

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Berikut ini adalah beberapa rujukan yang pernah dilakukan, antara lain :

1. Fitriani (2017) melakukan penelitian yang berjudul Analisis Penggunaan Rele differensial sebagai Proteksi pada Transformator Daya 16 MVA di Gardu Induk Jajar. Dari penulisan yang Ia lakukan didapat kesimpulan bahwa arus *setting* yang didapat sebesar 0.3 A dan diharapkan dapat bekerja dengan optimal.
2. Yuniarto, dkk (2017) melakukan penelitian yang berjudul *Setting Relay Differensial pada Gardu Induk Kaliwungu Guna Menghindari Kegagalan Proteksi*. Dari penulisan yang Ia lakukan didapat kesimpulan bahwa *setting relay differential* sangat diperlukan guna mencegah arus gangguan yang dapat menyebabkan kerusakan peralatan dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik yang stabil.

Adapun penelitian yang penulis lakukan berjudul “Analisis Proteksi *Differential Relay Main Transformer (87 GT)* pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Kamojang Unit 4 di PT. Pertamina Geothermal Energy”. Pada penelitian ini, penulis melakukan perbandingan perhitungan *setting differential relay* berdasarkan teori dengan *setting differential relay* pada *main transformer* di PLTP Kamojang unit 4 untuk mengetahui kehandalan sistem kelistrikan dan melakukan simulasi *differential relay* pada *main transformer* dengan *software* ETAP 12.6.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Proteksi Trafo Daya

Pengembangan suatu sistem tenaga listrik berbanding lurus dengan majunya perkembangan teknologi. Dengan teknologi yang semakin modern akan membuat semakin handalnya sistem proteksi yang digunakan pada transformator daya.

Proteksi trafo daya pada prinsip kerjanya dilakukan dengan menghindarkan trafo daya mengalami panas yang berlangsung pada kurun waktu yang cukup lama. Hal ini membuktikan bahwa trafo daya harus diisolasi untuk menghindari terjadinya gangguan. Secara teknis dan ekonomis, trafo daya kecil dapat diamankan menggunakan *relay* arus lebih, sedangkan untuk trafo daya yang berukuran besar, setiap gangguan yang terjadi harus diisolasi sesegera mungkin tanpa keterlambatan waktu. Hal ini mengingat besarnya pengaruh gangguan yang terjadi yang dapat memengaruhi stabilitas, keandalan operasi sistem tenaga listrik, dan termasuk faktor ekonomis mengingat harga trafo yang sangat mahal apabila sampai mengalami kerusakan.

Berikut adalah gambar trafo daya di Pembangkit Listrik Panas Bumi PT Pertamina Geothermal Energy Unit 4 area Kamojang



2.1 *Main Transformer* 80 MVA pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Kamojang Unit 4

2.2.2. Relay Differensial pada Saluran Transmisi

2.2.2.1. Relay Differensial

Relay differensial adalah relay proteksi utama pada trafo yang dibuat bekerja secepat mungkin saat terjadi gangguan. Relay differensial tidak dapat dijadikan sebagai relay cadangan dikarenakan pemasangannya dibatasi oleh kedua trafo arus disisi *incoming* dan *outgoing*. Proteksi relay differensial bekerja dengan metode keseimbangan arus.



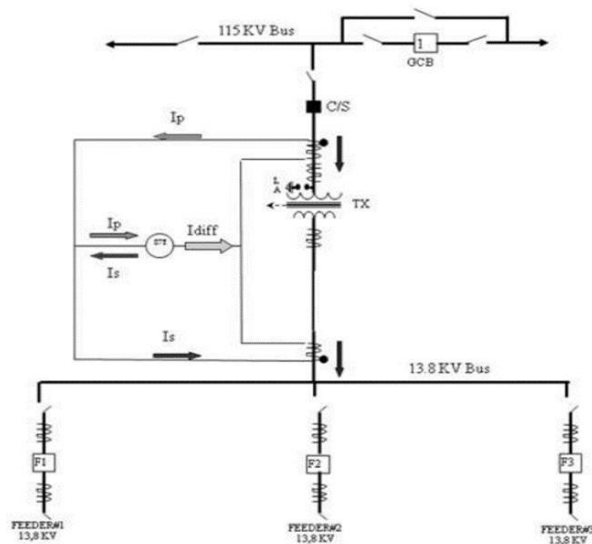
2.2 Gambar Relay Differensial PLTP Unit 4

Prinsip kerja relay differensial berdasarkan *hukum kirchoff* yaitu membandingkan arus yang masuk dengan arus yang keluar pada trafo.

