

BAB 2

GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DAN PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

2.1 PENGERTIAN GANGGUAN DAN KLASIFIKASI GANGGUAN

Gangguan adalah suatu ketidaknormalan (*interferes*) dalam sistem tenaga listrik yang mengakibatkan mengalirnya arus yang tidak seimbang dalam sistem tiga fasa. Gangguan dapat juga didefinisikan sebagai semua kecacatan yang mengganggu aliran normal arus ke beban. Tujuan dilakukan analisa gangguan adalah :

1. Penyelidikan terhadap unjuk kerja rele proteksi
2. Untuk mengetahui kapasitas rating maksimum dari pemutus tenaga
3. Untuk mengetahui distribusi arus gangguan dan tingkat tegangan sistem pada saat terjadinya gangguan.

Berikut ini adalah klasifikasi gangguan :

a. Berdasarkan kesimetrisannya :

1. Gangguan Asimetris, merupakan gangguan yang mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang, gangguan ini terdiri dari :

- Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah
- Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa
- Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah

2. Gangguan Simetris, merupakan gangguan yang terjadi pada semua fasanya sehingga arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Gangguan ini terdiri dari :

- Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa
- Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah

b. Berdasarkan lama terjadi gangguannya :

1. Gangguan Transient (*temporer*), merupakan gangguan yang hilang dengan sendirinya apabila pemutus tenaga terbuka dari saluran transmisi untuk waktu yang singkat dan setelah itu dihubungkan kembali.
2. Gangguan Permanen, merupakan gangguan yang tidak hilang atau tetap ada apabila pemutus tenaga terbuka pada saluran transmisi untuk waktu yang singkat dan setelah itu dihubungkan kembali.

Selain klasifikasi gangguan yang telah disebutkan di atas, terbukanya pemutus tenaga tidak selalu disebabkan terjadinya gangguan pada sistem itu sendiri tetapi dapat juga disebabkan adanya kerusakan pada rele, kabel kontrol atau adanya pengaruh dari luar seperti induksi atau interferensi. Gangguan seperti ini disebut juga gangguan non-sistem.

2.2 METODE KOMPONEN SIMETRIS UNTUK GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik umumnya merupakan gangguan asimetris, dimana gangguan tersebut mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang.

Pada tahun 1918, C.L Fortesque menemukan suatu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa sistem tiga fasa yang tidak seimbang [1]. Fortesque membuktikan bahwa suatu sistem yang tidak seimbang yang terdiri dari tegangan atau arus yang tidak seimbang antar fasanya dapat dipecah menjadi tiga komponen simetris dari sistem tiga fasa yang seimbang. Tiga komponen simetris tersebut adalah :

1. Komponen Urutan Positif (*positive sequence components*)

Merupakan komponen yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° , dan mempunyai urutan fasa yang sama seperti fasor aslinya (ditandai dengan subscript 1). Saat sistem berada dalam kondisi normal, hanya terdapat arus dan tegangan urutan positif saja, sehingga impedansi sistem pada kondisi normal adalah impedansi urutan positif. Ketika terjadi gangguan, cabang yang terganggu pada sistem dapat digantikan dengan perubahan tegangan $\Delta V = V - V_1$ dan semua sumber

tegangan yang ada pada sistem dihubungkan singkat, sehingga akan diperoleh arus gangguan ΔI yang mengalir ke dalam sistem, yaitu :

$$\Delta I = -\frac{(V - V_1)}{Z_1} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{dan } \Delta I = I - I_1 \dots\dots\dots(2.2)$$

Karena arus awal sistem sebelum terjadi gangguan adalah nol ($I = 0$), maka arus yang mengalir di cabang yang mengalami gangguan $I_1 = -\Delta I$ sehingga di dapat $V_1 = V - I_1 Z_1 \dots\dots\dots(2.3)$

Persamaan di atas merupakan persamaan komponen urutan positif arus dan tegangan pada cabang yang mengalami gangguan.

