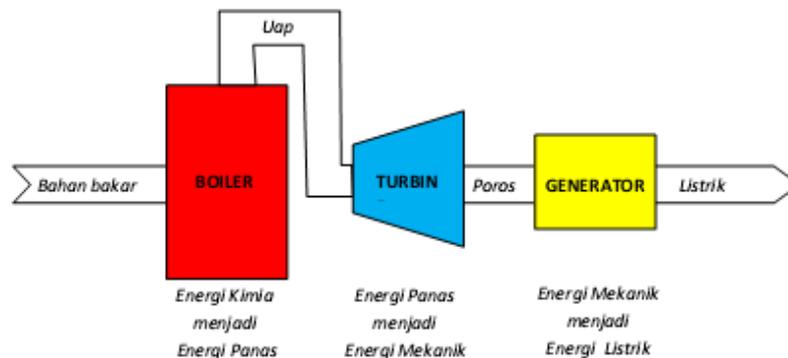

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian PLTU¹

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah Generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas/kering. PLTU merupakan mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik. Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahapan, yaitu :

1. Energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap bertekanan dan temperatur tinggi.
2. Energi panas (uap) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran.
3. Energi mekanik diubah menjadi energi listrik.



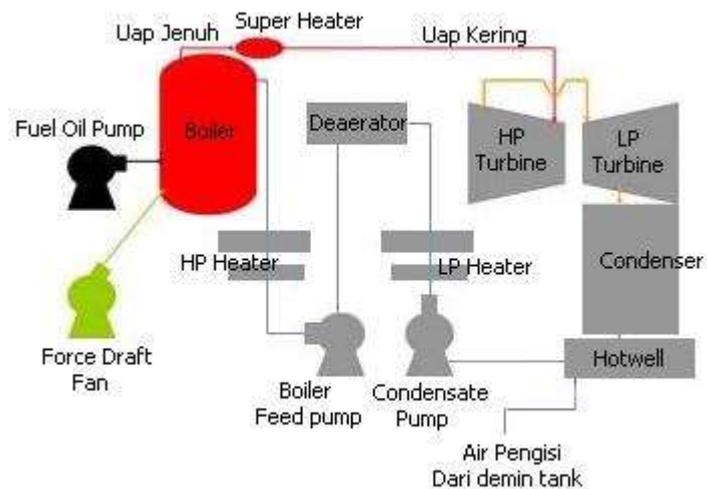
Gambar 2.1 Proses Konversi Energi pada PLTU

2.2 Prinsip kerja PLTU

PLTU menggunakan fluida kerja air uap yang bersirkulasi secara tertutup. Siklu tertutup artinya menggunakan fluida yang sama secara berulang-ulang. Urutan sirkulasinya secara singkat adalah sebagai berikut :

² Djiteng marsudi penerbit erlangga “pembangkitan energi listrik” jakarta tahun 2011

1. Air diisi ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Didalam boiler air ini dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap,
2. Uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran.
3. Generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan, sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal output generator
4. Uap bekas keluar turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air yang disebut air kondensat. Air kondensat hasil kondensasi uap kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi boiler. Demikian siklus ini berlangsung terus menerus dan berulang-ulang.



Gambar 2.2 Siklus fluida kerja sederhana pada PLTU



2.3 Komponen Utama PLTU²

PLTU merupakan mesin pembangkit termal yang terdiri dari komponen utama dan komponen bantu (sistem penunjang) serta sistem-sistem lainnya. Komponen utama terdiri dari empat komponen, yaitu:

- Boiler (ketel uap)
- Turbin Uap
- Kondensor
- Generator

2.3.1 Boiler (ketel uap)

Boiler atau ketel uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar.

Uap yang dihasilkan boiler adalah uap *superheat* dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan. Boiler yang konstruksinya terdiri dari pipa-pipa berisi air disebut dengan *water tube boiler*.

2.3.2 Turbin uap

Turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin langsung atau dengan bantuan elemen lain, dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Tergantung dari jenis mekanisme yang digerakkan turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, seperti untuk pembangkit listrik.

2.3.3 Kondensor

Kondensor adalah suatu alat yang terdiri dari jaringan pipa dan digunakan untuk mengubah uap menjadi zat cair (air). dapat juga diartikan sebagai alat penukar kalor (panas) yang berfungsi untuk mengkondensasikan fluida. Dalam

² Djiteng marsudi penerbit erlangga “pembangkitan energi listrik” jakarta tahun 2011



penggunaanya kondensor diletakkan diluar ruangan yang sedang didinginkan supaya panas yang keluar saat pengoprasiannya dapat dibuang keluar sehingga tidak mengganggu proses pendinginan.

