

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Kajian Pustaka

Berdasarkan topik pembahasan penelitian yang berjudul Analisis Penggunaan Rele Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya 60 MVA Gardu Induk Kentungan dengan simulasi Software ETAP 12.6, terdapat beberapa referensi untuk mempertimbangkan permasalahan untuk menjadi acuan tugas akhir ini, diantaranya:

1. Turner (2009) melakukan penelitian yang berjudul *Testing Numerical Transformer Differential Relay*. Dalam penelitian tersebut didapat kesimpulan bahwa, praktik commissioning yang umum adalah menguji semua pengaturan rele numerik untuk memastikan inputan akurat. Untuk menjalankan serangkaian tes, menggunakan software pada sebuah komputer dan dilakukan secara otomatis karena keseluruhan praktik commissioning dapat terdiri dari beberapa ratus pengujian numerical relay. Meskipun test pada sebuah transformator ini adalah pemeriksaan yang bagus, masih penting untuk memastikan bahwa transformator benar-benar terlindungi dari segala jenis gangguan baik internal maupun eksternal.
2. Gady (2017) melakukan penelitian berjudul “Analisis Proteksi Differential Rele Main Transformer (87 Gt) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Unit 4 (Empat) PT. Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang”. Penulis mengatakan bahwa permasalahan yang terjadi pada main transformer Pembangkit Listrik Panas Bumi Unit 4 area Kamojang adalah perbedaan *slope<sub>1</sub>* data *setting* aktual dengan perhitungan matematis yaitu data *setting* aktual 40% dan data perhitungan matematis senilai 8.5%. Perlu diketahui bahwa batas minimum *slope<sub>1</sub>* adalah 5%, hal tersebut agar relay differensial tidak terlalu sensitif terhadap arus gangguan yang terjadi. Pada trafo daya sisi tegangan rendah, arus *setting* yang diizinkan mengalir adalah 0,3 A sesuai perhitungan matematis dan aktual di PGE, ketika melebihi dari nilai arus *setting* maka *relay*

*differential* akan mendeteksi adanya gangguan dan memerintahkan PMT untuk memutuskan (*trip*) jaringan.

3. Badruzzaman dan Himawati (2014) melakukan penelitian mengenai Keandalan Rele Differential sebagai Pengaman Utama Transformator terhadap Gangguan Arus Hubung Singkat di GIS Randugarut. Pada penelitian ini didapat kesimpulan bahwa differential relay bekerja sesuai dengan setting -nya yaitu sebesar 0.3 A dan setting waktu instant. Keandalan differential relay sebagai pengaman utama transformator dapat ditambah dengan mengaktifkan pengaturan high set sebesar 8 kali  $I_{dif}$  yang mengerjakan rele pada arus gangguan yang besar.
4. Badaruddin dan Kurniawan (2012) melakukan penelitian yang berjudul Setting Rele Diferensial pada Transformator Daya 150/20 kV di Gardu Induk Menes. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi mengenai jenis gangguan yang terdapat dalam sistem tiga fasa, gangguan hubung singkat, ganggan di luar dan di dalam daerah yang dilindungi, dan setting rele diferensial. Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian terhadap perhitungan penyetelan rele diferensial, maka dapat di ambil kesimpulan dari penelitian tersebut bahwa dalam perhitungan untuk penyetelan rele diferensial pada tranformator daya perlu diperharikan beberapa faktor, diantaranya faktor pemilihan perbandingan rasio transformator arus (CT) dan perhitungan besar arus sekunder transformator arus utama.
5. Yuniarto, dkk (2015) melakukan penelitian berjudul “Setting Rele Diferensial Pada Gardu Induk Kaliwungu Guna Menghindari Kegagalan Proteksi”. Penulis mengatakan bahwa perhitungan setting Rele differential sangat diperlukan guna mencegah arus gangguan yang dapat menyebabkan kerusakan peralatan dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik yang stabil.
6. Febriyanty, dkk (2016) melakukan penelitian tentang Analisa Kerja Proteksi Gardu Induk Garuda Sakti menggunakan Software Berbasis Visual Basic 6.0. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh bahwa pada satu tahun transformator di gardu induk mengalami gangguan 20 kali gangguan diantaranya 4 kali gangguan pada saluran transmisi, 150 kv, 16 kali gangguan pada transformator. Dari gangguan tersebut sistem proteksi di gardu induk menggunakan 5 macam jenis

rele yaitu: rele UVLS, rele OVR/UVR, rele DF/DT, rele PMT 150 kV, rele REF/SBEF dari kelima rele tersebut memiliki nilai keandalan yang cukup baik yaitu dengan nilai 100%.

