

ANALISA HUBUNG SINGKAT PADA PLTMG AMBON PEAKER 30 MW

Teguh Aryo Nugroho¹, Hamles Latuperissa², Arnold J Kastanja³

^{1,2,3}Teknologi Rekayasa Sistem Kelistrikan Migas – Jurusan Teknik Elektro

Teguharyonugroho17@gmail.com¹ Hamleslatupeirissa@gmail.com² arnold@gmail.com³

Abstract - With the increasing demand for electricity in Indonesia, both industrial and household, a reliable electrical system is required. One of the electrical system faults, such as a short-circuit fault in a generator, can disrupt electricity delivery and cause damage to equipment. This research concentrates on analyzing short circuit faults in the Ambon Peaker Gas Oil Power Plant (PLTMG), which has four generator units with a capacity of 30 MW. The main objective of this study is to determine how much short-circuit fault current occurs during three-phase, phase-phase, and phase-ground faults, as well as the components that affect these currents. Data collection on power system characteristics and the use of ETAP (Electrical Transient Analysis Program) software were used. The results showed that there was a short-circuit current fault at bus 1 of the Ambon MHP with a three-phase fault of 14.727 kA, a ground-phase fault of 15.998 kA, and a phase-phase fault of 12.926 kA. With these results, this study provides recommendations for the selection of appropriate protection equipment to minimize losses due to disturbances in the power system at the Ambon Peaker MHP.

Keyword : Short circuit fault, PLTMG, ETAP

Abstrak - Dengan peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia, baik industri maupun rumah tangga, sistem kelistrikan yang andal diperlukan. Salah satu gangguan sistem kelistrikan, seperti gangguan hubung singkat pada generator, dapat mengganggu penyaluran listrik dan menyebabkan kerusakan pada peralatan. Penelitian ini berkonsentrasi pada menganalisis gangguan hubung singkat di Pembangkit Listrik Tenaga Minyak Gas Ambon Peaker (PLTMG), yang memiliki empat unit generator dengan kapasitas 30 MW. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa besar arus gangguan hubung singkat yang terjadi selama gangguan tiga fasa, fasa-fasa, dan fasa-tanah, serta komponen yang mempengaruhi arus tersebut. Pengumpulan data tentang karakteristik sistem tenaga listrik dan penggunaan perangkat lunak ETAP (Electrical Transient Analysis Program) digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada gangguan arus hubung singkat pada bus 1 PLTMG Ambon dengan gangguan tiga fasa sebesar 14,727 kA, gangguan Fasa tanah 15,998 kA, dan gangguan Fasa fasa 12,926 kA. Dengan hasil ini, penelitian ini memberikan rekomendasi untuk pemilihan peralatan proteksi yang tepat guna meminimalkan kerugian akibat gangguan pada sistem tenaga listrik di PLTMG Ambon Peaker.

Kata kunci: Gangguan Hubung singkat, PLTMG, ETAP

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan tenaga listrik semakin meningkat baik di bidang industri maupun kebutuhan rumah tangga. Peningkatan kebutuhan listrik juga harus diimbangi dengan keandalan sistem tenaga listrik, hal ini adalah gangguan dalam mensuplai daya listrik

Pembangkit Listrik Tenaga Minyak Gas (PLTMG) Ambon Peaker terdapat 4 unit generator yang merupakan pembangkit Listrik di kota Ambon sebagai penyediaan kebutuhan akan pasokan listrik yang sangat penting untuk industri, komersial dan rumah tangga. Namun dalam produksi listrik seringkali mengalami gangguan hubung singkat pada sistem kelistrikan. Gangguan yang terjadi salah satunya di generator sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan dan jaringan serta mengganggu layanan listrik kepada konsumen, maka diperlukan analisis gangguan hubung singkat.

Berdasarkan latar belakang tersebut dilakukan analisis gangguan hubung singkat pada Pembangkit Listrik Tenaga Minyak dan gas (PLTMG) Ambon peaker untuk mengetahui arus yang akan terjadi dan mereduksi dampaknya.

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini mencakup pengumpulan data tentang karakteristik sistem tenaga listrik generator 12,2 mVA di PLTMG Ambon Peaker, serta penerapan simulasi menggunakan *software* ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) untuk menganalisis respons jaringan terhadap gangguan tersebut dan memudahkan pemahaman hasil analisa.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Gangguan

Gangguan adalah suatu ketidaknormalan dalam suatu operasi sistem tenaga listrik, terdapat banyak sekali kondisi yang mempengaruhi kinerja dan komponen – komponen yang didalamnya. Kondisi-kondisi tersebut dapat berupa kondisi yang tidak normal (gangguan). Salah satu komponen sistem tenaga listrik yang kinerjanya akan berpengaruh jika sedang dalam kondisi gangguan adalah generator [1].

