

**ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM
KELISTRIKAN PT HARVEST GORONTALO INDONESIA
MENGUNAKAN SOFTWARE *ETAP 19.0.1***

O LEH :

RIFALDI POLAPA

T21 19 008

SKRIPSI



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO

2023

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM
KELISTRIKAN PT HARVEST GORONTALO INDONESIA
MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 19.0.1

OLEH :

RIFALDI POLAPA

T2119008

SKRIPSI

Telah disetujui dan siap untuk ujian

Gorontalo, Mei 2023

Pembimbing I



Muammar Zainuddin, ST., MT

NIDN : 0906018701

Pembimbing II



Steven Humena, ST., MT

NIDN : 0907118903

HALAMAN PERSETUJUAN
ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM
KELISTRIKAN PT HARVEST GORONTALO INDONESIA
MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP

Oleh :

RIFALDI POLAPA

T2119008

Gorontalo, mei 2023

Diperiksa Oleh Panitia Ujian Strata satu (S1)
Universitas Ichsan Gorontalo

- | | | | |
|----|----------------------------------|-----------------|--|
| 1. | Frengki Eka Putra Surusa, ST.,MT | (Penguji I) | 
..... |
| 2. | Muh. Asri, ST.,MT | (Penguji II) | 
..... |
| 3. | Amelya Indah Pratiwi, ST.,MT | (Penguji III) | 
..... |
| 4. | Muammar Zainuddin, ST.,MT | (Pembimbing I) | 
..... |
| 5. | Ir. Steven Humena, ST.,MT | (Pembimbing II) | 
..... |

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik


Amelya Indah Pratiwi, ST.,MT

Ketua program Studi


Frengki Eka Putra Surusa, ST.,MT

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rifaldi Polapa

Nim : T2119008

Kelas : Reguler Sore

Program studi : Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa

1. Karya tulis saya (skripsi) ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana) baik di Universitas Ichsan Gorontalo maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain kecuali dari tim pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dipublikasi orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma yang berlaku di Universitas Ichsan Gorontalo.

Gorontalo, Mei 2023

RIFALDI POLAPA

ABSTRACT

RIFALDI POLAPA. T2119008. ANALYSIS OF SHORT CIRCUIT FAULTS IN PT HARVEST GORONTALO INDONESIA'S ELECTRICAL SYSTEM USING ETAP 19.0.1 SOFTWARE

PT Harvest Gorontalo Indonesia is an internationally standardized pharmaceutical company. The main activity of this company is the processing of herbal medicine with quality maintenance. To meet production targets, a power supply of 866 kVA is used which is connected to several supporting busbars. In the distribution of electric power, it is certainly inseparable from various kinds of faults, including symmetric and asymmetric short circuit faults. The purpose of this research is to calculate the contribution value of the short circuit current at the load bus and ensure that the system protection performance works properly. This research is begun by calculating manually and then compared with the ETAP 19.0 software with a calculation difference of 0.969. Short circuit current calculations are performed on the bus that represents each network, namely the 3 LVMDP buses closest to the source, the 4 HVAC buses between the source and the load, and the 4 AHU buses closest to the load. Based on the calculation results the short circuit current L-L-L is higher than all types of existing faults. Especially the fault on the 3 LVMDP bus which is closest to the source, namely 28.844 kA. In addition, the magnitude of the short circuit current on the AHU load bus is 4,220 kA for L-L-L, 3,861 kA for L-L-G, 3,666 kA for L-L, and 2,341 kA for L-G. Based on the ETAP simulation results, in general, the currently installed protection system still shows good coordination. It is shown in the performance of CB HVAC and CB Main Production capable of breaking at a Range of 60-120ms before CB LVMDP works.

Keywords: short circuit fault current, symmetrical, asymmetrical, protection system

ABSTRAK

RIFALDI POLAPA. T2119008. ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM KELISTRIKAN PT HARVEST GORONTALO INDONESIA MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 19.0.1

PT Harvest Gorontalo Indonesia merupakan perusahaan farmasi yang telah terstandarisasi internasional. Perusahaan ini memiliki kegiatan utama yaitu pengolahan jamu herbal yang terjaga mutu dan kualitasnya. Untuk memenuhi target produksi, suplay daya digunakan sebesar 866 kVA yang terhubung pada beberapa busbar penunjang. Dalam pendistribusian tenaga listrik tentu tidak terlepas dari berbagai macam gangguan, diantaranya adalah gangguan hubung singkat simetris dan asimetris. Tujuan dari Penelitian ini adalah menghitung nilai kontribusi arus hubung singkat pada bus beban dan memastikan kinerja proteksi sistem bekerja dengan baik. Penelitian ini dimulai dengan menghitung manual kemudian dibandingkan dengan software Etap 19.0 yang memiliki selisih perhitungan sebesar 0,969. Perhitungan arus hubung singkat dilakukan pada bus yang mewakili setiap jaringan yaitu bus 3 LVMDP terdekat dengan sumber, bus 4 HVAC berada antara sumber dan beban serta bus 4 AHU terdekat dengan beban. Dari hasil perhitungan arus hubung singkat L-L-L lebih tinggi dari seluruh jenis gangguan yang ada. Terutama gangguan pada bus 3 LVMDP yang terdekat dengan sumber yaitu sebesar 28,844 kA. Selain itu, besar arus hubung singkat yang dirasakan pada bus beban AHU berturut-turut adalah 4,220 kA untuk L-L-L, 3,861 kA untuk L-L-G, 3,666 kA untuk L-L, dan 2,341 kA untuk L-G. Berdasarkan hasil simulasi Etap secara umum sistem proteksi yang terpasang saat ini masih menunjukkan koordinasi yang baik. Hal ini ditunjukkan pada kinerja CB HVAC dan CB INDUK R PRODUKSI mampu memutus pada rage 60-120 ms sebelum CB LVMDP bekerja.

Kata Kunci: arus gangguan hubung singkat, simetris, asimetris, sistem proteksi

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah subhanahu wa ta'ala, atas berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar dan tepat waktu. Adapun penyesuaian skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi di fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo. Penulis menyadari begitu banyak hambatan dan tantangan yang ditemui namun melalui bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak maka penulis dapat menyelesaikan skripsi/tugas akhir ini sebagaimana yang diharapkan. Untuk itu perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dra Hj. Djuriko Abdussamad, M.Si, selaku ketua yayasan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (YPIPT) Ichsan Gorontalo.
2. Bapak Dr. Abd Gaffar Latjoke, M.si, Selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo.
3. Ibu Amelia Indah Pritiwi, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo
4. Orang Tua saya yang memberikan doa terbaik untuk anaknya
5. Istri saya yang selalu memberikan dukungan dan motivasi yang sangat besar selama proses perkuliahan sampai saat ini.

6. Bapak Frengky Eka Putra Surusa, ST.,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro
7. Bapak Muammar Zainuddin, ST.,MT selaku Pembimbing I
8. Bapak Steven Humena, ST.,MT selaku Pembimbing II
9. Bapak/Ibu Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo.
10. Teman-teman angkatan Teknik Elektro 2019 dan teman seangkatan di Fakultas Teknik yang selalu membantu dan memberikan dorongan agar dapat menyelesaikan skripsi ini bersama-sama.
11. Dan Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah ikhlas membantu dan memberikan doa hingga dapat terselesaikannya skripsi ini. Akan menjadi sesuatu yang sangat berarti guna menyempurnakan skripsi/tugas akhir ini bila kritik dan saran disampaikan pada penulis. Semoga Allah subhanahu wa ta'ala membalas budi baik dan keikhlasan kepada semua pihak yang terkait dalam penulisan skripsi ini dengan kebaikan-kebaikan dan menjadi amal jariyah yang tidak ada putus-putusnya. Aamiin

Gorontalo, Mei 2023

Penulis

Rifaldi Polapa

DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
ABSTRACK.....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.1.1 Gangguan hubung singkat.....	11
2.1.2 Gangguan Hubung Singkat Simetris.....	11
2.1.3 Gangguan hubung singkat Asimetris	11
2.1.4 Jenis-jenis gangguan hubung singkat.....	12
2.1.5 Gangguan pada sistem tenaga listrik.....	15
2.1.6 Program ETAP power station	18
BAB III	20
METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Kerangka Konsep Penenlitian.....	20
3.2 Objek Penelitian/Alat dan Bahan	20
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	20

3.4	Data Sistem Kelistrikan PT Harvest Gorontalo Indonesia	22
3.4.1	Single Line Diagram	22
3.4.5	Beban motor	24
3.5	Tahapan Alur Penelitian	28
3.5.1	Tinjauan pustaka/Study Literatur	28
3.5.2	Mengumpulkan Data	28
3.5.3	ETAP 19.0.1	29
3.5.4	Teknik analisis/pengolahan data	30
3.5.5	Evaluasi sistem proteksi	30
3.6	<i>Flowchart</i> Alur penelitian	31
BAB IV		32
HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Perhitungan Manual Gangguan Hubung Singkat	32
4.1.1	Zbase Satuan Per Unit Pada Sistem	32
4.1.2	Rangkaian Ekvivalen	38
4.1.3	Gangguan Hubung Singkat	42
a.	Tiga Fasa (L-L-L)	42
b.	Line-Line Grond (L-L-G)	44
c.	Line-line (L-L)	45
d.	Line to Grond (L-G)	47
4.2	Simulasi Gangguan Hubung Singkat Menggunakan ETAP 19.0	48
4.2.1	Simulasi Analisis Arus Hubung Singkat Tiga Fasa (L-L-L)	49
4.2.2	Simulasi Analisis Arus Hubung Singkat Line-Line to Grond (L-L-G) 53	
4.2.3	Simulasi Analisis Arus Hubung Singkat Line-Line (L-L)	56
4.2.4	Simulasi Analisis Arus Hubung Singkat Line-Grond (L-G)	58
4.3	Pembahasan Gangguan Hubung Singkat Perhitungan Manual dan Perhitungan ETAP 19.0	61
4.4	Kinerja Sistem Proteksi PT HGI	66
BAB V		71
KESIMPULAN DAN SARAN		71

5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN.....		73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubung Singkat 3 Phasa	12
Gambar 2. 2 Hubung Singkat dua Phasa.....	13
Gambar 2. 3 Gangguan Hubung Singkat dua phasa ke tanah	13
Gambar 2. 4 Gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah.....	14
Gambar 3.1 Sistem kelistrikan PT HGI	22
Gambar 3. 2 Tampilan aplikasi ETAP 19.0.1	29
Gambar 3. 3 flowchart alur penelitian.....	31
Gambar 4. 1 Single Line diagram (lamp 1).....	32
Gambar 4. 2 Urutan positif (+) untuk gangguan pada bus LPMDV	39
Gambar 4. 3 Urutan negatif (-) untuk gangguan pada bus LPMDV	40
Gambar 4. 4 Urutan Nol (0) untuk gangguan pada bus LPMDV	40
Gambar 4. 5 Urutan positif (+) untuk gangguan pada bus HVAC	40
Gambar 4. 6 Urutan negatif (-) untuk gangguan pada bus HVAC	40
Gambar 4. 7 Urutan Nol untuk gangguan pada bus HVAC.....	41
Gambar 4. 8 Urutan positif (+) untuk gangguan pada bus AHU	41
Gambar 4. 9 Urutan Negatif (-) untuk gangguan pada bus AHU	41
Gambar 4. 10 Urutan Nol (0) untuk gangguan pada bus AHU.....	42
Gambar 4. 11 Hasil running hubung singkat setiap bus	49
Gambar 4. 12 Hasil running hubung singkat setiap bus	50
Gambar 4. 13 Besar arus full load mengalir pada setiap beban motor	67
Gambar 4. 14 Setting arus pickup pada relay	68
Gambar 4. 15 Pengujian sistem proteksi PT HGI pada bus beban motor	68

Gambar 4. 16 Hasil pengujian untuk koordinasi proteksi PT HGI	69
Gambar 4. 17 Koordinasi proteksi PT HGI terpasang saat ini.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data ekivalen bus pada sistem kelistrikan PT HGI.....	33
Tabel 4. 2 Data impedansi saluran 0,4 kV dalam per unit	36
Tabel 4. 3 Data Impedansi Motor.....	38
Tabel 4. 4 Data impedansi urutan (+) (-) (0) pada setiap bus gangguan	42
Tabel 4. 5 Hasil report tiga fasa bus LVMDP dan bus beban	51
Tabel 4. 6 Hasil report arus hubung singkat tiga fasa pada bus HVAC.....	52
Tabel 4. 7 Hasil report arus hubung singkat tiga fasa pada arus AHU 1A.....	52
Tabel 4. 8 Hasil report arus hubung singkat L -L-G pada bus LVMDP	54
Tabel 4. 9 Hasil report arus hubung singkat L-L-G pada bus HVAC.....	55
Tabel 4. 10 Hasil report arus hubung singkat L-L-G pada bus AHU 1A.....	55
Tabel 4. 11 Hasil report arus hubung singkat L-L pada bus LVMDP	57
Tabel 4. 12 Hasil report arus hubung singkat L-L pada bus HVAC.....	57
Tabel 4. 13 Hasil report arus hubung singkat L-L pada bus AHU 1A.....	58
Tabel 4. 14 Hasil report arus hubung singkat L-G pada bus LVMDP	59
Tabel 4. 15 Hasil report arus hubung singkat L-G pada bus HVAC.....	60
Tabel 4. 16 Hasil report arus hubung singkat L-G pada bus AHU 1A	61
Tabel 4. 17 Perbandingan perhitungan manual dengan ETAP 19.0.1 bus LVMDP.....	62
Tabel 4. 18 Perbandingan perhitungan manual dengan ETAP 19.0.1 bus HVAC.....	62
Tabel 4. 19 Perbandingan perhitungan manual dengan ETAP 19.0.1 bus AHU.....	62

Tabel 4. 20 Perbandingan jenis arus hubung singkat terhadap bus gangguan .. 64

Tabel 4. 21 Perbandingan jenis arus hubung singkat terhadap bus beban 65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gangguan yang dapat menghentikan penyaluran tenaga listrik ke konsumen sering terjadi selama pengoperasian sistem tenaga listrik. Yang dimaksud dengan "gangguan" adalah hambatan pada sistem yang sedang beroperasi atau situasi sistem distribusi tenaga listrik yang berbeda dari kondisi pada umumnya. Menurut standar ANSI/IEEE 100-1992, interferensi digambarkan sebagai keadaan fisik yang disebabkan oleh komponen, perangkat, atau elemen yang gagal berfungsi sebagaimana mestinya. Hampir biasanya, masalah melibatkan impedansi langsung atau tidak langsung. (Destiani, 2015).

Hal utama dalam perencanaan sistem tenaga listrik adalah analisis gangguan arus hubung singkat. Gangguan arus hubung singkat ialah kondisi yang disengaja atau tidak disengaja terjadi ketika ada resistansi atau impedansi yang relatif rendah antara dua atau lebih situs yang biasanya memiliki perbedaan potensial. Untuk mengatasi gangguan, dilakukan analisis terhadap gangguan tersebut sehingga dapat menentukan sistem proteksi yang tepat.

Pada saat ini PT HGI (Harvest Gorontalo Indonesia) sering mengalami pemadaman listrik pada sisi incoming sistem. Salah satu penyebab utama pemadaman tersebut ialah gangguan hubung singkat. Kerusakan yang disebabkan oleh gangguan ini berupa terputusnya isolasi kabel suplay dari panel utama ke unit mesin produksi dan berefek pula ke

peralatan yang terhubung dengan panel utama. Sehingga dibutuhkan beberapa waktu untuk melakukan recovery kesistem semula agar kegiatan produksi normal kembali. Dengan adanya gangguan hubung singkat ini. Sangat berdampak pada penurunan produktifitas produksi, dimana target produksi tidak tercapai dan meningkatnya *cost* produksi yang harus dibayar.

Berdasarkan uraian diatas bahwa sistem kelistrikan pada PT HGI belum memiliki akurasi proteksi yang baik. Sehingga perlu dilakukan analisa kembali terutama pada proteksi gangguan hubung singkat. Dengan adanya analisis ini dapat mencegah terjadinya gangguan hubung singkat dan dapat menekan biaya pembelian peralatan-peralatan kelistrikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya maka disusun rumusan masalah berikut ini:

1. Berapa nilai arus hubung singkat yang terjadi akibat penggunaan motor-motor listrik dalam jumlah banyak ?
2. Bagaimana kinerja sistem proteksi yang ada saat ini dan hubungannya dengan arus hubung singkat yang terjadi ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menghitung nilai kontribusi arus hubung singkat pada sistem kelistrikan PT HGI akibat tingginya penggunaan beban motor listrik.
2. Mengevaluasi kemampuan sistem proteksi berdasarkan nilai kontribusi arus hubung singkat.

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan metode simulasi gangguan hubung singkat dengan bantuan Software ETAP Power Station 19.0.1
2. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan analisis arus hubung singkat 3 phasa (L-L-L), Line to Ground (L-G), Line to Line (L-L) dan Line to Line to Ground (L-L-G)
3. Simulasi perhitungan aliran daya penulis membatasi pada tegangan kerja peralatan yang terpasang.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan evaluasi sistem proteksi saat ini dan dimasa mendatang.
2. Menjadi acuan untuk mengetahui besar kecilnya kapasitas peralatan pemutus CB (*circuit breaker*) yang akan dipasang.
3. Menambah khasana ilmu pengetahuan mengenai gangguan hubung singkat pada sistem kelistrikan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini kami mengambil beberapa referensi dari penelitian sebelumnya sebagai acuan dalam melakukan penelitian diantaranya adalah:

Analisis Hubung Singkat Pada Sistem Distribusi 20 Kv Pt. Pertamina Ep Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok Menggunakan Etap 12.6.0 (Syah, 2021) Studi ini akan mensimulasikan gangguan pada bus PDB-ST-154 yang mendekati kebutuhan listrik dengan menggunakan simulasi ETAP Power Station versi 12.6.0. Hasil dari simulasi ini dimaksudkan untuk menilai apakah kapasitas pemutus sirkuit yang digunakan di PT. PERTAMINA EP ASET 4 Sistem distribusi 20 kV Lapangan Cepu sudah sesuai. Pembangkit Listrik ETAP digunakan dalam analisis sebagai pengukur kapasitas besar daya adaptasi pemutus sirkuit ini untuk setiap jenis gangguan berdasarkan gangguan arus puncak terbesar.

Analisis Gangguan Hubung Singkat Simetris dan Asimetris Untuk Menentukan Kapasitas Pengaman Yang Terpasang Pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Mambal (Pramadita et al., 2019)

Gangguan hubung singkat tiga fasa asimetris, gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah asimetris, gangguan hubung singkat antar fasa asimetris, dan gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah adalah penyebab utama masalah hubung singkat daya. Gangguan tersebut

mengakibatkan banyak trip, kegagalan relai, dan kegagalan recloser. Pada titik lokasi gangguan yang banyak dipilih tergantung kondisi jaringan penyulang Mambal, dilakukan simulasi gangguan hubung singkat untuk mengetahui pengaturan waktu kerja rele dan recloser arus lebih sehingga peralatan proteksi dapat berfungsi secara efektif.

Menurut analisis, jarak antara titik gangguan dan sumber mempengaruhi arus gangguan hubung singkat; semakin dekat titik gangguan ke sumber, semakin tinggi arus gangguan hubung singkat di lokasi tersebut. Arus pada gangguan hubung singkat tertinggi dan minimal

Studi Gangguan Hubung Singkat pada Transformator Distribusi 20 KVA Di PT. PLN (Persero) Area Kota Pontianak (Mambela, 2018) Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki masalah hubung singkat 3 fasa pada trafo distribusi 20 kVA. Trafo distribusi 160 kVA dan 200 kVA digunakan sebagai bahan kajian. Proyek studi ini dilakukan di PT.PLN (Persero) di Wilayah Kota Pontianak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus hubung singkat 3 phasa di Gardu Induk Distribusi KT 0234 yang terletak di Jalan Letjen Sutoyo (Pertamina Office) adalah sebesar 0,0371 pu atau 5.354,9237 Ampere, arus hubung singkat 3 phasa di Gardu Induk Distribusi Gardu Induk KT 0383 yang terletak di Jalan Sei Raya Dalam (Kompleks Sei Raya Lestari) adalah 0,0467 pu atau 6.740,5 ampere.

Analisis Gangguan Hubung Singkat Tiga Fase Pada Sistem Distribusi Standar Ieee 13 Bus Dengan Menggunakan Program Etap Power Station 7.0 (Widianto et al., 1992). Menggunakan ETAP Power Station 7.0, sistem distribusi standar bus dimodelkan untuk penelitian ini. Model tersebut kemudian diisi dengan data sistem yang diperlukan. Setelah model selesai dibuat, dilakukan simulasi aliran daya untuk mengetahui apakah model tersebut akurat atau tidak. Selanjutnya, tentukan lokasi gangguan hubung singkat tiga fasa. Dalam hal ini, lokasi hubung singkat dilakukan pada setiap bus yang terhubung dengan sistem tiga fasa, antara lain bus 632, 633, 634, 671, 692, dan 675. Berdasarkan hasil simulasi, impedansi saluran akan meningkat seiring bertambahnya jarak antara bus dan jaringan listrik. Ukuran hubung singkat tiga fasa berkurang dengan impedansi saluran.