7. Fitriani (2017) melakukan penelitian tentang Analisis Penggunaan Rele Diferensial sebagai Proteksi pada Transformator Daya 16 MVA di Gardu Induk Jajar. Dari hasil penulisan tersebut didapat kesimpulan bahwa, arus setting (*Iset*) yang diperoleh sebesar 0.3 A dan diharapkan dapat bekerja dengan optimal sebagai proteksi utama pada transformator daya 16 MVA di Gardu Induk Jajar.
8. Khoirul Aziz (2018) melakukan penelitian dengan judul Simulasi Dan Analisis Sistem Proteksi Differential Relay Main Transformer (87 Gt) Pada Pltp Unit 5 (Lima) Pt Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang Dengan Software Etap 12.6. Keandalan rele diferensial dapat diketahui dengan membandingkan nilai arus setting rele diferensial yang didapat dengan perhitungan sesuai standar IEEE (0,26 A) dengan data setting aktual (0,33 A). Dari hasil simulasi tersebut menunjukkan bahwa saat terjadi gangguan internal rele diferensial akan *trip*, sedangkan pada gangguan eksternal rele tidak *trip*.

Adapun penelitian yang akan dilakukan penulis dengan judul “Analisis Penggunaan Rele Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Gardu Induk Kentungan”. Pada penelitian ini penulis akan mengidentifikasi rele diferensial transformator dengan menghitung perbandingan setting rele diferensial berdasarkan teori dengan setting rele diferensial pada transformator Gardu Induk Kentungan untuk mengetahui kehandalan pada sistem proteksi dan sistem kelistrikan.

## **2.2. Landasan Teori**

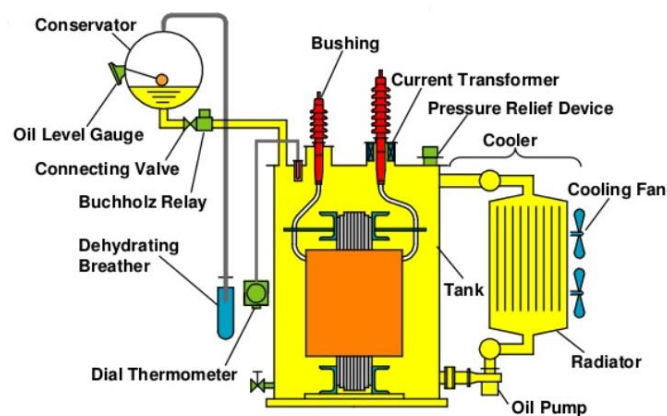
### **2.2.1. Transformator Daya Gardu Induk**

Transformator yang digunakan pada Gardu Induk Kentungan merupakan transformator yang memiliki kapasitas maksimal 60 MVA, yang dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** Transformator Daya 60 MVA GI Kentungan

Gambar 2.1. merupakan gambar dari transformator daya 60 MVA yang digunakan di Gardu Induk Kentungan. Gardu induk adalah instalasi sistem tenaga listrik yang memiliki fungsi mentransformasikan tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ketegangan lainnya atau ke tegangan menengah. Pada umumnya gardu induk memiliki beberapa komponen seperti transformator daya, *neutral grounding resistance* (NGR), *circuit breaker* (CB), *Lightning Arrester* (LA), rel (busbar) dan lain-lain, dimana diagram skematis struktur kelengkapan transformator daya dapat dilihat pada gambar 2.2, sedangkan untuk penempatan rele diferensial itu sendiri dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