2.2 Studi Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat adalah gangguan yang terjadi karena kesalahan antara bagian-bagian yang bertegangan. Isolasi yang tembus atau rusak tegangan lebih dari dalam maupun dari luar, juga dapat menyebabkan gangguan hubung singkat. Banyak efek yang tidak diinginkan akan terjadi jika gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung lama pada sistem daya. Studi hubung singkat dilakukan untuk menentukan besarnya arus yang mengalir melalui sistem tenaga listrik pada berbagai jarak setelah gangguan berubah menurut waktu sampai mencapai kondisi tetap. [1]

2.2.1 Penyebab Umum Gangguan Hubung Singkat

Beberapa penyebab umum gangguan hubung singkat sebagai berikut:

1. Kontak langsung dengan konduktor listrik
2. Suhu berlebih karena arus lebih atau beban lebih
3. Kegagalan isolasi kabel
4. Wiring peralatan yang buruk – korsleting dapat terjadi di steker stopkontak, kabel daya, dan papan sirkuit internal peralatan dan perangkat

2.2.2 Faktor Faktor Terjadinya Hubung Singkat

1. Kegagalan Isolasi
2. Lonjakan Tegangan (Surge Voltage)
3. Kerusakan peralatan
4. Gangguan Mekanis
5. Kesalahan Operasional
6. Kontaminasi Lingkungan

2.2.3 Bahayanya Hubung Singkat

Arus gangguan hubung singkat dapat ribuan kali lebih besar dari arus normal system dalam milidetik. Menggunakan sekering, pemutus arus, atau proteksi beban berlebih lainnya, yang memutuskan daya sebagai reaksi terhadap arus berlebih, dapat mengurangi atau mencegah kerusakan akibat korsleting. Nilai arus rangkaian menentukan jenis proteksi beban berlebih yang tepat. Sirkuit yang menerima arus lebih besar daripada sirkuit penerangan membutuhkan perangkat pelindung yang disetel atau diberi nilai. Berikut adalah persamaan dari arus gangguan hubung singkat:

$$I = \frac{V}{Z} \dots\dots\dots 1$$

Dimana:

I = Arus hubung singkat (A)

V = Tegangan sumber (V)

Z = Impedansi jaringan, nilai ekivalenn dari seluruh impedansi didalam jaringan dari sumber tegangan sampai titik gangguan (Ω).

2.2.4 Jenis Jenis Gangguan Hubung Singkat

2.2.4.1 Berdasarkan Kesimetrisannya

1. Gangguan asimetris, merupakan gangguan yang mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang, gangguan ini terdiri dari :
 - a. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.
 - b. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa.
 - c. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah.
2. Gangguan simetris, merupakan gangguan yang terjadi pada semua fasanya sehingga arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Gangguan ini terdiri dari:
 - a. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.
 - b. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah.

Yang membedakan antara gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa dan satu fasa ke tanah

adalah impedansi yang terbentuk sesuai dengan macam gangguan itu sendiri, dan tegangan yang memasok arus ke titik gangguan. Impedansi yang terbentuk dapat ditunjukkan seperti berikut ini [2]

Z untuk gangguan tiga fasa, $Z = Z_1$

Z untuk gangguan dua fasa, $Z = Z_1 + Z_2$

Z untuk gangguansatu fasa, $Z = Z_1 + Z_2 + Z_0$2

Dimana:

Z_1 = Impedansi urutan positif (Ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (Ohm)

Z_0 = Impedansi urutan nol (Ohm)

2.2.4.2 Berdasarkan Lama Terjadi Gangguannya

- 1) Gangguan Transient (temporer), merupakan gangguan yang terjadi dalam waktu yang singkat dimana kemudian system kembali dalam keadaan normal.
- 2) Gangguan Permanen, merupakan gangguan yang bersifat permanen dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan, sehingga gangguan ini baru hilang setelah kerusakan ini diperbaiki atau karena ada sesuatu yang mengganggu secara permanen [3]

2.2.4.3 Hubung Singkat Dua Fasa

Hubung singkat dua fasa atau yang biasa disebut hubung singkat fasa ke fasa adalah kondisi dimana antara fasa ke fasa saling terhubung singkat. Pada gangguan hubung singkat fasa ke fasa, arus saluran tidak mengandung komponen urutan nol dikarenakan tidak ada gangguan yang terhubung ke tanah [5]

Rumus yang dapat digunakan dalam menghitung arus hubung singkat dua fasa yaitu :

$$I_{2\text{ fasa}} = \frac{-V_f}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots 3$$

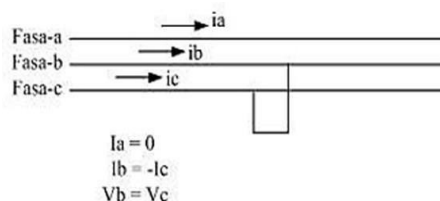
Dimana:

$I_{2\text{ fasa}}$ = Arus gangguan hubung singkat dua fasa (A)

V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan(V)

