

BAB IV

SISTEM PROTEKSI PADA GERATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR SUTAMI

Pembangkit Listrik Tenaga Air Sutami merupakan suatu pembangkit listrik tenaga air terbesar yang beroperasi di Jawa Timur. PLTA Sutami terletak kurang lebih 110 Km sebelah Selatan Kota Madya Surabaya, tepatnya di Kecamatan Sumber Pucung Kabupaten Malang Propinsi Jawa Timur.

PLTA Sutami dibangun untuk meningkatkan penyediaan energi listrik non Bahan Bakar Minyak (BBM) didaerah Jawa Timur, khususnya bagi penyediaan energi listrik untuk kota Surabaya, Malang dan sekitarnya baik untuk keperluan industri maupun yang lainnya, yaitu dengan memanfaatkan potensi tenaga air dari aliran sungai Brantas. Potensi tenaga air sungai ini dapat dikembangkan menjadi potensi tenaga listrik sebesar 105.000 KW. Tenaga listrik yang dibangkitkan yang dibangkitkan disalurkan melalui jaringan transmisi 154 KV.

4.1. JENIS GANGGUAN YANG UMUM TERJADI PADA GENERATOR

Generator merupakan komponen sistem tenaga listrik yang terpenting. Gangguan yang terjadi pada generator tidak sesering yang terjadi pada generator tidak sesering yang terjadi pada saluran transmisi, tetapi kerusakan yang disebabkan oleh gangguan yang terjadi akan memerlukan waktu yang lebih lama dan biaya yang lebih

mahal untuk perbaikan dibanding dengan hal yang serupa untuk memperbaiki kerusakan akibat gangguan pada saluran transmisi.

Gangguan-gangguan yang terjadi pada generator dapat terjadi pada bagian-bagian utama generator seperti belitan stator, rotor, maupun bagian-bagian lainnya.

Gangguan-gangguan/kondisi abnormal yang sering muncul pada generator antara lain:

- a. gangguan hubung singkat
- b. hilangnya penguatan medan
- c. pengaliran daya balik
- d. terbebani lebih
- e. kenaikan temperatur yang lebih dari temperatur normal
- f. berputar dengan putaran yang lebih besar dari putaran normal
- g. beroperasi dalam kondisi seimbang
- h. beroperasi dalam kondisi tidak sinkron

Disamping gangguan-gangguan yang disebutkan di atas, generator juga dipengaruhi oleh kondisi hubung singkat yang terjadi di luar generator.

Beberapa kondisi di atas dapat diperbaiki dalam keadaan sistem beroperasi oleh karena itu perlu ada pertanda berupa alarm atau lampu signal. Tetapi gangguan hubung singkat pada umumnya harus segera dibebaskan dari sistem.

Gangguan hubung singkat, arus hubung singkat yang mengalir dalam belitan generator dapat menyebabkan perubahan tegangan, menimbulkan pengaruh pada yang berlebihan dalam belitan generator. Yang mana ini akan menyebabkan

pemburukan dan penurunan kekuatan isolasi dan akhirnya sampai pada suatu keadaan yang dapat menyebabkan kegagalan isolasi antar lilitan sehingga dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar.

Beberapa kondisi hubung singkat yang dapat terjadi pada generator, yaitu:

- Hubung singkat antar fasa,
- Hubung singkat antar lilitan
- Hubung singkat tanah pada belitan stator
- Hubung singkat tanah pada belitan rotor
- Hubung singkat antar lilitan pada belitan rotor

Hilangnya Penguat Medan, bila generator kehilangan penguatan medan yang dapat disebabkan oleh breaker rangkaian medan terbuka atau belitan rotor terputus maka kopling magnetis antara rotor dan stator akan melemah sehingga putaran rotor akan bertambah cepat yang dapat menyebabkan kehilangan keserempakan atau kehilangan sinkronisasi antara putaran medan putar stator dengan rotor. Ini menyebabkan generator akan bekerja sebagai generator induksi dimana akan terjadi:

- Pengaliran daya reaktif dari sistem ke generator untuk keperluan penguatan yang dapat menimbulkan ketidakstabilan sistem.
- Naiknya temperatur rotor yang disebabkan karena pengaliran arus induksi yang besar sehingga menyebabkan perubahan sifat mekanis peralatan-peralatan pada rotor.
- Penurunan tegangan terminal generator dengan cepat.
- Kenaikan temperatur pada stator yang disebabkan kenaikan arus stator.