**Gambar 2.2.** Diagram Skematis Struktur Kelengkapan Transformator Daya



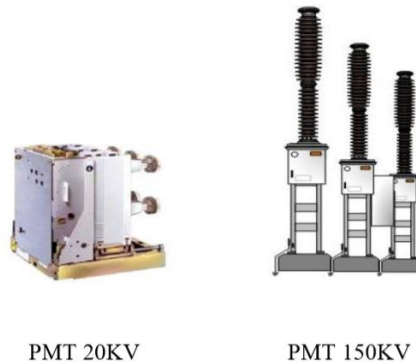
### **2.2.2. Current Transformer**

*Current transformer* (CT) atau Trafo Arus adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berupa trafo yang digunakan untuk pengukuran arus yang besarnya hingga ratusan ampere dan arus yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi. Di samping untuk pengukuran arus, trafo arus juga digunakan untuk pengukuran daya dan energi, pengukuran jarak jauh, dan rele proteksi. Kumputan primer trafo dihubungkan seri dengan rangkaian atau jaringan yang akan diukur arusnya sedangkan kumputan sekunder dihubungkan dengan meter atau dengan rele proteksi. CT atau Trafo Arus merupakan perantara pengukuran arus, dimana keterbatasan kemampuan baca alat ukur. Misal pada sistem saluran tegangan tinggi, arus yang mengalir adalah 2000A sedangkan alat ukur yang ada hanya sebatas 5A. Maka dibutuhkan sebuah CT yang mengubah representasi nilai aktual 2000A di lapangan menjadi 5A, sehingga dapat terbaca oleh alat ukur.

CT digunakan sebagai media pembacaan selain itu digunakan dalam sistem proteksi sistem tenaga listrik. Sistem proteksi dalam sistem tenaga listrik sangatlah kompleks sehingga CT itu sendiri dibuat dengan spesifikasi dan kelas yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan sistem yang ada.

### **2.2.3. Circuit Breaker**

Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* adalah suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem tenaga listrik, yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi, termasuk arus hubung singkat, sesuai dengan ratingnya termasuk pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal. Pemutus Tenaga (PMT) merupakan suatu alat listrik yang berfungsi untuk melindungi sistem tenaga listrik apabila terjadi kesalahan atau gangguan pada sistem tersebut, terjadinya kesalahan pada sistem akan menimbulkan berbagai efek seperti efek termis, efek magnetis dan dinamis stability. PMT (*Circuit Breaker*) yang digunakan di setiap tegangan (20 Kv dan 150 Kv) berbeda, yang dapat dilihat pada gambar 2.4.



PMT 20KV

PMT 150KV

**Gambar 2.4.** Pemutus Tenaga

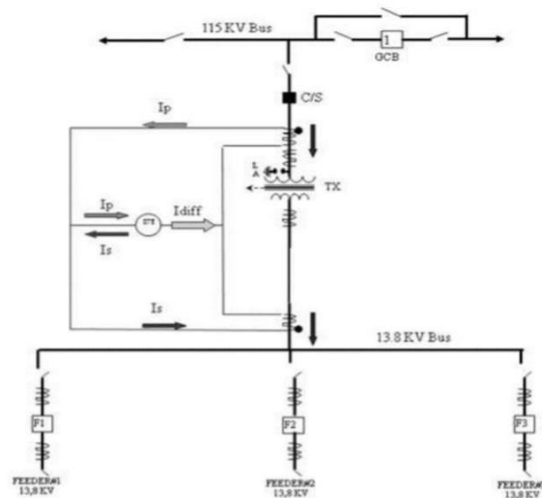
Gambar 2.4. yaitu gambar pemutus tenaga pada setiap tegangan. Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatann lain. Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu P dalam sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut:

1. Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara terus menerus.
2. Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus tenaga itu sendiri.
3. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan sangat cepat agar arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan sistem, tidak membuat sistem kehilangan kestabilan, dan tidak merusak pemutus tenaga itu sendiri.

