

ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PANEL UTAMA TEGANGAN RENDAH GARDU C BANDARA EL TARI KUPANG UNTUK MENENTUKAN KAPASITAS PEMUTUSAN PEMUTUS TENAGA MENGGUNAKAN ETAP 12.6

Agusthinus S. Sampeallo¹, Evtaleny R. Mauboy², Muhamad Iqbal³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto Penfui Kupang
Email: agusthinus_sampeallo@yahoo.com, evtalenymauboy@staf.undana.ac.id, iqbal.noah27@gmail.com

ABSTRACT

Histori Artikel:
Diterima Mar 02, 2022
Direvisi Mar 14, 2022
Disetujui Apr 20, 2022

All operational activities at the El Tari Kupang airport in meeting their electricity needs are obtained from the electricity supply from PLN. Fulfilling the electricity needs in the airport building is expected to be able to serve lighting loads, motor loads and other loads without any disturbance.

This study aims to determine the amount determine the breaking capacity of a power breaker in the form of a Circuit breaker (CB). Short circuit simulations were carried out using ETAP and then validated with the equations of the existing theory based on the impedance values of each sequence in the simulated fault.

The value or number from the study shows the smallest short circuit value, namely a single-phase short circuit to ground with a value of 4.82 kA on the Switchgear 2 bus. 3-phase short circuit largest with a value of 9.45 kA on the Switchgear 1 bus. and 2. The breaker capacity of low-voltage panel power is obtained as a result of the Circuit Breaker (CB) termination capacity on Bus Switchgear 1 the value of the disconnection capacity is 10,875 kA, On Bus Switchgear 2 the value of the disconnection capacity is 8.67 kA and on Bus Switchgear 1 and 2 the value of the termination capacity of 14,175 kA.

Keywords: Short circuit, El Tari Airport, Low voltage protection, ETAP 12.6

ABSTRAK

Seluruh kegiatan operasional pada bandara El Tari Kupang dalam pemenuhan kebutuhan listriknya di peroleh dari pasokan daya listrik dari PLN. Pemenuhan kebutuhan listrik di dalam gedung bandara di harapkan dapat melayani beban penerangan, beban motor dan beban lainnya tanpa adanya gangguan.

Penelitian ini bertujuan menentukan besar nilai hubung singkat serta menentukan kapasitas pemutusan suatu pemutus tenaga berupa Circuit breaker (CB). Pada bagian simulasi dilakukan menggunakan ETAP selanjutnya divalidasikan dengan persamaan dari teori yang ada yang didasari dari nilai impedansi masing-masing urutan pada gangguan yang disimulasikan.

Nilai atau angka dari penelitian menunjukkan hubung singkat satu fasa ke tanah merupakan gangguan dengan nilai paling kecil dengan nilai 4,82 kA pada bus Switchgear 2. Hubung singkat 3 fasa adalah gangguan dengan nilai paling besar dengan nilai 9,45 kA pada bus Switchgear 1 dan 2. Kapasitas pemutus tenaga panel tegangan rendah di dapatkan hasil kapasitas pemutusan Circuit Breaker (CB) pada Bus Switchgear 1 nilai kapasitas pemutusannya sebesar 10.875 kA, Pada Bus Switchgear 2 nilai kapasitas pemutusannya sebesar 8.67 kA dan pada Bus Switchgear 1 dan 2 nilai kapasitas pemutusannya sebesar 14.175 kA.

Kata Kunci: Hubung singkat, Bandara El Tari, Proteksi tegangan rendah, ETAP 12.6

Penulis Korespondensi:

Muhamad Iqbal,
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Nusa Cendana,
Jl. AdisuciptoPenfui - Kupang.
Email: iqbal.noah27@gmail.com



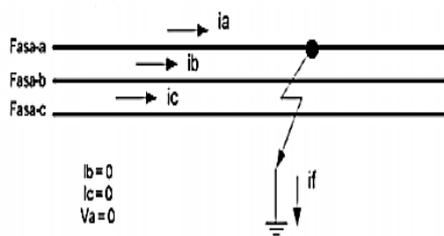
1. PENDAHULUAN

Kegiatan operasional Bandara El Tari Kupang, dalam pemenuhan kebutuhan listriknya diperoleh dari pasokan daya utama milik PT PLN (Persero). Daya listrik yang dipasok dari PLN sebesar 3465 kVA dengan jenis tegangan menengah 20 kV yang kemudian diturunkan lagi ke tegangan rendah 400/230V menggunakan transformator distribusi milik Bandara El Tari Kupang. Suplai daya listrik tersebut di gunakan untuk melayani tempat check in keberangkatan, terminal keberangkatan, terminal kedatangan, ruang tunggu keberangkatan dan beberapa usaha UMKM.

