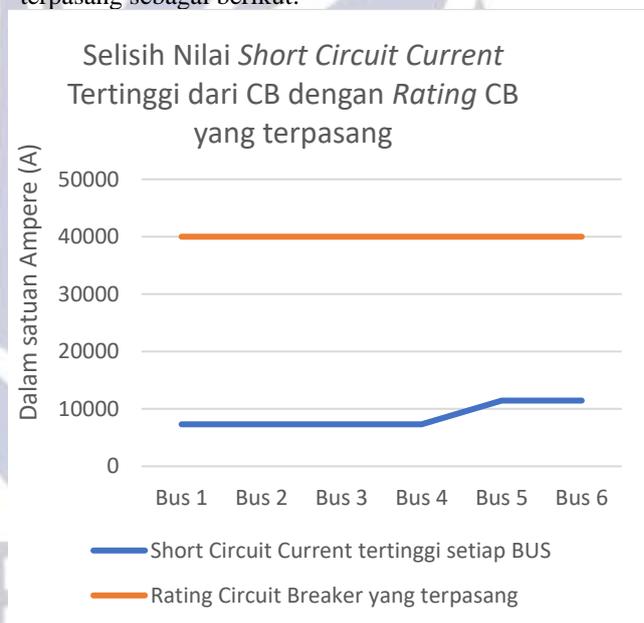
Maka dengan pemilihan *rating Circuit Breaker* yang tersedia di pasaran sebesar 20 kA.

Hasil nilai pada *short circuit current* tertinggi pada bus 6 sebesar 11,451 kA.

$\text{Rating CB} = \text{Nilai Short Circuit Current} \times \text{factor safety}$
 $= 11,451 \text{ kA} \times 1,2$
 $= 13,741 \text{ kA}$

Maka dengan pemilihan *rating Circuit Breaker* yang tersedia di pasaran sebesar 20 kA.

Adapun perbandingan dari nilai tertinggi salah satu *Phase* ke *Ground*, *Phase* ke *Phase* dan 3 *Phase short circuit current* setiap bus dan *rating Circuit Breaker* yang terpasang sebagai berikut:



Gambar 10. Tampilan grafik perbandingan hasil tertinggi *short circuit current* setiap Bus dengan *Rating Circuit Breaker* yang terpasang

Adapun dari hasil yang simulasi ETAP kita ambil yang tertinggi adalah 11,451 kA pada Bus 5 dan 6 dan untuk mencari rating circuit breaker dengan dikalikan factor safety yakni 1,2.

Maka, $\text{Rating CB} = \text{Hasil simulasi ETAP} \times \text{factor safety}$
 $= 11,451 \text{ kA} \times 1,2$
 $= 13,741 \text{ kA}$

Jadi rating CB yang dibutuhkan minimal adalah 13,741 kA.

Adapun *rating* dari *Circuit Breaker* yang dibutuhkan sesuai yang tersedia di pasaran adalah 20 kA, 25 kA, 35 kA

dan 40 kA. Karena dari hasil perhitungan *rating circuit breaker* adalah 13,741 kA maka yang dibutuhkan minimal *rating Circuit Breaker* yang kapasitas 20 kA. Sedangkan untuk kapasitas rating Circuit Breaker yang terpasang adalah 40 kA dan untuk hasil perhitungan rating CB dengan yang terpasang adalah perbedaannya tidak sedikit dan sesuai kebutuhan operasional maka dalam kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa *rating Circuit Breaker* yang terpasang sesuai dengan kebutuhan operasional Gardu Induk Mataram.

PENUTUP

Kesimpulan

Hasil dari pembahasan tentang short circuit pada power system electric Gardu Induk Mataram sisi 150 kV dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Berdasarkan nilai gangguan pada *Short Circuit Current* tiga Phase pada busbar 150 kV maka dapat ditentukan rating CB pada tiap bus sebagai berikut:

Hasil nilai pada short circuit current tertinggi pada bus 1 sebesar 7,319 kA. Dan dengan dikalikan *factor safety* yakni 1,2 maka *rating circuit breaker* sebesar 8,783 kA. Maka untuk syarat minimal pemilihan *rating circuit Breaker* yang sesuai dan tersedia di pasaran sebesar 20 kA.

Hasil nilai pada *short circuit current* tertinggi pada bus 2 sebesar 7,319 kA. Dan dengan dikalikan *factor safety* yakni 1,2 maka *rating circuit breaker* sebesar 8,783 kA. Maka untuk syarat minimal pemilihan *rating Circuit Breaker* yang sesuai dan tersedia di pasaran sebesar 20 kA.

Hasil nilai pada *short circuit current* tertinggi pada bus 3 sebesar 7,319 kA. Dan dengan dikalikan *factor safety* yakni 1,2 maka *rating circuit breaker* sebesar 8,783 kA. Maka untuk syarat minimal pemilihan *rating Circuit Breaker* yang sesuai dan tersedia di pasaran sebesar 20 kA.

Hasil nilai pada *short circuit current* tertinggi pada bus 4 sebesar 7,319 kA. Dan dengan dikalikan *factor safety* yakni 1,2 maka *rating circuit breaker* sebesar 8,783 kA. Maka untuk syarat minimal pemilihan *rating Circuit Breaker* yang sesuai dan tersedia di pasaran sebesar 20 kA.