## **2.2.4. Rele diferensial pada Transformator Daya**

### **2.2.2.1. Karakteristik Rele Diferensial**

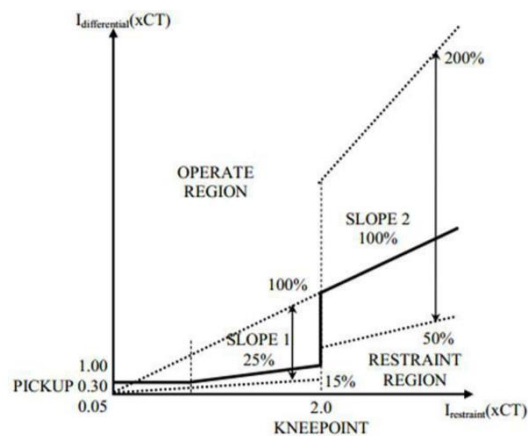
Karakteristik rele diferensial dapat ditentukan dengan melakukan simulasi rele diferensial dalam keadaan arus normal, yang dapat dilihat pada gambar 2.5.



(sumber: liem ek bien dan dita helna, 2007)

**Gambar 2.5.** Rele diferensial dalam keadaan arus normal

Gambar 2.5. merupakan gambar kondisi rele diferensial tidak dilewati oleh arus sehingga rele diferensial dalam keadaan normal atau tidak bekerja. Rele diferensial merupakan rele proteksi atau pengaman utama yang bekerja dengan secepat mungkin untuk menghindari trafo dari suatu gangguan yang terjadi. Sebagai rele utama, rele diferensial tidak dapat bekerja sebagai rele cadangan. Hal tersebut dikarenakan ruang lingkup kerja rele ini dibatasi oleh 2 buah trafo arus di sisi *incoming* dan *outgoing*.



(sumber: liem ek bien dan dita helna, 2007)



### **Gambar 2.6.** Karakteristik rele diferensial

Gambar 2.6. menunjukkan karakteristik dari rele diferensial yang menggambarkan bahwa rele ini memenuhi syarat untuk menjadi rele proteksi yang baik. Karakteristik tersebut yaitu:

#### 1. Sensitifitas/Kepekaan

Sensitifitas atau kepekaan suatu rele proteksi bergantung pada *minimum values* atau rangsangan minimum yang dideteksi oleh rele tersebut pada saat gangguan terjadi. Sehingga pada saat terjadi gangguan dengan rangsangan yang minimum, rele dapat langsung mentrip pemutus tenaga (PMT) untuk segera memisahkan bagian yang terganggu dengan bagian yang sehat, sehingga tidak terjadi kerusakan yang lebih parah lagi.

#### 2. Kecepatan

Kecepatan merupakan hal yang sangat vital dan harus dimiliki oleh suatu sistem proteksi. Hal ini dikarenakan syarat tersebut memiliki berbagai fungsi diantaranya menjaga kualitas dan kuantitas keamanan, serta *balancing* atau keseimbangan pada operasi. Tetapi sistem proteksi itu sendiri juga harus memiliki tingkat kecepatan yang telah ditentukan. Rele diferensial bekerja dengan kecepatan yang memadai karena rele ini tidak berkoordinasi dengan rele lainnya, sehingga kerjanya menjadi lebih cepat pada zona proteksinya.

#### 3. Selektifitas

Suatu sistem proteksi harus bisa menjadi media atau alat yang memisahkan bagian-bagian yang mengalami gangguan dengan bagian yang normal. Dan juga rele proteksi akan bekerja pada saat terjadi gangguan saja, sedangkan ketika dalam keadaan normal, maka rele tidak akan bekerja. Begitu juga rele diferensial yang hanya bekerja pada saat terjadi gangguan internal, ketika terjadi gangguan eksternal maka rele diferensial ini tidak akan bekerja.