Jenis proteksi tenaga listrik yang di gunakan pada sistem jaringan tegangan rendah di bandara El Tari Kupang adalah *Circuit Breaker* (CB). Penentuan kapasitas pemutus sistem proteksi sangat di perlukan guna mengamankan sistem kelistrikan dari gangguan hubung singkat dalam kawasan Bandara El Tari Kupang. Fungsi dari proteksi tenaga listrik sangat penting agar harus bekerja dengan cepat dan akurat supaya dapat melindungi berbagai alat vital dan manusia itu sendiri. Penelitian ini menggunakan *software* ETAP untuk menyimulasikan besar arus gangguan serta digunakan sebagai perhitungan nilai impedansi masing-masing urutan yang akan digunakan sebagai instrumen manual untuk perhitungan menggunakan persamaan sebagai validasi selisih nilai antara simulasi dan perhitungan. Penelitian memiliki tujuan menentukan nilai arus pemutusan pada CB (*Circuit Breaker*) berdasarkan nilai gangguan paling besar.

1.1 Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Hubung singkat satu fasa ke tanah merupakan hubung singkat yang terjadi karena hubung penghantar fasa dan tanah saling bersentuhan [1-3]. Yang dapat di lihat sebagai berikut [3].

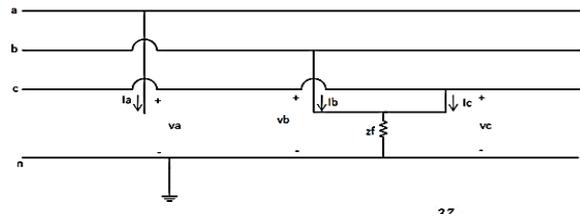


Gambar 1.2 Hubung Satu Fasa ke Tanah

$$I_f = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

1.2 Hubung Singkat Dua Fasa Ke Tanah

Terjadi ketika kedua jenis fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat ke bawah. Yang bisa dilihat di gambar dibawah ini [4].



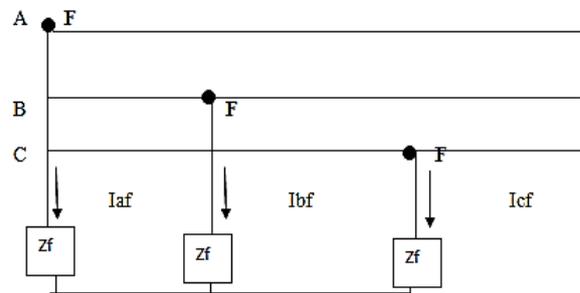
Gambar 1.2 Hubung Dua Fasa ke tanah

$$I_1 = I_f = \frac{V_f}{Z_1 + [Z_2 // (Z_0 + 3Z_f)]}$$

$$= \frac{(V_f)}{Z_1 + \left[\frac{Z_2(Z_0 + 3Z_f)}{Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \right]}$$

1.3 Hubung Singkat Tiga Fasa

Merupakan gangguan dimana bersentuhannya ketiga penghantar fasa secara bersamaan yang dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini [5-7].

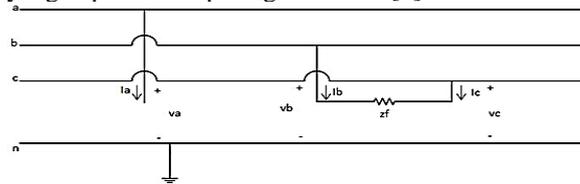


Gambar 1.3 Hubung Tiga Fasa

$$I_f \text{ 3 fasa} = \frac{V_{1-n}}{Z_1}$$

1.4 Hubung Singkat Fasa ke Fasa

Merupakan gangguan yang terjadi karena bersentuhannya kedua buah fasa dalam satu penghantar yang dapat dilihat pada gambar 1.4 [8].