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan (Ω)

Z_2 = Impedansi urutan positif negatif dilihat dari titik gangguan (Ω)



Gambar 1. Gangguan Hubung Singkat Fasa-Fasa

2.2.4.4 Hubung Singkat Dua Fasa Ke Tanah

Gangguan dua fasa ke tanah terjadi ketika dua buah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat ke tanah. Rumus yang dapat digunakan dalam menghitung arus hubung singkat dua fasa ke tanah yaitu [5]

$$I_f = \frac{V_f}{Z_1 + \frac{Z_2 \times Z_0}{Z_2 + Z_0}} \dots\dots\dots 4$$

Dimana:

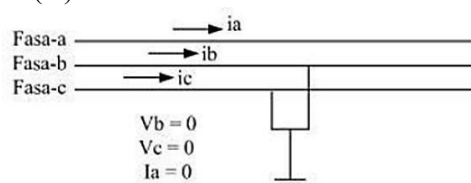
I_f = Arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah (A)

V_f = Tegangan perganguan (V)

Z_1 = Impedansi urutan positif (Ω)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (Ω)

Z_0 = Impedansi urutan nol (Ω)



Gambar 2. Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah

2.2.4.5 Hubung Singkat Tiga Fasa

Gangguan hubung singkat tiga fasa termasuk dalam klasifikasi gangguan simetris, dimana arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Sehingga pada sistem seperti ini dapat dianalisa hanya dengan menggunakan urutan positif saja[5]

Rumus yang dapat digunakan dalam menghitung arus hubung singkat tiga fasa yaitu :

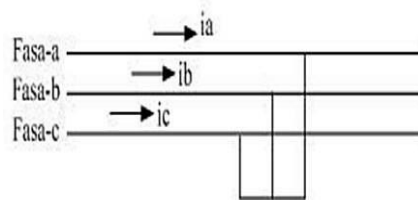
$$I_f = \frac{V_f}{Z_1} \dots\dots\dots 5$$

Dimana:

I_f = Arus gangguan hubung singkat tiga fas ke tanah (A)

V_f = Tegangan perganguan (V)

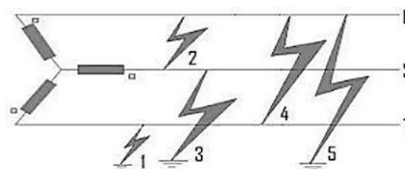
Z_1 = Impedansi urutan positif (Ω)



Gambar 3. Gangguan hubung singkat tiga fasa

2.2.4.6 Hubung Singkat Tiga Fasa Ke Tanah

Gangguan tiga fasa ke tanah terjadi ketika ketiga fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat ke tanah [1]



Gambar 4. Gangguan hubung singkat tiga fasa ke tanah

2.2.4.7 Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik merupakan gangguan asimetris sehingga memerlukan metode komponen simetris untuk menganalisa tegangan dan arus pada saat terjadi gangguan. Gangguan yang terjadi dapat dianalisa dengan menghubungkan-singkatkan semua sumber tegangan yang ada pada sistem dan mengganti titik (node) gangguan dengan sebuah sumber tegangan yang besarnya sama dengan tegangan sesaat sebelum terjadinya gangguan di titik gangguan tersebut. [5]

Rumus yang dapat digunakan dalam menghitung arus hubung singkat satu fasa ke tanah yaitu:

$$I_f = \frac{V_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots\dots\dots 6$$

Dimana:

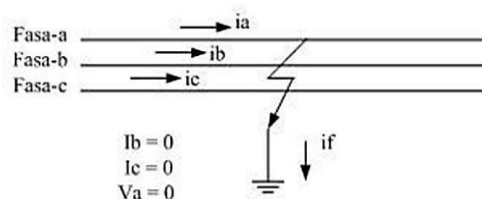
I_f = Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (A)

V_{ph} = Tegangan fasa – netral sistem (V)

Z_1 = Impedansi urutan positif (Ω)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (Ω)

Z_0 = Impedansi urutan nol (Ω)



Gambar 5. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

2.3 Karakteristik Hubung Singkat

Perhitungan hubung singkat merupakan suatu analisa system tenaga listrik pada gangguan hubung singkat, dimana dengan cara ini di peroleh besaran – besaran listrik yang dihasilkan sebagai

akibat dari gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang terjadi akibat adanya penurunan kekuatan dasar isolasi antara sesama kawat fasa dengan tanah yang

Arus gangguan pada generator dikenal sebagai arus substransient, transient, dan synchronous/permanen. Penamaan ini didasarkan perubahan reaktansi generator sinkron akibat dari gangguan hubung singkat terhadap waktu. Adapun jenis reaktansinya yaitu sebagai berikut:

1. X''_d = Reaktansi *Sub transient* / *Sub transient Reactance* adalah nilai reaktansi yang menentukan besar arus hubung singkat sesaat setelah terjadi gangguan.
2. X'_d = Reaktansi *transient* / *transien Reatance* berlangsung sekitar 2 detik dan meningkat hingga mencapai nilai reaktansi akhir.
3. X_d = Reaktansi Sinkron / *Synchronous Reactance* adalah nilai reaktansi yang menentukan besar arus mengalir setelah kondisi steady state tercapai ini tercapai setelah beberapa detik hubung singkat terjadi.