2.3.4 Generator

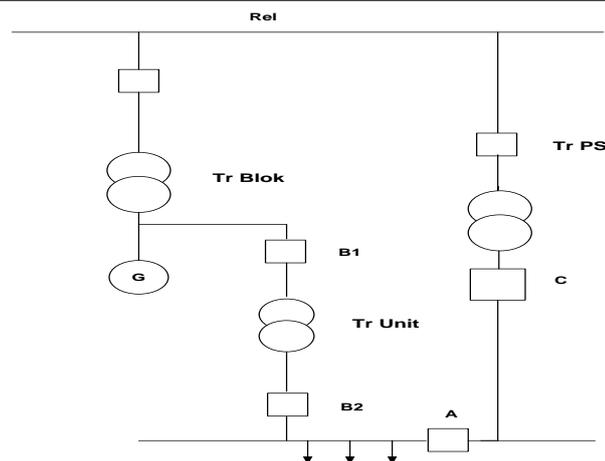
Generator adalah sumber tegangan listrik yang diperoleh melalui perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga timbul ggl induksi. Generator mempunyai dua komponen utama, yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang bergerak (rotor). Rotor berhubungan dengan poros generator yang berputar di pusat stator. Poros generator biasanya diputar menggunakan usaha luar yang dapat berasal dari turbin, baik turbin air atau turbin uap dan selanjutnya berproses menghasilkan arus listrik.

2.4 Trafo Pemakaian Sendiri⁴

Pada pusat pembangkit listrik memerlukan tenaga listrik untuk pemakaian di dalam pusat pembangkit listrik. Tenaga listrik untuk pemakaian di dalam pusat pembangkit listrik digunakan untuk :

1. Lampu penerangan
2. Penyejuk udara
3. Menjalankan alat-alat bantu unit pembangkit, seperti: pompa air pendingin, pompa minyak pelumas, pompa transfer bahan bakar minyak, mesin perangkat, dan lain-lain.
4. Pengisian batre aku yang merupakan sumber arus searah bagi pusat pembangkit listrik.

² Djiteng marsudi penerbit erlangga “pembangkitan energi listrik” jakarta tahun 2011



Gambar 2.3 Trafo Pemakaian Sendiri

Instalasi sendiri pada pusat listrik dengan kapasitas di atas 15MW keterangan:

G : Generator

Tr ps : Trafo pemakaian sendiri

Tr Blok : transformator blok

Tr Unit : Transformator unit

Pada unit pembangkit besar, setiap unit pembangkit memiliki transformator pemakaian sendiri (Tr PS) yang dipasok langsung oleh generator (G). Tetapi pada saat start, generator (G) belum berputar sehingga belum menghasilkan tegangan. Sedangkan padahal pada saat itu sudah diperlukan daya untuk menjalankan alat-alat bantu, maka daya terlebih dahulu di ambil dari transformator pemakaian sendiri bersama. Setelah generator (G) berputar dan menghasilkan tegangan, PMT B ditutup. Kemudian disusul dengan pembukaan PMT A sehingga pasokan daya alat-alat bantu berpindah ke generator (G).

Pada saat PMT B ditutup dan sebelum PMT A dibuka, terjadi penutupan rangkaian ring. Perlu di perhatikan bahwa transformator-transformator yang ada di dalam ring tidak menimbulkan pergeseran fasa tegangan sehingga tidak terjadi gangguan.

Besarnya energi yang di perlukan untuk pemakaian sendiri berkisar antara 1-10% dari produksi energi yang di hasilkan oleh pusat listrik. Hal ini sangat tergantung kepada jenis pusat listriknya, dimana yang paling kecil umumnya



PLTA dan paling besar umumnya PLTU yang menggunakan bahan bakar batubara. Apabila terjadi gangguan besar dan semua unit pembangkit trip, maka tidak tersedia tegangan untuk menjalankan alat-alat bantu dalam rangka start kembali. Dalam keadaan demikian diperlukan pengiriman tegangan diluar pusat listrik, dimana seharusnya ada unit pembangkit yang dapat star sendiri (black start) tanpa ada tegangan dari luar.

Umumnya yang bisa melakukan black start kebanyakan adalah unit pembangkit listrik tenaga air (PLTA) atau unit pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD).

2.5 Sistem Proteksi⁵

Sistem proteksi adalah susunan perangkat proteksi secara lengkap yang terdiri dari perangkat utama dan perangkat-perangkat lain yang dibutuhkan untuk melakukan fungsi tertentu berdasarkan prinsip-prinsip proteksi sesuai dengan definisi yang terdapat pada standar IEC 6255-20.

