

ANALISA HUBUNG SINGKAT PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP 250MW PT. LIPE METAL INDUSTRY HALMAHERA UNTUK MENENTUKAN BESARAN KAPASITAS *CIRCUIT BREAKER*(CB)

Moh Ridwan¹, Gatut Budiono².

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945

Surabaya.Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. (031 5931800), Faks. (032) 5927817

E-mail: ridwanmoh988@gmail.com

ABSTRAK

Pada suatu pembangkit atau sumber listrik sudah pasti mempunyai peralatan-peralatan proteksi sebagai pengaman dari instalasi tersebut. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sendiri mempunyai bagian komponen penting yang mempunyai pengaman itu sendiri, hal tersebut diperuntukkan untuk menjaga peralatan tersebut agar dapat berfungsi secara normal, layak operasi, dan juga aman bagi semua yang berada di sekitar pembangkit atau sumber listrik. Dari masalah yang ada itulah yang mendasari penelitian ini untuk melakukan analisis terhadap salah satu bagian proteksi yaitu pemutus daya atau *Circuit Breaker* (CB) yang terpasang agar sesuai dan layak digunakan pada pembangkit sebesar 250 MW serta aman dan normal pada saat beroperasi. Tujuan dilakukannya pemasangan *Circuit Breaker* salah satunya yaitu sebagai proteksi pengaman pada pembangkit agar dapat beroperasi secara normal dan terhindar dari gangguan salah satunya hubung singkat. Hubung singkat sendiri merupakan salah satu gangguan dalam sistem tenaga listrik yang memiliki sifat sementara, dengan demikian arus hubung singkat harus dapat diatasi oleh peralatan pengaman sistem proteksi tersebut.

Kata Kunci : *Circuit Breaker*, Energi Listrik, Hubung Singkat, PLTU, Proteksi Peralatan

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit yang memanfaatkan energi kinetik dari hasil uap untuk memutar generator dan menghasilkan energi listrik. Penelitian ini difokuskan dan bertujuan untuk mengetahui daya yang dihasilkan turbin dan energi panas yang dibutuhkan oleh boiler untuk mengubah udara menjadi uap panas [1]. Di PT lipe metal industri merupakan perusahaan swasta yang memproduksi energi listrik dengan proses pembangkitan yaitu PLTU dengan kapasitas sebesar 250 MW. Pada PLTU sendiri mempunyai beberapa komponen utama yang harus mempunyai pengaman itu sendiri. Hal tersebut diperuntukkan untuk menjaga peralatan tersebut berfungsi secara normal salah satunya *circuit breaker* (CB). *Circuit breaker* (CB) adalah salah satu peralatan pemutus arus listrik, yang berfungsi untuk memutus rangkaian listrik dalam keadaan berbeban.

Pemasangan *circuit breaker* bertujuan untuk menghindari kerusakan pada peralatan yang terhubung ke listrik di gardu induk yang akan

menyebabkan keterlambatan penyaluran tenaga listrik ke beban (konsumen). Tujuan dilakukannya pemasangan *circuit breaker* salah satunya yaitu sebagai proteksi pengaman pada unit pembangkit agar dapat beroperasi secara normal dan terhindar dari Gangguan, salah satunya gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat pada sistem operasi tenaga listrik dapat disebabkan oleh arus yang mengalir pada titik gangguan menjadi semakin besar. Besarnya arus yang mengalir akan menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik jika tidak dilengkapi dengan sistem proteksi atau pengaman yang sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik. Sehingga gangguan jenis ini memerlukan analisis atau perencanaan untuk dapat mengurangi gangguan tersebut.

2. Tinjauan pustaka

2.1 State of the Art

Agustinus S. Sampeallo dalam jurnal media elektro Universitas Nusa Cendana tahun 2019 telah mendapatkan hasil dari penelitiannya, Diketahui bahwa jenis gangguan terbesar adalah hubung singkat 1-fasa ke tanah sebesar 10.615 kA pada bus generator. Sedangkan jenis gangguan nilai yang kecil adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke ground yaitu

sebesar 3.967 kA pada Outgoing bus. Pada penelitian ini Agustinus melakukan simulasi menggunakan aplikasi ETAP 12.6.0 dan kemudian melakukan perbandingan dengan perhitungan manual, setelah dilakukan simulasi diperoleh perubahan arus hubung singkat dapat diakibatkan oleh besarnya beban pada operasi. Semakin banyak beban juga berpengaruh pada semakin kecilnya nilai impedansi positif dan negatif, dan semakin besar arus hubung singkat. Sedangkan pada impedansi nol tidak berpengaruh sama sekali terhadap besarnya beban operasi.

2.2 Pembangkit Listrik tenaga Uap

PLTU merupakan sebuah pembangkit yang mengkonversi energi kinetik dari uap air yang berfungsi menggerakkan turbin sehingga dapat menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik. PLTU sendiri dalam proses pembangkitan menggunakan batu bara, minyak bakar, dan juga *HSD (High Speed Diesel)* sebagai start awal proses pembangkitan energi listrik. PLTU bekerja dengan memanfaatkan siklus Rankine, yang mengubah panas menjadi fungsi. PLTU sendiri memiliki tiga siklus konversi energi. Artinya, energi kimia pada bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap suhu tinggi dan tekanan tinggi. Mengubah energi panas menjadi energi mekanik untuk menghidupkan generator dan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik [2]. Salah satu caranya adalah dengan menganalisa arus gangguan hubung singkat yang terjadi. Nilai arus hubung singkat tersebut dapat dipakai untuk menentukan nilai kapasitas pemutusan arus pada *circuit breaker* (CB). Arus hubung singkat juga merupakan gangguan dari sekian banyaknya gangguan yang ada pada sistem catu daya yang mempunyai karakteristik sementara, hal ini harus diatasi oleh perangkat pengaman sistem proteksi.

2.3 Arus Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat atau sering disebut analisa pada sistem kelistrikan untuk menentukan besaran arus yang mengalir saat terjadi gangguan listrik. Gangguan hubung singkat juga kerap terjadi dalam sistem tenaga listrik[3]. Arus hubung singkatnya sendiri sangat berbahaya jika terjadi pada sistem kelistrikan, selain berbahaya juga dapat mengakibatkan timbulnya api dan dapat meledak jika hubung singkatnya terjadi pada transformator. Hubung singkat bisa terjadi apabila sebuah penghantar listrik terhubung antar kutubnya. Untuk menentukan besaran kapasitas *Circuit Breaker* yang diperlukan dapat ditentukan dengan menghitung hubung singkat dalam persamaan (2.1) berikut;

$$I_{sc} = \frac{kVA \times 100}{\% Z \times \sqrt{3} \times kV} \quad (2.1)$$

Diketahui:

I_{sc} = Arus hubung singkat

kVA = Daya Trafo

%Z = persentase Impedansi

$\sqrt{3}$ = Instalasi 3 Fasa

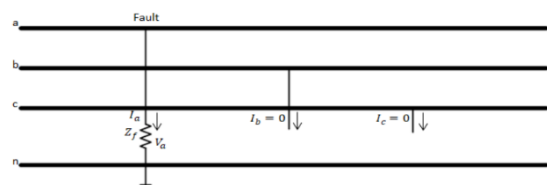
kV = Tegangan Trafo

1.1 Jenis Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yang sering muncul sebagai berikut,

1. Gangguan hubung singkat 1-fasa ke tanah

Gangguan 1-fasa ke tanah akan menyebabkan fasa terganggu menaikkan arus, tegangan akan menjadi nol, dan fasa lainnya akan memiliki arus nol dan selanjutnya fasa lainnya juga akan menaikkan tegangan.