ANALISIS GANGGUAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI (suswanto, 2012). Suatu gangguan didalam peralatan listrik didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan di dalam sirkuit listrik yang menyebabkan aliran arus listrik keluar dari saluran yang seharusnya. Gangguan ini umumnya disebabkan oleh putusnya kawat saluran transmisi sehingga terjadi hubung singkat ke tanah, pecahnya isolator atau rusaknya isolasi. Impedansi gangguan umumnya rendah, sehingga arus gangguan menjadi besar. Selama gangguan, tegangan tiga fasa menjadi tidak seimbang dan suplai ke sirkuit tiga fasa yang berdekatan akan terpengaruhi. Arus gangguan yang besar dapat merusak tidak hanya

peralatan yang terganggu, tetapi juga instalasi yang dilalui arus gangguan. Gangguan dalam peralatan yang penting dapat mempengaruhi stabilitas sistem tenaga listrik. Misalnya, gangguan di dekat pembangkit listrik dapat berdampak pada stabilitas sistem interkoneksi. Di pembangkit listrik tertentu, gangguan mungkin memiliki banyak penyebab berbeda. Sedikitnya jumlah gangguan yang mungkin terjadi dengan:

Tingkatkan desain sistem dan kualitas komponen.

- a. Menggunakan relai dengan proteksi lebih tinggi.
- b. Peningkatan pengoperasian dan pemeliharaan.

Namun, gangguan yang dihasilkan tidak dapat dihilangkan sama sekali. Tindakan berikut dapat mengurangi gangguan dengan sejumlah tingkatan:

- a. Lebih banyak mesin, peralatan, instalasi, dan hal-hal lain, bersama dengan desain teknis yang lebih baik untuk pembuatan bahan, kontrol kualitas yang tepat, dan pengujian.
- b. Penyempurnaan desain tata letak dan pemilihan peralatan.
- c. Keamanan sistem handal yang memadai.
- d. Akses ke tenaga terlatih, termasuk

Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik UP3 Makassar Utara dengan Menggunakan Aplikasi Etap 12.6 (Imran et al., 2021). Penelitian ini menggunakan jaringan listrik sistem distribusi 20 kV untuk menganalisis masalah hubung singkat. Khusus jaringan Gardu Induk (GI) Tallo Lama dan Gas Insulated Switchgear (GIS)

Bontoala menggunakan program ETAP 12.6. Unit Pelaksana Layanan Pelanggan (UP3) Makassar Utara PT. PLN (Persero). Temuan menunjukkan bahwa bus 55 (sisi 20 kV Transformer #1 60 MVA GIS bontoala), yang menyediakan penyulang Ahmad Yani, Akademis, Masjid Raya, Sungai Tangka, Sudirman, dan penyulang Polda, mengalami arus gangguan terbesar, yang mengalir di 59.573 kA. Pada saat terjadi gangguan 2 fasa ke tanah, bus 26 (Pyulang Teuku Umar) mengalami persentase kenaikan tegangan tertinggi, dengan kenaikan tegangan pada fasa sehat menjadi 467% dari tegangan nominal.

Analisis gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik di pt. pertamina refinery unit iv cilacap dengan menggunakan software(Sihombing, 2020) PT. Pertamina Revinery Unit IV Cilacap merupakan unit pengolahan kilang minyak yang dimiliki oleh PT. Pertamina. PT. Pertamina Refinery Unit IV Cilacap mengoperasikan pembangkit listrik dengan delapan generator untuk memenuhi daya listrik dalam menunjang kegiatan produksi. Dimana empat dari generator berkapasitas 24 MW dan empat generator lainnya berkapasitas 80 MW. Gangguan pada sistem tenaga listrik yang sering terjadi adalah hubung singkat. Pada daerah kilang minyak PT. Pertamina Refinery Unit IV Cilacap sering terjadi gangguan hubung singkat pada gardu-gardu nya, dimana gangguan tersebut disebabkan oleh faktor internal dan factor eksternal. Apabila tidak segera diatasi bisa menyebabkan trip atau pemadaman listrik.

Pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan software untuk mencari arus besar arus hubung singkat terbesar agar dapat mengetahui rating Circuit Breaker. Setelah melakukan simulasi dan perhitungan didapat arus hubung singkat terbesar yaitu 5.437 kA pada Busbar 13,8 KV, 14.231 kA pada Busbar 3,45 KV dan 34,927 kA pada Busbar 0,4 KV. Dari hasil Analisa dan simulasi menggunakan ETAP 12.6 didapatkan bahwa rating Circuit Breaker sebesar 65 kA masih dapat menahan arus gangguan.

Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 20 Kv Dengan Over Current Relay (OCR) Dan Ground Fault Relay (GFR)

(Arka et al., 2016) Salah satu masalah yang mungkin terjadi saat mengoperasikan penyulang 20 kV adalah gangguan yang terjadi akibat hubung singkat antara fasa dan tanah, serta antara fasa-fasa. Gangguan semacam ini dapat menyebabkan kerugian baik pada sistem transmisi kelistrikan maupun pada konsumen energi listrik. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan memasang peralatan pengaman pada transformator. Relai arus lebih berperan sebagai proteksi yang bekerja dengan Circuit Breaker. Ketika terjadi gangguan hubung singkat antara fasa ke tanah atau antara fasa-fasa, terjadi aliran arus gangguan yang melebihi seting arus pada relai arus lebih. Hal ini menyebabkan relai arus lebih memicu pemutus tenaga untuk bekerja sesuai dengan setting waktu yang telah ditentukan. Dengan demikian, risiko kerusakan pada sistem kelistrikan dapat dihindari.

Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Sistem Tenaga Listrik

DiB PT. Pertamina Refinery Unit (RU) VI Balongan Menggunakan Software ETAP 7.5.0.(Destiani, 2015) Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kemungkinan-kemungkinan gangguan arus hubung singkat yang terjadi pada busbar dengan tegangan 20 kV, 3,15 kV, dan 0,42 kV. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan simulasi program software ETAP 7.5.0 dan perhitungan manual untuk mengetahui nilai-nilai gangguan arus hubung singkat. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan jenis gangguan arus hubung singkat yang memiliki tingkat gangguan terbesar dan terkecil, serta membandingkan kecepatan dan ketepatan perhitungan antara kedua metode tersebut. Hasil analisis gangguan arus hubung singkat menunjukkan bahwa beberapa pemutus tenaga (CB) secara tiba-tiba memutuskan aliran listrik setelah terjadi gangguan pada busbar. CB berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan aliran listrik sesuai dengan kapasitas ratingnya. Semakin jauh jarak saluran dari pusat pembangkit, semakin besar pula gangguan arus hubung singkat yang terjadi. Contohnya, gangguan arus hubung singkat 3 fasa pada busbar 20 kV sebesar 17,751 kA, pada busbar 3,15 kV sebesar 22,213 kA, dan pada busbar 0,42 kV sebesar 40,478 kA. Jenis gangguan arus hubung singkat terbesar terjadi pada gangguan arus hubung singkat 3 fasa, sementara jenis gangguan arus hubung singkat terkecil terjadi pada gangguan arus hubung singkat fasa ke tanah. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perhitungan menggunakan program software ETAP

7.5.0 memiliki tingkat ketelitian yang lebih tinggi, lebih cepat, dan lebih tepat dibandingkan dengan perhitungan manual.

2.1.1 Gangguan hubung singkat

Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang terjadi akibat saluran fasa dengan ground terhubung atau dengan fasa yang lain.

Hubung singkat mengakibatkan aliran arus dengan nilai yang lebih tinggi muncul pada titik gangguan. Arus gangguan memiliki nilai yang sangat tinggi dan mengancam peralatan listrik di sekitarnya karena kontribusi arus yang berasal dari motor listrik AC, jaringan listrik, dan generator.

Gangguan hubung singkat digolongkan menjadi dua kategori yaitu Gangguan hubung singkat asimetris dan gangguan hubung singkat simetris.

2.1.2 Gangguan Hubung Singkat Simetris

Gangguan simetris atau seimbang adalah gangguan yang berlangsung pada ke tiga fasa tersebut (R-S-T) atau (R-S-T-G). Peluang terjadi gangguan hubung singkat simetri yang ada dilapangan kurang lebih 4% - 5% atau dikatakan jarang terjadi. (Putra, 2018)

2.1.3 Gangguan hubung singkat Asimetris

Gangguan hubung singkat asimetris atau tidak seimbang yaitu gangguan yang terjadi pada satu fasa ke tanah (L-G), dua fasa (L-L), dan dua fasa ke tanah (L-L-G) Peluang yang muncul dijelaskan di bawah ini.

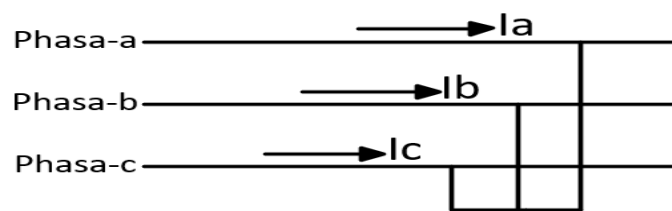
- a) Hubung singkat 2 fasa sebesar 20% - 25%
- b) Hubung singkat 2 fasa ke tanah sebesar 10% - 15%

c) Hubung singkat 1 phasa ke tanah sebesar 65% -70%.

Dapat dilihat bahwa gangguan yang paling sering terjadi di lapangan adalah gangguan asimetri yaitu dengan gangguan satu phasa ketanah.

2.1.4 Jenis-jenis gangguan hubung singkat

1. hubung singkat tiga phasa



Gambar 2. 1 Gangguan Hubung Singkat 3 Phasa

Untuk menganalisa gangguan ini dengan menggunakan komponen urutan positif saja, seperti persamaan berikut ini

$$I_a = \frac{V_f}{Z_1}$$

I_a : Arus pada titik phasa a

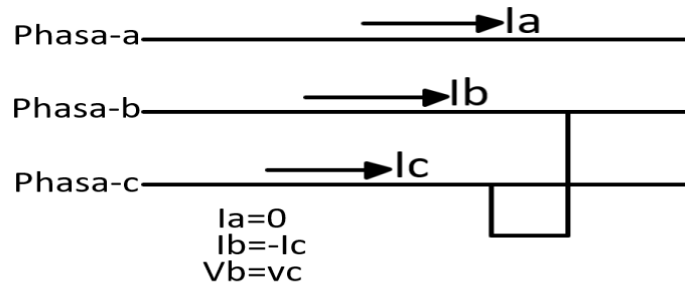
V_f : Tegangan pada titik gangguan sekejap sebelum terjadi gangguan

Z_1 : Impedansi urutan positif di lihat dari titik lokasi gangguan

2. hubung singkat dua phasa

Gangguan hubung singkat dua phasa terjadi ketika kedua phasanya saling terhubung atau bersentuhan. Gangguan ini tidak memiliki urutan netral, karena tidak terjadi gangguan yang terhubung ketanah.

Berikut seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 2. 2 Hubung Singkat dua Phasa

$$I_{a1} = \frac{V_F}{Z_1 + Z_2}$$

Dimana :

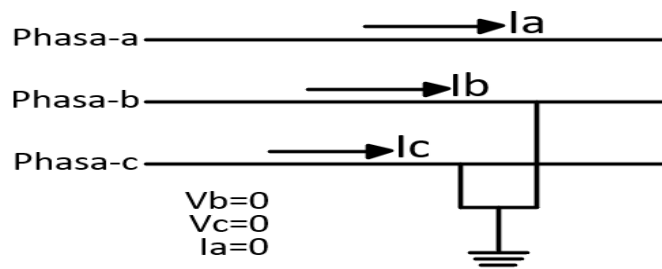
V_f = tegangan pada titik lokasi gangguan sebelum terjadi gangguan

Z_1 = impedansi urutan positif di lihat pada lokasi titik gangguan

Z_2 = impedansi urutan negative dilihat pada lokasi titik gangguan

hubung singkat phasa ke phasa, Tidak ada gangguan pentanahan yang cacat pada hubung singkat phasa ke phasa, sehingga arus di saluran tidak memiliki komponen urutan nol.

3. hubung singkat dua phasa ketanah



Gambar 2. 3 Gangguan Hubung Singkat dua phasa ke tanah

$$I_{a1} = \frac{VF}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_2 + Z_0}}$$

Keterangan :

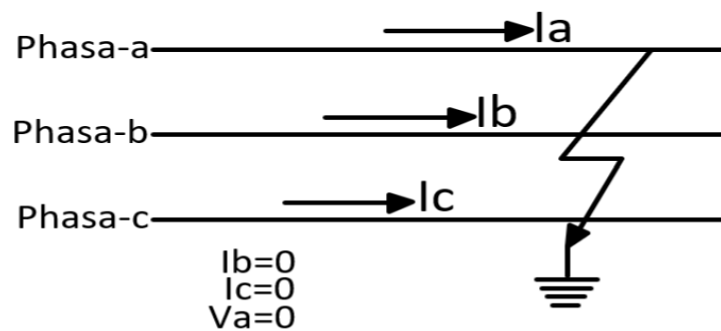
V_r = Tegangan dilihat pada lokasi titik gangguan

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat pada lokasi titik gangguan

Z_1 = impedansi urutan positif dilihat pada lokasi titik gangguan

Z_2 = impedansi urutan negatif dilihat pada lokasi titik gangguan

4. hubung singkat satu phasa ke tanah



Gambar 2. 4 Hubung singkat satu phasa ke tanah

Karena gangguan ini bersifat simetris, diperlukan komponen simetris untuk memeriksa tegangan dan arus pada saat terjadinya gangguan. Dengan menghubungkan singkat semua sumber tegangan sistem dan mengganti sumber tegangan besaran yang sama dengan tegangan sesaat sebelum gangguan yang terjadi pada titik gangguan, gangguan yang terjadi kemudian dianalisis. Teknik ini menghasilkan aturan tiga phasa yang tidak seimbang untuk sistem ini. Teori komponen urutan negative positif dan urutan nol digunakan untuk mewakili.

$$I_{a1} = \frac{VF}{Z_0 + Z_1 + Z_2}$$

Keterangan :

V_f = tegangan pada lokasi titik gangguan sebelum terjadi gangguan

Z_0 = impedansi urutan nol dilihat pada lokasi titik gangguan

Z_1 = impedansi urutan positif dilihat pada lokasi titik gangguan

Z_2 = impedansi urutan negative dilihat pada lokasi titik gangguan

2.1.5 Gangguan pada sistem tenaga listrik

Dua penyebab, satu dari dalam sistem dan satu lagi dari luar, merupakan sumber gangguan pada sistem tenaga listrik. Gangguan yang dimulai di dalam sistem dapat disebabkan oleh:

1. Arus dan tegangan yang tidak biasa.
2. Instalasi yang tidak memadai
3. Masalah mekanis yang disebabkan oleh penuaan.
4. Membanjiri.
5. Kerusakan material, seperti isolasi kabel rusak, kabel putus, atau isolator putus.

Mengenai gangguan yang berasal dari luar sistem, misalnya:

1. Gangguan mekanis yang disebabkan oleh proyek penggalian kanal lainnya. Sistem kelistrikan yang terkubur di bawah mengalami gangguan ini.
2. Faktor cuaca seperti badai, angin, dan petir. Akibat kegagalan isolasi peralatan, gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan gangguan hubung singkat (breakdown).
3. Lingkungan

Sementara Jika mempertimbangkan durasi gangguan, gangguan dapat dibagi menjadi beberapa kategori berikut:

1. Gangguan sementara, yang dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutus sementara sumber tegangan dari daerah yang terkena. Jika gangguan sementara tidak segera hilang, baik dengan sendirinya atau sebagai akibat dari tindakan alat pengaman, gangguan tersebut dapat menjadi gangguan permanen.
2. Gangguan permanen diperlukan diperbaiki yaitu menghilangkan akar masalah penyebab gangguan.

Untuk gangguan yang bersifat sementara, peralatan atau saluran dapat melanjutkan operasi normal ketika arus gangguan terputus, misalnya ketika relai pengaman membuka pemutus sirkuit. Sebaliknya, gangguan permanen menyebabkan kerusakan yang tidak dapat diperbaiki atau dipulihkan, artinya hanya dapat digunakan satu kali. Ketika terjadi gangguan, arus yang sangat besar mengalir dalam phasa yang terganggu ke titik gangguan, di mana arus gangguan memiliki nilai yang jauh lebih tinggi dari pada nilai arus maksimum yang diperbolehkan. Ini menyebabkan kenaikan suhu yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik yang digunakan.

ada beberapa gangguan yang dapat mengakibatkan arus lebih yaitu Gangguan tegangan lebih dan beban lebih.

2.1.5.1 Gangguan tegangan lebih

Overvoltage adalah gangguan yang disebabkan oleh tegangan berlebih pada catu daya listrik. Ada dua variabel yang membentuk gangguan tegangan lebih, yaitu:

a. Variabel internal

Kesalahan lonjakan adalah akar penyebab gangguan tegangan lebih internal. Aktivitas sirkuit pada jalur tanpa beban, perubahan beban secara tiba-tiba, pelepasan pemutus daya secara tiba-tiba yang disebabkan oleh hubung singkat jaringan, kegagalan insulasi, dan peristiwa penting lainnya semuanya dapat mengakibatkan lonjakan sirkuit.

b. Variabel external

Sumber eksternal terkait petir yang menghasilkan gangguan tegangan lebih (lonjakan petir). Lonjakan petir ini akan menyebar atau mengalir ke peralatan pada sistem.

2.1.5.2 Gangguan beban lebih

Arus yang mengalir melebihi arus nominal yang ditentukan inilah yang menyebabkan munculnya gangguan ini. Sambungan sirkuit yang lebih besar atau penambahan peralatan dapat menyebabkan gangguan kelebihan beban di sirkuit. Jika gangguan kelebihan beban ini diabaikan dalam waktu lama, peralatan listrik dapat rusak.

2.1.5.3 Gangguan hubung singkat

Gangguan hubung singkat ini menyebabkan kenaikan tegangan pada titik yang tidak terjadi gangguan dan arus lebih pada phasa yang mengalami gangguan.

2.1.6 Program ETAP power station

ETAP power station adalah sebuah program analisis listrik yang dilakukan secara grafis . ETAP power station menyediakan aplikasi dengan level tinggi untuk menganalisis jaringan yang luas yang memerlukan proses perhitungan dan aplikasi pengontrolan yang dilakukan secara intens. ETAP Power station juga memiliki tingkat kehandalan, perlindungan dan keamanan aplikasi yang cukup tinggi. Suatu sistem pembangkit kelistrikan yang besar dapat dirancang menggunakan software ini. ETAP Power station dapat anda operasikan secara langsung menggunakan sistem grafik one-line aplikasi ini sudah di setting memiliki 2 kehandalan yaitu :

1. Pengoperasian menyerupai kondisi sebenarnya :

Pengoperasian program didesain benar-benar menyerupai dengan pengoperasian sistem kelistrikan yang sebenarnya ada di lapangan. Misalnya saja Ketika Circuit Breaker (CB) dibuka, memudahkan elemen pelayanan ke luar jalur, status pengoprasian motor diubah, sumber pembangkit diputuskan.

2. Kemudahan dalam mengelola data :

ETAP Power Stasion menjaga track data secara detail pada setiap data peralatan listrik,editor-editor data mempercepat proses entry data dengan hanya memerlukan data minimum terhadap studi tertentu.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Konsep penelitian yang akan dilaksanakan ini bertujuan untuk bisa menghitung arus hubung singkat, agar dapat menentukan kapasitas pemutus sirkuit (*circuit Breaker*) yang akan digunakan. Dalam melaksanakan kegiatan penelitian, metode pengambilan data diambil sesuai kenyataan yang ada di lapangan. Untuk waktu penelitian, metode penelitian, tahapan alur penelitian dan *flowchart* alur penelitian akan dijelaskan dibawah ini :

3.2 Objek Penelitian/Alat dan Bahan

Objek yang akan di teliti yaitu Gangguan hubung singkat pada sistem kelistrikan PT Harvest Gorontalo Indonesia.

