



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4. Perhitungan Gangguan Arus Hubungan Singkat

Gangguan arus hubungan singkat adalah suatu kondisi pada sistem tenaga dimana penghantar yang berarus terhubung dengan penghantar lain atau dengan tanah. Gangguan hubungan singkat dapat menimbulkan arus yang jauh lebih besar dari arus kondisi dimana sistem tenaga listrik dalam keadaan normal. Perhitungan yang dilakukan pada gangguan arus hubungan singkat dilakukan melalui beberapa tahap yaitu

#### 4.1.1 Perhitungan Kapasitas Daya Transformator

Kapasitas Daya Transformator Pada PLTG Teluk Lembu adalah 27 MVA. Untuk mengetahui beban kapasitas beban yang ditampung pada satu unit Transformator daya pada PLTG Teluk Lembu maka di pakai rumus (2.6)

$$P = S \times \cos \varphi$$

$$P = 27 \text{ MVA} \times 0,99$$

$$= 26,73 \text{ MW}$$

Dari hasil perhitungan diatas kemampuan transformator menampung beban dari pembangkit 21,6 MW cukup baik.

#### 4.1.2 Perhitungan Kapasitas Arus Beban Pada Transformator

Untuk menentukan kapasitas arus beban penuh (full load) juga disebut arus dasar pada transformator digunakan sebagai acuan untuk menentukan kemampuan hantar arus pada busbar dengan menggunakan persamaan ( 2.2 )

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$= \frac{27 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 11 \text{ kV}}$$

$$= 1.417,32 \text{ A}$$

Dari perhitungan diatas arus per fasa pada generator adalah sebesar 1.417,32 A. Dari data longsheet pada Tabel 3.2 arus per fasa generator  $\pm 804 \text{ A}$ , ini menandakan kemampuan transformator dalam menampung daya dari prmbangkit cukup baik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



### 4.1.3 Perhitungan Kapasitas Arus Busbar

Sebagai dasar untuk menghitung kemampuan hantar arus pada busbar, maka perhitungan mengacu pada besar daya masing-masing beban unit PLTG dengan persamaan

(2.1) sebagai berikut :

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi \cdot \eta}$$

$$= \frac{21,6 \text{ MW}}{\sqrt{3} \times 11 \text{ kV} \times 0,98 \times 99,48\%}$$

$$= 1.161,91 \text{ A}$$

Maka kemampuan arus antar pada busbar adalah :

$$I_n \times 150\% = 1.161,91 \text{ A} \times 150\% = 1.452,38 \text{ A}$$

Dari perhitungan kemampuan arus busbar mendapatkan hasil 1.452,38 A. arus yang terpasang pada pembangkit adalah 1.632 A. Dari hasil perhitungan diatas kemampuan busbar menerima arus dari beban cukup baik.

### 4.2 Perhitungan Reaktansi Generator

Berdasarkan data dari tabel spesifikasi generator, unrtuk mendapatkan nilai dari dari reaktansi baru maka digunakan perhitungan rumus (2.13)

$$X_{\text{baru}} (\text{p.u}) = X_{\text{lama}} \text{ p.u} \left( \frac{KV^2}{KV^2} \times \frac{MVA_{\text{lama}}}{MVA_{\text{baru}}} \right)$$

$$X_{\text{baru}} (\text{p.u}) = 0,15 \text{ p.u} \left( \frac{11,5^2}{11,5^2} \times \frac{27}{15} \right)$$

$$X_{\text{baru}} (\text{p.u}) = 0,15 \times 1,8$$

$$X_{\text{baru}} = 0,27 \text{ p.u}$$

Hasil dari reaktansi pada generator sebagai berikut

Table 4.2 Hasil Reaktansi Pada Generator

Unit	Daya (MVA)	Tegangan (kV)	X <sub>lama</sub> (p.u)	X <sub>Baru</sub> (p.u)
1	15	11,5	0,15	0,27
2	15	11,5	0,15	0,27

### 4.3 Menentukan Reaktansi Tranformator

Pada perhitungan impedansi sumber maka yang dihitung adalah nilai reaktansinya, karena pada umumnya nilai transformator daya menggunakan nilai persentasi, maka untuk mengubah impedansi perunit dengan suatu dasar yang telah diberikan ke impedansi per unit dengan dasar yang baru digunakan persamaan (2.11)

$$X_{baru} (p.u) = X_{lama} (p.u) \left( \frac{KV^2}{KV^2} \times \frac{MVA_{lama}}{MVA_{baru}} \right)$$

$$X_{baru} (p.u) = 0,125 p.u \times \left( \frac{11^2}{11^2} \times \frac{27}{27} \right)$$

$$X_{baru} = 0,125 p.u$$

Table 4.1 Hasil Perhitungan Reaktansi Tranformator Daya

Unit	Kapasitas (MVA)	Tegangan (KV)	Reaktansi Lama (p. u)	Reaktansi Baru (p. u)
1	27	11	0,125	0,125
2	27	11	0,125	0,125

### 4.4 Perhitungan Aru Hubungan Singkat Pada Generator

Perhitungan gangguan arus hubungan singkat yang melalui PMT generator apabila terjadi gangguan arus hubungan singkat pada bus 11 kV dilakukan dengan menggunakan persamaan

$$X_t = j 0,125$$

$$X''_d = j 0,15$$

$$X''_{d Baru} = 0,27$$

$$V_f = 1 \angle 0^\circ pu$$

maka impendansi generator adalah

$$Z = \frac{0,125 \times 0,27}{0,125 + 0,27}$$

$$Z = \frac{0,0337}{0,395} = j 0,0853 p.u$$

$$I''_f = \frac{1}{0,0853} = 11,72 p.u$$

Jadi gangguan arus hubungan singkat pada bus 11 kV dapat dihitung dengan persamaan

$$I_{sc} = 11,72 \times 1.417,32 A = 16.610.99 A = 16,610 kA$$

Karena pada embangkit listrik PLTG Teluk Lembu menggunakan pembeban yang sama maka nilainya juga sama.