Pengaliran Daya Balik, pengaliran daya balik pada generator dapat disebut sebagai kondisi "*motoring of generator*" (generator bekerja sebagai motor). Hal ini disebabkan oleh input penggerak mula yang kurang. Bila output penggerak mula menurun sehingga rugi-rugi generator tidak tersuplai lagi maka kekurangan tersebut diberikan oleh daya nyata yang diserap dari sistem (sistem juga mendapat suplai dari sumber lain) sehingga terjadilah pengaliran daya dari sistem ke generator.

Akibat dari adanya pengaliran daya balik pada generator menimbulkan efek pada kecepatan putar dari penggerak mula (menjadi lebih lambat) sehingga dapat menyebabkan cavitasi pada turbin air.

Temperatur Lebih, timbulnya panas yang berlebihan dalam stator umumnya disebabkan oleh terjadinya beban lebih atau terjadi hubung singkat diluar maupun didalam generator, dapat pula disebabkan oleh gangguan pada sistem pendingin.

Arus Lebih, arus lebih dalam belitan stator dapat menyebabkan kenaikan temperatur, dan kenaikan temperatur dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan isolasi belitan stator. Arus lebih dalam belitan generator dapat disebabkan oleh hubung singkat yang berlangsung lama dalam elemen.

Terbebani Lebih, bila generator dibebani lebih dari kapasitasnya maka akan menyebabkan arus bebannya bertambah. Naiknya arus beban akan menyebabkan tegangan generator akan menurun bila tidak disertai kenaikan arus penguat medan.

Beroperasi Dalam Kondisi Beban Tidak Seimbang. Kondisi beban tidak seimbang dapat disebabkan karena adanya hubung singkat dua fasa, hubung singkat satu fasa ketanah atau hilangnya salah satu fasa. Yang mana ini akan menyebabkan timbulnya

arus urutan negatif yang akan menginduksikan *double frekwensi current* pada rotor. Arus induksi ini bila berada cukup lama pada rotor akan menimbulkan kenaikan temperatur pada bagian-bagian yang dilewatinya dan mengubah sifat mekanis dan sifat listrik.

Berputar Dengan Putaran Lebih Besar Dari Putaran Normal, bila suatu generator bekerja sendiri menanggung beban penuh, tiba-tiba melepas bebannya karena suatu gangguan atau bila generator yang sedang bekerja paralel terlepas dari sistemnya, maka akan terjadi putaran lebih. Untuk generator yang bekerja sendiri, putaran lebih dapat menyebabkan naiknya frekwensi dan bila generator tidak dilengkapi dengan pengatur tegangan otomatis (*AVR*) maka putaran lebih dapat menaikkan tegangan generator.

Kenaikan tegangan mendadak ini dapat memperburuk isolasi belitan generator.

a. Data-data sistem proteksi pada PLTA Sutami :

No.	Jenis Gangguan	Jenis Rele	YPE Rele
1.	Hubung singkat antar fasa	Rele Percentage Differensial	KID-GRP
2.	Arus lebih	Rele Overcurrent	KIO-CP
3.	Kecepatan lebih	Rele Ovespeed	SPR-11
4.	Hubung tanah pada belitan stator	Rele Percentage Differensial	KIG-GP
5.	Hubung tanah generator	Rele Overcurrent	KIO-LGP
6.	Tegangan lebih	Rele Overvoltage	KIE-KP
7.	Kehilangan penguatan medan	Rele Los of Field	KCZ-013Z

8.	Kelebihan arus penguatan medan	Rele Overcurrent	KIO-LGP
9.	Hubung tanah pada belitan rotor	Rele Ground Overvoltage	KEG-EFP
10.	Temperatur lebih	Rele Overheating	EBH-KXP
11.	Kecepatan kurang	Rele Underspeed	SPR-11

NO.	SETTING RANGE	SETTING VALUE
1.	(5 – 10 – 15 – 20) %	10 %
2.	(2-2, 5-3-4-5-6-8) A	5 A
3.	130 < n < 260 % RATED SPEED	165 % (825 rpm)
4.	MINIMUM OPERASI 15-100 mA	FIXED : 83,3 mA
5.	MINIMUM OPERASI 10 Volt	10 Volt
6.	(0,25-0,35, 35-0,5-0,7-1) Amp	1 Ampere
7.	(80-120-130-150-165) Volt	130 Volt
8.	Reach : 5 – 50 Ohm	Reach : 36 %
9.	Offset : 0 – 4 Ohm	Offset : 54 %
10.	(0,5-0,7-1-1,5-2) Ampere	0,7 Ampere
11.	14,5 mA – 15,5 Ma	14,5 mA
	70° – 140° C	120° C
	20 < n < 40 % RATED SPEED	20 % (100 rpm)

b. Data-data Transformator Arus :