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Laptop
2. *Software* ETAP 19.0.1

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

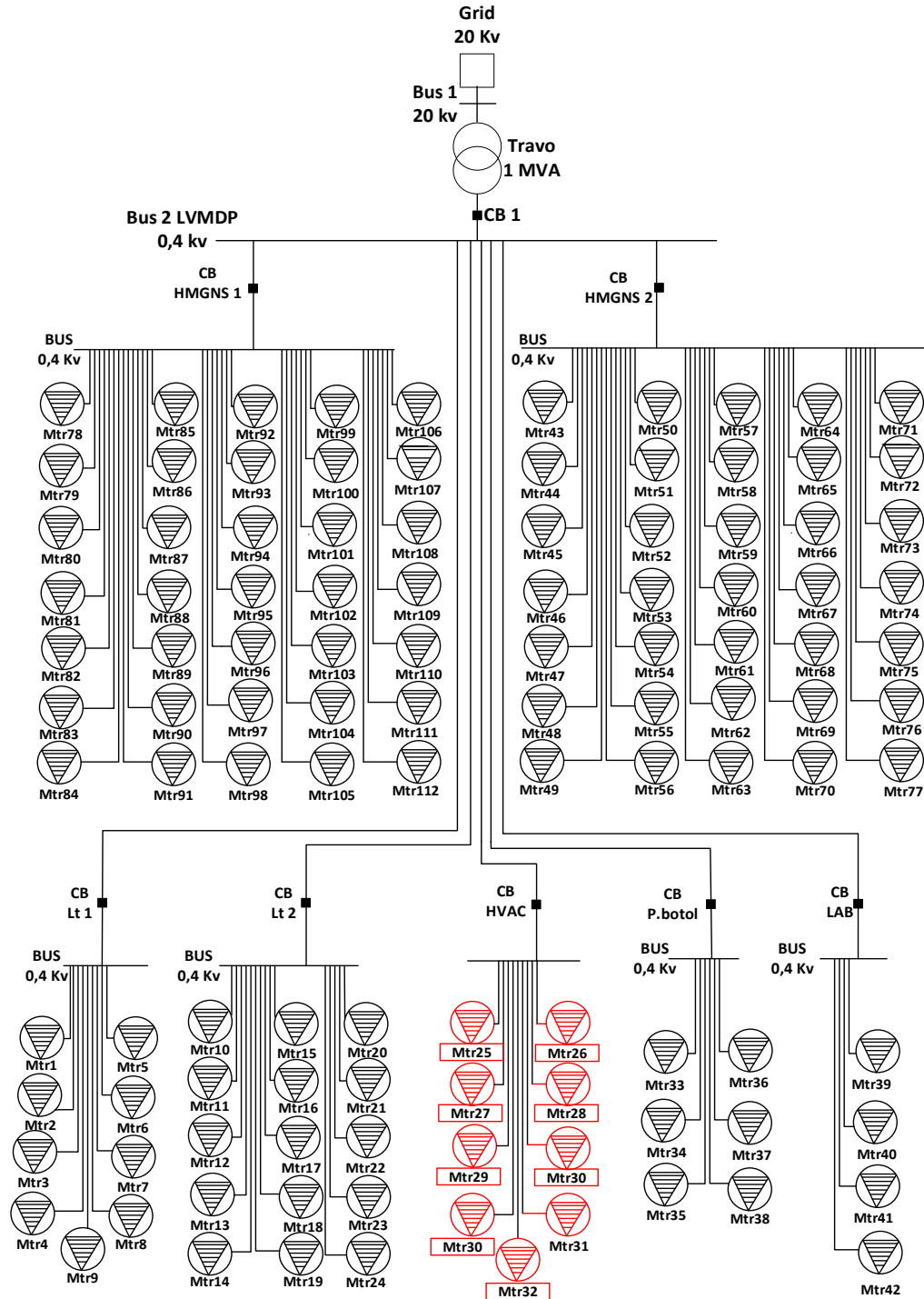
Lokasi penelitian dilaksanakan di PT Harvest Gorontalo Indonesia Kecamatan Telaga, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo dan dimulai pada awal bulan februari 2023 sampai dengan selesai.

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

NO	Rencana Kegiatan	Waktu (Bulan) Tahun 2022-2023					
		Des	Jan	Feb	Mar	April	Mei
1	Persiapan						
2	a. Observasi						
3	b. Identifikasi masalah						
4	c. penentuan tindakan						
5	d. Pengajuan judul						
6	e. Penyusunan proposal						
7	f. Pengajuan izin penelitian						
8	Pelaksanaan						
9	a. Seminar proposal						
10	b. Revisi						
11	c. Penelitian						
12	d. Pengumpulan data						
13	Penyusunan skripsi						
14	a. Penulisan skripsi						
15	b. ujian skripsi						

3.4 Data Sistem Kelistrikan PT Harvest Gorontalo Indonesia

3.4.1 Single Line Diagram



Gambar 3.1 Sistem kelistrikan PT HGI

3.4.2 Transformator

Tabel 3. 2 Data Rating Trafo

ID	<i>Rating</i>			
	KVA	PRIMER KV	SEKUNDER KV	IMPEDANCE (%)
Trafo	1000	20	0,4	5.0

3.4.3 Generator

Tabel 3. 3 Data Spesifikasi Generator

ID	Rating kVa	Rating kW	Amper	Volt	PF
Generator	300.0	240.0	455.8	380	0.80

3.4.4 Pengaturan *Circuit Breaker* (CB)

Tabel 3. 2 Data Rating CB

ID	<i>Rating</i>	
	kV	kA
CB LVMDP	12	65
CB GENSET	12	50
CB LT1,2	8	50
CB HVAC	8	50
CB PRODUKSI	8	50

3.4.5 Beban motor

Tabel 3. 3 Data beban motor

No	ID	Motor load (%)	Static load (%)	Watt	VA	Full Load (Ampere)
1	Motor1	80	20	671,13	671,1	5,8
2	Motor2	80	20	671,13	671,1	5,8
3	Motor3	80	20	671,13	671,1	5,8
4	Motor4	80	20	671,13	671,1	5,8
5	Motor5	80	20	671,13	671,1	5,8
6	Motor6	80	20	671,13	671,1	5,8
7	Motor7	80	20	671,13	671,1	5,8
8	Motor8	80	20	671,13	671,1	5,8
9	Motor9	80	20	671,13	671,1	5,8
10	Motor10	80	20	671,13	671,1	5,8
11	Motor11	80	20	671,13	671,1	5,9
12	Motor12	80	20	671,13	671,1	5,9
13	Motor13	80	20	671,13	671,1	5,9
14	Motor14	80	20	671,13	671,1	5,9
15	Motor15	80	20	671,13	671,1	5,9
16	Motor16	80	20	671,13	671,1	5,9
17	Motor17	80	20	671,13	671,1	5,9
18	Motor18	80	20	671,13	671,1	5,9
19	Motor19	80	20	671,13	671,1	5,9
20	Motor20	80	20	671,13	671,1	5,9
21	Motor21	80	20	671,13	671,1	6
22	Motor22	80	20	671,13	671,1	6

No	ID	Motor load (%)	Static load (%)	Watt	VA	Full Load (Ampere)
23	Motor23	80	20	671,13	671,1	6
24	Motor24	80	20	671,13	671,1	6
25	Motor AHU03	80	20	172.000	172.000	0,4
26	Motor AHU04	80	20	50.500	50.500	0,4
27	Motor AHU 02	80	20	207.500	207.500	0,4
28	Motor AHU1A	80	20	239.500	239.500	0,4
29	Motor AHU1B	80	20	239.500	239.500	0,4
30	Motor AHU1C	80	20	239.500	239.500	0,4
31	Motor AHU05	80	20	67.500	67.500	0,4
32	Motor AHU07	80	20	50.500	50.500	0,4
33	Motor25	80	20	671,13	671,1	6
34	Motor26	80	20	671,13	671,1	6
35	Motor27	80	20	671,13	671,1	6
36	Motor28	80	20	671,13	671,1	6
37	Motor29	80	20	671,13	671,1	6
38	Motor30	80	20	671,13	671,1	6
39	Motor31	80	20	671,13	671,1	6,1
40	Motor32	80	20	671,13	671,1	6,1
41	Motor33	80	20	671,13	671,1	6,1
42	Motor34	80	20	671,13	671,1	6,1
43	Motor35	80	20	671,13	671,1	6,1
44	Motor36	80	20	671,13	671,1	6,1

No	ID	Motor load (%)	Static load (%)	Watt	VA	Full Load (Ampere)
45	Motor37	80	20	671,13	671,1	6,1
46	Motor38	80	20	671,13	671,1	6,1
47	Motor39	80	20	671,13	671,1	6,1
48	Motor40	80	20	671,13	671,1	6,1
49	Motor41	80	20	671,13	671,1	6,1
50	Motor42	80	20	671,13	671,1	6,1
51	Motor43	80	20	671,13	671,1	6,1
52	Motor44	80	20	671,13	671,1	6,1
53	Motor45	80	20	671,13	671,1	6,1
54	Motor46	80	20	671,13	671,1	5,8
55	Motor47	80	20	671,13	671,1	5,8
56	Motor48	80	20	671,13	671,1	5,8
57	Motor49	80	20	671,13	671,1	5,8
58	Motor50	80	20	671,13	671,1	5,8
59	Motor51	80	20	671,13	671,1	5,8
60	Motor52	80	20	671,13	671,1	5,8
61	Motor53	80	20	671,13	671,1	5,8
62	Motor54	80	20	671,13	671,1	5,8
63	Motor55	80	20	671,13	671,1	5,8
64	Motor56	80	20	671,13	671,1	5,8
65	Motor57	80	20	671,13	671,1	5,8
66	Motor58	80	20	671,13	671,1	5,8
67	Motor59	80	20	671,13	671,1	6
68	Motor60	80	20	671,13	671,1	6

No	ID	Motor load (%)	Static load (%)	Watt	VA	Full Load (Ampere)
69	Motor61	80	20	671,13	671,1	6
70	Motor62	80	20	671,13	671,1	6
71	Motor63	80	20	671,13	671,1	6
72	Motor64	80	20	671,13	671,1	6
73	Motor65	80	20	671,13	671,1	6
74	Motor66	80	20	671,13	671,1	6
75	Motor67	80	20	671,13	671,1	6
76	Motor68	80	20	671,13	671,1	6
77	Motor69	80	20	671,13	671,1	6
78	Motor70	80	20	671,13	671,1	6
79	Motor71	80	20	671,13	671,1	6,2
80	Motor72	80	20	671,13	671,1	6,2
81	Motor73	80	20	671,13	671,1	6,2
82	Motor74	80	20	671,13	671,1	6,2
83	Motor75	80	20	671,13	671,1	6,2
84	Motor76	80	20	671,13	671,1	6,2
85	Motor77	80	20	671,13	671,1	6,2
86	Motor78	80	20	671,13	671,1	6,2
87	Motor79	80	20	671,13	671,1	6,2
88	Motor80	80	20	671,13	671,1	6,2
89	Motor81	80	20	671,13	671,1	6,2
90	Motor82	80	20	671,13	671,1	6,2
91	Motor83	80	20	671,13	671,1	6,3
92	Motor84	80	20	671,13	671,1	6,3

No	ID	Motor load (%)	Static load (%)	Watt	VA	Full Load (Ampere)
93	Motor85	80	20	671,13	671,1	6,3
94	Motor86	80	20	671,13	671,1	6,3
95	Motor87	80	20	671,13	671,1	6,3
96	Motor88	80	20	671,13	671,1	6,3
97	Motor89	80	20	671,13	671,1	6,3
98	Motor90	80	20	671,13	671,1	6,3

3.5 Tahapan Alur Penelitian

Untuk memulai penelitian , berikut tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:

3.5.1 Tinjauan pustaka/Study Literatur

Dalam tahap ini, penulis melakukan tinjauan pada referensi-referensi yang ada, seperti pada jurnal ilmiah, penelitian terdahulu dan skripsi yang membahas tentang analisis gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik dan sistem proteksinya, Diantaranya teori pendukung ataupun teori khusus yang membantu terselesainya penelitian.

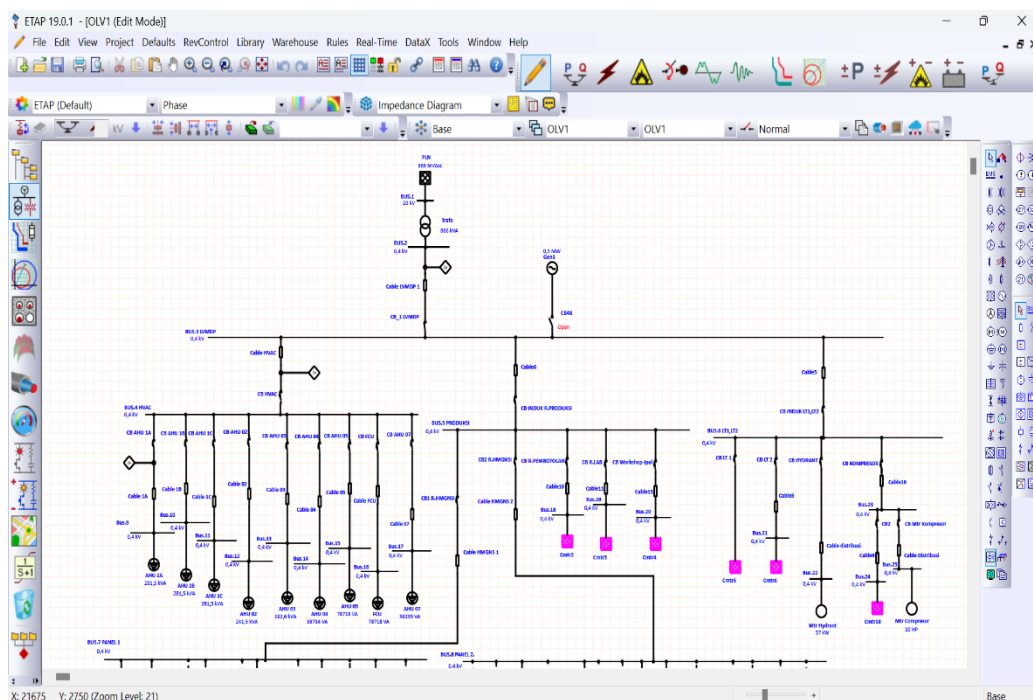
3.5.2 Mengumpulkan Data

Tahap kedua mengumpulkan data-data yang di dapat dari PT Harvest Gorontalo Indonesia sebagai bahan dasar analisis dan perhitungan arus gangguan hubung singkat diantaranya :

1. Single Line Diagram
2. Data Rating Transformator
3. Data Spesifikasi Generator
4. Data Rating Circuit Breaker
5. Data beban-beban motor yang terpasang

3.5.3 ETAP 19.0.1

Program ETAP 19.0.1 ini merupakan engineering tool untuk melakukan analisis jaringan tenaga listrik, transmisi, dan distribusi. Pada penelitian ini digunakan software ETAP 19.0.1 untuk mensimulasikan arus gangguan hubung singkat untuk mengetahui loadflow analysis.



Gambar 3. 2 Tampilan aplikasi ETAP 19.0.1

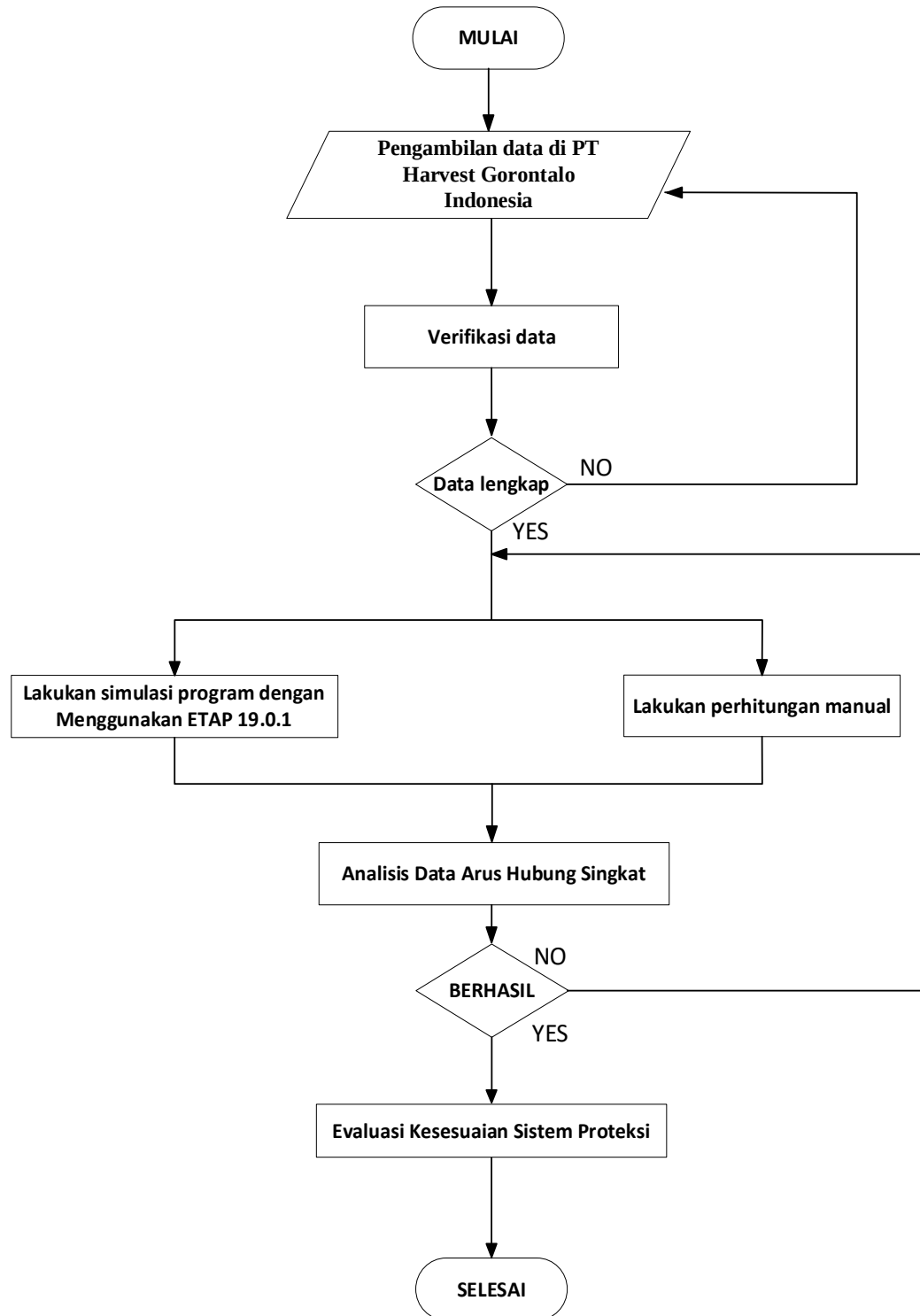
3.5.4 Teknik analisis/pengolahan data

Data yang di peroleh dari PT Harvest Gorontalo Indonesia akan di olah menggunakan teknik analisis dalam software ETAP 19.0.1(*Electrical Transient Analysis Program*) untuk melihat kondisi sistem tenaga listrik saat terjadi gangguan hubung singkat dan saat melakukan perbaikan secara kontinyu.

3.5.5 Evaluasi sistem proteksi

Evaluasi ini bertujuan untuk menilai atau mengukur kesesuaian sistem proteksi yang terpasang pada sistem tenaga listrik yang ada sudah sesuai yang diharapkan.

3.6 Flowchart Alur penelitian

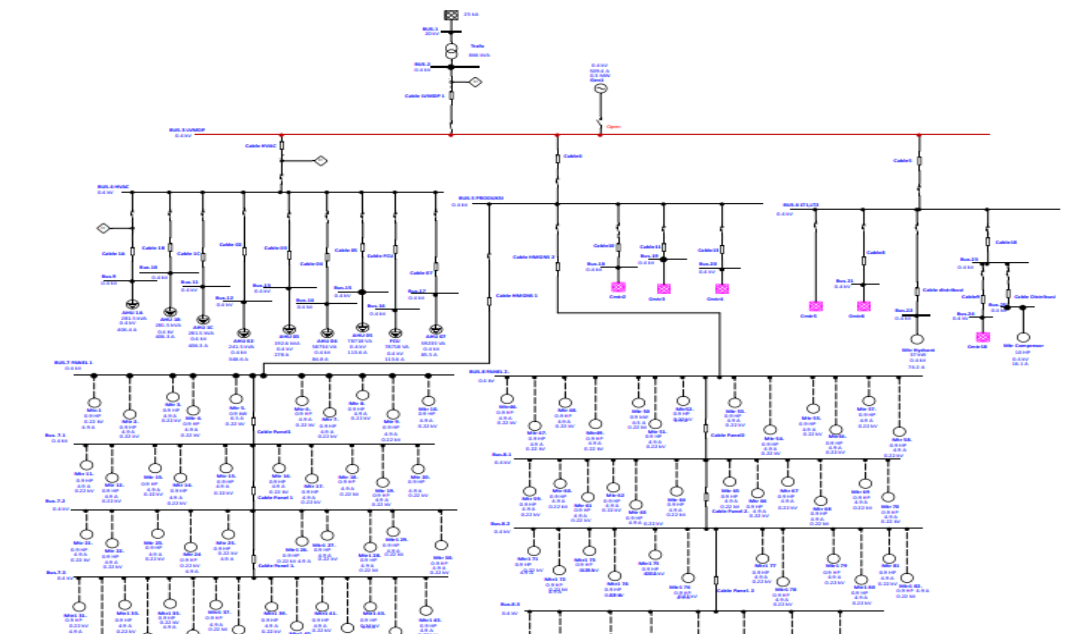


Gambar 3. 3 flowchart alur penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Manual Gangguan Hubung Singkat

Pada perhitungan manual gangguan hubung singkat dapat disederhanakan terlebih dahulu menjadi *single line diagram* sistem kelistrikan 0,4 kV PT HGI seperti gambar 4.1 berikut ini ;



Gambar 4. 1Single Line diagram (lamp 1)

4.1.1 Zbase Satuan Per Unit Pada Sistem

Setelah itu, kita perlu mencari nilai dari impedansi urutan positif, negatif, dan nol Z_1 , Z_2 , dan Z_0 pada sistem terpasang. Kemudian perlu dipersiapkan variabel-variabel pendukung yang berkaitan dengan satuan per-unit, diantaranya adalah base daya MVA, base tegangan kV, bus data impedansi dan bus saluran dalam matrik. Data-data mentah yang didapat secara langsung pada sistem yang

terpasang harus diubah menjadi bentuk satuan per unit (pu) dengan suatu daya dasar yang sama pada semua bagian sistem. Daya dasar yang akan digunakan dalam analisis, ditetapkan MVA_{base} sebesar 0,866 MVA. Maka perhitungan impedansi dasarnya (Z_{base}) adalah berdasarkan rumus :

$$Z_{base} = \frac{(Tegangan\ dasar, kV_{LL})^2}{Daya\ dasar, MVA_{3\theta}}$$

$$Z_{base} = \frac{(0,4)^2}{0,866} = 0,18459956 = 0,185\Omega$$

Tabel 1.1 menunjukkan data ekivalen yang terpasang pada sistem kelistrikan PT HGI. Setelah Z_{base} pada sistem ditemukan, maka selanjutnya dapat dicari nilai impedansi z pada sistem terpasang.