Gambar 1. 1 Hubung singkat 1-fasa ke tanah

Pada gambar 1.1 menyatakan bahwa,

$$I_a = I_b = 0$$

$$V_c = Z_f I_c$$

Dimana :

Z_0 = urutan nol

Z_1 = urutan positif

Z_2 = urutan negatif

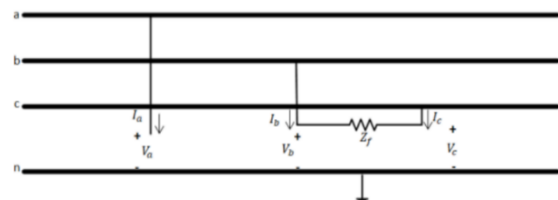
I_f = Arus gangguan

V_f = Tegangan bus saat gangguan

2. Gangguan hubung singkat 2-fasa

Dalam hubung singkat 2 fase seperti itu, gangguan karena putusnya konduktor fase antara dari instalasi transmisi atau distribusi yang diatur secara vertikal.

Gambar 1. 2 Gangguan hubung singkat 2-fasa

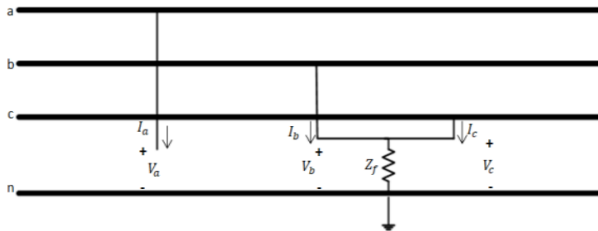


Gambar 1.2 gangguan antar fasa dimana gangguan pada impedansi tidak melalui gangguan Z_f . maka persamaan sebagai berikut,

$$I = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2} \quad (2.2)$$

3. Gangguan hubung singkat 2-fasa ke tanah

Secara umum, hubung singkat 2-fasa ke tanah dalam sistem distribusi terjadi ketika 2 konduktor mengalami gangguan dan terhubung ke tanah atau 2 konduktor terhubung ke netral dari sistem pertanahan 3-fasa.



Gambar 1. 3 Hubung singkat 2-fasa ke tanah

Persamaan gangguan hubung singkat 2-fasa ke tanah bisa di dapat melalui impedansi,

$$I_a = I_b = 0$$

$$V_c = V_b$$

$$V_b = Z_f (I_b + I_c)$$

Sehingga perhitungan gangguan 2-fasa ke tanah sebagai berikut:

3. Metode Penelitian

Cara penelitian ini memakai metode dengan mempertimbangkan beberapa perhitungan dan rumus yang ada.

3.1 Impedansi Saluran

Dalam menentukan CB, impedansi merupakan ketentuan yang dipakai dalam perhitungan. Untuk menghitung impedansi (Z) pada generator, pertama dihitung resistansi dan reaktansi pada saluran listrik.

3.2 Arus Full Load

Arus beban penuh adalah jumlah maksimum arus normal yang dapat diterima motor, yang biasanya terletak pada pelat nama yang disediakan oleh pabrikan di bagian luar produk. Nilai Arus Beban Penuh dapat dijadikan sebagai nilai untuk menentukan CB, mengetahui beban maksimal yang dapat dicapai oleh motor dan dapat membuat motor terjaga dan tahan lama[4].

3.3 Arus Hubung singkat

Arus hubung singkat adalah arus lebih yang disebabkan oleh gangguan dalam keadaan normal, mengabaikan impedansi antara titik potensial yang berbeda. Menentukan adanya arus hubung singkat memakai rumus;

$$I_{sc} = \frac{kVA \times 100}{\% Z \times \sqrt{3} \times kV} \quad (2.3)$$

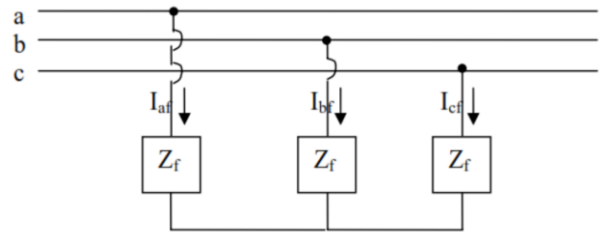
Diketahui :

I_{sc} = Arus Hubung Singkat

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

4. Gangguan hubung singkat 3-fasa

Hanya gunakan interferensi dari analisis urutan positif. Gangguan jenis ini jarang terjadi tetapi paling serius. Karena di setiap saluran arusnya berada pada gangguan yang sama.