#### 4. Keandalan

Sistem proteksi disebut andal jika pada saat terjadi gangguan akan berkerja sebagaimana diharapkan. Apabila sistem proteksi tidak berfungsi sebagaimana mestinya, maka sistem proteksi dapat dikatakan tidak andal, misalnya dalam keadaan normal rele proteksi justru mentrip PMT, atau ketika terjadi gangguan rele proteksi tidak segera mentrip PMT, sehingga sistem proteksi tersebut dapat dikatakan tidak andal. Keandalan rele proteksi dikatakan baik apabila mempunyai range 90-99%. Keandalan sendiri dibagi menjadi 2, yaitu:

- a. Dependability: rele harus dapat diandalkan setiap dibutuhkan
- b. Security: rele tidak boleh bekerja ketika tidak dibutuhkan

#### 5. Ekonomis

Dalam keberlangsungan kerja sistem proteksi, rele yang dibutuhkan harus bisa memenuhi nilai ekonomis dengan tidak mengesampingkan syarat keandalan yang ada.

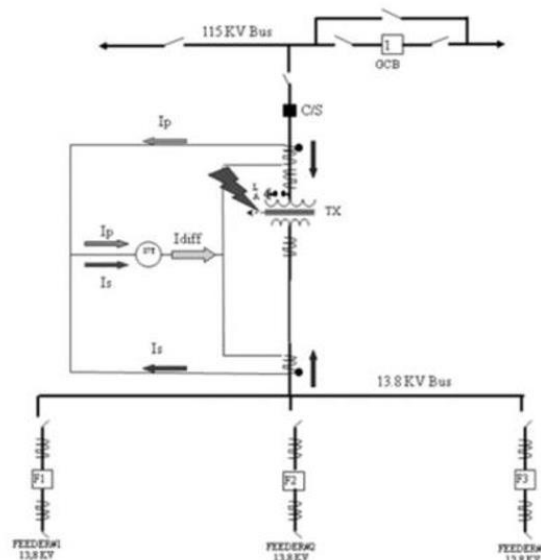
#### 6. Sederhana

Rele proteksi yang dibutuhkan harus fleksible dari segala bentuk, sehingga tidak sulit untuk dioperasikan dan memudahkan dalam pengoperasian sistem proteksi.

Rele diferensial menggunakan prinsip Hukum Kirchoff, dimana arus masuk (I1) di suatu titik adalah sama dengan arus keluar dari titik tersebut (I2). Cara kerja rele diferensial yaitu mengukur serta membandingkan besaran-besaran yang masuk, misal arus masuk dan arus keluar, sudut fasa, tegangan, daya, frekuensi, serta impedansi (Arun, 2001). Arus mengalir melalui rele dari CTp ke CTs, apabila terjadi perbedaan di dalam, arah arus akan berubah menjadi terbalik sehingga keadaan tersebut akan dideteksi oleh rele sebagai gangguan dan selanjutnya akan memerintah PMT untuk membuka (*trip*) (Nikhil & Trivedi, 2014).

### 2.2.2.2. Gangguan Internal

Berikut ini adalah simulasi rele diferensial pada saat terjadi gangguan internal yang dapat dilihat pada gambar 2.7.



(sumber: liem ek bien dan dita helna, 2007)

**Gambar 2.7.** Rele diferensial pada saat gangguan internal

Gambar 2.7. menunjukkan bahwa terjadi gangguan di dalam daerah pengaman, dengan adanya hal tersebut maka rele diferensial akan bekerja. Gangguan internal adalah gangguan yang muncul dan terjadi di dalam zona proteksi atau daerah pengaman baik di dalam transformatornya itu sendiri ataupun di luar transformator. Ada berbagai macam penyebab terjadinya gangguan internal, beberapa diantaranya yaitu gangguan pada *tap charger*, kebocoran minyak, ketidaktahanan terhadap arus gangguan, gangguan pada sistem pendingin, gangguan pada *bushing*, serta kegagalan isolasi. Gangguan internal dibagi lagi menjadi 2 kelompok:

#### A. Incipient Fault

*Incipient fault* merupakan gangguan internal yang terjadi melalui proses yang lambat, tetapi jika tidak dibatasi dan tidak terdeteksi maka dapat menjadi gangguan yang besar dan serius dan dapat menyebabkan kerusakan yang lebih parah.