Karakteristik relay proteksi yang baik yaitu :

1. Selektif, relay proteksi harus selektif terhadap gangguan yang terjadi sehingga relay akan bekerja apabila terjadi gangguan dan tidak akan bekerja dalam kondisi normal.
2. Handal, relay proteksi harus dapat bekerja apabila terjadi gangguan sehingga diperlukan pengujian secara periodik untuk mengetahui keandalannya.

3. Ekonomis, relay dapat bekerja dengan optimal meskipun dengan biaya yang ekonomis.
4. Sensitif, relay dapat merangsang gangguan yang akan terjadi sehingga arus gangguan dapat terdeteksi.
5. Sederhana, peralatan relay harus fleksibel dari segi bentuk.
6. Cepat, relay dapat bekerja dengan cepat apabila terjadi gangguan sehingga komponen yang dilindungi aman.



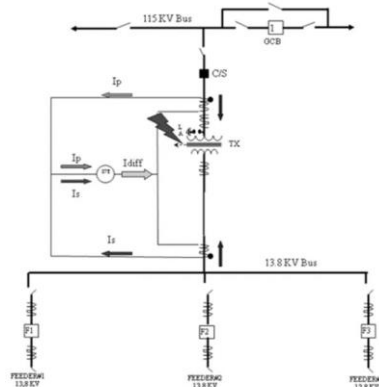
(sumber :Liem Ek Biem dan Dita Helna, 2007)

Gambar 2.3. Relay differensial dalam keadaan arus normal.

Pada gambar 2.1 diatas menunjukkan tidak ada arus yang mengalir melalui relay tersebut sehingga relay differensial tidak akan bekerja.

2.2.2.2. Gangguan di dalam Daerah yang dilindungi

Pada saat arus yang mengalir di dalam daerah yang dilindungi oleh relay differensial melebihi batas arus *setting*, maka relay differensial akan memerintahkan *circuit breaker* untuk memutuskan jaringan, sehingga transformator daya terbebas dari gangguan yang terjadi.

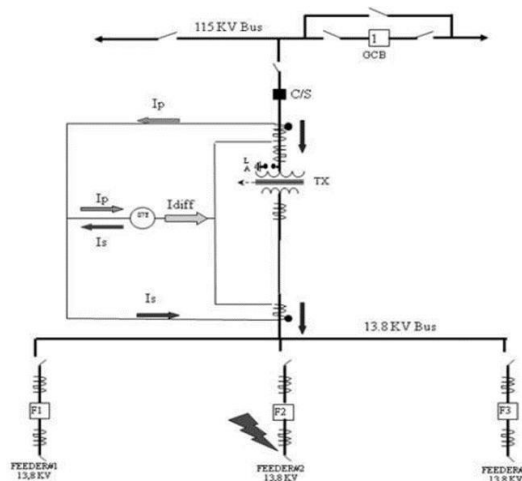


(sumber :Liem Ek Biem dan Dita Helna, 2007)

Gambar 2.4. Relay differensial saat gangguan internal

2.2.2.3. Gangguan di luar Daerah yang dilindungi

Pada gangguan diluar zona proteksi relay differensial, maka relay differensial tidak akan bekerja karena arus yang mengalir memiliki nilai arus yang sama, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2.3.3 berikut.

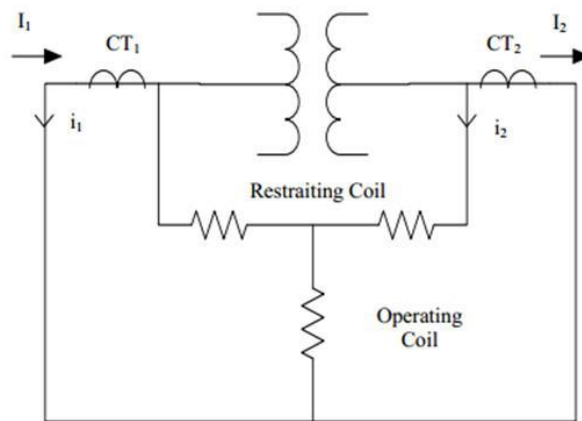


(sumber :Liem Ek Biem dan Dita Helna, 2007)

Gambar 2.5. Relay differensial saat gangguan eksternal

2.2.2.4. Karakteristik Relay Differensial

Karakteristik relay differensial dibuat dengan prinsip keseimbangan arus untuk menghindari kesalahan kerja. Kesalahan kerja yang diakibatkan oleh trafo arus (CT), yaitu terjadi pergeseran fasa yang diakibatkan oleh belitan trafo daya hubungan Y – (*star – delta*), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.