Gambar 1. 4 Hubung singkat 3-fasa

Gambar 1.4 dapat diketahui;

$$I_f = \frac{V_n}{Z_n}$$

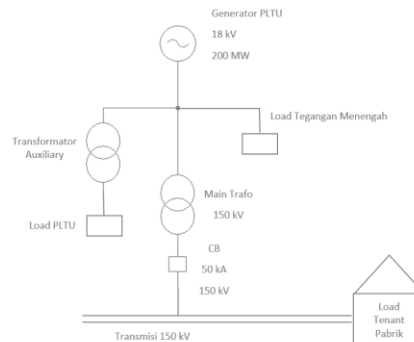
Dimana:

I_f = Arus gangguan

V_n = Tegangan netral

Z_n = Impedansi pada titik hubung singkat

3.4 Blok Diagram Penelitian

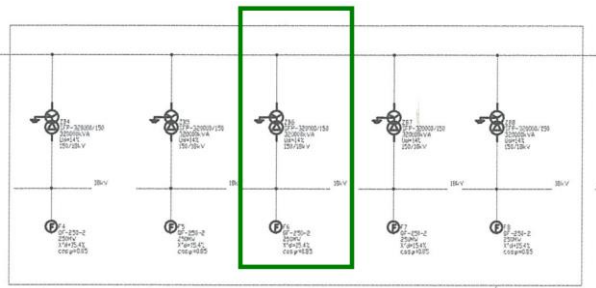


Gambar 3. 1 Blok diagram penelitian

Sistem kelistrikan pada PLTU PT. Lipe Metal Industri Halmahera dimulai dari PLTU menghasilkan energi listrik dari generator yang dialirkan transformator Auxiliary dan load tegangan menengah dan ke transformator utama. Di dalam transformator Auxiliary energi listrik yang dihasilkan dipergunakan untuk kebutuhan operasional dan sistem kontrol pada PLTU dan load tegangan menengah. Dan di transformator utama berfungsi mengubah tegangan dari 18 KV menjadi 150 KV. Dan energi listrik yang dialirkan ke transformator utama dipergunakan untuk kebutuhan proses produksi. Energi listrik yang dialirkan di transformator utama terdapat sistem proteksi utama yaitu CB sebelum menuju ke jaringan transmisi tegangan tinggi 150 KV. Di dalam penentuan sistem proteksi utama atau CB terdapat proses analisa untuk menentukan besaran CB yang terpasang dengan menentukan besaran arus hubung singkat pada transformator utama yang terpasang.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil yang Diperoleh dari Software China



Tegangan (kV)	3 Phasa (kA)	2 Phasa (kA)	1 Phasa (kA)
150/18	49.136	41.32	117.528

4.2 Hasil Gangguan Hubung singkat pada Software China

Perhitungan manual untuk mendapatkan perbandingan dengan hasil dari Software China,

4.2.1 Menentukan Impedansi Sumber

Untuk mendapatkan nilai MVAsc,

$$IFL = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{320000}{\sqrt{3} \times 150} = 1231.68 \text{ A}$$

$$Isc = \frac{100\%}{14,09} \times IFL = \frac{100\%}{14,09} \times 1231.68 = 87,415 \text{ kA}$$

$$MVAsc = \sqrt{3} \times Isc \times kV$$

$$MVAsc = \sqrt{3} \times 87,415 \times 150 = 22711.08$$

Diketahui bahwa nilai MVAsc sisi primer Trafo 6 adalah 22.711 MVA

$$Zp = j \frac{kVp^2}{MVAsc}$$

$$Zp = j \frac{20^2}{22.71} = j 17.61 \text{ ohm}$$

Maka,

$$Zs = j \frac{kVs^2}{kVp^2} \times Zsp$$

$$Zs = j \frac{150^2}{20^2} \times 17.61 = j 990.56 \text{ ohm}$$

4.2.2 Menentukan Impedansi Transformator

Diketahui Transformator mempunyai nilai impedansi

Z% = 14,09 % dan daya sebesar 320.000 KVA.