Gambar 1.4 Hubung Fasa ke Fasa

Gangguan ini di ambil impedansi urutan positif dan negatif, sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$I_f = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2}$$

1.5 Kemampuan Pemutusan Pemutus Tenaga

Kemampuan pemutusan pemutus tenaga adalah arus total terbesar (AC dan DC) yang dapat diputuskan dengan selamat jika terjadi gangguan. Besar arus ini tergantung dari waktu terbukanya alat pemutus tenaga itu. Karena komponen DC sulit dihitung, maka untuk mengikutsertakan komponen DC ini, arus gangguan simetris (AC) dikalikan dengan suatu faktor pengali (k). Faktor tersebut tergantung dari waktu membukanya pemutus tenaga [9].

Persamaan dari kemampuan arus pemutusan waktu sesaat adalah [10] :

$$I_m = 1.6 \times I''_{hs}$$

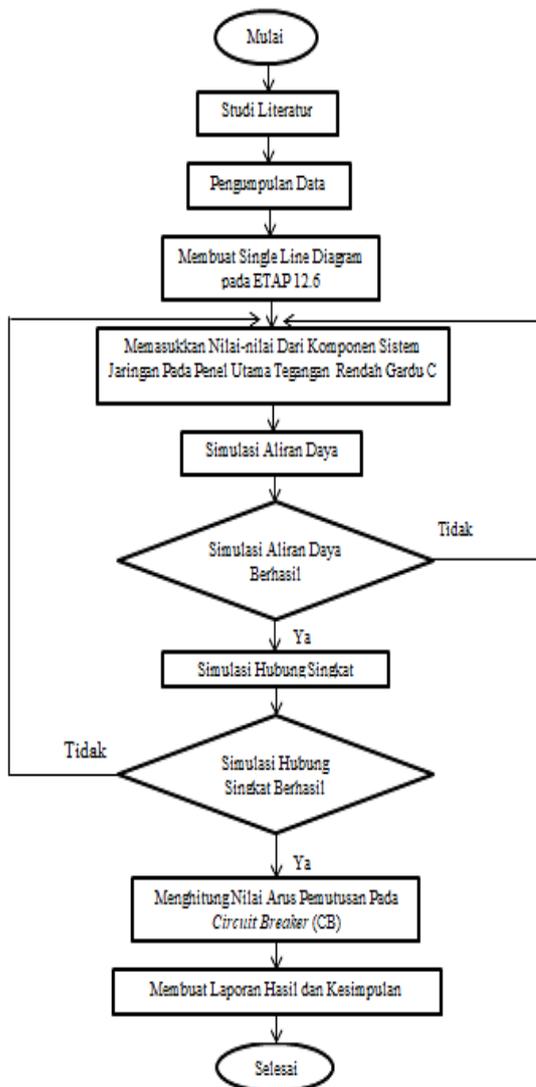
Sedangkan untuk tegangan dibawah 0.5 kV, adalah:

$$I_m = 1.5 \times I''_{hs}$$

2. METODE PENELITIAN

1. Metode Deskriptif

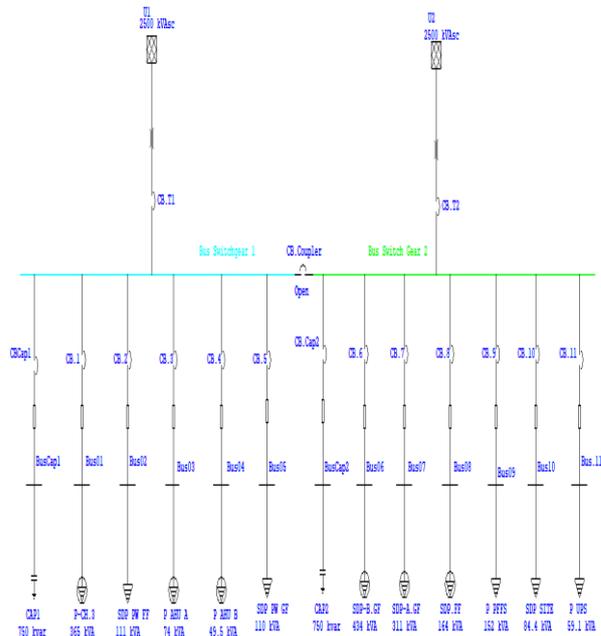
- Melakukan studi pustaka dan perhitungan matematis yang berkaitan dengan perhitungan hubung singkat dan penentuan nilai arus pemutusan Circuit Breaker (CB).
- Studi literatur tentang teori-teori yang berhubungan dengan sistem distribusi tegangan rendah.
- Hasil yang diperoleh dari kajian deskriptif adalah data empiris yang dapat dipakai sebagai tolak ukur dalam melakukan Analisa perhitungan arus hubung singkat dan nilai arus pemutusan Circuit Breaker (CB).