2. Komponen Urutan Negatif (*negative sequence components*)

Merupakan komponen yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° , dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan dengan fasor aslinya (ditandai dengan subscript 2). Jika pada kondisi normal hanya terdapat komponen urutan positif, maka komponen urutan negatif hanya ada pada saat terjadinya gangguan. Karena tidak ada komponen urutan negatif sebelum terjadinya gangguan, maka apabila terjadi gangguan akan timbul perubahan tegangan sebesar $-V_2$, dan arus I_2 yang mengalir dari sistem ke gangguan adalah

$$I_2 = -\frac{V_2}{Z_2} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$V_2 = -I_2 Z_2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Z_2 merupakan impedansi urutan negatif dan pada umumnya sama dengan impedansi urutan positif.

3. Komponen Urutan Nol (*zero sequence components*)

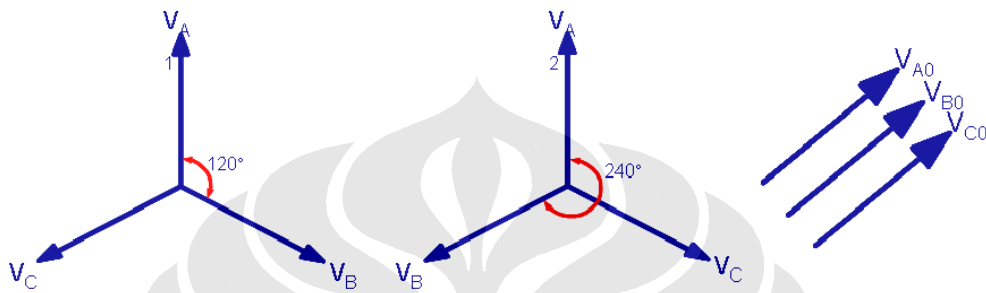
Merupakan komponen yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan tidak ada pergeseran fasa antara fasor yang satu dengan yang lain (ditandai dengan subscript 0). Persamaan untuk komponen urutan nol saat terjadi gangguan yaitu:

$$I_0 = -\frac{V_0}{Z_0} \dots\dots\dots(2.6)$$

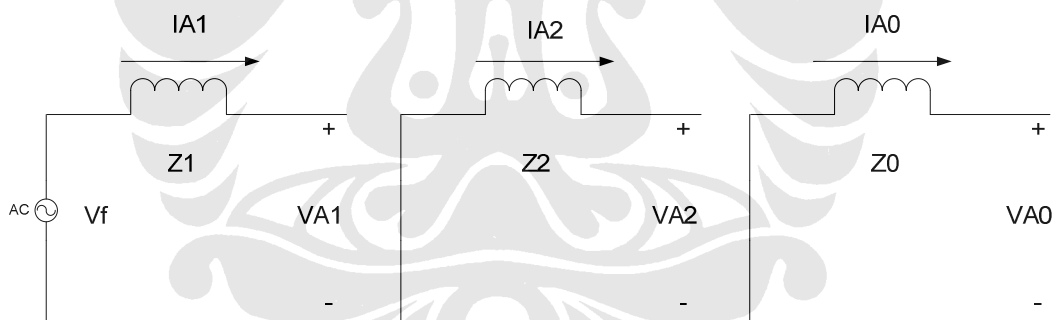
$$V_0 = -I_0 Z_0 \dots\dots\dots(2.7)$$

Arus dan tegangan pada komponen urutan nol adalah sefasa, oleh karena itu arus urutan nol untuk dapat mengalir di sistem memerlukan jalan balik (*return connection*) melalui pentanahan netral sistem. Impedansi urutan nol umumnya tidak sama dengan impedansi urutan positif dan tergantung dari beberapa faktor seperti jenis peralatan sistem, cara menghubungkan belitan (Δ atau Y), dan cara pentanahan titik netral.