Perangkat proteksi adalah kumpulan atau koleksi perangkat proteksi seperti sekring, relay, dan lain-lainnya di luar perangkat trafo arus, perangkat pemutus tenaga yang biasa disingkat PMT, kontaktor, dan lain sebagainya.

Skema proteksi adalah kumpulan dari perangkat proteksi yang berfungsi untuk melakukan proteksi dimana semua perangkat yang termasuk dalam sistem proteksi terlibat di dalamnya seperti relay, trafo arus, trafo tegangan, PMT, baterai, dan lain sebagainya.

Kegunaan sistem proteksi tenaga listrik, antara lain untuk :

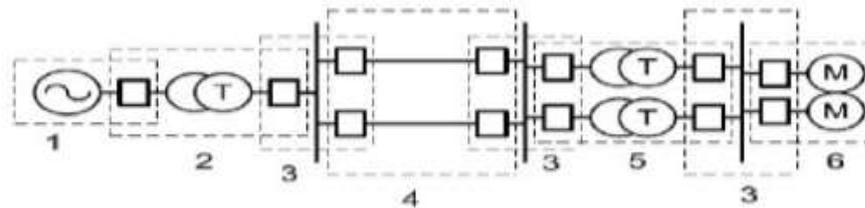
- a. Mencegah kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
- b. Mengurangi kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.

¹ Bonar Pandjaitan penerbit Andi "Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik" Yogyakarta tahun 2012

- c. Mempersempit daerah yang terganggu sehingga gangguan tidak melebar pada sistem yang lebih luas.
- d. Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu tinggi kepada konsumen.
- e. Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik.

2.5.1 Daerah sistem proteksi

Di dalam sistem proteksi tenaga listrik, seluruh komponen harus diamankan dengan tetap menekankan selektivitas kerja peralatan/relay pengaman. Untuk mencapai hal ini, sistem tenaga listrik dibagi menjadi daerah-daerah (zona) pengaman seperti terlihat pada gambar 2.1 berikut ini



Gambar 2.4 Daerah pengaman pada sistem tenaga listrik

- Keterangan :
- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 = Zone Generator | 4 = Zone Transmisi |
| 2 = Zone Transformator Step-Up | 5 = Zone Transformator Step-Down |
| 3 = Zone Busbar | 6 = Zone Beban |

Setiap daerah proteksi pada umumnya terdiri atas satu atau lebih elemen sistem tenaga listrik. Misalnya generator, busbar, transformator, transmisi, dan lain-lain. Agar seluruh sistem tenaga listrik dapat diamankan, maka harus ada daerah yang tumpang-tindih (overlap). Artinya ada elemen sistem yang diamankan oleh dua daerah pengamanan. Setiap daerah pengaman dijaga oleh relay yang sesuai dengan karakteristik peralatan yang diamankan. Pada umumnya yang menjadi batas pengamanan antar daerah pengamanan adalah trafo arus yang mencatu ke rele.



2.5.2 Peralatan-Peralatan Sistem Proteksi

Untuk mengamankan dari adanya gangguan, dilakukan dengan memasang peralatan-peralatan sistem proteksi. Sedangkan untuk menghilangkan gangguan dengan cepat oleh sistem perlingkungannya, diperlukan sistem operasi yang cepat dan benar. Suatu sistem proteksi/pengaman terdiri dari komponen alat-alat utama meliputi:

1. Pemutus Tenaga
2. Transformator Arus
3. Transformator tegangan
4. Pemisah
5. Arester
6. Relay Proteksi

2.5.3 Relay Proteksi⁶

Relay proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau mulai merasakan tenaga listrik dan segera otomatis memberi perintah untuk membuka pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem proteksi yang terganggu dan memberikan isyarat berupa lampu atau bel.

Relay proteksi dapat merasakan adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut fase, frekuensi, impedansi dan sebagainya, dengan besaran yang telah ditentukan kemudian mengambilnya keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga.

Pada dasarnya prinsip kerja sebuah relay proteksi dapat dibuat berdasarkan satu besaran tunggal, misalnya seperti relay arus lebih yang prinsip kerjanya hanya berdasarkan arus gangguan semata. Namun dalam rangka memenuhi keperluan proteksi efektif yang memenuhi kriteria cepat, selektif dan stabil yang

¹ Bonar Pandjaitan penerbit Andi "Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik" Yogyakarta tahun 2012



dapat di setel sesuai konfigurasi jaringan, kondisi operasi yang berbeda-beda dan faktor lain seperti konstruksi dan ukuran sistem tenaga yang juga berbeda-beda, maka suatu relay proteksi seyogyanya dapat dibuat untuk beresons terhadap berbagai perubahan besar listrik. Sebagai contoh, meskipun sebuah relay arus lebih dapat digunakan untuk memproteksi jaringan distribusi radial hanya berdasarkan level arus gangguan, namun pada jaringan tenaga listrik yang kompleks sistem proteksi tidak lagi bisa hanya mengandalkan pengukuran besaran tunggal.