2.4 Sistem Dinamik Pada Saat Gangguan Hubung Singkat

Sistem dinamik adalah sistem yang dapat berubah atau berevolusi seiring waktu, dan responnya terhadap perubahan lingkungannya dapat sangat kompleks dan sulit diprediksi. Gangguan hubung singkat adalah jenis gangguan dimana dua atau lebih kabel atau sirkuit yang seharusnya terisolasi secara elektrik tiba-tiba terhubung, biasanya karena adanya kegagalan pada peralatan elektronik atau kabel. Ketika gangguan hubung singkat terjadi pada sistem dinamik, responnya dapat bervariasi tergantung pada jenis dinamik tersebut.

2.5 Sistem Proteksi

Sistem proteksi bertujuan mencegah kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan dan untuk melokalisasi daerah gangguan menjadi sekecil mungkin. Salah satu alat pengamanannya yaitu relay. Relay pengaman harus memenuhi persyaratan seperti selektivitas yang baik agar mencapai keandalan sistem yang tinggi karena tindakan pengaman yang cepat, tepat dan peka akan mengurangi gangguan menjadi sekecil mungkin [4]

2.6 ETAP (Electrical Transient Analysis Program)

Electric Transient Analysis Program merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan *ETAP* antara lain: [6]

1. Analisa aliran daya
2. Analisa hubung singkat
3. Arc Flash Analysis
4. Analisa kestabilan transien, dll.

III. METODE

Penelitian ini berlokasi di PLTMG Ambon Peaker 30 MW. Jenis data yang diperlukan i) data arus generator, ii) spesifikasi generator, iii) data gangguan hubung singkat iv) data pembebanan generator. Simulasi data dilakukan menggunakan *ETAP*.

Analisa data dimulai dengan hasil simulasi running *ETAP* untuk mengetahui nilai arus hubung singkat, kemudian mengetahui nilai reaktansi generator atau arus gangguan 10-2- kali dari arus saat full load.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

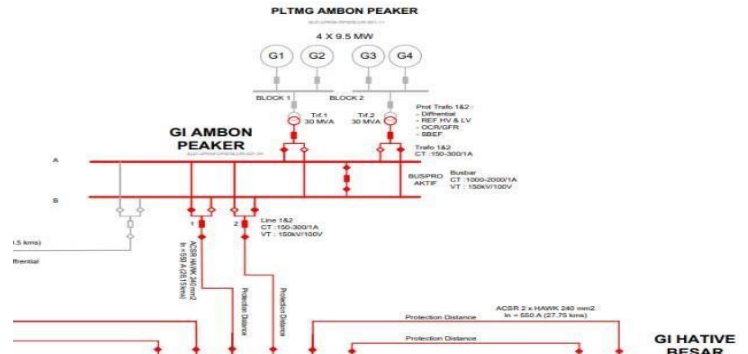
4.1.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Ambon Peaker, yang berlokasi di Desa Waai, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku, merupakan salah satu infrastruktur penting dalam mendukung penyediaan listrik di wilayah Pulau Ambon. PLTMG Ambon Peaker berkapasitas 30 MW, serta mempunyai empat unit generator yang masing-masing berkapasitas 9780 kW sehingga total kapasitas terpasang adalah sebesar 4x9780 kW. Mengingat pertumbuhan konsumsi listrik semakin meningkat seiring perkembangan wilayah, maka kehadiran pembangkit listrik ini memainkan peran

yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat di Pulau Ambon.

4.1.2 Data-Data pada PLTMG Ambon Peaker

Gambar 6. Data Single Line Diagram PLTMG Ambon Peaker



(Sumber : PLTMG Ambon Peaker, 2024)

Tabel 1. Spesifikasi Generator

Generator	
Standards	IEC 60034-1
Type	AMG 1120LT08 DSE
Current	642 A
Output	12225 Kva
Rate Voltage	11000 V
Power Factor	0.80
Frequency	50 Hz

(Sumber : PLTMG Ambon Peaker, 2024)

Tabel 2. Spesifikasi Transformator Daya

Transformator daya	
Standar	IEC 60076
Primary	11 kv
Secondary	150 kv
Frequency	50 Hz

(Sumber : PLTMG Ambon Peaker, 2024)

4.2. Pembahasan

Penelitian ini diawali dengan melakukan simulasi menggunakan software *Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP) versi 21.0.1 dengan tujuan untuk menentukan besar arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada beberapa jenis gangguan, yaitu hubung singkat tiga fasa, hubung singkat fasa-fasa (L-L), hubung singkat satu fasa ke tanah (L-G), serta hubung singkat dua fasa ke tanah (L-L-G). Penulis melakukan analisis serta simulasi hubung singkat di pembangkit. Simulasi ini memberikan hasil yang rinci mengenai arus yang mengalir pada masing-masing jenis gangguan, yang nantinya akan digunakan sebagai referensi dalam perhitungan manual. Langkah berikutnya dalam analisis adalah melakukan perhitungan manual berdasarkan jenis gangguan – gangguan pada lokasi titik gangguan yang sama sebagaimana hasil yang diperoleh dari simulasi software ETAP versi 21.0.1.