Tabel 4. 1 Data ekivalen bus pada sistem kelistrikan PT HGI

No	From Bus	To Bus	Volt (V)	Resistansi (Ω)	Reaktansi (Ω)	Impedansi (Ω)
1	Bus LVMDP	Bus HVAC	0,4	0,012	0,090	0,015
2	Bus LVMDP	Bus LT1,LT2	0,4	0,039	0,092	0,040
3	Bus LVMDP	Bus Produksi	0,4	0,039	0,120	0,041
4	Bus HVAC	Bus AHU1A	0,4	3,190	0,417	3,217
5	Bus HVAC	Bus AHU1B	0,4	3,190	0,417	3,217
6	Bus HVAC	Bus AHU1C	0,4	3,190	0,417	3,217

7	Bus HVAC	Bus AHU102	0,4	3,190	0,417	3,217
8	Bus HVAC	Bus AHU03	0,4	4,550	0,427	4,570
9	Bus HVAC	Bus AHU04	0,4	26,599	0,527	26,604
10	Bus HVAC	BusAHU 05	0,4	26,599	0,527	26,604
11	Bus HVAC	Bus AHU07	0,4	26,599	0,527	26,604
12	Bus HVAC	Bus FCU	0,4	27,836	0,552	27,841
13	Bus PRODUKSI	Bus Panel 1	0,4	3,174	0,298	3,188
14	Bus PRODUKSI	Bus Panel 2	0,4	3,174	0,298	3,188
15	Bus13	Bus 16	0,4	0,580	0,115	0,592
16	Bus14	Bus 17	0,4	1,935	0,298	1,958
17	Bus 18	Bus LVMDP	0,4	0,152	0,108	0,186
18	Bus Panel 1	Bus Panel 1.2	0,4	0,937	0,010	0,937
19	Bus Panel 1.2	Bus Panel 1.3	0,4	5,627	0,061	5,627
20	Bus Panel 1.3	Bus Panel 1.4	0,4	8,440	0,092	8,441

21	Bus Panel 2	Bus Panel 2.2	0,4	6,752	0,074	6,753
22	Bus Panel 2.3	Bus Panel 2.4	0,4	10,129	0,111	10,129
23	Bus Panel 2.2	Bus Panel 2.3	0,4	8,440	0,092	8,441
24	Bus1	Bus18	0,4	0,127	0,737	0,748

(Sumber : PT. HGI-Teknik)

Sehingga impedansi per unit dari masing-masing saluran kabel dapat dihitung berdasarkan tabel 1.1. Sebagai contoh, impedansi pada bus LVMDP terhadap bus HVAC adalah sebesar 0,015 Ω , maka impedansi per unitnya adalah :

diatas sebagai berikut ;

$$Z_{(pu)} = \frac{\text{Impedansi sebenarnya}, Z(\Omega)}{\text{Impedansi dasar}, Z_{base}(\Omega)}$$

$$Z_{(pu)} = \frac{\text{Bus LVMDP – HVAC}(\Omega)}{\text{Impedansi dasar}, Z_{base}(\Omega)}$$

$$Z_{(pu)} = \frac{0,015(\Omega)}{0,185(\Omega)} = 0,081(\Omega)$$

Dengan cara yang sama di atas, maka didapat nilai impedansi per unit untuk seluruh saluran 0,4 kV di PT HGI pada Tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4. 2 Data impedansi saluran 0,4 kV dalam per unit

No	From Bus	To Bus	Z_{base} (Ω)	Reaktansi (Ω)	Impedansi (Ω)
1	Bus LVMDP	Bus HVAC	0,081	0,015	0,081
2	Bus LVMDP	Bus LT1,LT2	0,081	0,040	0,2162
3	Bus LVMDP	Bus Produksi	0,081	0,041	0,2216
4	Bus HVAC	Bus AHU1A	0,081	3,217	17,393
5	Bus HVAC	Bus AHU1B	0,081	3,217	17,393
6	Bus HVAC	Bus AHU1C	0,081	3,217	17,393
7	Bus HVAC	Bus AHU102	0,081	3,217	17,393
8	Bus HVAC	Bus AHU03	0,081	4,570	24,702
9	Bus HVAC	Bus AHU04	0,081	26,604	143,527
10	Bus HVAC	BusAHU 05	0,081	26,604	143,527
11	Bus HVAC	Bus AHU07	0,081	26,604	143,527
12	Bus HVAC	Bus FCU	0,081	27,841	150,648
13	Bus PRODUKSI	Bus Panel 1	0,081	3,188	17,232
14	Bus PRODUKSI	Bus Panel 2	0,081	3,188	17,232
15	Bus13	Bus 16	0,081	0,592	3,202
16	Bus14	Bus 17	0,081	1,958	10,570
17	Bus 18	Bus LVMDP	0,081	0,186	1,005

18	Bus Panel 1	Bus Panel 1.2	0,081	0,937	5,054
19	Bus Panel 1.2	Bus Panel 1.3	0,081	5,627	30,432
20	Bus Panel 1.3	Bus Panel 1.4	0,081	8,441	45,623
21	Bus Panel 2	Bus Panel 2.2	0,081	6,753	36,456
22	Bus Panel 2.3	Bus Panel 2.4	0,081	10,129	54,805
23	Bus Panel 2.2	Bus Panel 2.3	0,081	8,441	45,623
24	Bus1	Bus18	0,081	0,748	4,040

Tabel 4. 3 Data Impedansi Motor

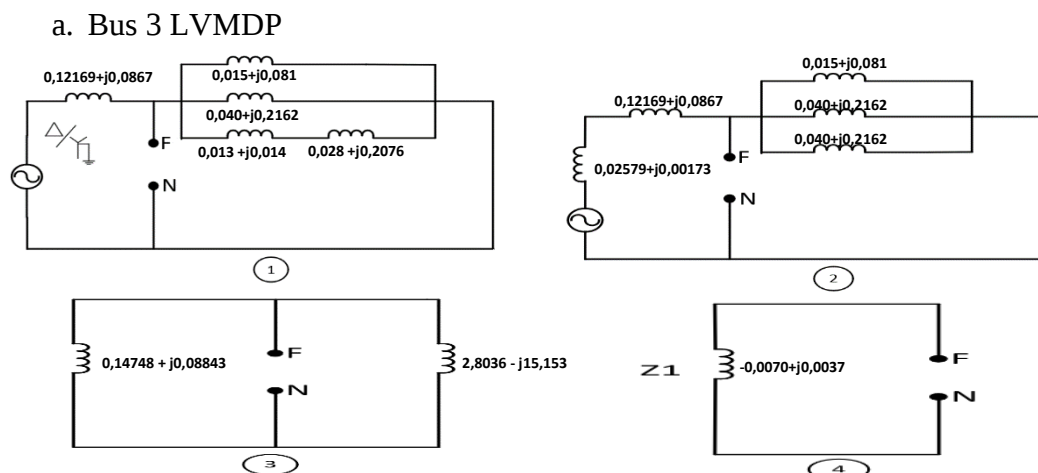
No.	ID	IMPEDANSI(Z)
1	AHU 1B	0,064+j0,015
2	AHU 1C	0,064+j0,015
3	AHU 02	0,064+j0,015
4	AHU 03	0,064+j0,015
5	AHU 04	0,064+j0,015
6	AHU 05	0,064+j0,015
7	AHU 07	0,064+j0,015
8	FCU	0,064+j0,015
9	Motor1	0,013+j0,010
10	Motor5	0,012+j0,010
11	Motor50	0,012+j0,010
12	Motor88	0,092+j0,013
13	Motor89	0,011+j0,011
14	Motor Comp	0,090+j0,014
15	Motor78	0,013+j0,010
16	Motor Hdrnt	0,062+j0,015

4.1.2 Rangkaian Ekvivalen

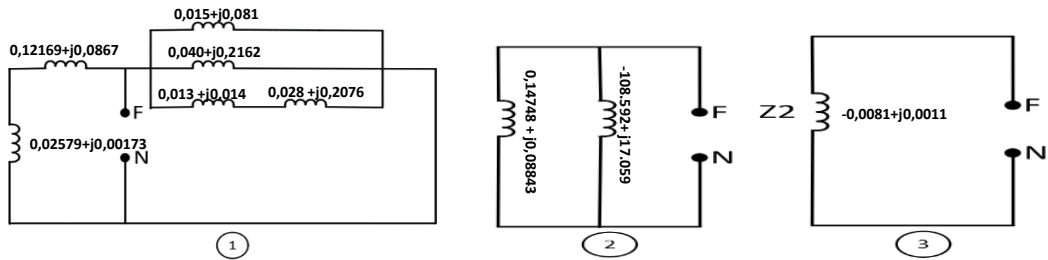
Pada tahapan ini kita harus melakukan penyederhanaan terlebih dahulu terhadap rangkaian. Penyederhanaan terhadap rangkaian impedansi urutan positif (+), negative (-), dan Nol (0). Impedansi urutan positif adalah impedansi yang

terkait dengan urutan fasa R-Y-B pada sistem tiga fasa. Impedansi urutan positif dinyatakan sebagai Z_1 dan dapat digambarkan sebagai titik pada sumbu impedansi. Impedansi urutan positif terdiri dari resistansi dan induktansi yang searah dengan arus fasa positif. Impedansi urutan negatif adalah impedansi yang terkait dengan urutan fasa R-B-Y pada sistem tiga fasa. Impedansi urutan negatif dinyatakan sebagai Z_2 dan dapat digambarkan sebagai titik pada sumbu impedansi. Impedansi urutan negatif terdiri dari resistansi dan induktansi yang searah dengan arus fasa negatif.

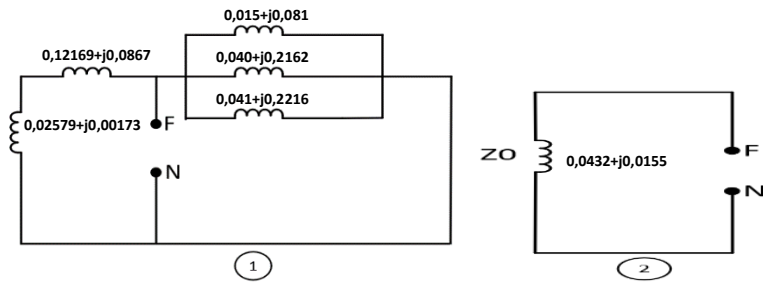
Gambar impedansi urutan nol. Impedansi urutan nol adalah impedansi yang terkait dengan arus netral pada sistem tiga fasa. Impedansi urutan nol dinyatakan sebagai Z_0 dan dapat digambarkan sebagai titik pada sumbu impedansi. Impedansi urutan nol terdiri dari resistansi dan induktansi yang searah dengan arus netral. Selanjutnya gambar ekivalen tersebut kita lakukan variasi gangguan pada setiap bus yang dipilih. Berikut gambar 4.2 hingga gambar 4.10 menunjukkan gambar ekivalen impedansi urutan (+), (-), dan (0).



Gambar 4. 2 Urutan positif (+) untuk gangguan pada bus LPMDV

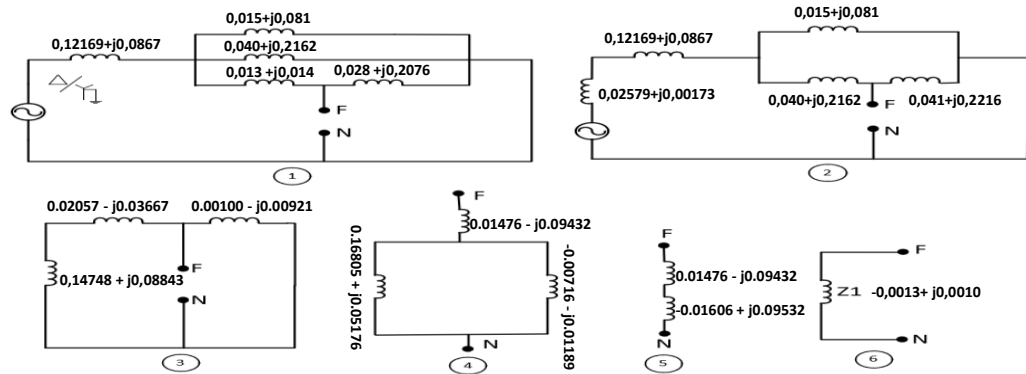


Gambar 4. 3 Urutan negatif (-) untuk gangguan pada bus LPMDV

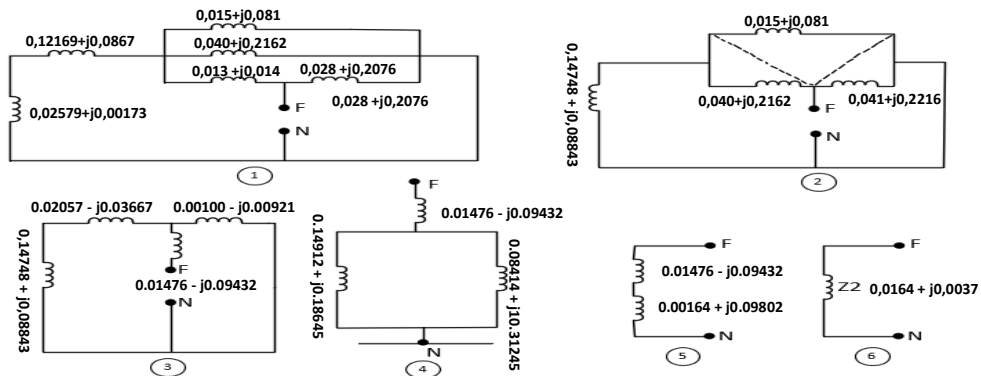


Gambar 4. 4 Urutan Nol (0) untuk gangguan pada bus LPMDV

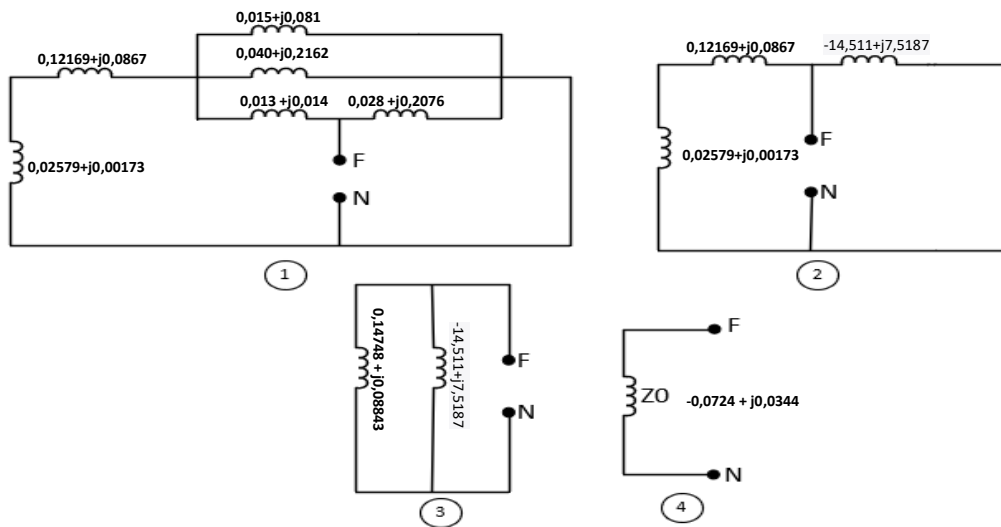
b. Bus 4 HVAC



Gambar 4. 5 Urutan positif (+) untuk gangguan pada bus HVAC

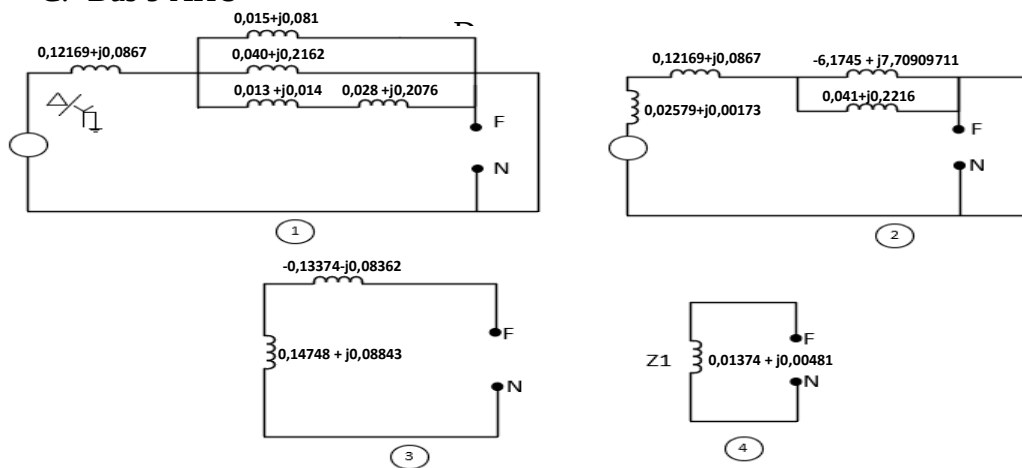


Gambar 4. 6 Urutan negatif (-) untuk gangguan pada bus HVAC

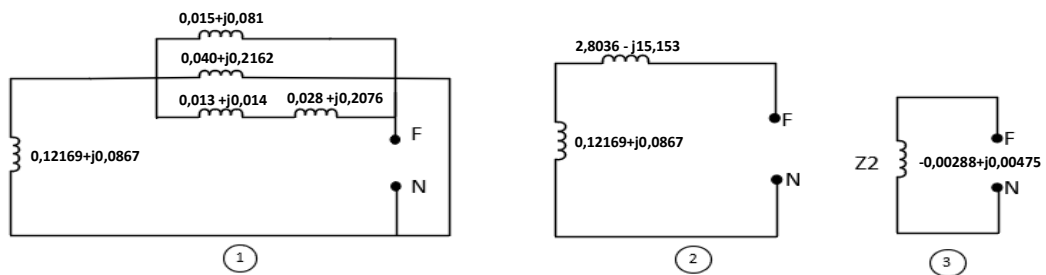


Gambar 4. 7 Urutan Nol untuk gangguan pada bus HVAC

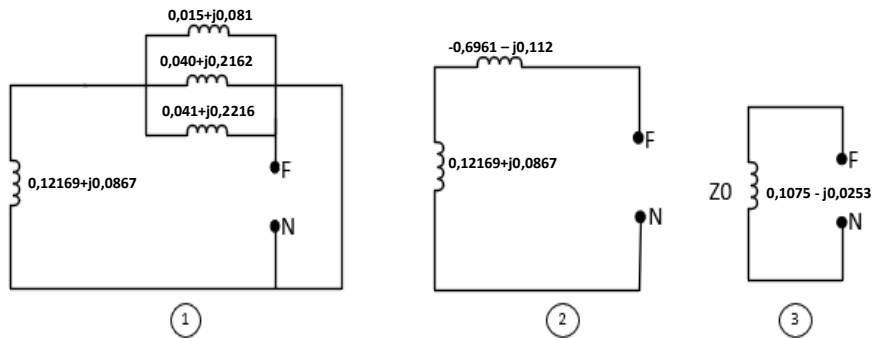
C. Bus 9 AHU



Gambar 4. 8 Urutan positif (+) untuk gangguan pada bus AHU



Gambar 4. 9 Urutan Negatif (-) untuk gangguan pada bus AHU



Gambar 4. 10 Urutan Nol (0) untuk gangguan pada bus AHU

Setelah dilakukan penyederhanaan rangkaian ekuivalen. Maka, dihasilkan rangkaian pengganti total yang akan dijadikan parameter perhitungan selanjutnya. Berikut Tabel 4.3 data impedansi urutan (+) (-) (0) dengan jenis gangguan hubung singkat pada setiap bus.

Tabel 4. 4 Data impedansi urutan (+) (-) (0) pada setiap bus gangguan

Impedansi Urutan	Gangguan		
	Bus 3 LVMDP	Bus 4 HVAC	Bus 9 AHU
Z1	0,00795 $\angle$ 152,2	0,00818 $\angle$ 172,1	0,0459 $\angle$ 160,3
Z2	0,0016 $\angle$ -36,7202	0,0168 $\angle$ 12,9052	0,0802 $\angle$ -25,9958
Z0	0,0146 $\angle$ 19,6756	0,0055 $\angle$ -58,5935	0,1105 $\angle$ -12,7058

4.1.3 Gangguan Hubung Singkat

Perhitungan dilakukan pada 3 lokasi gangguan yaitu bus 3 LVMDP, bus 4 HVAC, dan bus 9 AHU. Berikut cara menentukan perhitungan hubung singkat L-L pada sistem kelistrikan PT HGI.

a. Tiga Fasa (L-L-L)

$$I_a = \frac{E_a}{Z_1}$$

Dimana nilai :

$$E_a = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3}} = 0,23 \angle 0^\circ \text{ kV}$$

Lokasi gangguan bus 3 LVMDP :

$$Z_1 = 0,00795 \angle 152,2 = -0,0070 + j0,0037$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{E_a}{Z_1} = \frac{0,23 \angle 0^\circ}{-0,0070 + j0,0037} \\ &= \frac{0,23 \angle 0^\circ}{0,00795 \angle 152,2^\circ} = 28,930 \angle -152,2^\circ \text{ kA} \end{aligned}$$

Lokasi gangguan bus 4 HVAC :

$$Z_1 = 0,00818 \angle 172,1 = -0,0081 + j0,0011$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{E_a}{Z_1} = \frac{0,23 \angle 0^\circ}{-0,0081 + j0,0011} \\ &= \frac{0,23}{0,00818 \angle 172,1^\circ} = 28,117 \angle -172,1^\circ \text{ kA} \end{aligned}$$

Lokasi gangguan bus 9 AHU :

$$Z_1 = 0,0459 \angle 160,3 = -0,0432 + j 0,0155$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{E_a}{Z_1} = \frac{0,23 \angle 0^\circ}{-0,0432 + j 0,0155} \\ &= \frac{0,23 \angle 0^\circ}{0,0459 \angle 160,3^\circ} = 5,011 \angle -160,3^\circ \text{ kA} \end{aligned}$$

b. Line-Line Grond (L-L-G)

Pada perhitungan ini menggunakan persamaan :

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + \frac{Z_0 Z_2}{Z_0 + Z_2}}$$

Dimana nilai :

$$I_a = 0$$

$$E_a = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3}} = 0,23 \angle 0^\circ \text{ kV}$$

Lokasi gangguan bus 3 LVMDP :

$$Z_1 = 0,00795 \angle 152,2 = -0,0070 + j0,0037$$

$$Z_2 = 0,0016 \angle -36,7202 = -0,0013 + j0,0010$$

$$Z_0 = 0,0146 \angle 19,6756 = 0,01374 + j0,00481$$

Dimana,

$$\begin{aligned} Z_1 + \frac{Z_0 Z_2}{Z_0 + Z_2} &= \\ -0,0291 + j0,0754 + \frac{(0,01374 + j0,00481) \times (0,01374 + j0,00481)}{(0,01374 + j0,00481) + (0,01374 + j0,00481)} &= \\ = -0,0084 + j 0,0012 \end{aligned}$$

Sehingga ;

$$I_{a1} = \frac{0,23}{-0,0084 + j 0,0012} = \frac{0,23 \angle 0^\circ}{0,0086 \angle 170,1} = 26,644 \angle -170,1^\circ \text{ kA}$$

Lokasi gangguan bus 4 HVAC :

$$Z_1 = 0,00818 \angle 172,1 = -0,0081 + j0,0011$$

$$Z_2 = 0,0168 \angle 12,9052 = -0,0164 + j0,0037$$

$$Z_0 = 0,0055 \angle -58,5935 = -0,00288 + j0,00475$$

Dimana,

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

$$-0,0081 + j0,0011 + \frac{(-0,00288 + j0,00475) \times (0,0164 + j0,0037)}{(-0,00288 + j0,00475) + (0,0164 + j0,0037)}$$

$$= -0,0084 + j 0,0012$$

Sehingga ;

$$I_{a1} = \frac{0,23}{-0,0084 + j 0,0012} = \frac{0,23 \angle 0^\circ}{0,0086 \angle 170,1} = 26,744 \angle -170,1^\circ \text{ kA}$$

Lokasi gangguan bus 9 AHU :

$$Z_1 = 0,0459 \angle 160,3 = 0,0432 + j0,0155$$

$$Z_2 = 0,0802 \angle -25,9958 = -0,0724 + j0,0344$$

$$Z_0 = 0,1105 \angle -12,7058 = 0,1075 - j0,0253$$

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

$$= 0,0432 + j0,0155 + \frac{(0,1075 - j0,0253) \times (-0,0724 + j0,0344)}{(0,1075 - j0,0253) \times (-0,0724 + j0,0344)}$$

$$= -0,0156 + j 0,0325$$

Sehingga ;

$$I_{a1} = \frac{0,23}{-0,0156 + j 0,0325} = \frac{0,23 \angle 0^\circ}{0,03699 \angle 130,4} = 6,218 \angle -130,4^\circ \text{ kA}$$

c. Line-line (L-L)

Pada perhitungan ini menggunakan persamaan :

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2}$$

Dimana nilai :

$$I_a = 0 \quad I_b = I_c \quad I_a = 0$$

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

$$E_a = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3}} = 0,23 \angle 0^\circ \text{ kV}$$

Lokasi gangguan bus 3 LVMDP :

$$Z_1 = 0,00795 \angle 152,2 = -0,0070 + j0,0037$$

$$Z_2 = 0,0016 \angle -36,7202 = -0,0013 + j0,0010$$

$$Z_{tot} = -0,0083 + j0,0047 = 0,00957 \angle 150,6$$

Sehingga :

$$I_{a1} = \frac{0,23 \angle 0}{0,00957 \angle 150,6} = 24,033 \angle -150,6^\circ \text{ kA}$$

Lokasi gangguan bus 4 HVAC :

$$Z_1 = 0,00818 \angle 172,1 = -0,0081 + j0,0011$$

$$Z_2 = 0,0168 \angle 12,9052 = -0,0164 + j0,0037$$

$$Z_{tot} = 0,0083 + j0,0048 = 0,00962 \angle 150,0$$

Sehingga :

$$I_{a1} = \frac{0,23 \angle 0}{0,00962 \angle 150,0} = 23,909 \angle -150,0^\circ \text{ kA}$$

Lokasi gangguan bus 9 AHU :

$$Z_1 = 0,0459 \angle 160,3 = 0,0432 + j0,0155$$

$$Z_2 = 0,0802 \angle -25,9958 = -0,0724 + j0,0344$$

$$Z_{tot} = -0,0292 + j0,0499 = 0,0578 \angle 120,3$$

Sehingga :

$$I_{a1} = \frac{0,23 \angle 0}{0,0578 \angle 120,3} = 3,979 \angle -120,3^\circ \text{ kA}$$

d. Line to Grond (L-G)

Pada perhitungan ini menggunakan persamaan :

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

Dimana nilai :

$$I_a = 3I_{a1} \quad I_b = 0 \quad I_c = 0$$

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a0}$$

$$E_a = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3}} = 0,23 \angle 0^\circ \text{ kV}$$

Lokasi gangguan bus 3 LVMDP :

$$Z_1 = 0,00795 \angle 152,2 = -0,0070 + j0,0037$$

$$Z_2 = 0,0016 \angle -36,7202 = -0,0013 + j0,0010$$

$$Z_0 = 0,0146 \angle 19,6756 = 0,01374 + j0,00481$$

$$Z_{tot} = Z_1 + Z_2 + Z_0 = 0,00544 + j 0,00951 = 0,01094 \angle 60,7$$

Sehingga :

$$I_{a1} = \frac{0,23 \angle 0}{0,01094 \angle 60,7} = 21,023 \angle -60,7^\circ \text{ kA}$$

Lokasi gangguan bus 4 HVAC :

$$Z_1 = 0,00818 \angle 172,1 = -0,0081 + j0,0011$$

$$Z_2 = 0,0168 \angle 12,9052 = -0,0164 + j0,0037$$

$$Z_0 = 0,0055 \angle -58,5935 = -0,00288 + j0,00475$$

$$Z_{tot} = Z_1 + Z_2 + Z_0 = 0,00542 + j0,00955 = 0,01094 \angle 60,4$$

Sehingga :

$$I_{a1} = \frac{0,23 \angle 0}{0,01094 \angle 60,4} = 21,023 \angle -60,4^\circ \text{ kA}$$

Lokasi gangguan bus 9 AHU :

$$Z_1 = 0,0459 \angle 160,3 = 0,0432 + j0,0155$$

$$Z_2 = 0,0802 \angle -25,9958 = -0,0724 + j0,0344$$

$$Z_0 = 0,1105 \angle -12,7058 = 0,1075 - j0,0253$$

$$Z_{tot} = Z_1 + Z_2 + Z_0 = 0,0783 + 0,0246 = 0,0821 \angle 17,4$$

Sehingga :

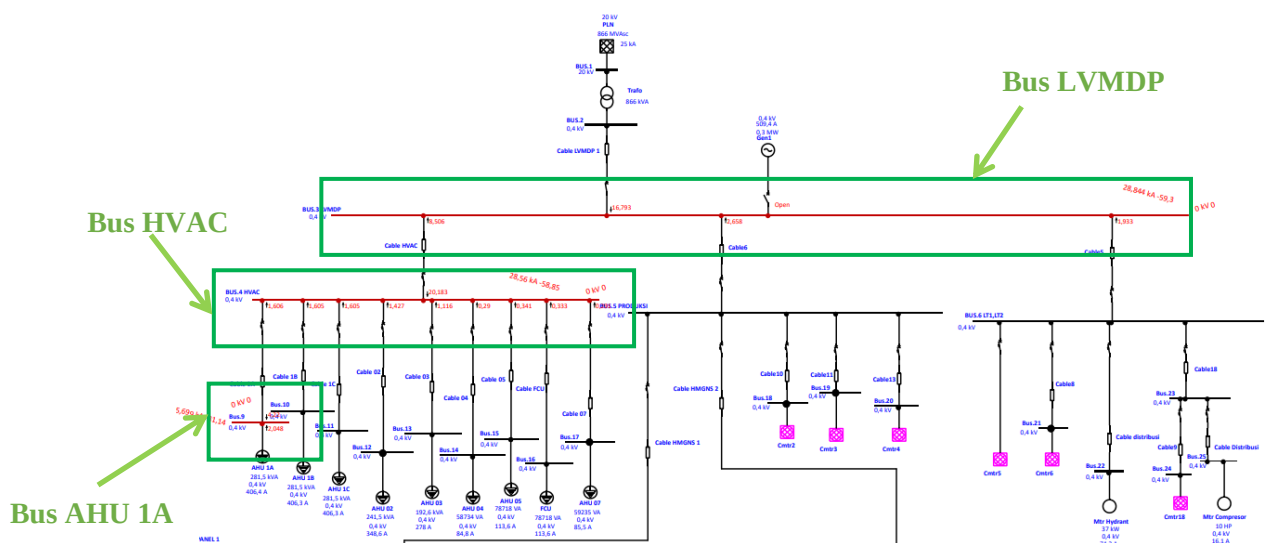
$$I_{a1} = \frac{0,23 \angle 0}{0,0821 \angle 17,4} = 2,802 \angle -17,4^\circ \text{ kA}$$

4.2 Simulasi Gangguan Hubung Singkat Menggunakan ETAP 19.0

Simulasi perhitungan hubung singkat sistem kelistrikan PT. HGI dilakukan pada beberapa titik bus pengujian. Titik pengujian yang dipilih mewakili jaringan sistem yang terpasang. Yaitu, bus pengujian terdekat dengan sumber, bus pengujian terdekat dengan beban terpilih, bus pengujian yang berada antara sumber dan beban. Diantaranya bus LVMDP untuk terdekat dengan sumber, bus

AHU 1A terdekat dengan beban, dan bus HVAC terdekat antara sumber dan beban. Simulasi ini dilakukan dengan harapan mampu menggambarkan besar arus hubung singkat yang terjadi pada bus yang telah dipilih saat terjadi gangguan.

Adapun jenis gangguan yang diujikan pada bus yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa (L-L-L), gangguan hubung singkat line to grond (L-G), gangguan hubung singkat line-line (L-L), gangguan hubung singkat line-line grond (L-L-G). Berikut tampilan simulasi arus hubung yang dilakukan pada bus LVMDP, bus HVAC, dan bus AHU 1A secara berurutan. Berikut hasil running hubung singkat setiap bus dapat dilihat pada gambar 4.11.

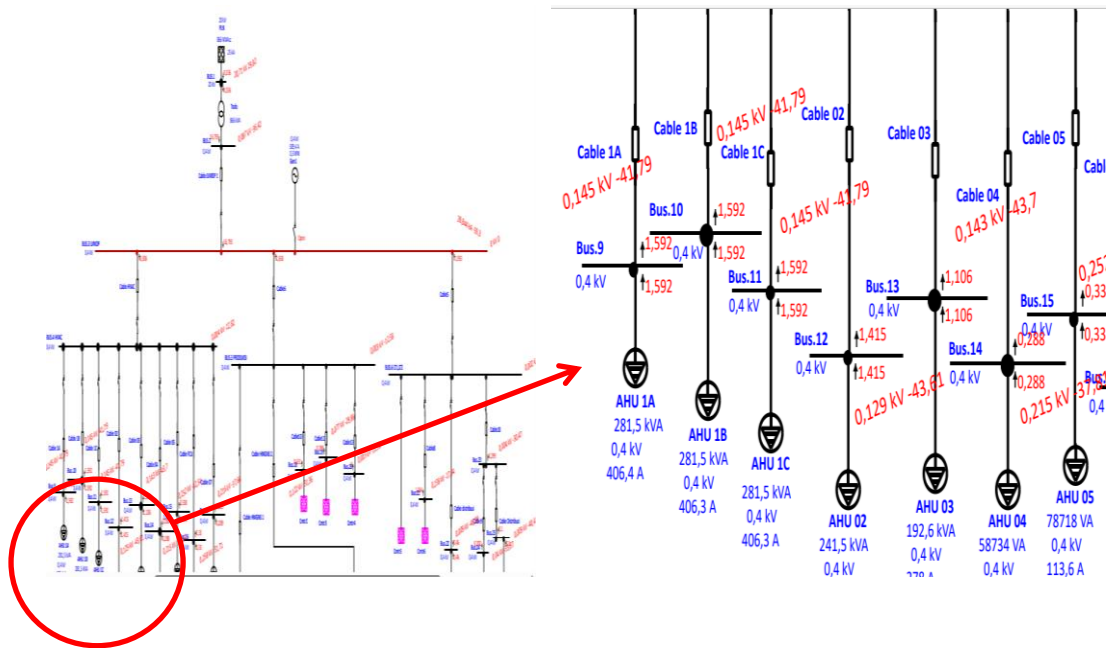


Gambar 4. 11 Hasil running hubung singkat setiap bus

4.2.1 Simulasi Analisis Arus Hubung Singkat Tiga Fasa (L-L-L)

Simulasi hubung singkat tiga fasa yang dimaksud ialah kondisi di mana tiga konduktor fase (R, S, T) dalam sistem listrik tiga fasa terhubung secara langsung

yang mengakibatkan beban resistif menjadi rendah rendah sehingga arus yang mengalir melalui konduktor meningkat secara signifikan. Gambar 4.12 menunjukkan kenaikan arus pada bus 9 dekat dengan beban.



Gambar 4. 12 Hasil running hubung singkat setiap bus

Kondisi seperti ini biasanya terjadi ketika kegagalan pada peralatan listrik seperti kabel, saklar, atau mesin, yang dapat menyebabkan arus lebih tinggi dari pada batas aman yang diizinkan pada sistem listrik. Hasil report menunjukkan besar arus saat terjadi hubung singkat L-L-L pada bus 3 LVMDP, bus yang dekat dengan sumber sebesar 28,844 kA. Selanjutnya besar arus yang dirasakan pada bus beban sebesar 1,592 kA. Besar arus inilah yang dirasakan oleh motor-motor yang terpasang pada bus beban dapat dilihat pada tabel 4.4. Selanjutnya pada tabel 4.5 bus 4 HVAC yang berada diantara sumber dan pusat beban memperlihatkan arus sebesar 28,560 kA. Selanjutnya besar arus yang dirasakan pada bus beban sebesar 1,606 kA. Besar arus yang dirasakan oleh motor-motor

yang terpasang pada bus dapat dilihat pada tabel 4.6. Pada bus 9 yang berada paling dekat dengan beban dengan arus hubung singkat sebesar 5,699 kA. Besar arus yang terjadi ini juga dirasakan oleh motor yang terpasang sebesar 1,592 kA. Berikut berturut-turut tabel yang merepresentasikan simulasi arus hubung singkat tiga fasa pada bus 3 LVMDP, bus 4 HVAC, dan bus 9 beban berikut ini.

Tabel 4. 5 Hasil report tiga fasa bus LVMDP dan bus beban

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
BUS.3 LVMDP	Total	0.00	14.724	-24.803	1.7	28.844
BUS.6 LT1,LT2	BUS.3 LVMDP	0.54	1.533	-1.177	0.8	1.933
BUS.5 PRODUKSI	BUS.3 LVMDP	0.76	2.310	-1.315	0.6	2.658
BUS.4 HVAC	BUS.3 LVMDP	0.92	5.660	-6.350	1.1	8.506
BUS.2	BUS.3 LVMDP	21.73	5.221	-15.960	3.1	16.793
Bus.22	BUS.6 LT1,LT2	2.37	0.179	-0.424	2.4	0.460
Bus.21	BUS.6 LT1,LT2	59.53	1.143	-0.541	0.5	1.264
Bus.23	BUS.6 LT1,LT2	1.00	0.211	-0.212	1.0	0.299
BUS.7 PANEL 1	BUS.5 PRODUKSI	22.10	0.867	-0.428	0.5	0.966
BUS.8 PANEL 2.	BUS.5 PRODUKSI	20.14	0.797	-0.367	0.5	0.877
Bus.18	BUS.5 PRODUKSI	30.45	0.411	-0.336	0.8	0.531
Bus.19	BUS.5 PRODUKSI	19.32	0.236	-0.184	0.8	0.299
Bus.20	BUS.5 PRODUKSI	0.76	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus.9	BUS.4 HVAC	36.29	1.024	-1.219	1.2	1.592
Bus.10	BUS.4 HVAC	36.28	1.024	-1.219	1.2	1.592
Bus.11	BUS.4 HVAC	36.28	1.024	-1.219	1.2	1.592
Bus.12	BUS.4 HVAC	32.33	0.873	-1.114	1.3	1.415
Bus.13	BUS.4 HVAC	35.81	0.713	-0.845	1.2	1.106
Bus.14	BUS.4 HVAC	53.82	0.222	-0.182	0.8	0.288
Bus.15	BUS.4 HVAC	63.12	0.280	-0.189	0.7	0.338
Bus.17	BUS.4 HVAC	54.10	0.224	-0.183	0.8	0.289
Bus.16	BUS.4 HVAC	64.52	0.276	-0.180	0.7	0.330
BUS.1	BUS.2	103.56	5.221	-15.960	3.1	16.793

Tabel 4. 6 Hasil report arus hubung singkat tiga fasa pada bus HVAC

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
BUS.4 HVAC	Total	0.00	14.772	-24.443	1.7	28.560
Bus.9	BUS.4 HVAC	35.79	1.030	-1.231	1.2	1.606
Bus.10	BUS.4 HVAC	35.79	1.030	-1.231	1.2	1.605
Bus.11	BUS.4 HVAC	35.79	1.030	-1.231	1.2	1.605
Bus.12	BUS.4 HVAC	31.82	0.878	-1.125	1.3	1.427
Bus.13	BUS.4 HVAC	35.33	0.718	-0.854	1.2	1.116
Bus.14	BUS.4 HVAC	53.45	0.224	-0.184	0.8	0.290
Bus.15	BUS.4 HVAC	62.79	0.282	-0.191	0.7	0.341
Bus.17	BUS.4 HVAC	53.72	0.225	-0.185	0.8	0.291
Bus.16	BUS.4 HVAC	64.20	0.278	-0.182	0.7	0.333
BUS.3 LVMDP	BUS.4 HVAC	2.18	9.076	-18.027	2.0	20.183
AHU 1A	Bus.9	105.00	1.030	-1.231	1.2	1.606
AHU 1B	Bus.10	105.00	1.030	-1.231	1.2	1.605
AHU 1C	Bus.11	105.00	1.030	-1.231	1.2	1.605
AHU 02	Bus.12	105.00	0.878	-1.125	1.3	1.427
AHU 03	Bus.13	105.00	0.718	-0.854	1.2	1.116
AHU 04	Bus.14	105.00	0.224	-0.184	0.8	0.290
AHU 05	Bus.15	105.00	0.282	-0.191	0.7	0.341
AHU 07	Bus.17	105.00	0.225	-0.185	0.8	0.291
FCU	Bus.16	105.00	0.278	-0.182	0.7	0.333
BUS.6 LT1,LT2	BUS.3 LVMDP	2.71	1.516	-1.141	0.8	1.897
BUS.5 PRODUKSI	BUS.3 LVMDP	2.90	2.280	-1.269	0.6	2.610
BUS.2	BUS.3 LVMDP	23.49	5.280	-15.617	3.0	16.486

Tabel 4. 7 Hasil report arus hubung singkat tiga fasa pada arus AHU 1A

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
Bus.9	Total	0.00	4.878	-2.947	0.6	5.699
BUS.4 HVAC	Bus.9	94.07	4.085	-1.059	0.3	4.220
AHU 1A	Bus.9	105.00	0.793	-1.888	2.4	2.048
Bus.10	BUS.4 HVAC	99.60	0.250	-0.023	0.1	0.251
Bus.11	BUS.4 HVAC	99.60	0.250	-0.023	0.1	0.251
Bus.12	BUS.4 HVAC	99.01	0.222	-0.028	0.1	0.223
Bus.13	BUS.4 HVAC	99.55	0.174	-0.016	0.1	0.175
Bus.14	BUS.4 HVAC	102.21	0.045	0.004	0.1	0.045
Bus.15	BUS.4 HVAC	103.41	0.052	0.010	0.2	0.053
Bus.17	BUS.4 HVAC	102.25	0.045	0.004	0.1	0.046
Bus.16	BUS.4 HVAC	103.57	0.051	0.010	0.2	0.052
BUS.3 LVMDP	BUS.4 HVAC	94.38	2.995	-0.999	0.3	3.157

Dari hasil simulasi ketiga titik hubung singkat terhadap L-L-L tersebut memperlihatkan semakin dekat titik gangguan dengan sumber semakin besar pula peningkatan arus yang terjadi.

4.2.2 Simulasi Analisis Arus Hubung Singkat Line-Line to Grond (L-L-G)

Simulasi hubung singkat 2 fasa ke tanah line ialah hubung singkat 2 fasa ketanah terjadi ketika dua fasa sistem tenaga dan tanah atau ground terhubung menjadi satu. Dalam hal ini, arus listrik akan mengalir melalui dua fasa dan menuju ke ground. Hubung singkat 2 fasa ke tanah biasanya terjadi akibat kegagalan dalam peralatan listrik atau gangguan dalam jaringan listrik seperti kabel yang putus atau isolator yang rusak. Selain itu, kegagalan dalam transformator atau pemutus sirkuit juga dapat menyebabkan hubung singkat 2 fasa ke tanah. Hasil report menunjukkan besar arus saat terjadi hubung singkat L-L-G pada bus LVMDP, bus yang dekat dengan sumber sebesar 26,966 kA. Selanjutnya besar arus yang dirasakan pada bus beban sebesar 1,379 kA. Berikut pada tabel 4.7 report running Etap 19.0 pada bus LVMDP;

Tabel 4. 8 Hasil report arus hubung singkat L -L-G pada bus LVMDP

Contribution		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
From Bus ID	To Bus ID	Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		I1	I2	I0
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.			
BUS.3 LVMDP	Total	127.22	0.7	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	26.966	-169.8	25.461	49.7	17.196	11.300	5.922
BUS.6 LT1,LT2	BUS.3 LVMDP	127.20	0.7	0.55	-150.3	0.45	99.0	0.392	-21.3	1.704	-150.6	1.431	68.5	1.152	0.566	0.231
BUS.5 PRODUKSI	BUS.3 LVMDP	127.08	0.8	0.81	-155.4	0.80	116.1	0.534	11.7	2.341	-151.0	2.042	80.8	1.585	0.730	0.517
BUS.4 HVAC	BUS.3 LVMDP	127.39	0.7	0.79	-109.2	0.80	83.5	1.638	-51.3	7.370	-144.7	7.455	48.0	5.071	3.435	0.000
BUS.2	BUS.3 LVMDP	113.43	4.3	30.42	-172.1	27.24	106.6	2.319	145.5	17.064	175.0	14.964	44.7	10.012	6.782	5.221
Bus.22	BUS.6 LT1,LT2	127.63	0.5	1.99	-159.0	1.67	58.3	0.167	-62.1	0.353	-173.5	0.331	34.5	0.275	0.109	0.000
Bus.21	BUS.6 LT1,LT2	117.88	6.2	65.22	-151.4	56.41	108.9	0.210	12.5	1.156	-141.6	0.968	81.3	0.754	0.402	0.208
Bus.23	BUS.6 LT1,LT2	127.28	0.7	0.94	-157.0	0.83	90.0	0.091	-26.2	0.240	-161.0	0.215	61.0	0.178	0.070	0.027
BUS.7 PANEL 1	BUS.5 PRODUKSI	124.25	3.8	24.04	-162.9	22.96	108.6	0.205	16.3	0.854	-147.7	0.736	83.5	0.576	0.267	0.184
BUS.8 PANEL 2.	BUS.5 PRODUKSI	124.43	3.4	21.65	-159.8	20.68	109.0	0.180	17.6	0.777	-145.0	0.673	84.1	0.523	0.251	0.161
Bus.18	BUS.5 PRODUKSI	122.44	4.9	34.70	-173.5	32.29	102.6	0.092	-3.7	0.471	-160.6	0.407	73.6	0.317	0.140	0.110
Bus.19	BUS.5 PRODUKSI	125.25	3.9	21.12	-177.0	21.65	101.9	0.063	2.6	0.256	-162.0	0.233	75.2	0.178	0.074	0.064
Bus.20	BUS.5 PRODUKSI	127.08	0.8	0.81	-155.4	0.80	116.1	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus.9	BUS.4 HVAC	132.21	-1.4	31.44	-138.2	31.80	54.5	0.307	-53.0	1.379	-146.3	1.395	46.3	0.949	0.643	0.000

Selanjutnya pada bus HVAC yang berada dekat dengan beban memperlihatkan Arus sebesar 26,697 kA. Selanjutnya besar arus yang dirasakan pada bus beban sebesar 1,392 kA. Berikut tabel 4.8 report running Etap 19.0 pada bus HVAC;

Tabel 4. 9 Hasil report arus hubung singkat L-L-G pada bus HVAC

Contribution		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
From Bus ID	To Bus ID	Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		I1	I2	I0
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.			
BUS.4 HVAC	Total	127.91	0.6	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	26.697	-168.9	25.096	49.7	16.964	11.266	5.728
Bus.9	BUS.4 HVAC	132.70	-1.5	31.03	-138.8	31.32	53.5	0.302	-52.6	1.392	-146.3	1.405	46.1	0.954	0.652	0.000
Bus.10	BUS.4 HVAC	132.70	-1.5	31.03	-138.8	31.32	53.5	0.302	-52.6	1.392	-146.3	1.405	46.1	0.954	0.652	0.000
Bus.11	BUS.4 HVAC	132.69	-1.5	31.03	-138.8	31.32	53.5	0.302	-52.6	1.392	-146.3	1.405	46.1	0.954	0.652	0.000
Bus.12	BUS.4 HVAC	132.01	-1.3	27.59	-140.8	27.85	51.6	0.269	-54.5	1.238	-148.3	1.249	44.1	0.848	0.580	0.000
Bus.13	BUS.4 HVAC	132.47	-1.5	30.63	-140.8	30.92	51.6	0.210	-52.5	0.967	-146.2	0.976	46.2	0.663	0.453	0.000
Bus.14	BUS.4 HVAC	135.61	-2.2	46.34	-134.6	46.78	57.8	0.055	-42.0	0.251	-135.7	0.254	56.7	0.172	0.118	0.000
Bus.15	BUS.4 HVAC	137.63	-2.3	54.44	-129.2	54.95	63.2	0.064	-36.6	0.295	-130.3	0.298	62.1	0.202	0.138	0.000
Bus.17	BUS.4 HVAC	135.67	-2.2	46.58	-134.4	47.02	58.0	0.055	-41.8	0.253	-135.5	0.255	56.8	0.173	0.118	0.000
Bus.16	BUS.4 HVAC	137.95	-2.3	55.67	-128.3	56.19	64.1	0.063	-35.7	0.289	-129.5	0.291	62.9	0.198	0.135	0.000
BUS.3 LVMDP	BUS.4 HVAC	126.69	0.9	2.87	-164.7	2.64	110.5	1.614	129.1	20.148	-177.6	17.593	50.5	11.988	7.927	5.728
AHU 1A	Bus.9	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.302	-52.6	1.392	-146.3	1.405	46.1	0.954	0.652	0.000
AHU 1B	Bus.10	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.302	-52.6	1.392	-146.3	1.405	46.1	0.954	0.652	0.000
AHU 1C	Bus.11	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.302	-52.6	1.392	-146.3	1.405	46.1	0.954	0.652	0.000
AHU 02	Bus.12	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.269	-54.5	1.238	-148.3	1.249	44.1	0.848	0.580	0.000
AHU 03	Bus.13	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.210	-52.5	0.967	-146.2	0.976	46.2	0.663	0.453	0.000
AHU 04	Bus.14	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.055	-42.0	0.251	-135.7	0.254	56.7	0.172	0.118	0.000
AHU 05	Bus.15	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.064	-36.6	0.295	-130.3	0.298	62.1	0.202	0.138	0.000
AHU 07	Bus.17	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.055	-41.8	0.253	-135.5	0.255	56.8	0.173	0.118	0.000
FCU	Bus.16	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.063	-35.7	0.289	-129.5	0.291	62.9	0.198	0.135	0.000

Terakhir bus AHU 1A yang berada diantara sumber dengan beban dengan arus hubung singkat sebesar 5,327 kA. Selanjutnya besar arus yang dirasakan pada bus beban sebesar 3,861 kA. Berikut pada tabel 4.9 report running Etap 19.0 untuk seluruh bus terhadap ke tiga bus pengujian ;

Tabel 4. 10 Hasil report arus hubung singkat L-L-G pada bus AHU 1A

Contribution		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
From Bus ID	To Bus ID	Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		I1	I2	I0
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.			
Bus.9	Total	140.90	-2.1	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	5.327	-130.9	4.723	69.5	3.153	2.562	0.626
BUS.4 HVAC	Bus.9	107.48	1.1	97.17	-127.4	92.88	114.3	0.227	129.9	3.861	-117.4	3.652	88.6	2.335	1.895	0.626
AHU 1A	Bus.9	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.227	-50.1	1.810	-160.6	1.744	26.4	1.133	0.916	0.000
Bus.10	BUS.4 HVAC	107.99	1.1	101.12	-125.7	97.57	113.4	0.023	0.4	0.222	-96.8	0.220	89.0	0.139	0.116	0.000
Bus.11	BUS.4 HVAC	107.99	1.1	101.12	-125.7	97.57	113.4	0.023	0.4	0.222	-96.9	0.220	89.0	0.139	0.116	0.000
Bus.12	BUS.4 HVAC	107.93	1.1	100.76	-125.9	97.00	113.4	0.020	-1.5	0.197	-98.8	0.196	87.1	0.124	0.103	0.000
Bus.13	BUS.4 HVAC	107.98	1.1	101.16	-125.8	97.46	113.3	0.016	0.5	0.154	-96.7	0.153	89.2	0.097	0.081	0.000
Bus.14	BUS.4 HVAC	108.23	1.2	102.76	-124.6	100.03	113.3	0.004	11.0	0.040	-86.2	0.040	99.6	0.025	0.021	0.000
Bus.15	BUS.4 HVAC	108.34	1.2	103.22	-123.8	101.42	113.6	0.005	16.4	0.047	-80.8	0.047	105.0	0.029	0.025	0.000
Bus.17	BUS.4 HVAC	108.23	1.2	102.78	-124.6	100.07	113.3	0.004	11.2	0.040	-86.1	0.040	99.8	0.025	0.021	0.000
Bus.16	BUS.4 HVAC	108.35	1.2	103.26	-123.7	101.63	113.6	0.005	17.3	0.046	-80.0	0.046	105.9	0.029	0.024	0.000
BUS.3 LVMDP	BUS.4 HVAC	107.32	1.1	97.53	-127.3	93.19	114.4	0.298	145.2	2.994	-124.6	2.695	87.7	1.747	1.413	0.626

Dari hasil simulasi ketiga titik hubung singkat terhadap L-L-G tersebut memperlihatkan semakin dekat titik gangguan dengan sumber semakin besar pula peningkatan arus yang terjadi

4.2.3 Simulasi Analisis Arus Hubung Singkat Line-Line (L-L)

Simulasi hubung singkat line to line ialah hubung singkat antar fasa yang terjadi pada tiga fasa yang berbeda dalam satu sistem tenaga. Hubung singkat dapat berakibat kerusakan pada peralatan listrik dan penurunan kualitas pasokan listrik, serta dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Oleh karena itu, sistem harus dipasang dan dioperasikan dengan baik untuk mencegah terjadinya hubung singkat tersebut. Adapun cara untuk menghindari kerusakan dan bahaya antara melengkapi peralatan dengan perlindungan seperti pemutus sirkuit dan relay proteksi. Hasil report menunjukkan besar arus saat terjadi hubung singkat L-L pada bus LVMDP, bus yang dekat dengan sumber sebesar 24,610 kA. Selanjutnya besar arus yang dirasakan pada bus beban sebesar 1,355 kA. Berikut pada tabel 4.10 report running Etap 19.0 pada bus LVMDP;

Tabel 4. 11 Hasil report arus hubung singkat L-L pada bus LVMDP

Contribution		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
From Bus ID	To Bus ID	Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		I1	I2	I0
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.			
BUS.3 LVMDP	Total	106.65	1.7	53.32	-178.3	53.32	-178.3	0.000	0.0	24.610	-151.0	24.610	29.0	14.209	14.209	0.000
BUS.6 LT1,LT2	BUS.3 LVMDP	106.73	1.7	53.58	-177.9	53.15	-178.7	0.298	-8.6	1.525	-139.1	1.351	50.6	0.952	0.712	0.000
BUS.5 PRODUKSI	BUS.3 LVMDP	106.79	1.7	53.62	-177.8	53.18	-178.8	0.541	3.3	2.094	-134.9	1.729	57.1	1.309	0.917	0.000
BUS.4 HVAC	BUS.3 LVMDP	106.63	1.7	53.52	-177.5	53.12	-179.1	0.286	-165.2	7.240	-137.8	7.495	41.2	4.190	4.320	0.000
BUS.2	BUS.3 LVMDP	105.98	1.5	66.25	-165.5	44.00	161.8	0.565	171.2	14.292	-161.4	14.795	17.6	8.272	8.528	0.000
Bus.22	BUS.6 LT1,LT2	106.97	1.5	54.85	-177.5	52.14	-179.5	0.091	-59.5	0.328	-169.0	0.309	27.1	0.227	0.138	0.000
Bus.21	BUS.6 LT1,LT2	115.12	3.5	89.65	-150.5	52.31	134.9	0.196	18.3	1.047	-127.5	0.892	59.6	0.623	0.505	0.000
Bus.23	BUS.6 LT1,LT2	106.83	1.7	53.87	-177.7	52.97	-178.9	0.068	-23.8	0.221	-151.3	0.187	45.6	0.147	0.088	0.000
BUS.7 PANEL 1	BUS.5 PRODUKSI	111.20	2.2	65.64	-166.2	48.72	166.5	0.204	8.9	0.768	-132.1	0.623	59.7	0.476	0.336	0.000
BUS.8 PANEL 2.	BUS.5 PRODUKSI	110.47	2.2	64.10	-166.5	49.21	167.6	0.173	11.9	0.704	-129.7	0.578	61.0	0.432	0.316	0.000
Bus.18	BUS.5 PRODUKSI	112.70	1.4	72.40	-165.7	45.12	160.4	0.106	-12.0	0.409	-143.9	0.347	49.2	0.262	0.177	0.000
Bus.19	BUS.5 PRODUKSI	110.99	1.5	64.93	-169.6	47.91	169.4	0.068	-12.1	0.226	-144.4	0.187	51.1	0.147	0.093	0.000
Bus.20	BUS.5 PRODUKSI	106.70	1.7	53.62	-177.8	53.18	-178.8	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bus.9	BUS.4 HVAC	105.50	1.5	77.73	-161.4	38.70	145.2	0.054	-166.9	1.355	-139.5	1.403	39.5	0.784	0.808	0.000
Bus.10	BUS.4 HVAC	105.50	1.5	77.73	-161.4	38.70	145.2	0.054	-166.9	1.355	-139.5	1.402	39.5	0.784	0.808	0.000
Bus.11	BUS.4 HVAC	105.50	1.5	77.73	-161.4	38.70	145.2	0.054	-166.9	1.355	-139.5	1.402	39.5	0.784	0.808	0.000
Bus.12	BUS.4 HVAC	105.61	1.5	75.28	-163.3	38.43	150.6	0.048	-168.9	1.204	-141.4	1.247	37.6	0.697	0.719	0.000
Bus.13	BUS.4 HVAC	105.50	1.5	77.88	-162.2	37.72	146.1	0.037	-166.8	0.941	-139.3	0.974	39.7	0.545	0.562	0.000
Bus.14	BUS.4 HVAC	104.99	1.3	89.53	-154.9	42.91	123.9	0.010	-156.3	0.245	-128.9	0.253	50.1	0.142	0.146	0.000

Selanjutnya pada tabel 4.11 bus HVAC yang berada dekat dengan beban memperlihatkan Arus sebesar 24,386 kA. Selanjutnya besar arus yang dirasakan pada bus beban sebesar 1,367 kA. Berikut tabel 4.10 report running Etap 19.0 pada bus HVAC;

Tabel 4. 12 Hasil report arus hubung singkat L-L pada bus HVAC

Contribution		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
From Bus ID	To Bus ID	Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		I1	I2	I0
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.			
BUS.4 HVAC	Total	106.57	1.7	53.28	-178.3	53.28	-178.3	0.000	0.0	24.386	-150.6	24.386	29.4	14.079	14.079	0.000
Bus.9	BUS.4 HVAC	105.46	1.4	77.56	-161.9	38.31	145.9	0.053	-166.3	1.367	-139.6	1.414	39.4	0.792	0.815	0.000
Bus.10	BUS.4 HVAC	105.46	1.4	77.55	-161.9	38.31	145.9	0.053	-166.3	1.367	-139.6	1.414	39.4	0.791	0.815	0.000
Bus.11	BUS.4 HVAC	105.46	1.4	77.55	-161.9	38.31	145.9	0.053	-166.3	1.367	-139.6	1.414	39.4	0.791	0.815	0.000
Bus.12	BUS.4 HVAC	105.57	1.5	75.10	-163.8	38.09	151.4	0.047	-168.3	1.215	-141.5	1.257	37.5	0.704	0.724	0.000
Bus.13	BUS.4 HVAC	105.46	1.5	77.71	-162.7	37.33	146.8	0.037	-166.2	0.950	-139.5	0.983	39.6	0.550	0.566	0.000
Bus.14	BUS.4 HVAC	104.96	1.3	89.42	-155.2	42.41	124.1	0.010	-155.7	0.247	-129.0	0.255	50.0	0.143	0.147	0.000
Bus.15	BUS.4 HVAC	104.77	1.1	94.29	-150.3	50.11	117.1	0.011	-150.3	0.290	-123.6	0.300	55.5	0.168	0.173	0.000
Bus.17	BUS.4 HVAC	104.96	1.3	89.57	-155.1	42.61	123.8	0.010	-155.6	0.248	-128.8	0.257	50.2	0.144	0.148	0.000
Bus.16	BUS.4 HVAC	104.75	1.1	94.98	-149.6	51.45	116.3	0.011	-149.5	0.283	-122.7	0.293	56.3	0.164	0.169	0.000
BUS.3 LVMDP	BUS.4 HVAC	106.59	1.7	54.30	-176.7	52.33	180.0	0.281	15.4	17.333	-155.9	17.055	24.3	9.950	9.906	0.000

Terakhir bus AHU 1A yang berada diantara sumber dengan beban dengan arus hubung singkat sebesar 4,948 kA. Selanjutnya besar arus yang dirasakan pada bus beban sebesar 3,666 kA. Berikut pada tabel 4.12 report running Etap 19.0 untuk seluruh bus terhadap ke tiga bus pengujian ;

Tabel 4. 13 Hasil report arus hubung singkat L-L pada bus AHU 1A

Contribution		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
From Bus ID	To Bus ID	Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		I1	I2	I0
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.			
Bus.9	Total	104.74	0.2	52.37	-179.8	52.37	-179.8	0.000	0.0	4.948	-121.3	4.948	58.7	2.857	2.857	0.000
BUS.4 HVAC	Bus.9	104.81	0.3	102.70	-127.7	90.94	117.5	0.008	60.0	3.666	-104.8	3.658	75.2	2.115	2.113	0.000
AHU 1A	Bus.9	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.008	-120.0	1.770	-157.3	1.777	22.9	1.027	1.022	0.000
Bus.10	BUS.4 HVAC	104.74	0.2	106.35	-126.0	95.54	116.2	0.008	-120.0	0.217	-93.2	0.225	85.8	0.126	0.130	0.000
Bus.11	BUS.4 HVAC	104.74	0.2	106.35	-126.0	95.54	116.2	0.008	-120.0	0.217	-93.2	0.225	85.8	0.126	0.130	0.000
Bus.12	BUS.4 HVAC	104.74	0.2	106.04	-126.3	94.96	116.3	0.007	-121.9	0.193	-95.2	0.200	83.9	0.112	0.115	0.000
Bus.13	BUS.4 HVAC	104.74	0.2	106.41	-126.1	95.41	116.2	0.006	-119.8	0.151	-93.1	0.156	85.9	0.087	0.090	0.000
Bus.14	BUS.4 HVAC	104.72	0.1	107.83	-125.0	98.01	116.0	0.002	-109.4	0.039	-82.6	0.041	96.4	0.023	0.023	0.000
Bus.15	BUS.4 HVAC	104.74	0.1	108.18	-124.2	99.48	116.2	0.002	-103.9	0.046	-77.2	0.048	101.8	0.027	0.027	0.000
Bus.17	BUS.4 HVAC	104.73	0.1	107.85	-124.9	98.06	116.0	0.002	-109.2	0.039	-82.5	0.041	96.6	0.023	0.024	0.000
Bus.16	BUS.4 HVAC	104.74	0.1	108.21	-124.1	99.70	116.2	0.002	-103.1	0.045	-76.4	0.047	102.7	0.026	0.027	0.000
BUS.3 LVMDP	BUS.4 HVAC	104.81	0.3	102.88	-127.6	91.23	117.4	0.045	61.7	2.757	-109.5	2.713	70.6	1.583	1.576	0.000