Type : Single phasa

Jumlah : 3 sets/unit

Frekwensi : 50 Hz

Rasio Arus : 5000/5 A
 5000/5 A
 100/5 A

Daya : 100 VA
 100,VA
 40 VA

4.2. Tinjauan Sistem Proteksi Generator Pada PLTA Sutami

Didalam sub bahasan ini kita akan meninjau beberapa sistem proteksi yang terdapat pada peralatan PLTA Sutami seperti yang akan diuraikan dibawah ini.

Data-data generator PLTA Sutami :

- Type : 3 phasa, AC sinkron
- Jumlah unit : 3 unit
- Kapasitas/unit : 35 MVA/unit
- Tegangan : 11 KV
- Arus : 2046 Ampere
- Frekwensi : 50 Hz
- Power factor : 0,9 lagging
- Putaran : 250 rpm
- Tegangan Excitasi : 245 Volt
- Arus Medan : 712 Ampere

- Konstanta Mesin
 - $X'' = 0,168 \text{ pu}$
 - $X_2 = 0,177 \text{ pu}$
 - $X_0 = 0,109 \text{ pu}$
- Tahanan Pentanahan : 63,5 Ohm
- Tegangan Pentanahan : $11/\sqrt{3} \text{ KV}$
- Arus Pentanahan : 100 Ampere

4.3. Perhitungan Arus Hubung Singkat Pada Generator

Pada bagian ini akan dihitung arus gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi pada generator PLTA Sutami. Dalam hal ini tidak dihitung gangguan hubung singkat pada transformator dan jaringan sesudah *BUS-BAR*, karena rela yang ditinjau hanya rele-rele yang melindungi generator.

a. Gangguan hubung singkat 3 phasa :

Gangguan hubung singkat 3 phasa dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I''f = A_0 \sqrt{Ka^2 + (\sqrt{2}Kd)^2} \times I_{His} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dari appendix, mengenai kalkulasi arus gangguan tiga phasa simetris didapat :

$$A_0 = 1,05$$

$$\sqrt{Ka^2 + (\sqrt{2}Kd)^2} = 1,5$$

Dimana :

$$\begin{aligned} K &= A_0 \cdot \sqrt{Ka^2 + (\sqrt{2}Kd)^2} \\ &= 1,05 \times 1,5 \\ &= 1,58 \end{aligned}$$

Dan :

$$I_{hs} = \frac{I_{FL} \text{ pu}}{X''_d \text{ pu}}$$

Dimana :

$$I_{FL} = \frac{105 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \times 11 \cdot 10^9} = 5511 \text{ Ampere}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} I_{FL} &= 1 \text{ pu} \\ X''_d &= \text{reaktansi sub - peralihan} \\ &= 0,168 \text{ pu} \end{aligned}$$

Maka :

$$I_{hs} \text{ pu} = \frac{1}{0,168} = 5,9$$

Jadi :

$$I_{hs} = 5,9 \times 5511 = 32,51 \cdot 10^3 \text{ Ampere}$$

Jadi arus hubung singkat tiga phasa dengan memperhitungkan komponen arus searah adalah :

$$\begin{aligned}
 I''f &= K \times I_{hs} \\
 &= 1,58 \times 32,51 \cdot 10^3 \\
 &= 51,36 \text{ Ampere} \\
 &= 51,36 \text{ KA}
 \end{aligned}$$

b. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah adalah sebagai berikut :

$$I_f = \frac{3 E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \text{ pu}$$

Dimana :

$$Z_1 = \text{impedansi urutan positif} = j0,168 \text{ pu}$$

$$Z_2 = \text{impedansi urutan negatif} = j0,177 \text{ pu}$$

$$Z_0 = \text{impedansi urutan nol} = 3Z_n + Z_{go}$$

$$\begin{aligned}
 Z_n &= \text{tahanan pentanahan generator} \\
 &= 63,5 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{go} &= \text{impedansi urutan nol per gasa pada generator} \\
 &= j0,109 \text{ pu}
 \end{aligned}$$