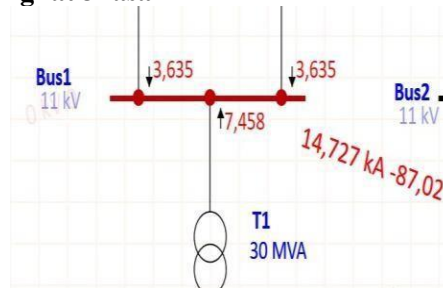
4.2.1 Simulasi ETAP

4.2.1.1 Hasil Simulasi ETAP Hubung Singkat

Hasil dari simulasi arus hubung singkat yang dilakukan dalam penelitian ini dengan melakukan satu titik daerah yang akan terjadi hubung singkat. Titik yang dipilih berdasarkan dekat dengan daerah sumber atau pembangkit, titik yang berada dekat dengan sumber berada pada bus 1. dapat dilihat pada Gambar 1 hingga Gambar 5, yang masing-masing menggambarkan kondisi arus gangguan untuk

berbagai jenis gangguan yang mungkin terjadi dalam sistem. Simulasi ini memiliki tujuan utama untuk mengidentifikasi besaran arus gangguan yang dihasilkan pada setiap jenis hubung singkat, sehingga data tersebut dapat diperoleh secara akurat dan komprehensif. Arus gangguan yang diperoleh melalui simulasi ini kemudian akan dicatat dan disusun dalam Tabel 7, yang berfungsi sebagai acuan penting dalam menganalisis kemampuan sistem tenaga listrik PLTMG Ambon Peaker dalam menangani kondisi gangguan. Dengan demikian, tabel tersebut menyajikan informasi yang sistematis dan mendetail mengenai besaran arus yang harus diantisipasi pada masing-masing jenis gangguan.

1. Simulasi Arus Hubung Singkat 3 fasa



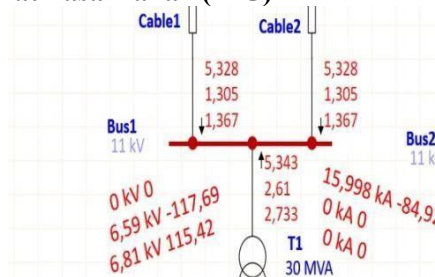
Gambar 1. Hubung Singkat 3 Fasa

Gambar 1 menggambarkan hasil simulasi arus gangguan yang terjadi pada saat hubung singkat tiga fasa di Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Ambon Peaker. Dalam sistem kelistrikan, gangguan tiga fasa adalah kondisi di mana ketiga fasa listrik (fasa R, S, dan T) mengalami hubung singkat secara bersamaan. Dalam simulasi tersebut, tercatat bahwa arus yang timbul pada saat terjadi gangguan tiga fasa sebesar 14,727 kA.

Tabel 3 Hasil report arus hubung singkat tiga fasa pada bus 1

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)					
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude	
Bus1	Total	0.00	0.765	-14.707	19.2	14.727	
Bus25	Bus1	0.44	0.193	-3.630	18.8	3.635	
Bus21	Bus1	0.44	0.193	-3.630	18.8	3.635	
Bus3	Bus1	57.55	0.379	-7.448	19.6	7.458	
Gen1	Bus25	110.00	0.193	-3.630	18.8	3.635	
Gen2	Bus21	110.00	0.193	-3.630	18.8	3.635	
Bus5	Bus3	57.56	0.028	-0.546	19.6	0.547	

2. Simulasi Arus Hubung Singkat Fasa-Tanah (L-G)



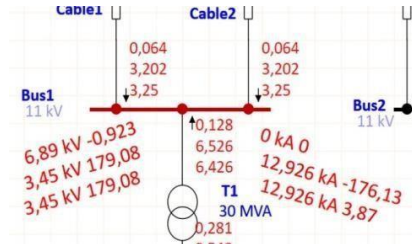
Gambar 2. Hubung singkat Fasa – Tanah

Gambar 2 menggambarkan hasil simulasi arus gangguan yang terjadi pada saat hubung singkat satu fasa ke tanah (L-G) di Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Ambon Peaker. Dalam sistem kelistrikan, gangguan satu fasa karena salah satu fasa dari R, S atau T ke tanah atau bumi, menyebabkan arus gangguan mengalir dari fasa tersebut ke tanah. Dalam simulasi yang dilakukan, arus gangguan yang dihasilkan pada kondisi hubung singkat satu fasa ke tanah adalah sebesar 15,998 kA pada fasa R.