Dari hasil simulasi ketiga titik hubung singkat terhadap L-L tersebut memperlihatkan semakin dekat titik gangguan dengan sumber semakin besar pula peningkatan arus yang terjadi

4.2.4 Simulasi Analisis Arus Hubung Singkat Line-Grond (L-G)

Simulasi hubung singkat line to ground ialah hubung singkat yang terjadi ketika salah satu dari dua kabel pada sirkuit listrik AC terhubung langsung dengan tanah atau bumi. Hal seperti ini bisa terjadi karena isolasi pada kabel rusak, cacat, terkelupas, terputus dan menyentuh permukaan tanah. Pada saat hubung singkat ini terjadi. Arus listrik akan mengalir sangat tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik dan bahkan menyebabkan kebakaran. Untuk

mencegah hubung singkat satu fasa ke tanah, peralatan listrik harus dijaga agar tetap dalam kondisi baik dan dipasang dengan benar. Selain itu, instalasi sistem grounding yang tepat juga diperlukan untuk melindungi peralatan listrik dan manusia dari bahaya listrik dan meminimalkan risiko terjadinya hubung singkat fasa ke tanah. Hasil report menunjukkan besar arus saat terjadi hubung singkat L-G pada bus LVMDP, bus yang dekat dengan sumber sebesar 21,668 kA. Selanjutnya besar arus yang dirasakan pada bus beban sebesar 0,809 kA. Berikut pada tabel 4.13 report running Etap 19.0 pada bus LVMDP ;

Tabel 4. 14 Hasil report arus hubung singkat L-G pada bus LVMDP

Contribution		Line-To-Ground Fault														
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)								
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		Sequence Current (kA)		
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1	I2	I0
BUS.3 LVMDP	Total	0.00	0.0	116.54	-130.8	123.42	129.8	21.668	-58.7	0.000	0.0	0.000	0.0	7.223	7.223	7.223
BUS.6 LT1,LT2	BUS.3 LVMDP	0.48	-26.1	116.51	-130.7	123.35	129.7	1.120	-40.1	0.092	-177.0	0.264	103.9	0.484	0.362	0.282
BUS.5 PRODUKSI	BUS.3 LVMDP	0.87	-25.9	116.51	-130.5	123.11	129.7	1.744	-39.1	0.331	-82.8	0.146	92.1	0.666	0.466	0.630
BUS.4 HVAC	BUS.3 LVMDP	0.47	-10.4	116.66	-130.9	123.59	129.8	4.324	-45.9	2.275	132.6	2.050	135.7	2.130	2.196	0.000
BUS.2	BUS.3 LVMDP	35.23	-32.8	114.91	-121.7	105.58	126.6	14.866	-66.0	2.081	-40.1	2.393	-50.1	4.205	4.335	6.368
Bus.22	BUS.6 LT1,LT2	1.19	-45.5	116.57	-130.9	123.74	129.6	0.185	-68.8	0.093	136.2	0.108	89.9	0.115	0.070	0.000
Bus.21	BUS.6 LT1,LT2	64.06	-24.4	114.43	-117.2	106.42	123.7	0.821	-31.4	0.059	-82.2	0.116	117.2	0.317	0.257	0.253
Bus.23	BUS.6 LT1,LT2	0.81	-35.9	116.59	-130.7	123.31	129.7	0.151	-53.6	0.035	-161.4	0.046	103.6	0.075	0.045	0.033
BUS.7 PANEL 1	BUS.5 PRODUKSI	25.41	-33.2	117.91	-124.3	114.03	128.2	0.630	-36.5	0.120	-79.3	0.060	102.6	0.242	0.171	0.225
BUS.8 PANEL 2.	BUS.5 PRODUKSI	22.75	-31.2	117.29	-125.2	115.42	128.3	0.570	-34.5	0.096	-81.0	0.057	113.2	0.220	0.160	0.196
Bus.18	BUS.5 PRODUKSI	36.70	-39.9	120.68	-121.5	107.92	127.5	0.354	-46.1	0.066	-84.9	0.034	50.8	0.133	0.090	0.134
Bus.19	BUS.5 PRODUKSI	23.48	-43.9	120.82	-124.6	112.90	129.2	0.198	-48.5	0.050	-91.8	0.012	46.1	0.075	0.047	0.078
Bus.20	BUS.5 PRODUKSI	0.87	-25.9	116.51	-130.5	123.11	129.7	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus.9	BUS.4 HVAC	18.44	-39.4	116.93	-135.5	131.98	130.6	0.809	-47.6	0.426	131.0	0.384	134.0	0.399	0.411	0.000
Bus.10	BUS.4 HVAC	18.44	-39.4	116.93	-135.5	131.98	130.6	0.809	-47.6	0.426	131.0	0.384	134.0	0.399	0.411	0.000
Bus.11	BUS.4 HVAC	18.44	-39.4	116.92	-135.5	131.98	130.6	0.809	-47.6	0.426	131.0	0.384	134.0	0.399	0.411	0.000
Bus.12	BUS.4 HVAC	16.43	-41.2	116.57	-135.0	131.09	130.4	0.719	-49.6	0.378	129.0	0.341	132.0	0.354	0.365	0.000
Bus.13	BUS.4 HVAC	18.20	-41.3	116.60	-135.5	131.92	130.4	0.562	-47.5	0.296	131.1	0.267	134.1	0.277	0.286	0.000
Bus.14	BUS.4 HVAC	27.36	-35.4	118.39	-137.7	135.92	131.3	0.146	-37.0	0.077	141.6	0.069	144.6	0.072	0.074	0.000
Bus.15	BUS.4 HVAC	32.08	-30.2	120.38	-138.7	137.68	132.1	0.172	-31.6	0.090	147.0	0.081	150.0	0.085	0.087	0.000
Bus.17	BUS.4 HVAC	27.50	-35.3	118.44	-137.8	135.97	131.3	0.147	-36.8	0.077	141.7	0.070	144.8	0.072	0.075	0.000
Bus.16	BUS.4 HVAC	32.80	-29.3	120.73	-138.9	137.92	132.2	0.168	-30.7	0.088	147.8	0.080	150.9	0.083	0.085	0.000
BUS.1	BUS.2	104.36	30.1	105.01	-90.0	104.55	149.8	14.866	-66.0	2.081	-40.1	2.393	-50.1	4.205	4.335	6.368

Selanjutnya pada tabel 4.5 bus HVAC yang berada dekat dengan beban memperlihatkan arus sebesar 21,162 kA. Selanjutnya besar arus yang dirasakan

pada bus beban sebesar 0,804 kA. Berikut pada tabel 4.14 report running Etap 19.0 pada bus HVAC ;

Tabel 4. 15 Hasil report arus hubung singkat L-G pada bus HVAC

Contribution		Line-To-Ground Fault														
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic				
		From Bus ID	To Bus ID	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1
BUS.4 HVAC	Total	0.00	0.0	116.97	-131.4	124.44	130.0	21.162	-57.8	0.000	0.0	0.000	0.0	7.054	7.054	7.054
Bus.9	BUS.4 HVAC	17.93	-39.9	117.37	-136.0	132.79	130.8	0.804	-47.4	0.423	131.3	0.382	134.1	0.397	0.408	0.000
Bus.10	BUS.4 HVAC	17.93	-39.9	117.37	-136.0	132.79	130.8	0.804	-47.4	0.423	131.3	0.382	134.1	0.397	0.408	0.000
Bus.11	BUS.4 HVAC	17.93	-39.9	117.37	-136.0	132.79	130.8	0.804	-47.4	0.423	131.3	0.382	134.1	0.397	0.408	0.000
Bus.12	BUS.4 HVAC	15.94	-41.9	117.00	-135.5	131.90	130.6	0.715	-49.3	0.376	129.3	0.339	132.2	0.353	0.363	0.000
Bus.13	BUS.4 HVAC	17.70	-41.9	117.04	-135.9	132.73	130.6	0.559	-47.2	0.294	131.4	0.265	134.3	0.276	0.284	0.000
Bus.14	BUS.4 HVAC	26.78	-35.6	118.88	-138.1	136.71	131.5	0.145	-36.8	0.076	141.9	0.069	144.8	0.072	0.074	0.000
Bus.15	BUS.4 HVAC	31.46	-30.2	120.88	-139.1	138.46	132.3	0.171	-31.4	0.090	147.3	0.081	150.2	0.084	0.087	0.000
Bus.17	BUS.4 HVAC	26.92	-35.5	118.93	-138.2	136.76	131.5	0.146	-36.6	0.077	142.0	0.069	144.9	0.072	0.074	0.000
Bus.16	BUS.4 HVAC	32.17	-29.4	121.23	-139.2	138.70	132.4	0.167	-30.5	0.088	148.1	0.079	151.0	0.082	0.085	0.000
BUS.3 LVMDP	BUS.4 HVAC	3.31	-28.4	116.62	-130.5	122.86	129.8	16.984	-60.9	2.259	-47.0	2.041	-44.2	4.985	4.963	7.054
AHU 1A	Bus.9	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.804	-47.4	0.423	131.3	0.382	134.1	0.397	0.408	0.000
AHU 1B	Bus.10	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.804	-47.4	0.423	131.3	0.382	134.1	0.397	0.408	0.000
AHU 1C	Bus.11	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.804	-47.4	0.423	131.3	0.382	134.1	0.397	0.408	0.000
AHU 02	Bus.12	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.715	-49.3	0.376	129.3	0.339	132.2	0.353	0.363	0.000
AHU 03	Bus.13	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.559	-47.2	0.294	131.4	0.265	134.3	0.276	0.284	0.000

Terakhir bus AHU 1A yang berada diantara sumber dengan beban dengan arus hubung singkat sebesar 2,860 kA. Selanjutnya besar arus yang dirasakan pada bus beban sebesar 2,341 kA. Berikut pada tabel 4.15 report running Etap 19.0 untuk seluruh bus terhadap ke tiga bus pengujian ;

Tabel 4. 16 Hasil report arus hubung singkat L-G pada bus AHU 1A

Contribution		Line-To-Ground Fault														
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic				
		From Bus ID	To Bus ID	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1
Bus.9	Total	0.00	0.0	131.93	-143.8	148.79	135.8	2.860	-17.1	0.000	0.0	0.000	0.0	0.953	0.953	0.953
BUS.4 HVAC	Bus.9	97.11	-5.5	108.68	-121.4	105.52	122.6	2.341	-7.2	0.344	-52.7	0.340	-53.2	0.706	0.705	0.953
AHU 1A	Bus.9	105.00	0.0	105.00	-120.0	105.00	120.0	0.684	-53.0	0.344	127.3	0.340	126.8	0.343	0.341	0.000
Bus.10	BUS.4 HVAC	98.86	-5.0	109.43	-121.7	105.73	123.1	0.085	10.5	0.045	-170.8	0.040	-168.0	0.042	0.043	0.000
Bus.11	BUS.4 HVAC	98.86	-5.0	109.43	-121.7	105.73	123.1	0.085	10.5	0.045	-170.8	0.040	-168.0	0.042	0.043	0.000
Bus.12	BUS.4 HVAC	98.69	-5.1	109.33	-121.7	105.73	123.0	0.076	8.6	0.040	-172.8	0.036	-169.9	0.037	0.038	0.000
Bus.13	BUS.4 HVAC	98.86	-5.1	109.40	-121.7	105.76	123.1	0.059	10.7	0.031	-170.7	0.028	-167.8	0.029	0.030	0.000
Bus.14	BUS.4 HVAC	99.64	-4.7	109.87	-121.9	105.74	123.3	0.015	21.1	0.008	-160.2	0.007	-157.4	0.008	0.008	0.000
Bus.15	BUS.4 HVAC	99.92	-4.4	110.17	-121.9	105.63	123.5	0.018	26.5	0.010	-154.8	0.009	-152.0	0.009	0.009	0.000
Bus.17	BUS.4 HVAC	99.64	-4.7	109.88	-121.9	105.74	123.3	0.015	21.3	0.008	-160.1	0.007	-157.2	0.008	0.008	0.000
Bus.16	BUS.4 HVAC	99.96	-4.4	110.22	-121.9	105.61	123.5	0.018	27.4	0.009	-154.0	0.008	-151.1	0.009	0.009	0.000
BUS.3 LVMDP	BUS.4 HVAC	97.50	-5.4	108.53	-121.3	105.42	122.5	1.997	-10.8	0.463	-30.6	0.439	-31.5	0.528	0.526	0.953

Dari hasil simulasi ketiga titik hubung singkat terhadap L-G tersebut memperlihatkan semakin dekat titik gangguan dengan sumber semakin besar pula peningkatan arus yang terjadi.

4.3 Pembahasan Gangguan Hubung Singkat Perhitungan Manual dan Perhitungan ETAP 19.0

Perhitungan manual arus hubung singkat tiga fasa, dua fasa ke tanah, dua fasa, dan satu fasa ke tanah yang dilakukan pada setiap jenis bus. Diantaranya bus LVMDP untuk terdekat dengan sumber, bus AHU 1A terdekat dengan beban, dan bus HVAC terdekat antara sumber dan beban. Setelah dilakukan perhitungan manual kemudian dibandingkan dengan simulasi ETAP Power Station 19.0. Maka terdapat perbedaan selisih hasil perhitungan pada setiap jenis hubung singkat sebesar 0,322 hingga 0,645 pada bus LVMDP. Kemudian pada bus HVAC terdapat selisih nilai perhitungan sebesar 0,046 hingga 0,443. Selanjutnya pada

bus AHU terdapat selisih nilai perhitungan sebesar 0,058 hingga 0,969. Tabel 4.16, tabel 4.17 dan tabel 4.18 merupakan tabel yang menampilkan hasil dari dua metode yang dilakukan.

Tabel 4. 17 Perbandingan perhitungan manual dengan ETAP 19.0.1 bus LVMDP

No	Hubung Singkat	Manual (kA)	Simulasi (kA)	Selisih
1	L-L-L	28,930	28,844	0,086
2	L-L-G	26,644	26,966	0,322
3	L-L	24,033	24,610	0,577
4	L-G	21,023	21,668	0,645

Tabel 4. 18 Perbandingan perhitungan manual dengan ETAP 19.0.1 bus HVAC

No	Hubung Singkat	Manual (kA)	Simulasi (kA)	Selisih
1	L-L-L	28,117	28,560	0,443
2	L-L-G	26,744	26,697	0,046
3	L-L	23,909	24,386	0,477
4	L-G	21,023	21,162	0,139

Tabel 4. 19 Perbandingan perhitungan manual dengan ETAP 19.0.1 bus AHU

No	Hubung Singkat	Manual (kA)	Simulasi (kA)	Selisih
1	L-L-L	5,011	5,699	0,688
2	L-L-G	6,218	5,327	0,891
3	L-L	3,979	4,948	0,969
4	L-G	2,802	2,860	0,058

Hasil memperlihatkan nilai arus yang tidak sama, ketidak samaan hasil nilai arus ini diakibatkan beberapa alasan, di antaranya:

2. Input Data yang berbeda yang menyebabkan kesalahan pada input data atau perbedaan dalam penggunaan parameter.
3. Pada program ETAP memiliki banyak model peralatan listrik yang berbeda dengan karakteristik yang berbeda-beda.
4. Perbedaan dalam kondisi operasi antara ETAP dan perhitungan manual dapat memengaruhi hasilnya.
5. Pemodelan matematis dalam ETAP mungkin memiliki ketidaktepatan yang dapat memengaruhi hasilnya. Pastikan bahwa model matematis yang digunakan dalam ETAP sudah valid dan teruji.
6. Kesalahan dalam Pemrograman: Kesalahan dalam pemrograman atau kesalahan dalam skrip ETAP dapat memengaruhi hasilnya.

Untuk meminimalkan perbedaan antara hasil running program ETAP dengan hasil perhitungan manual, pastikan untuk memperhatikan semua faktor yang telah disebutkan di atas dan melakukan verifikasi hasil ETAP dengan perhitungan manual yang valid.

Setelah dilakukan perhitungan arus hubung singkat pada sistem kelistrikan PT HGI. Terdapat empat jenis hubung singkat yang terjadi, dimana hubung singkat tiga fasa (L-L-L) yang memiliki kontribusi arus yang sangat tinggi pada bus 3 LVMDP, yaitu sebesar 28,844 kA dengan besar arus kontribusi ke beban sebesar 1,592 kA. Sebaliknya arus kontribusi arus yang terkecil terjadi pada saat gangguan hubung singkat antar fasa (L-L) pada bus 3 LVMDP, yaitu sebesar

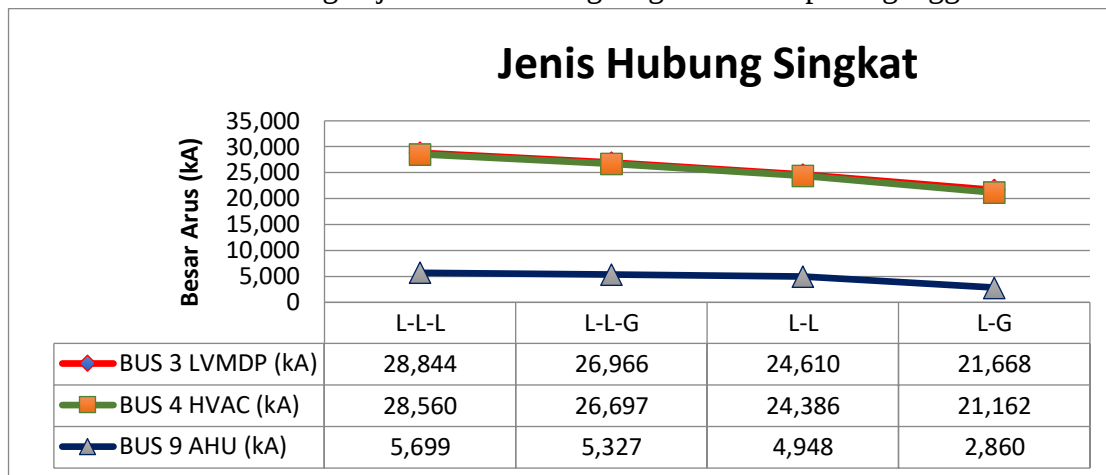
21,668 kA dengan besar arus kontribusi ke beban sebesar 0,809 kA. Sementara itu, besarnya arus pada setiap bus tergantung pada dekatnya arus gangguan terhadap sumber terpasang. Dalam hal ini transformator yang terpasang pada PT HGI memiliki kapasitas 866 kVA.

Tabel 4.19 dan grafik 4.1 menunjukkan perbandingan jenis hubung singkat terhadap bus gangguan. Rangkaian ekivalen transformator terhubung delta pada sisi primer 20 kV dan terhubung bintang pada sisi sekunder menggunakan Grounding Solid. Pada Busbar 3 LVMDP dengan tegangan keluaran sebesar 0,4 KV yang disalurkan pada setiap busbar beban yang ada.

Tabel 4. 20 Perbandingan jenis arus hubung singkat terhadap bus gangguan

No	Hubung Singkat	BUS 3 LVMDP (kA)	BUS 4 HVAC (kA)	BUS 9 AHU (kA)
1	L-L-L	28,844	28,560	5,699
2	L-L-G	26,966	26,697	5,327
3	L-L	24,610	24,386	4,948
4	L-G	21,668	21,162	2,860

Grafik 4.1 Perbandingan jenis arus hubung singkat terhadap bus gangguan

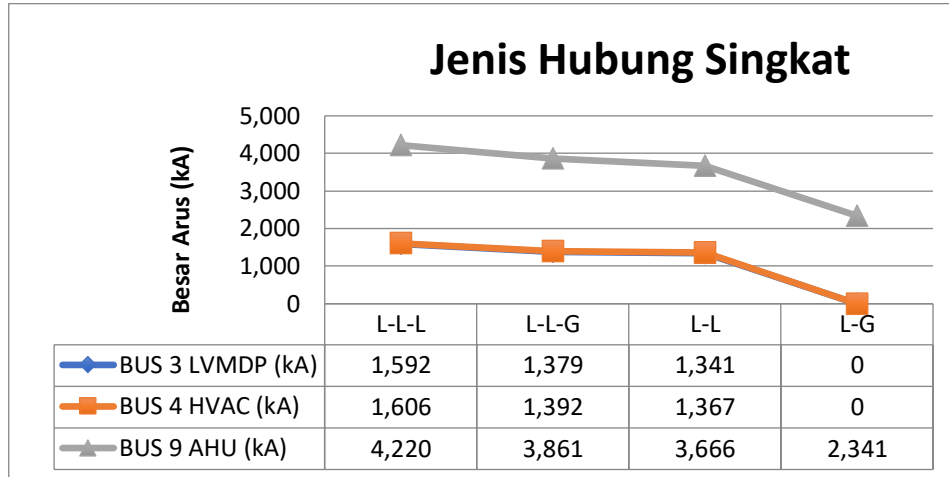


Adapun respon besar arus yang berkontribusi pada bus beban atau bus 9 dapat dilihat pada perbandingan setiap jenis hubung singkat. Pada hubung singkat L-L-L arus kontribusi menunjukkan hasil yang terbesar yaitu 4,220 kA. Kemudian disusul berturut-turut hingga arus kontribusi terkecil sebesar L-L-G sebesar 3,861 kA, L-L sebesar 3,666 kA, dan L-G sebesar 2,341 kA. Tabel 4.20 dan grafik 4.2 menunjukkan perbandingan jenis hubung singkat terhadap bus gangguan tersebut.