Karena Z_n masih dalam satuan Ohm maka harus diubah kedalam satuan per unit, yaitu:

$$Z_{pu} = \frac{Z_{ohm}}{Z_{dasar}}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Z_{\text{dasar}} &= \frac{(KV)^2}{MVA} \\ &= \frac{(11.10^3)^2}{105.10^6} \\ &= 1,15 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$Z_{\text{ohm}} = 63,5 \text{ Ohm}$$

Jadi :

$$Z_{\text{pu}} = \frac{63,5}{1,15} = 55,22 \text{ pu}$$

Maka :

$$\begin{aligned} Z_0 &= (3 \times 55,22) + j0,109 \\ &= 165,66 + j0,109 \text{ pu} \end{aligned}$$

Sehingga arus hubung singkat satu fasa ketanah adalah :

$$\begin{aligned} I_f &= \frac{3 \times 1}{j0,168 + j0,177 + 165,66 + j0,109} \\ &= \frac{3}{165,66 + j0,454} \\ &= \frac{3}{165,66 \angle 0,2^\circ} \\ &= 18,11 \angle -0,2^\circ \text{ pu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_f &= I_f(\text{pu}) \times I_{\text{dasar}} \\
 &= 18,11 \cdot 10^{-9} \times 5511 \\
 &= 99,8 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

4.4. Perhitungan Daya Kritis dan Waktu Pemutusan Kritis

Untuk mendapatkan sudut daya kritis dan waktu pemutusan kritis terhadap gangguan pada generator PLTA Sutami digunakan persamaan-persamaan yang terdapat pada bab 3.

Adapun letak bus infinite (*bus tak terhingga*) terletak pada busbar yang terletak di PLTA Sutami, yaitu sesudah transformator daya 11/150 KV.

Pada dasar 105 MVA :

$$X'd \text{ generator} = 0,286 \text{ pu}$$

$$X \text{ transformator} = 0,11 \text{ pu}$$

$$S = 105 \text{ MVA} = 1 \text{ pu}$$

$$P_e = P_m = 1 \cos \varnothing = 1 \times 0,9 = 0,9 \text{ pu}$$

Keluaran daya generator ditentukan oleh persamaan sudut daya, yaitu :

$$P_e = \frac{V_t \cdot V}{X_t} \sin \alpha \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimaan V adalah tegangan bus tak terhingga dan α adalah sudut tegangan terminal relatif terhadap rel tak terhingga.

$$\frac{1 \times 1}{0,11} \sin \alpha = 0,9$$

$$\sin \alpha = 0,099$$

$$\alpha = 5,68^\circ$$

Sehingga tegangan terminal adalah :

$$V_t = 1 \angle 5,68^\circ = 0,995 + j0,099 \text{ pu}$$

Arus keluaran dari generator adalah :

$$\begin{aligned} I &= \frac{V_t \cdot V}{X_t} = \frac{0,995 + j0,099 - 1}{j0,11} \\ &= \frac{0,099 \angle 92,89^\circ}{0,11 \angle 90^\circ} \\ &= 0,9 \angle 2,89^\circ \text{ pu} \end{aligned}$$

Tegangan dalam peralihan didapatkan :

$$\begin{aligned} E &= V_t + I \cdot X'd \\ &= 0,995 + j0,099 + (0,8899 + j0,045)(j0,268) \\ &= 0,995 + j0,099 + j0,238 - 0,012 \\ &= 0,983 + j0,337 \text{ pu} \\ &= 1,039 \angle 18,92^\circ \text{ pu} \end{aligned}$$

Sehingga sudut dayanya adalah :

$$\delta_0 = 18,92^\circ = 0,33 \text{ rad listrik}$$

Untuk menentukan sudut pemutusan kritis adalah sebagai berikut :

$$\delta_{cr} = \cos^{-1} [(\pi - 2\delta_0) \sin \delta_0 - \cos \delta_0]$$

$$\begin{aligned}
\delta_{cr} &= \cos^{-1} [(\pi - 2 \times 0,33) \sin 18,92 - \cos 18,92] \\
&= \cos^{-1} [(2,812) 0,32 - 0,946] \\
&= \cos^{-1} 0,04616 \\
&= 92,646^\circ \\
\delta_{cr} &= 1,62 \text{ rad listrik}
\end{aligned}$$