Tabel 4 Hasil report arus hubung singkat fasa tanah pada bus 1

Contribution		Line-To-Ground Fault																
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)										
		Va		Vb		Vc	Ia			Ib			Ic			Sequence Current (kA)		
From Bus ID	To Bus ID	Mag	Ang	Mag	Ang	Mag	Ang	Mag	Ang	Mag	Ang	Mag	Ang	Mag	Ang	I1	I2	I0
Bus1	Total	0.00	0.0	103.79	-117.7	107.23	115.4	15.998	-84.9	0.000	0.0	0.000	0.0	5.333	5.333	5.333		
Bus25	Bus1	1.92	-2.4	103.17	-117.0	106.38	114.7	5.328	-84.5	1.305	-84.6	1.367	-86.8	1.316	1.346	2.666		
Bus21	Bus1	1.92	-2.4	103.17	-117.0	106.38	114.7	5.328	-84.5	1.305	-84.6	1.367	-86.8	1.316	1.346	2.666		
Bus3	Bus1	83.88	41.1	109.39	-90.4	82.78	139.0	5.343	-85.7	2.611	95.4	2.733	93.2	2.700	2.643	0.000		
Gen1	Bus25	110.00	0.0	110.00	-120.0	110.00	120.0	5.328	-84.5	1.305	-84.6	1.367	-86.8	1.316	1.346	2.666		
Gen2	Bus21	110.00	0.0	110.00	-120.0	110.00	120.0	5.328	-84.5	1.305	-84.6	1.367	-86.8	1.316	1.346	2.666		
Bus5	Bus3	83.88	41.1	109.39	-90.4	82.79	139.0	0.337	-85.4	0.007	-124.7	0.342	93.9	0.198	0.194	0.000		

3. Gangguan Fasa-Fasa (L-L)



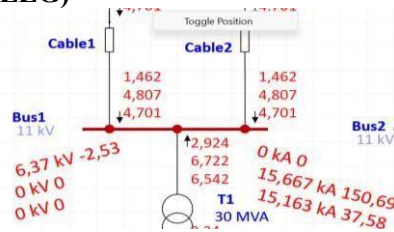
Gambar 3. Hubung singkat Fasa – Fasa

Gambar 3 menggambarkan hasil simulasi arus gangguan yang terjadi pada saat hubung singkat antar dua fasa (L-L) di Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Ambon Peaker. Dalam sistem kelistrikan, gangguan antar dua fasa adalah kondisi di mana dua dari tiga fasa mengalami kontak langsung tanpa melalui beban, menyebabkan arus gangguan yang cukup besar mengalir di antara kedua fasa tersebut. Dari simulasi yang dilakukan, arus gangguan yang dihasilkan pada kondisi dua fasa ini adalah sebesar 12,926 kA pada fasa S dan fasa T.

Tabel 5 Hasil report arus hubung singkat fasa – fasa pada bus 1

Contribution		Line-To-Line Fault											
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (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
Bus1	Total	108.54	-0.9	54.27	179.1	54.27	179.1	0.000	0.0	12.926	-176.1	12.926	3.9
Bus25	Bus1	108.54	-0.9	54.30	179.5	54.25	178.7	0.064	144.1	3.202	-174.9	3.250	4.3
Bus21	Bus1	108.54	-0.9	54.30	179.5	54.25	178.7	0.064	144.1	3.202	-174.9	3.250	4.3
Bus3	Bus1	97.70	16.7	57.71	-88.2	99.91	162.7	0.128	-35.9	6.526	-177.3	6.426	3.4
Gen1	Bus25	110.00	0.0	110.00	-120.0	110.00	120.0	0.064	144.1	3.202	-174.9	3.250	4.3
Gen2	Bus21	110.00	0.0	110.00	-120.0	110.00	120.0	0.064	144.1	3.202	-174.9	3.250	4.3
Bus5	Bus3	97.71	16.7	57.71	-88.2	99.91	162.7	0.281	2.0	0.548	-176.9	0.268	4.2
												0.277	0.271

4. Simulasi Fasa – fasa tanah (LLG)



Gambar 4 Hubung singkat Fasa – Fasa Tanah

Gambar 4 hasil simulasi arus gangguan yang terjadi pada saat hubung singkat antar dua fasa ke tanah (LLG) di Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Ambon Peaker. Dalam sistem kelistrikan, gangguan antar dua fasa adalah kondisi di mana dua dari tiga fasa mengalami terhubung ke tanah, menyebabkan arus gangguan yang cukup besar mengalir di antara kedua fasa tersebut. Dari simulasi yang dilakukan, arus gangguan yang dihasilkan pada kondisi dua fasa ini adalah sebesar 15,667 kA pada fasa S dan fasa T.