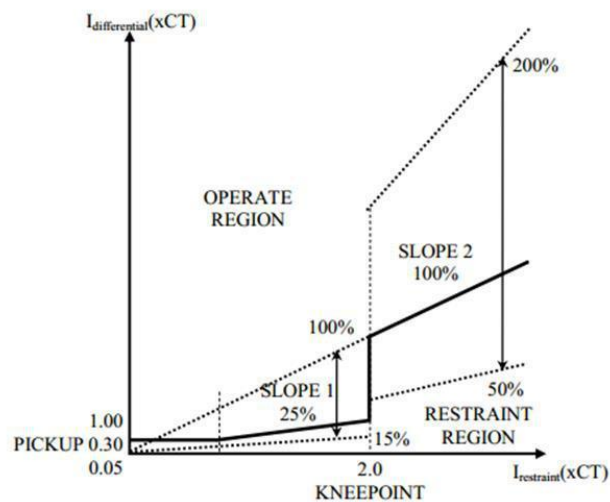


(sumber :Liem Ek Biem dan Dita Helna, 2007)

Gambar 2.6. Prinsip pengoperasian relay differensial

Trafo arus (CT) juga dapat berubah dikarenakan posisi *tap changer* pada trafo daya oleh *on load tap changer (OLTC)*. Ketidakseimbangan arus (I_{μ}) yang bersifat transient disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya, kesalahan akurasi CT (*Current Transformer*), *Inrush current* pada saat *transformator energize* dan perbedaan kesalahan CT di daerah jenuh (saturasi CT).

Pada Gambar 2.5. halaman berikut merupakan karakteristik relay differensial. Daerah dibawah yang mengakibatkan relay differensial tidak akan bekerja, sedangkan daerah diatas adalah daerah relay differensial.



(sumber :Liem Ek Biem dan Dita Helna, 2007)

Gambar 2.7. Karakteristik relay differensial

2.2.3. Teori Perhitungan Matematis *Setting Differential Relay*

2.2.3.1 Perhitungan Rasio CT

Rumus arus rating dan arus nominal:

$$I_{rating} = 110\% \times I_{nominal} \quad (2.1)$$

$$I_{nominal} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (2.2)$$

I_n = arus nominal (A)

S = daya tersalur (MVA)

V = tegangan pada sisi primer dan sekunder (Kv)

Arus nominal merupakan arus yang mengalir pada tegangan tinggi dan tegangan rendah.

2.2.3.2 *Error Mismatch*

Error mismatch merupakan kesalahan dalam pembacaan arus disisi tegangan tinggi dan tegangan rendah.

$$Error\ Mismatch = \frac{CT\ Ideal}{CT\ Terpasang} \% \quad (2.3)$$

$$\frac{CT_2}{CT_1} = \frac{V_1}{V_2} \quad (2.4)$$

CT (Ideal) = trafo arus ideal

V1 = tegangan sisi tinggi

V2 = tegangan sisi rendah

2.2.3.3 Arus Sekunder CT

Arus sekunder CT merupakan arus yang terbaca oleh trafo arus.

$$I_{\text{sekunder}} = \frac{1}{\text{rasio CT}} \times I_n \quad (2.5)$$

2.2.3.4 Arus Differensial

Arus differensial merupakan selisih arus pada sisi tegangan tinggi dan tegangan rendah.

Rumus arus differensial :

$$I_{\text{dif}} = I_2 - I_1 \quad (2.6)$$

I_{dif} = arus differensial

I_1 = arus sekunder CT1

I_2 = arus sekunder CT2

2.2.3.5 Arus Penahan (restrain)

Arus penahan (*restrain*) merupakan arus yang didapat dari arus sekunder trafo arus di sisi tegangan tinggi dan tegangan rendah.

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad (2.7)$$

I_r = Arus penahan (A)

I_1 = Arus sekunder CT1 (A)

I_2 = Arus sekunder CT2 (A)

2.2.3.6 Slope

Slope 1 akan menentukan kesensitifan arus differensial untuk bekerja mentriapkan jaringan apabila terjadi gangguan internal Sedangkan *slope 2* yang menentukan relay differensial tidak akan bekerja apabila terjadi gangguan eksternal.

$$\text{slope}_1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% \quad (2.8)$$

$$\text{slope}_2 = \left(\frac{I_d}{I_r} \times 2 \right) \times 100\% \quad (2.9)$$

slope1 : *setting* kecuraman 1

slope2 : *setting* kecuraman 2

Id : Arus *Differential* (A)

Ir : Arus *Restrain* (A)

2.2.3.7 Arus Setting

Arus *setting* didapat dengan mengalikan antara *slope* dan arus *restrain*.

Arus *setting* inilah yang nanti akan dibandingkan dengan arus *differential*.

$$I_{set} = \%slope \times I_{restrain} \quad (2.10)$$

Iset : Arus *Setting*

% slope : *Setting* Kecuraman (%)

Irestrain : Arus Penahan