Sedangkan untuk menentukan waktu pemutusan kritis adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
t_{cr} &= \sqrt{\frac{4 \cdot H(\delta_{cr} - \delta_o)}{Ws \cdot Pm}} \\
t_{cr} &= \sqrt{\frac{4 \cdot 9(1,62 - 0,33)}{2 \times \pi \times 50 \times 0,9}} \\
t_{cr} &= 0,41 \text{ detik}
\end{aligned}$$

Jadi waktu pemutusan kritis untuk suatu gangguan yang terjadi pada generator PLTA Sutami adalah 0,41 detik setelah gangguan tersebut terjadi.

4.5. Analisis Setting Proteksi Generator PLTA Sutami

Pada bagian ini akan dibahas mengenai setting rele yang terdapat pada generator PLTA Sutami. Rele yang akan dibahas hanya rele yang mendeteksi gangguan yang mungkin sering terjadi, yaitu gangguan hubung singkat dan hubung tanah.

Adapun rele proteksi generator yang dibahas adalah :

- a. Percentage Differensial relay
- b. Over Current relay

a. Percentage Differensial relay

Rele percentage differensial generator digunakan untuk mengamankan belitan generator terhadap gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi. Rele proteksi ini menggunakan type KID-GRP Indction Disc, dan daerah setting yang disediakan adalah : (5 – 10 – 15 – 20) %

Arus prosentase diperoleh dari rumus :

$$I_p = \frac{i_1 - i_2}{\frac{i_1 + i_2}{2}} \times 100 \% \dots\dots\dots (4.3)$$

Atau dalam besaran sudut yang dinyatakan dengan :

$$\tan \alpha = \frac{i_1 - i_2}{\frac{i_1 + i_2}{2}} \dots\dots\dots (4.4)$$

Diketahui :

$$i_1 = \text{ arus sekunder CT}_1$$

$$i_2 = \text{ arus sekunder CT}_2$$

Pada keadaan normal i_1 mendekati i_2 karena n CT₁ sama dengan n CT₂, maka diperoleh :

$$i_1 - i_2 = \Delta I$$

Dan :

$$\frac{i_1 - i_2}{2} = i_1, \text{ sehingga :}$$

$$I_p = \frac{\Delta i}{i_1} \times 100 \%$$

Nilai ΔI sangat kecil karena tergantung pada karakteristik kedua CT yang dipergunakan, sehingga setting percentage differensial relay untuk generator ditentukan berdasarkan pada keadaan operasi minimum rele dan keadaan gangguan luas.

Faktor kesalahan CT adalah 1 % dan besar arus operasi minimum dari rele adalah $(0,2 \pm 10 \%) A = (0,18 - 0,22) A$. Keadaan beban penuh, arus yang terdeteksi oleh rele adalah sebagai berikut :

$$I_r = \frac{105.000}{\sqrt{3} \times 11} \times \frac{5}{5.000} \times 0,01 \times 2 = 0,11 A$$

Jadi arus yang terdeteksi oleh rele pada keadaan beban penuh tidak akan menyebabkan rele bekerja, karena masih berada dibawah dari arus operasi minimum rele.

Keadaan gangguan luar generator, pda saat terjadi gangguan diluar generator misalnya gangguan hubung singkat tiga fasa sebesar 34,553 Ampere, maka :

- Arus yang terdeteksi oleh rele adalah :

$$I = 34,553, \times \frac{5}{5.000} \times 0,01 \times 2 = 0,69 A$$

- Arus yang mengalir pada rele adalah :

$$I = 34,553, \times \frac{5}{5.000} = 34,553 A$$

Sehingga diperoleh arus prosentase sebesar :