Hasil nilai pada *short circuit current* tertinggi pada bus 5 sebesar 11,451 kA. Dan dengan dikalikan *factor safety* yakni 1,2 maka *rating circuit breaker* sebesar 13,741 kA. Maka untuk syarat minimal pemilihan *rating Circuit Breaker* yang sesuai dan tersedia di pasaran sebesar 20 kA.

Hasil nilai pada *short circuit current* tertinggi pada bus 6 sebesar 11,451 kA. Dan dengan dikalikan *factor safety* yakni 1,2 maka *rating circuit breaker* sebesar 13,741 kA. Maka untuk syarat minimal pemilihan *rating Circuit Breaker* yang sesuai dan tersedia di pasaran sebesar 20 kA.

Perbandingan rating Circuit Breaker yang terpasang (existing) lebih besar daripada *rating circuit breaker* minimal masing-masing setiap Bus yakni 20 kA dari hasil *short circuit current* dengan menggunakan simulasi *short-circuit analysis* pada software ETAP dan dikalikan dengan *factor safety*, sehingga dapat disimpulkan bahwa Circuit Breaker yang terpasang di Gardu Induk Mataram sisi 150 kV mempunyai kapasitas yang masih relevan dengan keperluan dan layak dipakai meskipun telah mengalami perubahan sistem jaringan tenaga listrik.

Saran

Setelah mengetahui hasil penelitian yang diperoleh, maka peneliti memberikan saran sebagai berikut:

Hasil penelitian nilai arus hubung singkat pada tugas akhir ini akan digunakan untuk menentukan kapasitas pemutus arus dan mengevaluasi kinerja pemutus arus. Dipasang di Gardu Induk Mataram (halaman 150 kV) (eksisting). Hasil kajian arus hubung singkat diharapkan dapat digunakan untuk mengetahui ketahanan alat proteksi lainnya.

Oleh karena itu, untuk membandingkan hasil yang diperoleh dan mencapai akurasi yang lebih tinggi, pemutus sirkuit harus diuji lebih detail menggunakan data dan metode yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelinda, C. R. (2022). *Analisis Kinerja Sistem Proteksi Akibat Gangguan Hubung Singkat Di Gardu Induk Jajar 150 Kv Dengan Menggunakan Software Etap 12.6.0*. Skripsi tidak diterbitkan. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ariyanto, E. (2019). *Analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Dan Keserempakan Pemutus Tenaga 150 Kv Bay Palur 1 Dan Palur 2 Gardu Induk Gondangrejo*. Skripsi tidak diterbitkan. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Balqis, A., R. A. Y., & RM. E. S. (2024). Evaluasi Kapasitas Circuit Breaker (Cb) Disisi Sekunder Gardu Induk Bungaran Pada Penyulang Akasia 20 KV. *Jurnal Ilmiah Mutidisiplin*, 14(1), 1-10.
- Calnela, C., Suyitno, & Imam, A. R. (2019). Analisis Hubung Singkat Pada Gardu Induk 150/20 Kv Studi Kasus Di Gardu Induk Gandul, Cinere. *Journal of Electrical and Vocational Education and Technology*, 4(2), 53–59.
- Ernia, A. D. (2017). *Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Sistem Tenaga Listrik Di Pertamina Ep-Central Processing Plant Area Gundih Menggunakan Software Etap 12.6*. Skripsi tidak diterbitkan. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Fajar, A. M. F., & Ika H. (2017). *Analisis Aliran Daya Dan Gangguan Hubung*. Skripsi tidak diterbitkan. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Farzi, A., Denny I., & Rini P. A. (2021). Analisis Kinerja Circuit Breaker 20 Kv Plta Wonorejo Bermedia Sf6. *Syntax Admiration*, 2(1), 1-9.
- Nugroho, W., Abdul, Syakur. (2017). *Pengujian Tahanan Isolasi Pada Pemeliharaan Pemutus Tenaga Gas Sf 6 Bay Purworejo Gardu Induk 150 Kv Bantul*. Skripsi tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Dponegoro.
- Fiqri D. F. A., Alona S., & Debyo S. (2023). Analisis Simulasi Pemasangan Circuit Breaker Dan Short Circuit Pada Transformator Dengan Menggunakan Aplikasi Etap. *Jurnal Ilmiah Mutidisiplin*, 2(1), 26-36.
- Pangestu, R. I. (2019). *Analisis Kinerja Circuit Breaker Pada Sisi 150 kV Gardu Induk Lamhotma*. Skripsi tidak diterbitkan. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

- Prasetya H. D., Ulinnuha L., & Rahmat H. (2021). Identifikasi Kerusakan PMT 500KV BAY 7A1 Menggunakan Metode Breaker Analyzer dan Tahanan Kontak di Gardu Induk. *Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA*, 5(2), 156–164.
- Sugiyono. (2018). *Metode penelitian kuantitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Sulistiono, A. & Agus, K. (2021). Analisa Simulasi Gangguan Hubung Singkat Dan Breaking Capacity Circuit Breaker Menggunakan Software Etap 12.6.0. *SinarFe7-4*, 4(1), 619–622.
- Yulisman. (2018). Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat Sistem Tenaga Listrik Dengan Aplikasi Matlab. *Rang Teknik Jurnal*, 1(1), 113–121.
- Yusniati, Elvy S. N., & Rizki I. P. (2019). Analisis Kinerja Circuit Breaker Pada Sisi 150 Kv Gardu Induk Lamhotma. Makalah disajikan dalam *Seminar Nasional Teknik UISU*. Medan: Universitas Islam Sumatera Utara.