Tabel 6 Hasil report arus hubung singkat fasa – fasa pada bus 1

Contribution		Line-To-Line-To-Ground Fault											
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (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
Bus1	Total	100.28	-2.5	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	15.667	150.7	15.163	37.6
Bus25	Bus1	98.76	-2.6	1.84	-169.6	1.80	165.6	1.462	96.6	4.807	137.0	4.701	52.5
Bus21	Bus1	98.76	-2.6	1.84	-169.6	1.80	165.6	1.462	96.6	4.807	137.0	4.701	52.5
Bus3	Bus1	81.42	20.2	57.65	-88.3	83.56	159.3	2.924	-83.4	6.722	170.5	6.542	15.9
Gen1	Bus25	110.00	0.0	110.00	-120.0	110.00	120.0	1.462	96.6	4.807	137.0	4.701	52.5
Gen2	Bus21	110.00	0.0	110.00	-120.0	110.00	120.0	1.462	96.6	4.807	137.0	4.701	52.5
Bus5	Bus3	81.42	20.2	57.65	-88.3	83.56	159.3	0.340	-30.0	0.548	-177.0	0.321	38.3
												0.381	0.167

Hasil simulasi arus hubung singkat yang dilakukan dalam penelitian ini mengidentifikasi berbagai jenis gangguan yang mungkin terjadi di sistem PLTMG Ambon Peaker, yaitu gangguan tiga fasa, gangguan satu fasa ke tanah, gangguan antar dua fasa dan gangguan dua fasa tanah. Simulasi ini bertujuan untuk mengukur besarnya arus gangguan pada setiap jenis gangguan, sehingga informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk menilai kemampuan sistem dalam menahan arus gangguan dan menentukan kebutuhan sistem proteksi yang tepat. Data ini kemudian disajikan secara sistematis dalam Tabel 4.7, yang memperlihatkan perbedaan arus yang dihasilkan oleh tiap jenis gangguan.

Tabel 7. Arus Hubung Singkat

Jenis Hubung Singkat	Jumlah (kA)
3 Fasa (fasa R)	14,727
Fasa-Tanah (fasa R)	15,998
Fasa-Fasa (fasa S & T)	12,926
Fasa-Fasa Tanah	15,667

(Sumber : ETAP 21.1.0)

4.2.2 Perhitungan Manual Arus Hubung Singkat

Perhitungan manual perlu dilakukan sebagai perbandingan hasil. Sistem perhitungan manual memerlukan inputan data berupa data hasil impedansi yang diperoleh oleh hasil report yang dikeluarkan oleh ETAP 21. Analisis perhitungan manual hubung singkat diterapkan pada bus 1 yang memiliki tegangan sumber sebesar 150 KV.

Tabel 8. Nilai impedansi hasil report dari ETAP 21.0.1

Bus		Positive Seq. Imp. (ohm)			Negative Seq. Imp. (ohm)			Zero Seq. Imp. (ohm)			Fault Zf (ohm)		
ID	kV	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance
Bus1	11.000	0.02463	0.47371	0.47435	0.03863	0.46022	0.46184	0.05271	0.37096	0.37469	0.00000	0.00000	0.00000

4.2.2.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat Tiga Fasa

Perhitunng menggunakan persamaan, sebagai berikut :

$$I_a = \frac{V}{Z} \quad (1)$$

$$Z = \frac{V}{I}$$

$$Z = \frac{0 \angle 0}{14,727 \angle -87,02} = 0 \angle 0$$

$$Z = 0 - j0 \Omega$$

4.2.2.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat Fasa Tanah

Perhitungan menggunakan persamaan, sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{Z} \quad (1)$$

$$Z = \frac{V}{I}$$

$$Z = \frac{0 \angle 0}{15,998 \angle -84,92} = 0 \angle 0$$

$$Z = 0 - j0 \Omega$$

4.2.2.3 Perhitungan Hubung Singkat Fasa Fasa

Perhitungan menggunakan persamaan, sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{Z} \quad (1)$$

$$Z = \frac{V}{I}$$

$$Z = \frac{3,45 \angle 179,08}{12,926 \angle -176,13} = 0,266 \angle 175,21$$

$$Z = 0,27 - j0,02 \Omega$$

4.2.2.4 Perhitungan Arus Hubung Singkat Fasa Tanah

Perhitungan menggunakan persamaan, sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{Z} \quad (1)$$