$$ZT \text{ (pada 100\%)} = j \frac{kVs^2}{MVA}$$

$$ZT \text{ (pada 100\%)} = j \frac{150^2}{320} = 70.310 \text{ ohm}$$

Karena Transformator $\Delta - Y$ sehingga,

$$ZT1 = ZT2 = Z \% (\text{name plate}) \times ZT$$

$$ZT1 = ZT2 = 14,09 \times 70,31 = j 990.66$$

4.2.3 Menentukan Impedansi Ekuivalen

$$Zp1 = Zp2 = (R + jX) \times P$$

$$Zp1 = Zp2 = (0.00 + j990.66) \times 0.125 = 0 + j123.83$$

Menentukan Zp1 urutan positif dan negatif :

$$Z1 = Z2 = (Zs + ZT1 + Zp1)$$

$$Z1 = Z2 = (j990.56 + j990.66 + 0 + j123.83)$$

$$= 0 + j2105.05$$

$$= 2105.05 \angle 90^\circ$$

4.2.4 Menentukan Arus Hubung Singkat 3-fasa

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

$$I = \frac{320000}{\sqrt{3} \times (0 + j123.83)}$$

$$= \frac{184752}{123.83 \angle 90^\circ}$$

$$= 1491.98 \angle 90^\circ \text{ A}$$

4.3 Penentuan Nilai Kapasitas Pemutus Circuit Breaker

Untuk menentukan nilai kapasitas pemutus pada CB digunakan nilai referensi arus gangguan hubung singkat hasil dari software China yang digunakan, karena nilai ini lebih besar dari nilai perhitungan manual. Arus gangguan hubung singkat yang digunakan untuk menentukan kapasitas pemutus tenaga diambil dari nilai arus maksimum yaitu gangguan hubung singkat seimbang atau gangguan 3-fasa. Arus hubung singkat maksimum yang didapat dikalikan dengan faktor keamanan 120% merupakan faktor keamanan untuk menentukan besar kapasitas pemutus sirkuit tersebut. Dengan menggunakan rumus,

$$Icb = If \times 120 \%$$

$$Icb = 49.136 \times 1.2$$

$$Icb = 58.963 \text{ kA}$$

Dari perhitungan di atas, nilai CB maksimum yang diperoleh adalah 58.963 kA. Nilai ini aman dan andal jika sistem jaringan tenaga listrik mengalami arus hubung singkat.

4.4 Penyusunan Bahasa Pemrograman Matlab untuk Menganalisis Arus Hubung Singkat

% Data percobaan

% Base 150 MVA

sb = 150000;

Xg10 = 0.05 ;

Xg11 = 0.15 ;

Xg12 = 0.15 ;

Xg21 = 0.15 ;

Xg22 = 0.15 ;