Sesuai dengan perkembangan teknologi, hingga saat ini relay proteksi yang digunakan pada sistem tenaga listrik pada umumnya dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Relay elektromekanis
2. Relay statis
3. Relay digital
4. Relay numerik

Fungsi relay proteksi pada sistem tenaga listrik :

- a) Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lain yang tidak terganggu dapat beroperasi normal.
- b) Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu
- c) Mengurangi pengaruhnya gangguan terhadap bagian sistem yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan.
- d) Memperkecil bahaya bagi manusia

Untuk melaksanakan fungsi di atas maka relay pengaman harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Dapat diandalkan (reliable)
- b. Selektif
- c. Waktu kerja relay cepat
- d. Peka (sensitif)



e. Ekonomis dan sederhana

Dari fungsinya diatas, ada kalanya ada kegagalan dalam pengaman relay proteksi. Hal-hal yang dapat menimbulkan kegagalan pengaman dapat di kelompokkan sebagai berikut :

- a. Kegagalan pada relay itu sendiri
- b. Kegagalan suplai arus dan/atau tegangan ke rele tegangannya rangkaian suplai ke rele dari trafo tersebut terbuka atau terhubung singkat.
- c. Kegagalan sistem suplai arus searah untuk tripping pemutus tenaga. Hal ini dapat menyebabkan baterai lemah karena kurang perawatan, terbukanya atau terhubung singkat rangkaian arus searah.
- d. Kegagalan pemutus tenaga.

Kegagalan ini dapat disebabkan karena kumparan trip tidak menerima suplai, kerusakan mekanis ataupun kegagalan pemutusan arus kemampuan dari pemutus tenaganya. Karena ada kemungkinan kegagalan pada sistem pengaman maka arus dapat diatasi yaitu dengan penggunaan pengaman cadangan (Back Up Protection). Dengan demikian pengaman menurut fungsinya dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Pengaman utama yang pada umumnya selektif dan cepat dan malah jenis tertentu mempunyai sifat selektif mutlak misalnya relay diferensial.
- b. Pengaman cadangan, umumnya mempunyai perlambatan waktu hal ini untuk memberikan kesempatan kepada pengaman utama bekerja terlebih dahulu, dan jika pengaman utama gagal, baru pengaman cadangan bekerja dan rele ini tidak seselektif pengaman utama.

Pada pengaman cadangan dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu:

- a. Pengaman cadangan setempat, yang berfungsi menginformasikan adanya gangguan tersebut kepada seluruh pemutus tenaga (PMT) yang terkait dengan kegagalan sistem sistem proteksi sehingga pemutus tenaganya tidak membuka.
- b. Pengaman cadangan remot (remote).

2.5.4 Jenis-Jenis Relay Proteksi

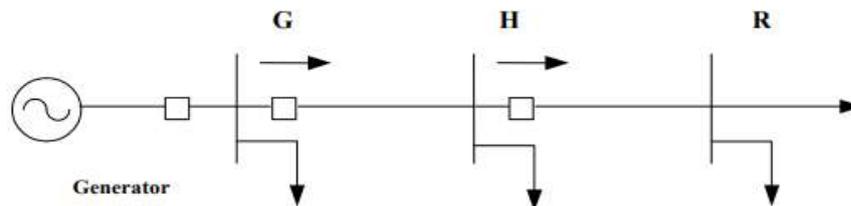
Jenis-jenis relay ada macam macamnya, ini sesuai dengan fungsi dan kegunaannya masing-masing.

Berikut adalah jenis-jenis relay yang di pakai dalam proteksi sistem tenaga listrik :

2.5.4.1 Relay Arah (Directional Relay)⁷

Pada dasarnya relay ini menggunakan prinsip dasar releinduksi dengan satu besaran input. Pada rele arah induksi ini besaran input terdiri dari

1. Besaran penggerak arus
2. Besaran pembanding (refensi atau polarizing) – arus atau tegangan



Gambar 2.5 koordinasi Relay Arus Lebih

Persyaratan rele arah yang harus di penuhi :

1. Waktu kerja rele arus cepat; 20-40 ms
2. Relay harus dapat pick up pada daya yang kecil. Relay harus masih dapat pick up dengan raah yang betul pada tegangan yang rendah (2,6 V)
3. Konsumsi dari kumparan dan arus sekecil mungkin pada keadaan normal sehingga beban dari CT/PT tetap kecil;
4. Relay harus mempunyai harga pembanding drop out dan pick up (Kd) tinggi,
 $kd = 0,9-1$
5. Relay arah tidak boleh bekerja sendiri kalau rangkaian tegangan hilang dna kumparan arus dialiri arus
6. Relay arah sebaiknya sederhana konstruksinya, dapat diandalkan dalam oprasinya berukuran kecil.

³ Hazairin Samaullah Penerbit Unsri “Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik” Palembang 2004

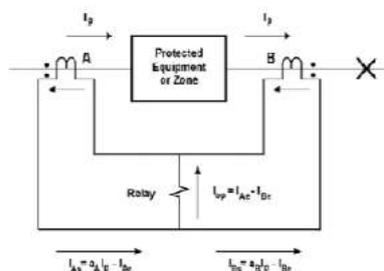
2.5.4.2 Relay Diferensial⁸

“Relay diferensial adalah suatu rele yang bekerja bila ada perbedaan vektor dari dua besaran listrik atau lebih yang melebihi besaran yang telah ditentukan. Dengan demikian setiap jenis relay, bila dihubungkan dengan cara tertentu dapat dibuat bekerja seperti relay diferensial. Dengan perkataan lain tidak begitu banyak susunan relay yang telah dihubungkan dengan cara tertentu dalam sirkit yang membuat relay tersebut bekerja sebagai suatu rele diferensial.

Relay differensial juga berfungsi untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubung singkat yang terjadi di dalam daerah pengaman transformator. Relay ini merupakan pengaman utama (main protection) yang sangat selektif dan cepat, sehingga tidak perlu dikordinir dengan rele lain dan tidak memerlukan time delay.

Sifat pengaman dengan relay diferensial :

1. Sangat efektif dan cepat, tidak perlu koordinasi dengan rele lain
2. Sebagai pengaman utama
3. Tidak dapat digunakan sebagai pengaman cadangan untuk seksi/daerah berikutnya
4. Daerah pengamannya dibatasi oleh pasangan trafo arus dimana rele diferensial dipasang



Gambar 2.6 Rangkaian Relay Diferensial

Persyaratan pada pengaman differensial adalah sebagai berikut:

1. CT1 dan CT2 harus mempunyai perbandingan transformasi
2. Karakteristik CT1 dan CT2 sama.

³ Hazairin Samaullah Penerbit Unsri “Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik” Palembang 2004

3. Rangkaian CT ke relay harus betul.



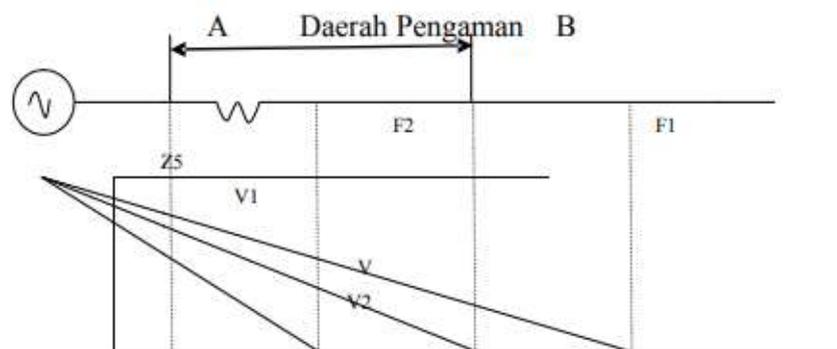
Gambar 2.7 Rele differensial

2.5.4.3 Relay Jarak⁹

Jenis relay ini yang paling menarik dan paling banyak dibicarakan terdapat pada jenis group rele jarak. Dalam relay jarak terdapat keseimbangan antara tegangan dan arus serta perbandingannya dinyatakan dalam impedansi yang merupakan ukuran listrik untuk jarak suatu aliran transmisi.

Pada umumnya yang disebut impedansi dapat berupa tahanan resistansi saja (R), reaktansi saja (X) atau kombinasi dari keduanya. Dalam terminologi relay pengaman, impedansi relay mempunyai karakteristik yang berhubungan dengan seluruh komponen impedansi.

Prinsip kerja relay jarak adalah membandingkan arus dan tegangan di tempau yang sama.



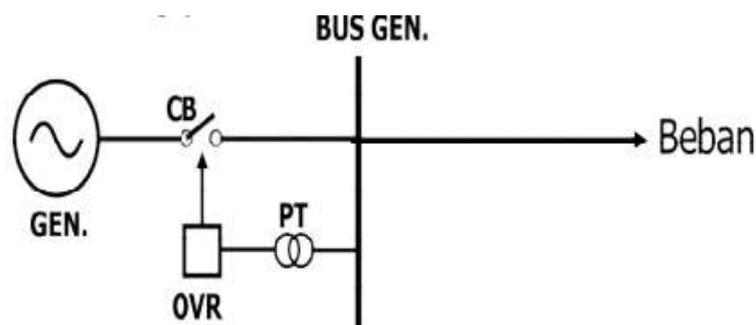
Gambar 2.8 Perbandingan Tegangan dan Arus

³ Hazairin Samaullah Penerbit Unsri "Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik" Palembang 2004

2.5.4.4 Relay Tegangan¹⁰

Relay ini bekerja dengan menggunakan tegangan sebagai besaran ukur, disini relay akan bekerja jika tegangan jika terdeteksi melebihi/dibawah tegangan settingnya. Oleh karena itu relay tegangan diklasifikasi dalam dua jenis, yaitu:

1. Relay tegangan lebih (Over Voltage Relay = OVR), bekerja berdasarkan kenaikan tegangan mencapai melebihi nilai settingnya.
2. Relay tegangan kurang (Under Voltage Relay), bekerja berdasarkan turunnya tegangan mencapai/di bawah nilai settingnya.



Gambar 2.9 Penempatan Rele Tegangan Lebih (OVR)

Aplikasi Relay Tegangan

- a. Over voltage relay adalah pengaman tegangan lebih pada sistem pembangkitan yaitu sebagai pengaman gangguan tanah (pergeseran titik netral) pada jaringan yang disuplai dari trafo tenaga dimana titik netralnya ditanahkan melalui tahanan tinggi atau sistem mengambang
- b. Under voltage relay berfungsi mencegah starting motor bila suplai tegangan turun dan dalam pengaman sistem dapat dikombinasikan dengan rele frekuensi kurang

2.5.4.5 Relay Frekuensi¹¹

³ Hazairin Samaullah Penerbit Unsri "Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik" Palembang 2004



Relay Frekuensi merupakan salah satu parameter yang dapat menunjukkan keadaan yang tidak normal pada suatu sistem tenaga listrik. Berkurangnya daya pembangkit akan mengakibatkan turunnya putaran pembangkit dan turunnya frekuensi sistem, keadaan ini mutlak perlu dihindari sebab akan mengganggu kestabilan dari sistem tenaga listrik, hal ini dapat diatasi dengan memasang pengaman khusus yaitu rele frekuensi menurun.

Pemilihan relay ini perlu ditinjau kemampuannya dan ada beberapa yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan

- a) Bagi relay pengaman sangat penting untuk mengetahui keadaan tidak normal dan kemudian mengamankannya dengan memperhatikan kemampuan untuk kembali kekeadaan semula/normal secara otomatis
- b) Kemampuan selektif suatu keadaan normal harus segera kemaali kekeadaan normalnya dengan cara pelepasan beban seminimum mungkin setelah gangguan terjadi.
- c) Kepekaan relay harus bekerja sedemikian telitinya sehingga pada keadaan bagaimanapun kekeurangan pembangkit dapat dirasakan dan dengan kecepatan kerja tertentu
- d) Waktu kerja.

Dalam hal tertentu relay ini harus bekerja dalam waktu singkat dan dalam keadaan lain relay dapat juga bekerja dalam waktu tertunda (time day), yang mana semua ini ditentukan oleh keadaan sistem dan kecepatan kerja alat-alat pada sistem tersebut.

³ Hazairin samaullah Penerbit Unsri “Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik” Palembang 2004



2.5.4.6 Relay Arus Lebih¹²

Relay arus lebih adalah relay yang bekerja berdasarkan arus, yang mana rele ini akan bekerja apabila terjadi arus yang melampaui batas tertentu yang telah ditetapkan yang disebut arus kerja atau arus setting relay.

Keuntungan dan Fungsi Relay Arus Lebih

- Sederhana dan murah
- Mudah penyetelannya Merupakan relay pengaman utama dan cadangan.
- Mengamankan gangguan hubung singkat antar fasa maupun hubung singkat satu fasa ke tanah dan dalam beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih (overload).
- Pengamanan utama pada jaringan distribusi dan sub transmisi radial.
- Pengamanan cadangan untuk generator, trafo tenaga dan saluran transmisi.

Prinsip Kerjanya

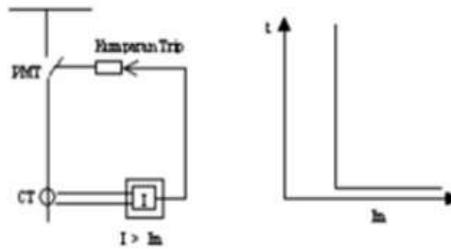
- Elektro mekanis
- Statis

2.5.4.6.1 Karakteristik Waktu Kerja

a. Relay Arus Lebih Seketika (moment)

Relay arus lebih dengan karakteristik waktu kerja seketika (moment) ialah jika jangka waktu relay mulai saat relay arusnya pick up sampai selesainya kerja relesangat singkat (20~100 ms), yaitu tanpa penundaan waktu. Relay ini umumnya dikombinasikan dengan rele arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu (definite time) atau waktu terbalik (inverse time) dan hanya dalam beberapa hal berderi sendiri secara khusus.

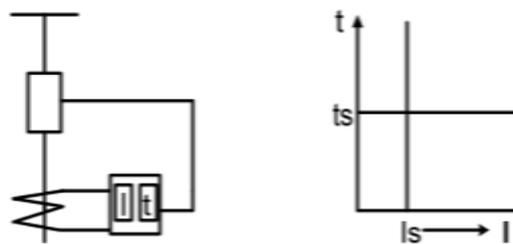
³ Hazairin Samaullah Penerbit Unsri “Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik” Palembang 2004



Gambar 2.10 Karakteristik Instantaneous Relay

b) Relay Arus Lebih Dengan Karakteristik waktu tertentu (Definite Time)

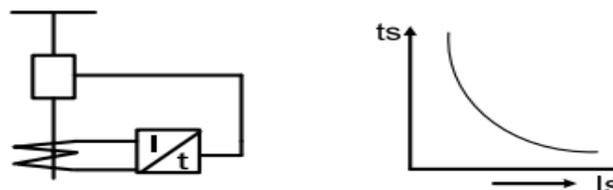
Relay arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu ialah jika jangka waktu mulai rele arus pick up sampai selesainya kerja rele diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak tergantung dari besarnya arus yang menggerakkan.



Gambar 2.11 Relay arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu

c) Relay Arus Lebih karakteristik Waktu Terbalik (Inverse Time)

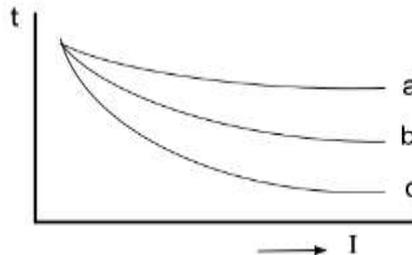
Relay dengan karakteristik waktu terbalik adalah jika jangka waktu mulai rele arus pick up sampai selesainya kerja rele diperpanjang dengan besarnya nilai yang berbanding terbalik dengan arus yang menggerakkan.



Gambar 2.12 Relay arus Lebih Karakteristik waktu terbalik

Bentuk Perbandingan Terbalik dari waktu arus ini sangat bermacam-macam tetapi dapat digolongkan menjadi :

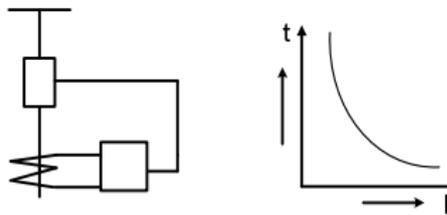
- a. Berbanding terbalik (inverse)
- b. Sangat berbanding terbalik (very inverse)
- c. Sangat berbanding terbalik sekali (extremely inverse)



Gambar 2.13 Perbandingan Terbalik dari waktu-arus

d) Arus Lebih Invers Definite Minimum Time (IDMT)

Relay arus lebih dengan karakteristik invers definite minimum time (IDMT) ialah jika jangka waktu rele arus mulai pick up sampai selesainya kerja rele mempunyai sifat waktu terbalik untuk nilai arus yang kecil setelah rele pick up dan kemudian mempunyai sifat waktu tertentu untuk arus yang lebih besar. Relay arus lebih dengan karakteristik waktu arus tertentu, berbanding terbalik dan IDMT dapat dikombinasikan dengan relay arus lebih dengan karakteristik seketika.



Gambar 2.14 Relay arus lebih dengan karakteristik waktu arus tertentu

Arus Pick Up (Kerja) dan Arus kembali (Drop Off)

- I_p = nilai arus dimana relay arus akan bekerja dan menutup kontak a sehingga rele waktu bekerja, ini sering disebut arus kerja atau arus pick up (I_p)
- I_d = nilai arus dimana relay arus berhenti bekerja dan kontak 1 membuka kembali, sehingga relay waktu berhenti bekerja, I_d sering disebut arus kembali atau arus drop off.



Bila saat relay arus lebih dinyatakan bekerja. Perbandingan arus kembali dengan arus pick up sering dinyatakan dengan K_d .

K_d untuk relay proteksi arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu mempunyai nilai 0,7-0,9. Untuk relay arus lebih dengan karakteristik waktu terbalik mempunyai nilai $\approx 1,0$

2.5.4.6.2. Prinsip Dasar Perhitungan Penyetelan Arus (I_s)

Relay arus lebih mempunyai arus kerja minimum, yang disebut setelan arus relay tersebut. Setelan arus harus dipilih sedemikian rupa sehingga relay tidak akan bekerja pada arus beban maksimum yang mungkin timbul pada jaringan yang akan diproteksi, tetapi harus bekerja pada arus yang sama atau lebih dengan arus gangguan minimum yang bisa terjadi. Meskipun menggunakan setelan arus yang persis hanya di atas arus beban maksimum dalam jaringan, namun pada tingkat tertentu sistem juga dilengkapi dengan proteksi lain yang dapat bekerja terhadap arus beban lebih.

Pada umumnya, setelan arus dipilih diatas arus beban maksimum yang dapat ditahan oleh jaringan dalam waktu singkat. Mengingat relay-relay mempunyai sifat-sifat histerisis pada nilai setelan arus mereka, maka setelan arus harus dibuat cukup tinggi untuk memungkinkan relay reset pada kondisi arus nominalnya. Besarnya histerisis dalam setelan arus ditandai dengan rasio perbandingan pick-up dan drop-off relay tersebut yang besarnya sekitar 0,95. Inilah alasan mengapa setelan arus minimum suatu relay dibuat paling sedikit 1,05 kali dari arus hubung singkat nominal.

Dalam perhitungan setting relay, terlebih dahulu mencari arus dasar (I_n) dengan diketahuinya daya kapasitas dan tegangan yang ada pada transformator tersebut.

$$\text{Arus Dasar}(I_n) = \frac{S}{\sqrt{3}.V} \dots\dots\dots (II.1)$$

Keterangan : S = Daya Kapasitas Transformator (V)

V = Tegangan Transformator (V)



2.5.4.6.3 Arus setting OCR

Perhitungan arus penyetelan merupakan besaran arus setting yang ada pada transformator pemakaian sendiri. Dalam mencari perhitungan arus penyetelan ini kita harus mengetahui faktor kenaikannya (Kfk), faktor arus kembali (Kd), dan ratio *current transformer*(CT).

$$I_{S(\text{primer})} = \frac{Kfk}{Kd} \times I_n \dots\dots\dots(\text{II.2})$$

Dimana:

Kfk = Faktor keamanan (1,1-1,2)

Kd = Faktor Arus kembali (0,7-0,9)

Is = Penyetelan Arus (A)

Untuk perhitungan arus setting pada transformator pemakaian sendiri adalah sebagai berikut.

$$I_{S(\text{sekunder})} = I_{S(\text{primer})} \times \frac{1000}{5} \dots\dots\dots(\text{II.3})$$

2.5.4.6.4. Arus Gangguan Hubung Singkat

Analisa gangguan hubung singkat adalah analisa kelakuan dari sistem distribusi tenaga listrik pada keadaan gangguan hubung singkat. Dalam perhitungan gangguan arus hubung singkat ditentukan oleh jenis dan tipe pada relay arus lebih yang dipakai, maka kita dapat mencari hasil dari gangguan hubung singkat yang ada pada transformator pemakaian sendiri yang kan diamankan.

$$I_f = \text{Persentase gangguan} \times I_{S(\text{primer})} \dots\dots\dots(\text{II.4})$$

2.5.4.6.5 Setting waktu

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai setelan waktu (TMS). Rumus untuk menentukan nilai setelan waktu bermacam-macam sesuai dengan desain pabrik pembuat relay. Dalam hal ini diambil rumus TMS dengan relay merk TA 3110.



$$t = \frac{Tms \times 0,14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1} \dots\dots\dots(\text{II.5})$$

Untuk menentukan nilai Tms yang akan disetkan pada rele arus lebih diambil, misal angka arus gangguan (I_{fault}) sebesar arus gangguan hubung singkat pada lokasi gangguan 25% panjang feeder, dan waktu kerja rele lebih difeeder itu (sesuai keterangan waktu tercepat diatas) diambil selama 2 detik, maka nilai Tms akan disetkan pada rele arus lebih yaitu :

$$Tms = \frac{t \times \left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \dots\dots\dots(\text{II.6})$$

Dimana :

t = Waktu Kerja (S)

Tms = Setelan Waktu

I_f = Arus gangguan hubung singkat (A)

I_s = Arus yang disetting di Primer (A)