Tabel 4. 21 Perbandingan jenis arus hubung singkat terhadap bus beban

No	Hubung Singkat	BUS 3 LVMDP (kA)	BUS 4 HVAC (kA)	BUS 9 AHU (kA)
1	L-L-L	1,592	1,606	4,220
2	L-L-G	1,379	1,392	3,861
3	L-L	1,341	1,367	3,666
4	L-G	0,809	0,804	2,341

Grafik 4.2. Perbandingan jenis arus hubung singkat terhadap bus beban



Pada setiap pengujian hubung singkat menunjukkan semakin dekat titik gangguan dengan beban motor atau bus beban. Maka semakin besar pula kontribusi arus yang terjadi pada bus beban. Namun, sebaliknya semakin jauh titik gangguan terhadap bus beban. Maka semakin mengecil pula kontribusi arus gangguan pada beban.

4.4 Kinerja Sistem Proteksi PT HGI

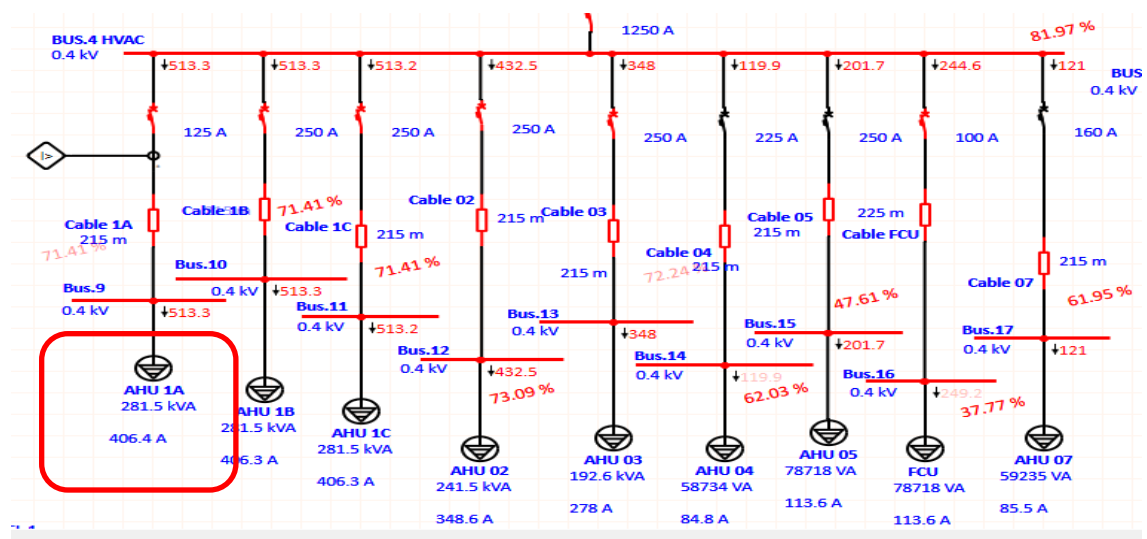
Pada sistem proteksi kelistrikan PT HGI telah disajikan dalam program ETAP 19.0. dengan memasukkan nilai dan parameter lapangan yang sesuai. Maka, dapat dilihat hasil kinerja sistem proteksi terhadap beban-beban motor yang terpasang pada sistem. Pada kasus ini penulis hanya mengambil sampel pada beban motor terbesar yaitu pada bus 9 AHU. Untuk melihat kinerja sistem proteksi pada beban motor perlu kita mengetahui arus *full load* terlebih dahulu. Besar arus *full load* yang muncul sebesar 513,3 A. Dengan menggunakan dasar arus tersebut kita dapat menentukan overcurrent untuk setting relay pada CB dan

OCR selanjutnya. Dengan ketentuan setting $I_{pickup} = \frac{1,2 \times 513,3}{100} = 6,1596 \text{ A}$

dengan perbandingan 100 : 1 dan setting $I_{pickup} = \frac{1,2 \times 513,3}{50} = 1,3192 \text{ A}$. Berikut

gambar 4.13 menunjukkan besar arus pickup yang mengalir pada beban motor.

Gambar 4.14 menunjukkan besar setting arus pickup yang terpasang pada relai dan CB.



Gambar 4. 13 Besar arus full load mengalir pada setiap beban motor

ALSTOM
P120

OC Level
OC1 ☒ Enabled ☐ Integrated Curves
☐ Block TOC by IOC & combine for this level

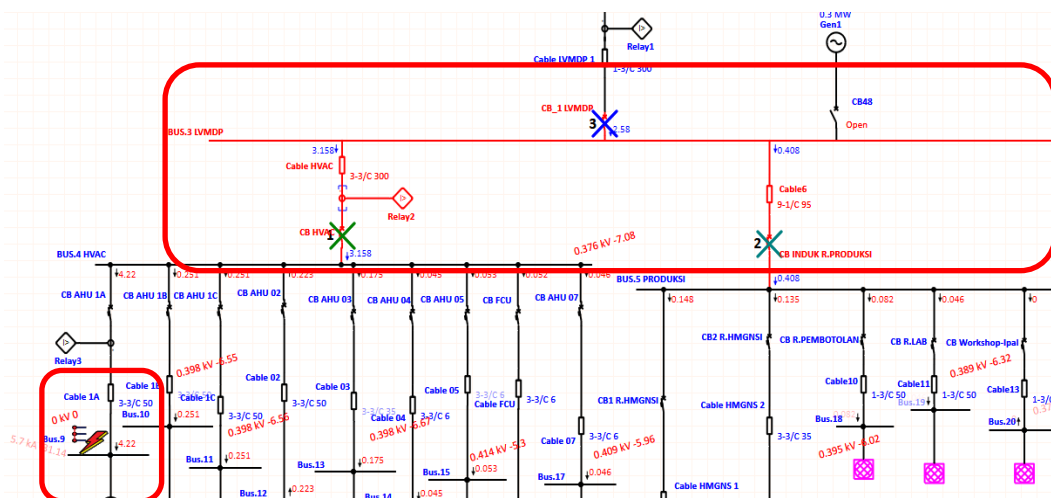
Library Info
[Library...](#)

Device Parameters
Selected Device ID: Trafo Type: 2W Transformer FLA: 1249.96

Setting
☒ Overcurrent
Curve Type: ANSI - Extremely Inverse
Pickup Range: 0.1 - 25 xCT Sec Multiples
Pickup: 6.1596 Step: 0.01
Time Dial: 0.5 Step: 0.025

Terminal: CT Input
Relay Amps: 6.16 Prim. Amps: 616

Gambar 4. 14 Setting arus pickup pada relay



Gambar 4. 15 Pengujian sistem proteksi PT HGI pada bus beban motor

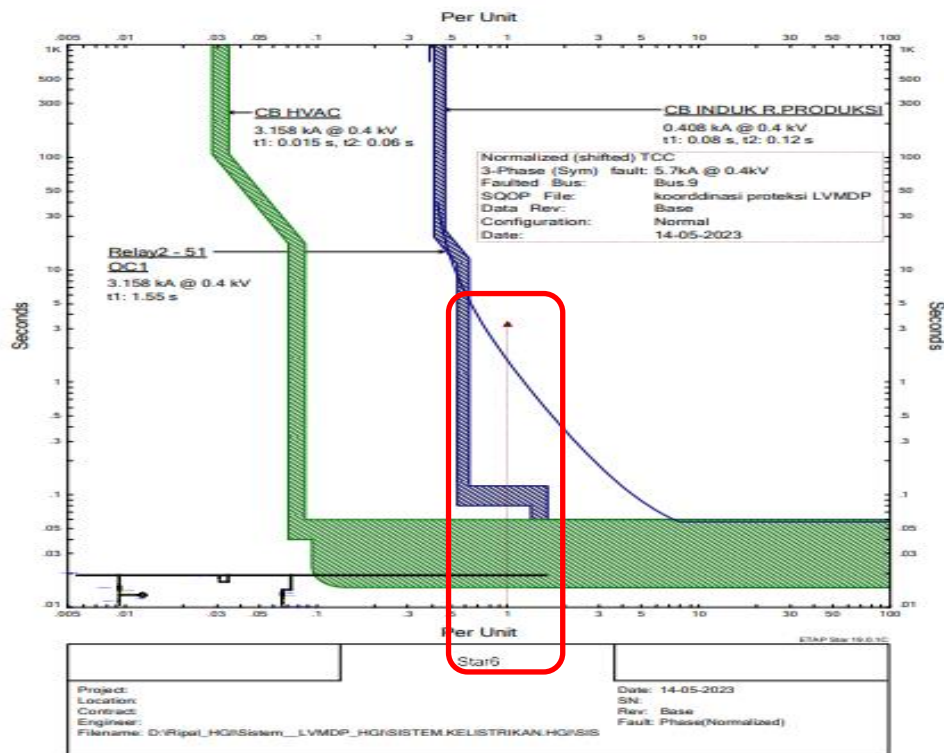
Pada gambar 4.15 diatas dilakukan pengujian gangguan untuk menguji sistem proteksi yang terpasang pada sistem kelistrikan PT HGI. Hasil pengujian menunjukkan koordinasi sistem terpasang sudah berjalan dengan baik. Hal ini dapat lihat pada urutan proteksi yang bekarja. Gangguan dilakukan pada sisi

beban yang pernah mengalami kerusakan. Kerusakan berupa terputusnya suplay daya pada AHU akibat kerusakan salah satu motor.

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
60.0	CB HVAC	3.158	15.0	60.0	Phase
120	CB INDUK R.PRODUKSI	0.408	80.0	120	Phase
913	Relay1	2.58	913		Phase - OC1 - 51
996	CB LVMDP		83.0		Tripped by Relay1 Phase - OC1 - 51
1555	Relay2	3.158	1555		Phase - OC1 - 51
1565	CB HVAC		10.0		Tripped by Relay2 Phase - OC1 - 51

Gambar 4. 16 Hasil pengujian untuk koordinasi proteksi PT HGI

Pada saat terjadi gangguan pada bus beban atau bus motor terdapat urutan koordinasi proteksi yang terpasang. Hasil menunjukkan saat terjadi gangguan, secara berturut-turut CB yang bekerja yaitu CB HVAC pada 60 ms, CB Induk R Produksi pada 120 ms, relay 1 pada 913 ms dan terakhir CB LVMDP pada 996 ms. Masing masing CB melakukan respon pada merespon pada waktu setting sesuai data lapangan yang telah diterapkan. Hasil pengujian koordinasi sistem proteksi PT HGI dapat di lihat pada gambar 4.16 dan gambar 4.17



Gambar 4. 17 Koordinasi proteksi PT HGI terpasang saat ini

Pada gambar 4.17 diatas dapat dilihat koordinasi proteksi bekerja berdasarkan urutan. Saat terjadi gangguan yang ditunjukkan pada garis panah merah. Proteksi yang bekerja lebih dahulu adalah CB HVAC 0,015 secon pada T1 dan 0,06 secon T2. disusul CB Induk Produksi 0,08 secon T1 dan 0,12 secon T2. Selanjutnya CB pada relay utama 1,55 secon T1.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Terdapat selisih hasil perhitungan arus hubung singkat antara manual dan ETAP sebesar 0,322 hingga 0,645 pada bus LVMDP, 0,046 hingga 0,443 pada bus HVAC, dan 0,058 hingga 0,969 pada bus AHU.
2. Besar arus hubung singkat yang terbesar terjadi pada bus terdekat dengan transformator (bus 3 LVMDP) berturut-turut adalah 28,844 kA untuk L-L-L, 26,966 kA untuk L-L-G, 24,6610 kA untuk L-L, dan 21,668 kA untuk L-G.
3. Besar arus hubung singkat yang terbesar terjadi pada busbar motor motor listrik (bus 9 AHU) berturut-turut adalah 4,220 kA untuk L-L-L, 3,861 kA untuk L-L-G, 3,666 kA untuk L-L, dan 2,341 kA untuk L-G.
4. Sistem proteksi yang terpasang pada sistem kelistrikan PT HGI menunjukkan koordinasi sistem terpasang sudah berjalan dengan baik.

5.2 Saran

1. Untuk meminimalkan perbedaan antara hasil running program ETAP dengan hasil perhitungan manual, perlu validasi parameter input yang sesuai antara lapangan dengan tool pada ETAP.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk melakukan setting koordinasi proteksi jika terdapat penambahan beban dan jalur baru agar kehandalan sistem kelistrikan PT HGI dapat terjamin.

DAFTAR PUSTAKA

- Arka, I. G. P., Mudiana, N., & Abasana, K. (2016). Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 20 Kv Dengan Over Current Relay (OCR) Dan Ground Fault Relay (GFR) Analysis of Short Circuit Current in the 20 Kv Feeder By Using Over Current Relay (OCR) and Ground Fault Relay (GFR). *Jurnal Logic*, 16(1), 46–52.
- Destiani, puspa lita. (2015). *Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Sistem Tenaga Listrik DiB PT. Pertamina Refinery Unit (RU) VI Balongan Menggunakan Software ETAP 7.5.0*.
- Imran, A., Ruslan, & Syamsurijal. (2021). Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik UP3 Makassar Utara dengan Menggunakan Aplikasi Etap 12.6. *Seminar Nasional Hasil Penelitian 2021*, 1369–1377. <https://www.etap.com>
- Mambela, R. (2018). Studi Gangguan Hubung Singkat pada Transformator Distribusi 20 KVA Di PT. PLN (Persero) Area Kota Pontianak. *Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(1).
- Pramadita, I. K. P., Utama, N. P., & Wijaya, I. W. A. (2019). Analisis Gangguan Hubung Singkat Simetris dan Asimetris Untuk Menentukan Kapasitas Pengaman Yang Terpasang Pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Mambal. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(3), 74–80.
- Putra, C. F. (2018). *SEBAGAI ALTERNATIF SUPLAI UNIT BUS BAR PADA*.
- Sihombing, C. (2020). *Institut teknologi - pln analisis gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik di pt. pertamina refinery unit iv cilacap dengan menggunakan software*.
- suswanto, daman. (2012). *ANALISIS GANGGUAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI*.
- Syah, F. R. (2021). Analisis Hubung Singkat Pada Sistem Distribusi 20 Kv Pt. Pertamina Ep Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok Menggunakan Etap 12.6.0. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(3), 699–706.
- Widianto, F., Supardi, A., & Budiman, A. (1992). *ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT TIGA FASE PADA SISTEM DISTRIBUSI STANDAR IEEE 13 BUS DENGAN MENGGUNAKAN*. 14(02), 19–29.

SNGLE LINE DIAGRAM





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
LEMBAGA PENELITIAN

Kampus Unisan Gorontalo Lt.3 - Jln. Achmad Nadjamuddin No. 17 Kota Gorontalo
Telp: (0435) 8724466, 829975 E-Mail: lembagapenelitian@unisan.ac.id

Nomor : 4516/PIP/LEMLIT-UNISAN/GTO/I/2023

Lampiran : -

Hal : Permohonan Izin Penelitian

Kepada Yth,

Kepala PT. Harvest Gorontalo Indonesia

di,-

Tempat

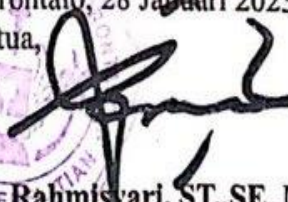
Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Rahmisyari, ST.,SE.,MM
NIDN : 0929117202
Jabatan : Ketua Lembaga Penelitian

Meminta kesediannya untuk memberikan izin pengambilan data dalam rangka penyusunan **Proposal / Skripsi**, kepada :

Nama Mahasiswa : Rifaldi Polapa
NIM : T2119008
Fakultas : Fakultas Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Lokasi Penelitian : PT. HARVEST GORONTALO INDONESIA
Judul Penelitian : ANALISIS HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM
KELISTRIKAN PT. HARVEST GORONTALO INDONESIA

Atas kebijakan dan kerja samanya diucapkan banyak terima kasih.

Gorontalo, 28 Januari 2023
Ketua,

Dr. Rahmisyari, ST.,SE.,MM
NIDN 0929117202

+

Nomor : 038/K/HGI/III/2023
Lamp : -
Perihal : Pemberitahuan

Yth.
Ketua Lembaga Penelitian Universitas Ichsan Gorontalo
Di-
Tempat

Dengan hormat,

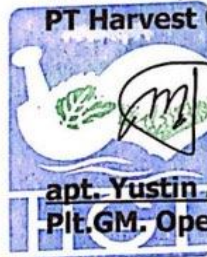
Menindaklanjuti surat masuk dari Universitas Ichsan Gorontalo Lembaga Penelitian pada tanggal 07 Februari 2023 dengan Nomor : 4516/PIP/LEMLIT-UNISAN/GTO/I/2023 Perihal Permohonan Izin Penelitian, maka dengan ini kami sampaikan bahwa perusahaan kami bersedia untuk menerima Mahasiswa tersebut dibawah ini :

Nama : Rifaldi Polapa
NIM : T2119008
Prodi : Teknik Elektro

Untuk melakukan Penelitian di lingkungan PT Harvest Gorontalo Indonesia. Yang dilaksanakan terhitung mulai tanggal 13 Maret s/d 17 April 2023

Demikian yang dapat kami sampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Gorontalo, 10 Maret 2023
PT Harvest Gorontalo Indonesia



apt. Yustin Ariani, S.Si
Plt. GM. Operasional Pabrik



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
FAKULTAS TEKNIK**

SK MENDIKNAS NOMOR 84/D/O/2001
Jl. Ahmad Nadjamuddin No. 17. Telp. (0435) 829975 Fax. (0435) 829976 Gorontalo.

SURAT REKOMENDASI BEBAS PLAGIASI
No. 092/FT-UIG/V/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Amelya Indah Pratiwi. ST.,MT
NIDN : 0907028701
Jabatan : Dekan Fakultas Teknik /Tim Verifikasi Fakultas Teknik

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Rifaldi Polapa
NIM : T21.19.008
Program Studi : Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Sistem
Kelistrikan PT. Harvest Gorontalo Indonesia
Menggunakan Software Etap 19.0.1.

Sesuai hasil pengecekan tingkat kemiripan skripsi melalui aplikasi **Turnitin** untuk judul skripsi di atas diperoleh hasil *Similarity* sebesar **1%**, berdasarkan Peraturan Rektor No. 32 Tahun 2019 tentang Pendeteksian Plagiat pada Setiap Karya Ilmiah di Lingkungan Universitas Ichsan Gorontalo dan persyaratan pemberian surat rekomendasi verifikasi calon wisudawan dari LLDIKTI Wil. XVI, bahwa batas kemiripan skripsi maksimal 30%, untuk itu skripsi tersebut di atas dinyatakan **BEBAS PLAGIASI** dan layak untuk diujikan.

Demikian surat rekomendasi ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui

Dekan


Amelya Indah Pratiwi. ST.,MT
NIDN. 0907028701

Gorontalo, 19 Mei 2023

Tim Verifikasi,



Amelya Indah Pratiwi. ST.,MT
NIDN. 0907028701

Terlampir :
Hasil Pengecekan Turnitin

PAPER NAME

SKRIPSI

AUTHOR

RIFALDI POLAPA

WORD COUNT

8438 Words

CHARACTER COUNT

47126 Characters

PAGE COUNT

74 Pages

FILE SIZE

5.0MB

SUBMISSION DATE

May 19, 2023 3:26 PM GMT+8

REPORT DATE

May 19, 2023 3:27 PM GMT+8**● 1% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 1% Internet database
- 0% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 0% Submitted Works database

● Excluded from Similarity Report

- Bibliographic material
- Quoted material
- Cited material
- Small Matches (Less than 30 words)

RIWAYAT HIDUP

a. Identitas

1. Nama : Rifaldi Polapa
2. Tempat/Tanggal Lahir : Batudaa, 19 Maret 1994
3. Nim : T2119008
4. Jurusan : S1 Teknik Elektro
5. Fakultas : Teknik
6. Jenis Kelamin : Laki-Laki
7. Agama : Islam
8. Status Perkawinan : Kawin
9. Alamat : Jl. Soekarno Pomalingo, Kel. Hutuo, Kec. Limboto, Kab. Gorontalo, Provinsi Gorontalo.



b. Riwayat Pendidikan

1. SDN Impres 1 Tolinggula tamat tahun 2007/2008
2. SMP Negeri 1 Tolinggula tamat tahun 2010/2011
3. SMA Negeri 1 Sumalata tamat tahun 2013/2014
4. Menyelesaikan Studi Di Perguruan Tinggi Universitas Ichsan Gorontalo, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro Jenjang Studi Strata Satu (S1) Gorontalo Pada Tahun 2023.

c. Pendidikan Non Formal

1. Peserta Kuliah Kerja Lapangan Pengabdian Profesi (KKLP Profesi) di PT. Harvest Gorontalo Indonesia Tahun 2022
2. Peserta Kerja Praktek (KP) di PT.Harvest Gorontalo Indonesia Tahun 2022