Gambar 2.1 Diagram Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Panel Utama Tegangan Rendah Gardu C Bandara Eltari



Gambar 3.1 Panel Utama Tegangan Rendah Gardu C Bandara Eltari

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa transformator 1 melayani beban pada bus switchgear 1 (di tandai dengan warna biru) dan transformator 2 melayani beban pada bus switchgear 2 (di tandai dengan warna hijau). Keadaan ini bisa di lihat dari *circuit breaker (cb) coupler* dalam keadaan *open* (terbuka). Bila transformator 1 mengalami gangguan atau sedang dalam pemeliharaan, maka seluruh beban pada bus *switchgear* 1 dan 2 akan di layani oleh transformator 2 yang mana *circuit breaker (cb) coupler* akan tertutup dan pengaman *circuit breaker (cb)* pada transformator 1 akan terbuka begitupun dengan keadaan sebaliknya.

Tabel 3.1 Data Beban Pada Panel Tegangan Rendah Gardu C Bandara El Tari Kupang.

No	Nama beban	Nama Bus	Sumber Bus	Voltage (V)	Daya (kVA)	Jenis Panel	Jenis Beban
1	P. Chiller	Bus 01	Bus Switchgear 1	400	365	Motor	Lumped
2	SDP PW FF	Bus 02		400	111	Penerangan	Static
3	P AHU A	Bus 03		400	74	Motor	Lumped
4	P AHU B	Bus 04		400	49.5	Motor	Lumped
5	SDP PW GF	Bus 05		400	110	Penerangan	Static
6	SDP B GF	Bus 06	Bus Switchgear 2	400	343	Pendingin Ruang dan Daya	Lumped
7	SDP A GF	Bus 07		400	311	Pendingin Ruang dan Daya	Lumped
8	SDP FF	Bus 08		400	164	Pendingin Ruang dan Daya	Lumped
9	P PFFS	Bus 09		400	152	Penerangan	Static
10	SDP SITE	Bus 10		400	84.4	Penerangan	Static
11	P UPS	Bus 11		400	59.1	Penerangan	Static

Di aplikasi ETAP 12.6 terdapat 2 jenis beban yang akan diinput antara lain adalah beban *Static* dan beban *Lumped*. Beban *Static* dikategorikan dalam peralatan lampu dan penerangan. Sedangkan beban *Lumped* dikategorikan sebagai beban motor dan beban induksi. Pada beban yang ada di Gardu C Bandara El Tari Kupang terdapat 5 panel beban dengan jenis beban *Static* dan 6 panel beban dengan jenis beban *Lumped*. Jenis beban *Lumped* akan memberikan nilai arus kontribusi akibat adanya beban induksi pada motor. Hal ini akan berpengaruh pada nilai simulasi yang akan di jalankan.

3.2 Simulasi Hubung Singkat Dengan ETAP 12.6

3.2.1 Simulasi Gangguan di Bus *Switchgear* 1

Tabel 3.2 Nilai Simulasi di Bus *Switchgear* 1

ID BUS	KV	Jenis Gangguan	Ia (kA)	Ib (kA)	Ic (kA)
Bus <i>SwitchGear</i> 1	0,4	3 Phase Fault	7,25	-	-
		L-G Fault	5,44	-	-
		L-L Fault	-	6,28	6,28
		L-L-G Fault	-	6,43	6,85

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan memakai ETAP di Panel Utama Tegangan Rendah Gardu C Bandara El Tari Kupang, terlihat gangguan tiga fasa (L-L-L) memiliki nilai gangguan paling besar dengan nilai 7.25 kA dan arus gangguan yang paling kecil yaitu gangguan satu fasa ke tanah (L-G) dengan nilai 5.44 kA. terlihat bahwa beban *lumped* pada bus *switchgear* 1 memiliki nilai arus kontribusi akibat adanya beban induksi.