Xg20 = 0.05 ;

```
xt11 = 0.1 ;
xt12 = 0.1 ;
xt10 = 0.1 ;
xt21 = 0.1 ;
xt22 = 0.1 ;
xt20 = 0.1 ;
X1121 = 0.125 ;
X1122 = 0.125 ;
X1120 = 0.3 ;
X1131 = 0.15 ;
X1132 = 0.15 ;
X1130 = 0.35 ;
X1231 = 0.25 ;
X1232 = 0.25 ;
X1230 = 0.7125 ;
Zf = 0.1 ;
Xng1 = 0.25 ;
Xng2 = 0.25 ;
Vf = 1 ;
% Base Tegangan dalam (kv)
Vb = 150 ;
% I base untuk Bus 3
Ib = sb/(1.732*Vb);
% Transformasi Delta Y untuk Sistem Bus di urutan positif
XL11 = X1121 * X1131/(X1121+X1131+X1231);
XL21 = X1121 * X1231/(X1121+X1131+X1231);
XL31 = X1131 * X1231/(X1121+X1131+X1231);
Zs11 = Xg11+xt11+XL11;
Zs21 = Xg21+xt21+XL21;
% Hitung nilai Z1
Z1 = XL31 + ((Zs11*Zs21)/(Zs11+Zs21));
% Nilai dari Z2 adalah sama dengan Z1
Z2=Z1;
% Transformasi Delta Y untuk urutan Nol
XL10 = X1120 * X1130/(X1120+X1130+X1230);
XL20 = X1120 * X1230/(X1120+X1130+X1230);
XL30 = X1130 * X1230/(X1120+X1130+X1230);
Zs10 = Xng1 + Xg10+xt10+XL10;
Zs20 = xt20+XL20;
% Hitung nilai Z0
Z0 = XL30 + ((Zs10*Zs20)/(Zs10+Zs20));
% Gangguan 3 phasa
If3p = Vf/(Z1+Zf);
IF3p = If3p*Ib ;
Maka, didapatkan hasil dari :
If3p = 3.1250 A
IF3p = 1.8043e+03
```

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Hasil dari pada *Software China* dan Perhitungan manual, menghasilkan sebagai berikut:

1. Dari hasil memakai *Software China* diperoleh arus gangguan hubung singkat 3-fasa sebesar 49.136 kA dan perhitungan manual arus gangguan hubung singkat 3-fasa sebesar $1491.98 \angle 90^\circ$. Sehingga untuk mencari nilai CB yang tepat diketahui dengan mengalikan hasil pada *software China* dikalikan dengan 120% sebagai faktor safety dan di dapat nilai sebesar 58.963 kA.
2. Hasil perhitungan dari *Software MATLAB* didapatkan arus hubung singkat sebesar 3.1250 A dan 1.8043e+03
3. Dari metode analisis yang digunakan diketahui bahwa hasil perhitungan manual lebih besar dari hasil yang didapatkan dari *Software China*.
4. Penentuan nilai kapasitas pemutus pada *Circuit Breaker* dari gangguan arus hubung singkat diambil dari nilai arus terbesar yang dihasilkan pada *Software China*.

5.2 Saran

1. Gangguan arus hubung singkat dapat di hitung dan dianalisa lebih baik lagi jika perbandingan nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan menggunakan *software* simulasi.
2. Pada pengembangan penelitian selanjutnya sebaiknya dihitung lebih rinci lagi mulai dari arus hubung singkat 1-fasa, 1-fasa ke tanah, dan 2-fasa.

6. Daftar Pustaka

- [1] H. Abbas, J. Jamaluddin, M. Arif, and A. Amiruddin, "Analisa Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Tenaga Uap Di Pltu," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 14, no. 01, pp. 2024–2028, 2019, doi: 10.47398/iltek.v14i01.362.
- [2] N. Yuniarti, "Modul Pembelajaran Pembangkit Tenaga Listrik," *Jur. Pendidikan Tek. Elektro FT. Univ. Negeri Yogyakarta*, pp. 26–39, 2019.
- [3] S. Pltu, B. Pt, S. Ipp, and U. Dan, "ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA JARINGAN PEMAKAIAN," vol. VIII, no. 1, pp. 76–85.
- [4] sriandhi, "PROTEKSI TERHADAP ARUS GANGGUAN PADA SISTEM JARINGAN LISTRIK," vol. 14, 2013.
- [5] B. de Metz-Noblat, F. Dumas, and C. Poulain, "Cahier technique no.158 Calculation of short-circuit currents," *Schneider Electr.*, vol. 19, no. 83, pp. 1–13, 2011.