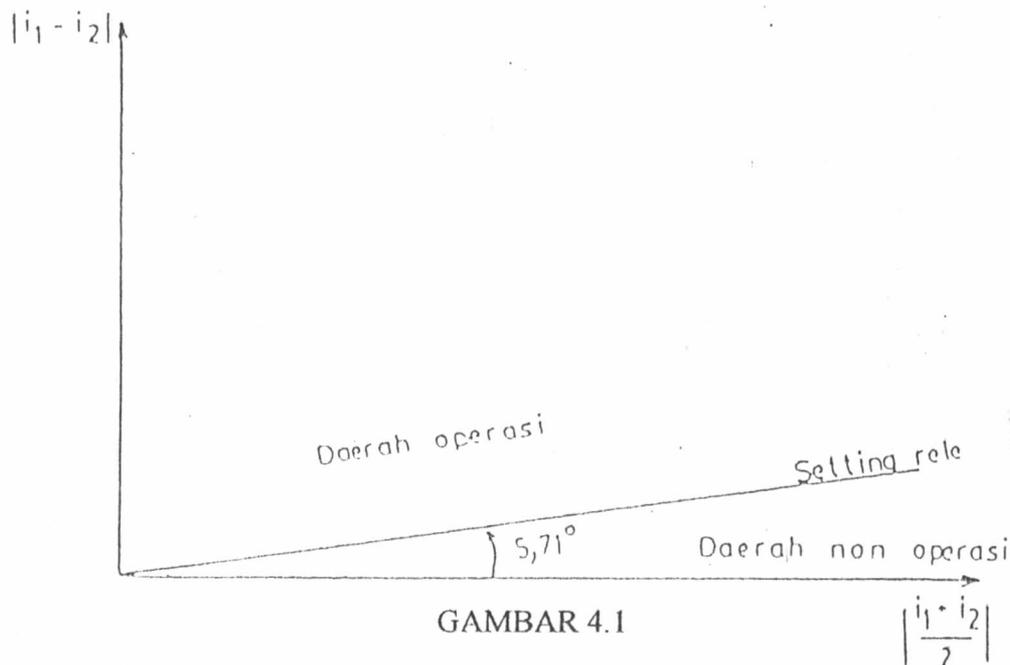
$$I_p = \frac{0,69}{34,553} \times 100 \% = 2 \%$$

Atau :

$$\tan \alpha = \frac{0,69}{34,553} = 0,02$$

$$\alpha = 1,145^\circ$$

Agar rele tidak beroperasi pada keadaan gangguan luar maka secara teoritis rele di setting diatas dari arus prosentase tersebut, yaitu pada tap 5 % tetapi karena burden dari CT₁ dan CT₂ tidak seimbang maka untuk mencegah kesalahan oprasi dari rele maka rele disetting pada tap 10 % atau pada sudut 5.71°



KURVA SETTING PERCENTAGE DIFFERENTAGE RELAY TYPE KID-GRP

b. Over Current Relay

Berdasarkan waktu operasi dari over current relay atau rele arus lebih maka over current relay berfungsi sebagai rele proteksi cadangan (*back up protection*) pada belitan generator. Sedangkan percentage differensial relay berfungsi sebagai rele

proteksi utama (*main protection*) rele proteksi ini menggunakan type KIO-GP, Induction Disc, daerah penyetelah setting rele ini adalah : (2 – 2,5 – 3 – 4 – 5 – 6 – 8)

A. rele arus lebih ini disetting sebesar 5 A

- Gangguan hubung singkat tiga fasa

Karena rele ini digunakan sebagai proteksi bantu maka untuk menghitung arus hubung singkat tiga fasa cukup digunakan reaktansi sub-peralihan tidak termasuk komponen arus searahnya.

Arus hubung singkat tiga fasa tersebut adalah :

$$I_f = \frac{R_a}{X^{\circ}d} \text{ pu} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$I_f = \frac{1}{0,168}$$

$$= 5,95 \text{ pu}$$

$$I_f = I_f(\text{pu}) \times I_{\text{dasar}}$$

$$= 5,95 \times 5511$$

$$= 32,790 \text{ Ampere}$$

$$= 33 \text{ KA}$$

Karena CT yang digunakan untuk rele ini dengan perbandingan 5000/5, maka rele tersebut disetting pada harga sebagai berikut :

$$I_{\text{setting}} = I_n \times \frac{n_2}{n_1} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$= 5511 \times \frac{5}{5000}$$

$$= 5,511 \text{ Ampere}$$

Sesuai dengan daerah setting yang disediakan, maka setting ini pada 5 ampere.