3.2.2 Simulasi Gangguan Di Bus *Switchgear* 2

Tabel 3.3 Nilai Simulasi Di Bus *Switchgear* 2

ID BUS	KV	Jenis Gangguan	Ia (kA)	Ib (kA)	Ic (kA)
Bus <i>Switch Gear</i> 2	0,4	3 Phase Fault	5,78	-	-
		L-G Fault	4,82	-	-
		L-L Fault	-	5	5
		L-L-G Fault	-	5,27	5,54

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan memakai ETAP di panel utama tegangan rendah Gardu C Bandara El Tari Kupang, terlihat Gangguan Tiga Fasa (L-L-L) memiliki nilai gangguan paling besar dengan nilai 5.78 kA dan arus gangguan yang paling kecil yaitu gangguan satu fasa ke tanah (L-G) dengan nilai 4.82 kA. Terlihat bahwa beban *Lumped* pada bus *Switchgear* 2 memiliki nilai arus kontribusi akibat adanya beban induksi.

3.2.3 Simulasi Gangguan Di Bus *Switchgear* 1 dan 2

Tabel 3.4 Nilai Simulasi Di Bus *Switchgear* 1 dan 2

ID BUS	KV	Jenis Gangguan	Ia (kA)	Ib (kA)	Ic (kA)
Bus <i>SwitchGear</i> 1&2	0,4	3 Phase Fault	9,45	-	-
		L-G Fault	6,15	-	-
		L-L Fault	-	8,18	8,18
		L-L-G Fault	-	8,2	8,77

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan memakai ETAP di pada panel utama tegangan rendah Gardu C Bandara El Tari Kupang, terlihat bahwa hubung singkat tiga fasa (L-L-L) adalah gangguan dengan nilai paling besar dengan nilai 9.45 kA dan arus gangguan yang paling kecil yaitu gangguan satu fasa ke tanah (L-G) dengan nilai 6.15 kA. Ini menjadi hubung singkat dengan nilai paling besar dari simulasi sebelumnya karena bus *Switchgear* 1 dan 2 tergabung menjadi 1 bus bar. Terlihat bahwa beban *Lumped* pada bus *Switchgear* 1 dan 2 memiliki nilai arus kontribusi akibat adanya beban induksi.

3.3 Perhitungan Gangguan Memakai Persamaan

Setelah dilakukan simulasi selanjutnya perhitungan ini akan di validasikan menggunakan persamaan yang ada di teori. Di bawah ini merupakan tabel nilai impedansi masing-masing urutan dan persamaan yang telah di kerjakan

Tabel 3.5 Nilai Impedansi Bus *Switchgear* 1

Bus ID	KV	Z1 (ohm)		Z2 (ohm)		Z0 (ohm)	
		R	jX	R	jX	R	jX
<i>Switchgear</i> 1	0,4	0,00971	0,03201	0,00971	0,03201	0,01105	0,06629

3.3.1 Perhitungan Gangguan Tiga Fasa

Karena dalam jenis gangguan ini sistemnya seimbang maka urutan negatif dan urutan nol tidak ada

$$I_a = \frac{V_{L-N}}{Z_1}$$

$$V_{L-N} = \frac{400 V}{\sqrt{3}} = 230,94011 V$$

$$I_a = \frac{230,94011}{0,00971 + j 0,03201}$$

$$I_a = \frac{230,94011 < 0^\circ}{0,003345 < 73,12521^\circ}$$

$$I_a = 6,9 < -73,125^\circ kA$$

3.3.2 Perhitungan Gangguan Satu Fasa Ke Tanah

Gangguan berikut termasuk gangguan tak simetri (asimetri). Dengan menggunakan ketiga impedansi total.

$$I_{a1} = \frac{V_{L-N}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \text{ atau } I_{a1} = \frac{V_{L-N}}{Z_{tot}}$$

Sehingga:

$$I_{a1} = \frac{230,94011 V}{(0,03092 + j0,13031) \Omega}$$

$$I_{a1} = 1725,75183 < -76,83915^\circ A$$

Jadi:

$$I_a = 3I_{a1}$$

$$I_a = 5,17 < -76,83^\circ kA$$

3.3.3 Perhitungan Gangguan Dua Fasa

Ini adalah gangguan yang tak simetri (asimetri). Dengan perhitungannya menggunakan impedansi urutan positif dan negatif

$$I_{a1} = \frac{V_{L-N}}{Z_1 + Z_2}$$

Sehingga:

$$I_{a1} = \frac{230,94011 V}{(0,01942 + j0,06402) \Omega}$$

$$I_{a1} = 3452,01958 < -73,12521^\circ$$

Untuk

$$I_{a2} = -I_{a1}$$

$$I_{a2} = -(3452,01958 < -73,12521^\circ)$$

$$I_{a2} = 3452,01958 < 106,87479^\circ A$$

Sehingga untuk

$$I_b = I_{a0} + a^2 I_{a1} + a I_{a2}$$

$$I_b = \{ [0] + [(1 < 240^\circ)(3452,01958 < 106,87479^\circ)] + [(1 < 120^\circ)(3452,01958 < 106,87479^\circ)] \}$$

$$I_b = 6 < -163,12^\circ kA$$

Untuk

$$I_c = -I_b$$

$$I_c = -I_b$$

$$I_c = -(6 < -163,12^\circ)$$

$$I_c = 6 < 16,87479 kA$$

3.3.4 Perhitungan Gangguan Dua Fasa Ke Tanah

Gangguan ini termasuk gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Dengan perhitungan impedansi urutan nol dan negatif paralel terhadap impedansi urutan positif.

$$I_{a1} = \frac{V_{L-N}}{Z_1 + [Z_0 // Z_2]}$$

Sehingga untuk I_{a1} :

$$I_{a1} = \frac{230,94011 V}{\{ [0,00971 + j0,03201] + [0,00556961962607 + j0,02167113635253] \}}$$

$$I_{a1} = 4137,72091264771 < -74,1117035925779^\circ kA$$

Untuk I_{a2} :

$$I_{a2} = \frac{(I_{a1} \times Z_1) - V_{L-N}}{Z_2}$$

$$I_{a2} = \frac{[(4137,72091264771 < -74,1117035925779^\circ) \times (0,00971 + j0,03201)]}{0,00971 + j0,03201}$$

$$I_{a2} = 2767,78191264771 < 108,349651057868^\circ kA$$

Untuk I_{a0} :

$$I_{a0} = \frac{(I_{a1} \times Z_1) - V_{L-N}}{Z_0}$$

$$I_{a0} = 1377,63042573178 < -100,938583587881^\circ kA$$

Sehingga untuk perhitungan pada I_b dan I_c yaitu:

$$I_b = I_{a0} + a^2 I_{a1} + a I_{a2}$$

$$I_b = 6120,72065353292 < -177,253333478851^\circ A$$

$$I_b = 6,12 < -177,25^\circ kA$$

Untuk I_c :

$$I_c = I_{a0} + a I_{a1} + a^2 I_{a2}$$

$$I_c = 6524,90773298291 < 35,23577822421926 A$$

$$I_c = 6,524 < 35,23 kA$$

3.5 Perbandingan Besar Gangguan Antara aplikasi dan perhitungan

Tujuan dari perbandingan hubung singkat ini untuk memvalidasi selisih nilai simulasi dan persamaan. Tabel dibawah ini merupakan selisih perbandingannya.

Tabel 3.6 Perbandingan Selisih Gangguan

Jenis Gangguan	Simulasi (kA)			Manual (kA)			Selisih (kA)		
	Ia	Ib	Ic	Ia	Ib	Ic	Ia	Ib	Ic
3 phasa fault	7,25	-	-	6,9	-	-	0,35	-	-
L-G fault	5,44	-	-	5,17	-	-	0,27	-	-
L-L fault	-	6,28	6,28	-	6	6	-	0,28	0,28
L-L-G fault	-	6,43	6,85	-	6,12	6,52	-	0,31	0,33

Dari nilai di atas, diketahui hasil perbandingan nilai gangguan di bus *Switchgear* 1 antara simulasi memakai aplikasi dan perhitungan menggunakan persamaan. Hasil yang didapatkan berdasarkan pada tabel 3.6 untuk tiap jenis gangguan menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda. Hal ini dipengaruhi karena perbedaan pembulatan angka. Pada simulasi memakai aplikasi dan perhitungan memakai persamaan memakai impedansi yang persis.

3.6 Menghitung Kapasitas Pemutusan *Circuit Breaker* (CB)

3.6.1 Arus Gangguan Pada Bus *Switchgear* 1

Pada perhitungan kemampuan arus sesaat (*momentary duty*) pada bus *Switchgear* 1 diambil nilai gangguan paling besar dengan nilai 7.25 kA.

$$I_m = 1.5 \times I_{hs}$$

$$I_m = 1.5 \times 7.25 kA$$

$$I_m = 10.875 kA$$

3.6.2 Arus Gangguan Pada Bus *Switchgear* 2

Pada perhitungan kemampuan arus sesaat (*momentary duty*) pada bus *Switchgear* 2 diambil nilai gangguan paling besar dengan nilai 5.78 kA.

$$I_m = 1.5 \times I_{hs}$$

$$I_m = 1.5 \times 5.78 kA$$

$$I_m = 8.67 kA$$

3.6.3 Arus Gangguan Pada Bus *Switchgear* 1 dan 2

Pada perhitungan kemampuan arus sesaat (*momentary duty*) pada bus *Switchgear* 1&2 diambil nilai gangguan paling besar dengan nilai 9.45 kA.

$$I_m = 1.5 \times I_{hs}$$

$$I_m = 1.5 \times 9.45 \text{ kA}$$

$$I_m = 14.175 \text{ kA}$$

4. KESIMPULAN

1. Gangguan tiga fasa (L-L-L) merupakan gangguan dengan nilai terbesar yaitu pada bus *Switchgear* 1 sebesar 7.25 kA, pada bus *Switchgear* 2 sebesar 5.78 kA dan pada bus *Switchgear* 1 dan 2 sebesar 9.45 kA
2. Penentuan perhitungan kapasitas pemutus tenaga memakai jenis arus hubung singkat terbesar yakni gangguan tiga fasa (L-L-L). Pada Bus *Switchgear* 1 nilai kapasitas pemutusannya sebesar 10.875 kA, Pada Bus *Switchgear* 2 nilai kapasitas pemutusannya sebesar 8.67 kA dan pada Bus *Switchgear* 1 dan 2 nilai kapasitas pemutusannya sebesar 14.175 kA
3. Hasil perbandingan hubung singkat (L-L-L), (L-L), (L-L-G), dan (L-G) yang diperoleh menunjukkan nilai yang tidak jauh beda. Pada simulasi hubung singkat memakai aplikasi dan perhitungan memakai persamaan memakai impedansi yang persis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Suswanto, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik," Padang: Universitas Negeri Padang, 2009.
- [2] J. S. Setiadji, T. Machmudsyah, and R. Kongdoro, "Analisa Gangguan Satu Fasa ke Tanah yang Mengakibatkan Sympathetic Trip pada Penyulang yang tidak Terganggu di PLN APJ Surabaya Selatan," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, 2006.
- [3] A. S. Sampeallo, N. Nursalim, and P. J. Fischer, "Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Pemakaian Sendiri Pltu Bolok PT. Smse (Ipp) Unit 3 dan 4 Menggunakan Software Etap 12.6. 0," *Jurnal Media Elektro*, pp. 76-85, 2019.
- [4] A. Effendi, "Studi Analisa Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah Pada SUTT 150 KV Untuk Setting Relay OCR (Aplikasi GI PIP-PAUH LIMO)," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 95-104, 2014.
- [5] W. F. Galla, A. S. Sampeallo, and J. I. Daris, "Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Udara 20 kV Di Penyulang Naioni PT. PLN (Persero) Ulp Kupang Untuk Menentukan Kapasitas Pemutusan Fuse Cut Out Menggunakan Etap 12.6," *Jurnal Media Elektro*, pp. 101-111, 2020.
- [6] A. Gaffar, A. Agussalim, and D. Arisandi, "Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Di Gardu Induk Panakkukang," *Jurnal Teknologi Elekterika*, vol. 14, no. 2, pp. 156-162, 2017.
- [7] A. Azis and I. K. Febrianti, "Analisis Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang," *Jurnal Ampere*, vol. 4, no. 2, pp. 332-344, 2019.
- [8] A. S. Sampeallo, N. Nursalim, and M. A. S. Sagho, "Evaluasi Penyetelan Rele Jarak Pada Jaringan Transmisi 70 Kv Bolok-Maulafa Menggunakan Digsilent 15.1. 7," *Jurnal Media Elektro*, pp. 1-9, 2020.
- [9] B. L. Tobing, *Peralatan Tegangan Tinggi*. Gramedia Pustaka Utama, 2003.
- [10] Subianto. "Kemampuan Circuit Breaker Dalam Mengatasi Gangguan Pada Jaringan Primer Di Gardu Induk Bukit Asam." (accessed 12, 2022).