Gambar ketiga himpunan komponen simetris adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1. Komponen-komponen Simetris



Gambar 2.2. Rangkaian komponen urutan positif, negatif dan nol

Karena adanya pergeseran fasa pada komponen simetris tegangan dan arus dalam sistem tiga fasa, akan lebih mudah bila didapatkan metode penulisan yang dapat langsung menunjukkan perputaran fasor dengan 120° . Operator a merupakan suatu operator fasor yang menyebabkan perputaran sebesar 120° dalam arah yang berlawanan arah jarum jam (*counterclockwise*), dengan tidak mengubah besar fasornya. Operator ini merupakan bilangan kompleks yang besarnya satu dan sudutnya 120° dan didefinisikan sebagai :

$$a = 1\angle 120^\circ = 1e^{j\frac{2\pi}{3}} = -0,5 + j0,866 \dots\dots\dots(2.8)$$

Jika operator a dikenakan pada fasor dua kali berturut-turut, maka fasor itu akan diputar dengan sudut sebesar 240° atau -120°. Untuk pengenalan tiga kali berturut-turut fasor akan diputar dengan 360° atau 0°. Jadi,

$$a^2 = 1\angle 240^\circ = -0,5 - j0,866 \dots\dots\dots(2.9)$$

dan

$$a^3 = 1\angle 360^\circ = 1\angle 0^\circ = 1 \dots\dots\dots(2.10)$$

Telah disebutkan bahwa tiga fasor asimetris dapat direpresentasikan menjadi tiga buah himpunan fasor simetris [1]. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$V_a = V_{a_0} + V_{a_1} + V_{a_2}$$

$$V_b = V_{b_0} + V_{b_1} + V_{b_2}$$

$$V_c = V_{c_0} + V_{c_1} + V_{c_2}$$

Dengan menggunakan himpunan fasor dari komponen-komponen simetris, maka dapat diketahui bahwa :

$$V_{b_0} = V_{c_0} = V_{a_0}$$

$$V_{b_1} = a^2 V_{a_1} \quad V_{c_1} = a V_{a_1}$$

$$V_{b_2} = a V_{a_2} \quad V_{c_2} = a^2 V_{a_2}$$

Atau dalam bentuk matriks :

$$\begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{a_0} \\ V_{a_1} \\ V_{a_2} \end{pmatrix}$$

Untuk lebih sederhana dituliskan kembali :

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \text{ dan}$$

$$A^{-1} = 1/3 \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix}$$

Sehingga diperoleh persamaan :

$$\begin{pmatrix} Va_0 \\ Va_1 \\ Va_2 \end{pmatrix} = 1/3 \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Va \\ Vb \\ Vc \end{pmatrix}$$

$$Va_0 = 1/3 (Va + Vb + Vc) \dots\dots\dots(2.11)$$

$$Va_1 = 1/3 (Va + a Vb + a^2 Vc) \dots\dots\dots(2.12)$$

$$Va_2 = 1/3 (Va + a^2 Vb + a Vc) \dots\dots\dots(2.13)$$

Persamaan di atas merupakan persamaan komponen simetris untuk tegangan. Persamaan tersebut dapat juga dituliskan kembali pada persamaan komponen simetris untuk arus.

$$Ia = Ia_0 + Ia_1 + Ia_2$$

$$Ib = Ib_0 + Ib_1 + Ib_2 = Ia_0 + a^2 Ia_1 + a Ia_2$$

$$Ic = Ic_0 + Ic_1 + Ic_2 = Ia_0 + a Ia_1 + a^2 Ia_2$$

Dalam bentuk matriks,

$$\begin{pmatrix} Ia \\ Ib \\ Ic \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Ia_0 \\ Ia_1 \\ Ia_2 \end{pmatrix}$$

Dengan mengikuti langkah-langkah yang sama seperti pada persamaan komponen simetris untuk tegangan, maka dapat diperoleh persamaan komponen simetris untuk arus:

$$Ia_0 = 1/3 (Ia + Ib + Ic) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$Ia_1 = 1/3 (Ia + a Ib + a^2 Ic) \dots\dots\dots(2.15)$$

$$Ia_2 = 1/3 (Ia + a^2 Ib + a Ic) \dots\dots\dots(2.16)$$

Dalam sistem tiga fasa, jumlah arus dari setiap fasanya sama dengan arus In dalam jalur balik ke netral.

$$In = Ia + Ib + Ic \dots\dots\dots(2.17)$$

Sedangkan,

$$Ia_0 = 1/3 (Ia + Ib + Ic) \dots\dots\dots(2.18)$$

Sehingga dengan memperbandingkan kedua persamaan di atas, didapatkan :

$$In = 3 Ia_0 \dots\dots\dots(2.19)$$

Jika tidak ada saluran yang melalui netral dalam sistem tiga fasa, In adalah nol dan arus saluran tidak mengandung komponen urutan nol. Hal ini berarti suatu

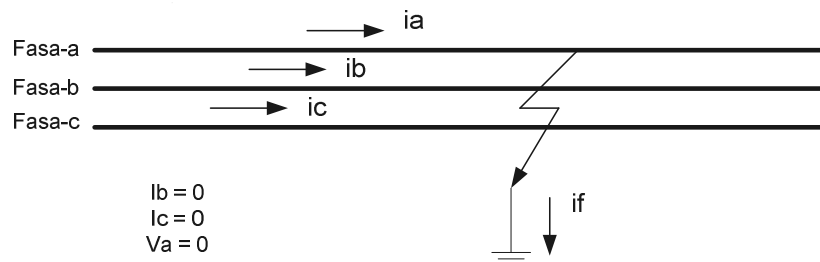
beban hubungan Δ ataupun hubung Y yang tidak menyediakan jalur ke netral, maka arus salurannya tidak dapat mengandung komponen urutan nol [1].

2.3 GANGGUAN HUBUNG SINGKAT (SHORT CIRCUIT FAULT)

Dalam proteksi sistem tenaga listrik, sangat penting untuk mengetahui distribusi arus dan tegangan di berbagai tempat sebagai akibat timbulnya gangguan. Karakteristik kerja rele proteksi dipengaruhi oleh besaran energi yang dimonitor oleh rele seperti arus atau tegangan. Dengan mengetahui distribusi arus dan tegangan di berbagai tempat maka seorang insinyur proteksi dapat menentukan setelan (*setting*) untuk rele proteksi dan rating dari pemutus tenaga/*circuit breaker* (CB) yang akan digunakan. Gangguan hubung singkat dapat diklasifikasi menjadi empat jenis yaitu:

2.3.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik merupakan gangguan asimetris sehingga memerlukan metode komponen simetris [1] untuk menganalisa tegangan dan arus pada saat terjadinya gangguan. Gangguan yang terjadi dapat dianalisa dengan menghubungkan-singkat semua sumber tegangan yang ada pada sistem dan mengganti titik (*node*) gangguan dengan sebuah sumber tegangan yang besarnya sama dengan tegangan sesaat sebelum terjadinya gangguan di titik gangguan tersebut. Dengan menggunakan metode ini sistem tiga fasa tidak seimbang dapat direpresentasikan dengan menggunakan teori komponen simetris yaitu berdasarkan komponen urutan positif, komponen urutan negatif dan komponen urutan nol.



Gambar 2.3. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

$$I_{A1} = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

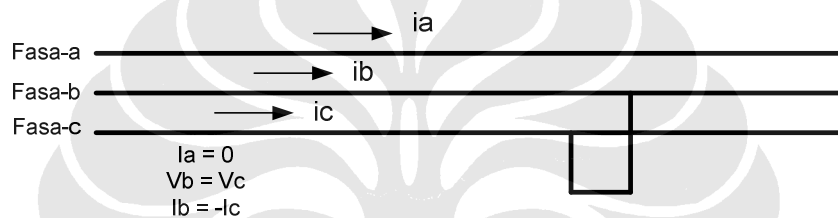
V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan

2.3.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa



Gambar 2.4. Gangguan hubung singkat dua fasa

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

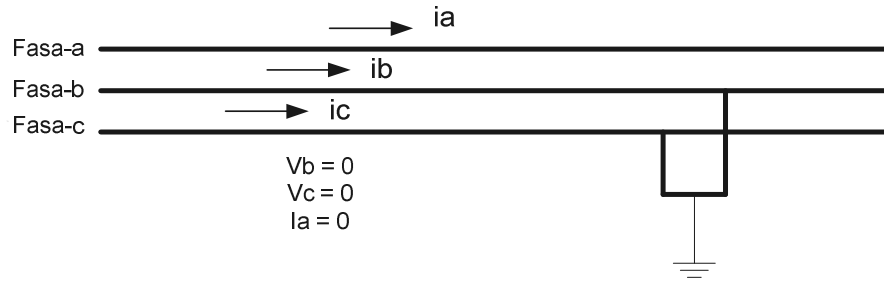
V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan

Pada gangguan hubung singkat fasa ke fasa, arus saluran tidak mengandung komponen urutan nol dikarenakan tidak ada gangguan yang terhubung ke tanah.

2.3.3 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah



Gambar 2.5. Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah

$$I_{A1} = \frac{V_f}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_2 + Z_0}} \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan :

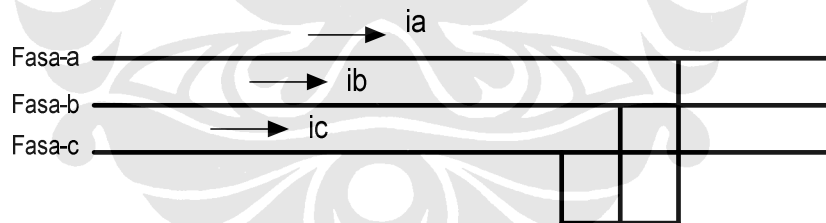
V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan

2.3.4 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa



Gambar 2.6. Gangguan hubung singkat tiga fasa

Gangguan hubung singkat tiga fasa termasuk dalam klasifikasi gangguan simetris, dimana arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Sehingga pada sistem seperti ini dapat dianalisa hanya dengan menggunakan komponen urutan positif saja yaitu :

$$I_A = I_{A1} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dan

$$I_A = \frac{V_f}{Z_1} \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan :

V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

I_A = Arus pada fasa A

2.4 DASAR PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

Suatu sistem tenaga listrik tidak selamanya berjalan ideal, karena dalam kenyataannya dapat terjadi suatu kondisi abnormal (seperti adanya gangguan atau terjadinya *short circuit*). Kondisi abnormal tersebut dapat membahayakan sistem secara keseluruhan, sehingga diperlukan adanya sistem proteksi yang dapat meminimalisasi efek dari kondisi abnormal tersebut. Fungsi dari sistem proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih normal (tidak terganggu) serta sekaligus mengamankan bagian yang masih normal tersebut dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar. Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat terjadi di pembangkit, jaringan transmisi maupun jaringan distribusi. Dimanapun gangguan itu terjadi, sistem proteksi harus dapat mengidentifikasi dan memisahkan bagian yang terganggu secepat mungkin.

Rele proteksi sebagai komponen utama sistem proteksi tenaga listrik dalam melaksanakan tugasnya yaitu untuk mengidentifikasi gangguan, harus memenuhi beberapa persyaratan keandalan (*reliability*) yaitu :

1) Sensitivitas

Merupakan kemampuan sistem proteksi untuk mengidentifikasi adanya ketidaknormalan atau gangguan yang berada di dalam daerah yang diproteksinya.

2) Selektivitas

Koordinasi dari sistem proteksi, dimana jika terjadi gangguan rele hanya membuka pemutus tenaga yang diperlukan saja (tidak menyebabkan pemutusan/pemadaman jaringan yang lebih luas).

3) Keamanan

Kemampuan sistem proteksi untuk menjamin peralatan proteksi akan bekerja jika terjadi suatu gangguan dan tidak akan bekerja jika tidak terjadi gangguan.

4) Kecepatan

Ketika terjadi gangguan, komponen proteksi harus dapat memberikan respon waktu yang tepat, sesuai dengan koordinasi yang diinginkan.

Ada dua syarat dasar yang harus dipenuhi agar sistem proteksi dapat bekerja mengisolasi bagian sistem yang terganggu yaitu :

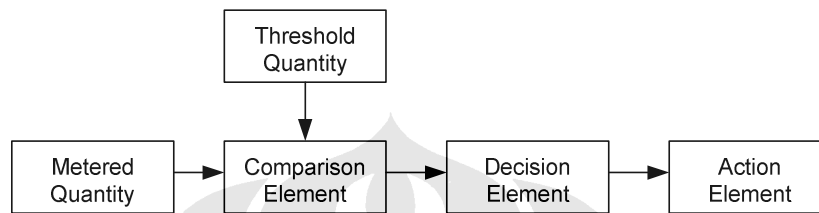
- Sistem tenaga listrik harus memiliki pemutus tenaga dengan jumlah yang cukup untuk dapat melakukan tugas isolasi.
- Setiap pemutus tenaga harus dilengkapi dengan suatu alat kontrol yang dapat mendeteksi kondisi abnormal, dan membuka pemutus tenaga yang diperlukan untuk mengisolasi kondisi abnormal tersebut (*selective fault clearance*).

Untuk dapat menerapkan prinsip *selectivity*, suatu sistem tenaga listrik yang terdiri dari banyak pemutus tenaga harus diatur dan dikoordinasikan sedemikian rupa sehingga pada saat terjadinya kondisi abnormal, rele dapat membuka hanya pemutus tenaga yang diperlukan saja, hal inilah yang disebut dengan *selective fault clearance*. Rele proteksi harus diberi informasi yang memungkinkan rele untuk membedakan antara kondisi abnormal yang berada di dalam zona proteksinya (dimana harus terjadi *tripping*), dan gangguan eksternal atau arus beban normal (dimana tidak boleh terjadi *tripping*). Informasi ini diperoleh dari sistem tenaga listrik, seperti arus, tegangan dan sudut fasa antara keduanya yang diukur pada saat terjadi gangguan.

2.5 KOMPONEN PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

Sistem proteksi tenaga listrik pada umumnya terdiri dari beberapa komponen yang di rancang untuk mengidentifikasi kondisi sistem tenaga listrik dan bekerja berdasarkan informasi yang diperoleh dari sistem tersebut seperti arus, tegangan atau sudut fasa antara keduanya. Informasi yang diperoleh dari sistem tenaga listrik akan digunakan untuk membandingkan besarnya dengan

besaran ambang-batas (*threshold setting*) pada peralatan proteksi. Apabila besaran yang diperoleh dari sistem melebihi *setting* ambang-batas peralatan proteksi, maka sistem proteksi akan bekerja untuk mengamankan kondisi tersebut. Peralatan proteksi pada umumnya terdiri dari beberapa elemen yang dirancang untuk mengamati kondisi sistem dan melakukan suatu tindakan berdasarkan kondisi sistem yang diamatinya (gambar 2.7).



Gambar 2.7. Elemen proteksi sistem tenaga listrik [2]

Waktu pemutusan gangguan merupakan waktu total yang dibutuhkan peralatan proteksi sampai terbukanya pemutus tenaga atau disebut juga *fault clearing time* [2].

$$T_c = T_p + T_d + T_a \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan :

T_c = clearing time

T_p = comparison time

T_d = decision time

T_a = action time, including circuit breaker operating time

Waktu pemutusan gangguan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam menentukan suatu skema proteksi. Hal ini dikarenakan suatu peralatan proteksi harus dikoordinasikan waktunya dengan peralatan proteksi yang lain agar hanya peralatan proteksi yang paling dekat dengan gangguan saja yang bekerja (prinsip selektivitas).

2.5.1 Potential Transformer

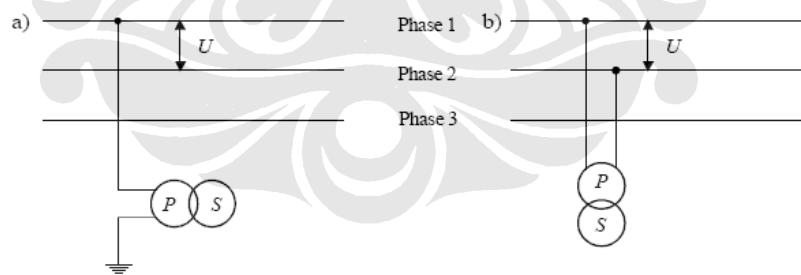
Dalam sistem tenaga listrik dikenal berbagai macam tipe dan konstruksi dari trafo sesuai dengan aplikasinya. Untuk aplikasi peralatan proteksi sistem tenaga listrik khususnya rele, trafo digunakan untuk mengukur besaran kuantitas

sistem (arus atau tegangan) dan mentransformasikannya ke level yang lebih rendah sebagai input pengukuran untuk rele. Trafo ini dikenal dengan sebutan *instrument transformer* yang terdiri dari trafo tegangan (*voltage or potential transformer*) dan trafo arus (*current transformer*).

Trafo tegangan yang digunakan untuk peralatan proteksi (dalam hal ini sebagai inputan untuk rele) mempunyai prinsip yang sama dengan trafo daya (*power transformer*), yang banyak digunakan pada sistem tenaga listrik. Perbedaan utamanya adalah *potential transformer* memiliki rating daya yang sangat kecil, dengan tegangan tinggi di sisi primer dan tegangan rendah di sisi sekunder yaitu berkisar antara 100 - 120 Volt rms. Trafo tersebut digunakan untuk memberikan *sample* atau input pengukuran tegangan sistem ke peralatan proteksi. Karena berfungsi sebagai *sampling*, trafo tegangan yang digunakan harus memiliki tingkat keakuratan yang cukup tinggi agar tidak terlalu jauh menyimpang dari tegangan sistem yang sebenarnya. Fungsi utama *potential transformer* adalah

- Memperkecil besaran tegangan pada sistem tenaga listrik menjadi besaran tegangan untuk sistem pengukuran atau proteksi.
- Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer

Gambar di bawah ini menunjukkan koneksi trafo tegangan pada sistem.



Gambar 2.8. Rangkaian trafo tegangan ke sistem tenaga listrik

2.5.2 Current Transformer

Untuk memperoleh besaran arus yang proporsional dengan arus sistem yang dapat digunakan dalam peralatan kontrol, rele proteksi dan peralatan instrumen yang lain, umumnya digunakan trafo arus atau *current transformer*. *Current transformer* merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mengambil *sample* atau masukan arus sistem dan mentransformasikannya ke level yang lebih

rendah untuk peralatan-peralatan proteksi, pengukuran maupun peralatan kontrol. Trafo arus mempunyai beberapa fungsi yaitu :

- Memperkecil besaran arus listrik (ampere) pada sistem tenaga listrik menjadi besaran arus untuk sistem pengukuran dan proteksi
- Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer, yaitu memisahkan instalasi pengukuran dan proteksi dari sistem tegangan tinggi.

Rating dari trafo arus ditentukan berdasarkan rasio arus primer dengan arus sekunder. Umumnya rasio trafo arus yang digunakan adalah (dalam Ampere) 600:5, 800:5, 1000:5, 1600:1. Rating arus 5 Ampere atau 1 Ampere banyak digunakan sebagai standar pada trafo arus. Beberapa rele proteksi menggunakan arus sekunder CT sebagai input masukan seperti rele jarak, rele arus lebih, rele differensial dan lain-lain.

2.5.3 Rele Proteksi (*Protection Relay*)

Relay adalah suatu alat yang apabila diberi energi oleh besaran-besaran sistem yang tepat dapat memberi indikasi suatu kondisi abnormal. Apabila kontak-kontak rele menutup, maka rangkaian-rangkaian trip pemutus tenaga yang terkait mendapat energi dan kontak-kontak *breaker* membuka, mengisolir bagian yang terganggu dari sistem. Rele proteksi dapat diklasifikasi berdasarkan fungsi atau kegunaannya. Berikut ini adalah klasifikasi rele berdasarkan fungsi atau kegunaannya [2] :

1. *Overcurrent Relay*

Rele yang bekerja apabila arus yang terdeteksi oleh rele melebihi setelan nilai ambang batas arusnya.

2. *Differential Relay*

Rele yang di rancang untuk mendeteksi perbedaan antara arus yang masuk dalam daerah atau zona yang diproteksinya dengan arus yang keluar. Rele ini akan bekerja apabila arus yang masuk tidak sama dengan arus yang keluar.

3. *Directional Relay*

Rele yang di rancang untuk mengidentifikasi perbedaan fasa antara arus yang satu dengan yang lain atau perbedaan fasa antar tegangan. Rele ini

dapat membedakan apakah gangguan yang terjadi berada di belakang (*reverse fault*) atau di depan (*forward fault*).

4. *Distance Relay*

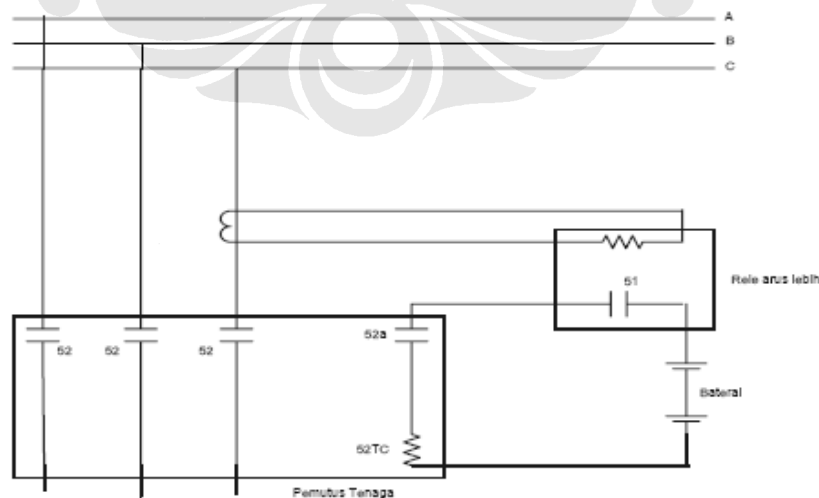
Rele ini biasa digunakan untuk proteksi pada saluran transmisi karena rele jarak dapat mengukur impedansi untuk mencapai titik tertentu. *Distance relay* dapat bekerja untuk mendeteksi gangguan hubung singkat yang terjadi antara lokasi rele dan batas jangkauan yang telah ditentukan.

5. *Ground Fault Relay*

Rele ini bekerja untuk mendeteksi gangguan ke tanah atau lebih tepatnya dengan mengukur besarnya arus residu yang mengalir ke tanah.

2.5.4 Pemutus Tenaga (*Circuit Breaker*)

Pemutus tenaga (PMT) atau *circuit breaker* (CB) merupakan peralatan yang dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik sesuai dengan kapasitas ratingnya. CB mempunyai kemampuan untuk memutuskan arus beban dan arus gangguan hubung singkat pada tegangan tinggi dalam waktu yang relatif sangat cepat. Energi mekanik yang diperlukan untuk membuka kontak utama diperoleh dari gaya pegas, tekanan hidrolik, tekanan pneumatik atau dari beberapa kombinasi diantaranya. Pada saat CB memutuskan atau menghubungkan arus listrik akan timbul busur api dan untuk memadamkan busur api tersebut digunakan beberapa bahan pada CB antara lain : minyak, udara dan gas.



Gambar 2.9. Rangkaian sederhana rele dan pemutus tenaga [2]