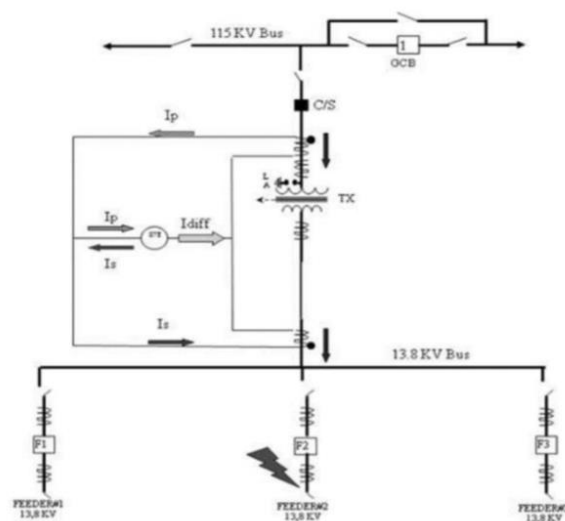
*Incipient fault* dibagi lagi mejadi tiga, yaitu *overheating*, *overfluxsing*, dan *overpressure*. *Overheating* biasanya disebabkan karena adanya kebocoran minyak, sambungan yang tidak sempurna, adanya sumbatan pada sistem pendingin, serta gagalnya *fan* bekerja dalam sistem pendingin. *Overfluxsing* akan muncul ketika ada *overvoltage* atau *undervoltage* yang menambah rugi-rugi besi sehingga terjadi pemanasan sehingga merusak isolasi lempengan. Sedangkan *overpressure* terjadi karena adanya pelepasan gas akibat *overheating* dan proses kimia, serta adanya hubung singkat pada belitan-belitan sefasa.

### B. Active Fault

*Active fault* merupakan gangguan internal yang terjadi melalui proses yang cepat. Penyebabnya bisa karena kegagalan isolasi atau gagalnya komponen-komponen lain untuk bekerja, sehingga kerusakan yang ditimbulkan bisa sangat parah. Hubung singkat, *core fault*, *tank faults*, dan *bushing flashover* juga bisa menjadi penyebab *active fault*.

#### 2.2.2.3. Gangguan Eksternal

Berikut ini adalah simulasi rele diferensial pada saat terjadi gangguan eksternal yang dapat dilihat pada gambar 2.8.



**Gambar 2.8.** Rele difrensial pada saat gangguan ekternal

Gambar 2.8. menunjukkan terjadinya gangguan di luar daerah pengamanan. Gangguan eksternal terjadi di luar zona proteksi. Biasanya gangguan eksternal terjadi pada jaringan yang akan berdampak dan dirasakan oleh ketahanan tersier tranformator. Beberapa yang menyebabkan terjadinya gangguan eksternal adalah adanya pembenanan lebih, *overvoltage* yang diakibatkan karena usia trafo, *overfrequency* atau *underfrequency (UF)* yang terjadi karena gangguan dari sistem, adanya *external system short circuit*, dan adanya hubung singkat yang terjadi pada jaringan sekunder dan tersier sehingga menyebabkan berkurangnya usia operasi tranformator (SCF).

### 2.3. Rumus Perhitungan Matematis Setting Rele Diferensial

#### 2.3.1. Perhitungan Rasio CT

Proteksi sistem rele diferensial akan ditentukan dengan perhitungan nilai rasio CT, sebelum itu akan menghitung nilai rating terlebih dahulu. Rumus arus nominal:

$$I_{\text{nominal}} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \dots \dots \dots (2.1.)$$

Rumus arus *rating*:

$$I_{\text{rating}} = 110\% \times I_{\text{nominal}} \dots \dots \dots (2.2.)$$

Dengan:

$I_n$  = arus nominal

S = daya tersalur (MVA)

V = tegangan pada sisi primer dan sekunder (kV)

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

### 2.3.2. Error Mismatch

*Error mismatch* merupakan kesalahan-kesalahan dalam pembacaan arus dan tegangan pada sisi primer dan sisi sekunder transformator. Perhitungan ini membandingkan nilai rasio CT ideal dengan CT yang ada di pasaran.

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

Dengan persamaan:

$$\frac{CT_s}{CT_p} = \frac{V_p}{V_s} \dots\dots\dots (2.4.)$$

Dengan:

$CT_p$  : Trafo arus di sisi primer (A)

$CT_s$  : Trafo arus di sisi sekunder (A)

$V_p$  : Tegangan di sisi primer (kV)

$V_s$  : Tegangan di sisi sekunder(kV)

### 2.3.3. Arus Sekunder CT

Arus Sekunder CT adalah arus yang terbaca oleh CT, mempunyai persamaan yaitu:

$$I_{Sekunder} = \frac{1}{rasio\ CT} \times I_n \dots\dots\dots (2.5.)$$

### 2.3.4. Arus Diferensial

Perhitungan arus diferensial yaitu selisih arus sekunder CT antara sisi tegangan tinggi dengan sisi tegangan rendah, dengan rumus yaitu:

$$I_{diferensial} = I_2 - I_1 \dots\dots\dots (2.6.)$$

Dimana:

$I_{dif}$  : Arus diferensial

$I_2$  : Arus sekunder CT2

$I_1$  : Arus sekunder CT1

### 2.3.5. Arus *Restrain*

Perhitungan arus *restrain* (penahan) yaitu setengah dari jumlah arus sekunder CT pada sisi tegangan tinggi (150 kV) dan sisi tegangan rendah (20 kV), dengan rumus yaitu:

$$I_{restrain} = \frac{I_1 + I_2}{2} \dots\dots\dots(2.7.)$$

Dimana:

$I_{rest}$  : Arus penahan (A)

$I_1$  : Arus sekunder CT1 (A)

$I_2$  : Arus sekunder CT2 (A)

### 2.3.6. *Percent Slope*

Pembagian arus diferensial dan arus *restrain* maka akan menghasilkan nilai *percent slope*. Slope berfungsi menentukan arus diferensial dan arus *restrain* agar dapat beroperasi ketika dalam kondisi normal dan dalam kondisi terjadi gangguan internal, sedangkan pada slope 2 menandakan tidak beroprasinya rele ketika ada gangguan eksternal, dengan rumus:

$$slope_1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8.)$$

$$slope_2 = \left( \frac{I_d}{I_r} \times 2 \right) \times 100\% \dots\dots\dots(2.9.)$$

Dimana:

Slope<sub>1</sub> : *Setting* kecuraman 1

Slope<sub>2</sub> : *Setting* kecuraman 2

I<sub>d</sub> : Arus diferensial (A)

I<sub>r</sub> : Arus restrain (A)

### 2.3.7. Perhitungan Arus *Setting*

Arus setting merupakan perkalian antara slope dengan arus restrain, dengan persamaan:

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

Dimana:

I<sub>setting</sub> : Arus *setting* (A)

% slope: *Setting* kecuraman (%)

I<sub>restrain</sub> : Arus penahan (A)

### 2.3.8. Gangguan Pada Transformator Daya

Berdasarkan dengan arus gangguan yang ada maka rumus persamaan gangguan pada transformator daya:

$$I_{frelay} = I_f \times CT_2 \dots \dots \dots (2.11.)$$

$$I_2^{fault} = \frac{I_{frelay}}{I_2} \dots \dots \dots (2.12.)$$

$$I_d = I_2 - I_1$$

Dimana:

I<sub>f relay</sub> : Arus gangguan yang dibaca relay

I<sub>f</sub> : Arus yang masuk pada rele



$CT_2$  : Rasio  $CT_2$

$I_2$  : Arus sekunder  $CT_2$  sebelum terjadi gangguan

$I_d$  : Arus diferensial

$I_1$  : Arus sekunder  $CT_1$

$I_2$  fault : Arus sekunder  $CT_2$  saat terjadi gangguan

#### **2.4. ETAP 12.6.**

ETAP (Electric Transient and 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 didalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. Pada penelitian ini, SVC (Static Var Compensator) akan dimodelkan sebagai injeksi daya reaktif pada sistem tenaga listrik dilakukan analisa pengaruh penempatan SVC (Static Var Compensator) dengan menggunakan analisa aliran daya dalam merancang suatu sistem tenaga listrik perlu dilakukan simulasi terhadap sistem yang akan dibuat, hal ini dapat membantu penulis mempermudah menganalisa sistem tersebut handal atau tidak.

Perangkat lunak yang bisa digunakan untuk simulasi sistem tenaga listrik salah satunya adalah ETAP 12.6. Perangkat lunak tersebut dikembangkan oleh perusahaan operation technology inc, dan mengalami perubahan versi dari tahun ke tahun.

Analisa tegangan yang dapat dilakukan ETAP:

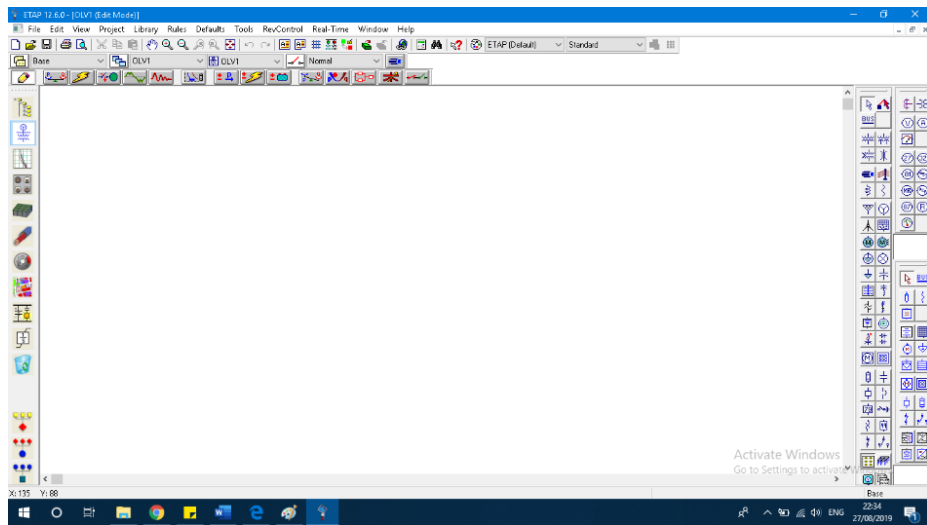
1. Analisa aliran daya
2. Analisa hubung singkat

### 3. Arc flash analisis

### 4. Analisa kestabilan transient

Dalam menganalisa tenaga listrik, suatu diagram saluran tunggal (single line diagram) merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun dalam analisa rangkaian. Elemen elektrik seperti misalnya pemutus rangkaian, transformator, kapasitor, bus bar maupun konduktor lain dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah distandardisasi untuk diagram saluran tunggal.

Elemen pada diagram tidak mewakili ukuran fisik atau lokasi dari peralatan listrik, tetapi merupakan konvensi umum untuk mengatur diagram dengan urutan kiri-kekanan yang sama, atas-ke-bawah, sebagai saklar atau peralatan lainnya diwakili. Dalam menganalisa tenaga listrik, suatu diagram saluran tunggal (single line diagram) merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun dalam analisa rangkaian. Elemen elektrik seperti misalnya pemutus rangkaian, transformator, kapasitor, bus bar maupun konduktor lain dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah distandardisasi untuk diagram saluran tunggal. Elemen pada diagram tidak mewakili ukuran fisik atau lokasi dari peralatan listrik, tetapi merupakan konvensi umum untuk mengatur diagram dengan urutan kiri-ke-kanan yang sama, atas-ke-bawah, sebagai saklar atau peralatan lainnya diwakili. Tampilan dari ETAP 12.6. ditampilkan pada gambar 2.9 dibawah ini.



**Gambar 2. 9.** Tampilan ETAP 12.6.

Gambar dari 2.9. merupakan tampilan keseluruhan yang terdapat pada software ETAP 12.6.