Waktu yang dibutuhkan oleh rele ini untuk bekerja setelah merasakan gangguan adalah :

$$t_{\text{operasi}} = t \times \text{TDS} \dots\dots\dots (4.7)$$

Dimana :

t = Waktu sesuai dengan faktor kepekaan

TDS = Pengali setting waktu

Jadi waktu operasi rele adalah :

$$\text{MPS} = \frac{i_f}{i_{\text{set}}} \times 100 \% \dots\dots\dots (4.8)$$

Dimana :

i_f = arus sekunder CT pada saat terjadi hubung singkat

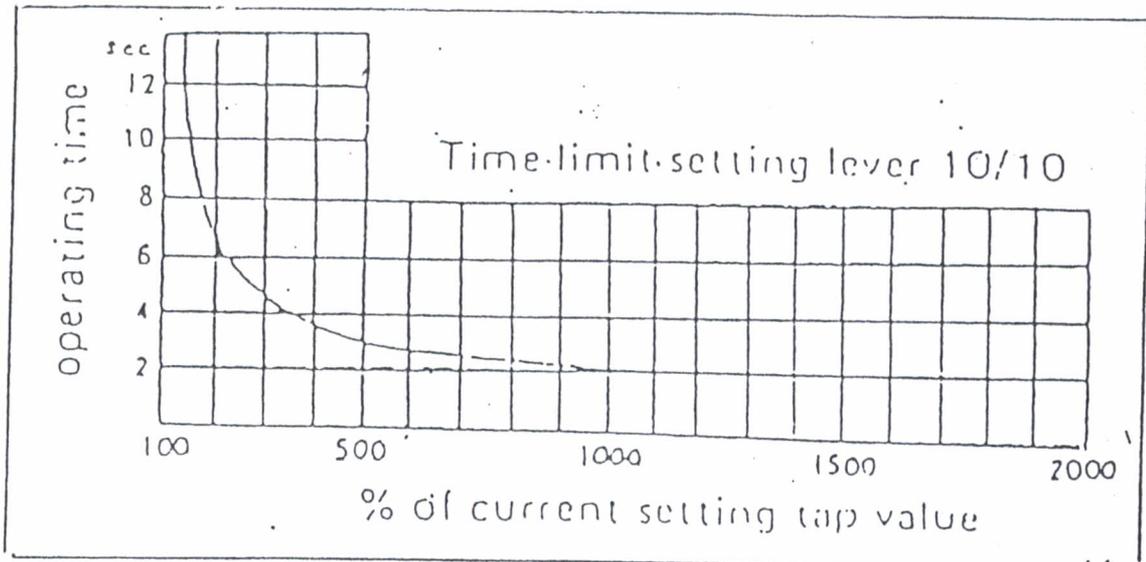
$$= 33 \text{ KA} \times \frac{5}{5000} \quad (\text{perbandingan CT})$$

$$= 33 \text{ Ampere}$$

$$\text{MPS} = \frac{33}{5} \times 100 \%$$

$$= 660 \%$$

Karakteristik operasi rele arus lebih type KIO-CP dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



GAMBAR 4.2

KARAKTERISTIK WAKTU OPERASI RELE TYPE KIO-CP

Pada karakteristik rele ini dapat dilihat untuk faktor kepekaan MPS 660 % didapat waktu rele ini pada 3 detik. Berdasarkan pada rele over current type KIO-CP maka pengali setting waktu (TDS) pada level 1 maka waktu proses sebenarnya adalah:

$$t_{\text{operasi}} = 3 \times \frac{1}{10} = 0,3 \text{ detik}$$

- Gangguan hubung singkat dua fasa

Besar arus gangguan hubung singkat dua fasa adalah sebesar 18,443 Ampere.

$$I_r = 18,443 \text{ A}$$

$$I_r = 18,443 \times \frac{5}{5000}$$

$$= 18,443 \text{ AMpere}$$

$$I_{\text{setting}} = I_n \times \frac{n_2}{n_1}$$

$$= 5511 \times \frac{5}{5000}$$

$$= 5,511 \text{ Ampere}$$

Seperti pada analisa gangguan tiga fasa, maka waktu oprasi dari over current relay type KIO-CP untuk gangguan hubung singkat dua fasa adalah :

$$\text{MPS} = \frac{i_1}{i_{\text{setting}}} \times 100 \%$$

$$= \frac{18,443}{5} \times 100 \%$$

$$= 368 \%$$

Dari karakteristik rele ini dapat dilihat untuk faktor kepekaan 368 % didapat waktu rele pada 3,75 detik. Berdasarkan pada karakteristik rele, untuk pengali setting waktu (TDS) rele ini pada level 1, waktu kerja sebenarnya adalah :

$$t_{\text{operasi}} = 3,75 \times \frac{1}{10}$$

$$= 0,375 \text{ detik}$$