$$Z = \frac{V}{I}$$

$$Z = \frac{0 \angle 150.69}{15,163 \angle 37,58} = 0 \angle 0$$

$$Z = 0 - j0 \Omega$$

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, titik gangguan pada sistem listrik PLTMG Ambon Peaker sering kali teridentifikasi terjadi pada Busbar 1, yang merupakan salah satu komponen utama dalam distribusi daya listrik. Gangguan yang terjadi pada Busbar 1 ini memiliki dampak signifikan terhadap stabilitas dan keamanan operasi sistem, terutama karena Busbar 1 terhubung langsung dengan transformator pada sisi primer dan sekunder. Gangguan pada komponen ini berpotensi menyebabkan lonjakan arus yang sangat tinggi, yang dapat berdampak serius apabila tidak diantisipasi dengan baik. Lonjakan arus tersebut berpotensi besar memicu hubungan singkat pada komponen lain dalam sistem, seperti kabel distribusi dan saluran transmisi, terutama jika terdapat kerusakan fisik atau kondisi isolasi yang kurang optimal pada komponen tersebut. Risiko hubungan singkat pada kabel dan saluran transmisi dapat meningkat jika gangguan di Busbar 1 tidak segera diatasi, karena arus lebih yang dihasilkan dapat melewati batas toleransi peralatan, sehingga memperbesar peluang terjadinya kerusakan atau bahkan kegagalan sistem secara keseluruhan.

4.3. Implementasi

Berdasarkan hasil analisis sistem kelistrikan PLTMG Ambon Peaker, hasil simulasi arus hubung singkat menunjukkan bahwa gangguan sering kali terdeteksi pada Busbar 1, yang memengaruhi transformator di sisi primer dan sekunder serta berpotensi menimbulkan lonjakan arus. Untuk mengatasi hal ini, sistem proteksi yang lebih canggih diperlukan termasuk penggunaan relai proteksi untuk mendeteksi dan memutus arus gangguan dengan cepat. Selain itu, pemeliharaan berkala pada komponen seperti generator, transformator, dan kabel juga sangat penting untuk memastikan kondisi isolasi dan koneksi tetap baik, mengurangi risiko hubungan singkat yang diakibatkan oleh kerusakan atau isolasi yang menurun. Penelitian ini melakukan analisis gangguan hubung singkat menggunakan *software* ETAP dengan standar IEC. Diharapkan, implementasi ini dapat meningkatkan efisiensi dan stabilitas operasional PLTMG Ambon Peaker dalam jangka panjang.

V. PENUTUP

Pada bus 1 gangguan arus hubung singkat pada PLTMG Ambon Peaker dengan gangguan tiga fasa sebesar 14,727 kA, Fasa tanah 15,998 kA, Fasa fasa 12,926 kA, fasa – fasa tanah 15,667 kA. Dengan perhitungan manual hasil tiga fasa $J0 \Omega$, Fasa tanah $J0 \Omega$, Fasa fasa $J0,2 \Omega$, Fasa fasa tanah $J0 \Omega$. mengakibatkan terjadi Hubung singkat pada Busbar 1 merupakan letak gangguan dekat dengan sumber yang mempengaruhi besar tegangan pada bus lainnya sehingga generator bisa mengalami trip dan transformator yang dimana terjadi gangguan di sisi primer atau sekunder transformator dapat menyebabkan lonjakan arus yang signifikan. Dan pada kabel dan saluran transmisi kerusakan atau isolasi yang buruk pada kabel dapat menyebabkan hubungan singkat, baik di dalam sistem distribusi maupun transmisi.

Faktor sehingga terjadi hubung singkat pada PLTMG Ambon Peaker yaitu salah dalam mengoperasikan prosedur atau kesalahan prosedur dalam pemeliharaan sehingga menyebabkan generator dan transformator mengalami gangguan akibat beban lebih atau pemanasan berlebihan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sari, P. (2017). *Gangguan Hubung Singkat. Pembangkitan Energi Listrik*, 7(1), 4–31.
- [2] Gordon. (2019). □*BAB 2 Tinjauan Pustaka*. Pontificia Universidad Catolica Del Peru, 8(33), 44.
- [3] Agusthinus S. Sampeallo, Nursalim, P. J. F. (2015). *Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Pemakaian Sendiri PLTU Bolok PT. SMSE (IPP) Unit 3 dan 4 Menggunakan SOFTWARE ETAP 12.6.0*
- [4] Aryamantara, K. J., Giriantari, I. A. ., & Sukerayasa, I. . (2018). *Analisis Hubung Singkat Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Kedongan*. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 17(2), 213.
- [5] Gaffar, A., Agussalim, A., & Arisandi, D. (2017). *Analisis Gangguan Hubung Singkat pada jaringan Distribusi 20 Kv Di Gardu Induk Panakkukang*. Jurnal Teknologi Elekterika, 14(2), 156.
- [6] Samin, T. (2019). *Analisa Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada Jaringan Distribusi 20 KV PT. PLN (PERSERO) Sebatik menggunakan Software ETAP Power Station 12.6.0*. ElektriKa Borneo, 5(1), 19–24.
- [7] Pahiyanti, N. G. (2024). *Gangguan Hubung Singkat Gas SO₂ Terhadap Gas SF₆ PMT 150 kV di GI Durikosambi*. Sutet, 13(2), 91–100.