#### 4.5 Perhitungan Arus Hubungan Singkat Pada PLTG Teluk Lembu ( Asumsi 1 Transformator untuk 2 Generator)

$$X_r = j 0,125$$

$$X_d = j 0,15$$

$$X_d \text{ Baru} = 0,27$$

$$V_f = 1 \angle 0^\circ \text{ pu}$$

$$\text{Impedansi paralel 2 generator } \frac{j0,27}{2} = j 0,135 \text{ p.u}$$

Maka:

$$Z = \frac{0,125 \times 0,135}{0,125 + 0,135}$$

$$Z = \frac{0,016}{0,26} = j 0,061 \text{ p.u}$$

$$I''_f = \frac{1}{0,061} = 16,39 \text{ p.u}$$

Dari perhitungan diatas jika di asumsikan satu unit transformator diparalelkan dengan dua unit pembangkit maka akan arus hubungan singkat yang terjadi pada bus 11 kV dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$I_{sc} = 16,39 \times 1.417,32 \text{ A} = 23.224 \text{ A} = 23,224 \text{ kA}$$

Dari perhitungan diatas nilai arus Hubungan singkat pada bus 11 kV adalah sebesar 23,224 kV. Nilai tersebut diatas standar nilai hubungan singkat pada PMT di PLTG Teluk Lembu (22, 2 kV), sehingga kinerja PMT tidak layak digunakan untuk mengoperasikan dua unit pembangkit untuk satu transformator.

#### 4.6 Menentukan Kapasitas Pemutus Daya

Kapasitas pemutusan arus suatu PMT ditetapkan dengan menghitung terlebih dahulu nilai efektif arus hubung singkat subtransien ( $I''$ ). Nilai efektif arus transien lebih kecil dari nilai efektif arus subtransien. Maka, nilai arus transien ketika PMT membuka kontaknya dapat dihitung dengan persamaan (2.4)

Untuk penentuan kapasitas pemutusan PMT, nilai hubung singkat dikalikan dengan

$$1,6.$$

$$\begin{aligned} I'_{ic} &= k_f \times I'' \\ &= 1,6 \times 23,224 \\ &= 37,15 \text{ kA} \end{aligned}$$

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

Kemampuan suatu pemutus daya untuk memutuskan arus harus sama dengan atau lebih besar daripada arus transien  $I'_{ic}$ . Dengan demikian, kapasitas suatu pemutus daya dapat dihitung dengan persamaan (2.5)

$$MVA = \sqrt{3} V_L \times I'_{ic}$$

$$= \sqrt{3} \times 11 \times 37,15$$

$$= 707,802 \text{ MVA}$$

Dari perhitungan diatas untuk memenuhi pengoperasian asumsi dua unit pembangkit dengan satu transformator 27 MVA, perlu meningkatkan raiting PMT dari 21, 2 kA menjadi 37,15 kA dengan kapasitas PMT adalah 707,802 MVA

#### 4.7 Perhitungan Temperatur Gangguan Arus Hubungan Singkat

Kenaikan temperatur yang terjadi pada pengantar merupakan proses terjadinya perubahan energi listrik menjadi energi panas akibat adanya rugi-rugi daya pada rel daya. Gangguan arus hubung singkat simetris yang terjadi pada rel busbar sangat besar, meskipun hanya berlangsung beberapa detik. Dengan menyesuaikan sifat-sifat kemurnian dari rel busbar, maka batas temperatur maksimum pada rel busbar yang berkerja pada keadaan normal maksimum adalah  $75^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan dalam keadaan hubung singkat temperatur maksimum adalah  $175^{\circ}\text{C}$ . Temperatur ini adalah penjumlahan temperatur yang terjadi secara mendadak ( $100^{\circ}\text{C}$  batas maksimum yang di izinkan pada keadaan abnormal)

Pada saat rel busbar terjadi gangguan arus hubungan singkat atau dalam keadaan abnormal maka temperature yang terjadi dapat dicari dengan persamaan (2.19):

$$T = K \left( \frac{I}{A} \right)^2 (1 + \alpha\theta) \times 10^{-2}$$

$$T = 0,52 \left( \frac{23224}{1000} \right)^2 (1 + 0,0039 \times 85^{\circ}\text{C}) \times 10^{-2}$$

$$T = 0,52 \times 539,354 \times 1,334 \times 10^{-2}$$

$$T = 374,13 \times 10^{-2}$$

$$T = 3,7^{\circ}\text{C}$$

Pada saat terjadi hubungan singkat kenaikan temperaturnya adalah sebesar  $3,7^{\circ}\text{C}$ , Jadi temperatur busbar 11 kV saat terjadi gangguan arus hubungan singkat sebesar  $88,7^{\circ}\text{C}$ . Dari perhitungan diatas keanikan temperatur hubungan singkat yang terjadi pada busbar masih dalam keadaan yang diperbolehkan karena batas maksimum kenaikan temperaturnya adalah  $100^{\circ}\text{C}$ .

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© 2013 UIN Suska Riau

Sarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU