

BAB II

GANGGUAN PADA SALURAN TRANSMISI DAN PENGAMANNYA

2.1. Pendahuluan

Saluran transmisi digunakan untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh pusat-pusat pembangkit, karena pada umumnya pusat pembangkit letaknya jauh dari kota atau tempat energi listrik paling banyak digunakan, sehingga saluran transmisi mempunyai peranan penting dalam hal penyaluran daya (energi) listrik.

Operasi saluran transmisi tidak lepas dari terjadinya gangguan, terutama pada saluran transmisi udara, karena pada saluran transmisi udara rentan terhadap gangguan petir. Berbeda halnya dengan saluran transmisi kabel gangguan yang terjadi adalah gangguan mekanis yang disebabkan oleh pekerjaan diatas permukaan tanah.

Gangguan akan mengakibatkan kerusakan alat apabila tidak dilengkapi dengan sistem proteksi. Sistem proteksi pada saluran transmisi terdiri dari PMT yang dilengkapi dengan Pemisah serta dilengkapi dengan rele.

PMT berfungsi untuk memutus aliran energi listrik pada sistem yang terganggu. Tujuan dari operasi PMT ini kecuali untuk melindungi peralatan juga untuk melokalisir gangguan, sehingga membatasi area yang padam. PMT beroperasi atas perintah rele.

2.2. Gangguan pada saluran transmisi

Gangguan pada suatu sistem tenaga listrik adalah kejadian yang bisa menyebabkan jatuhnya atau tripnya PMT diluar kehendak operator, yang apabila dibiarkan bisa merusak peralatan karena mengalirnya arus gangguan.

Macam-macam gangguan pada saluran transmisi yaitu :

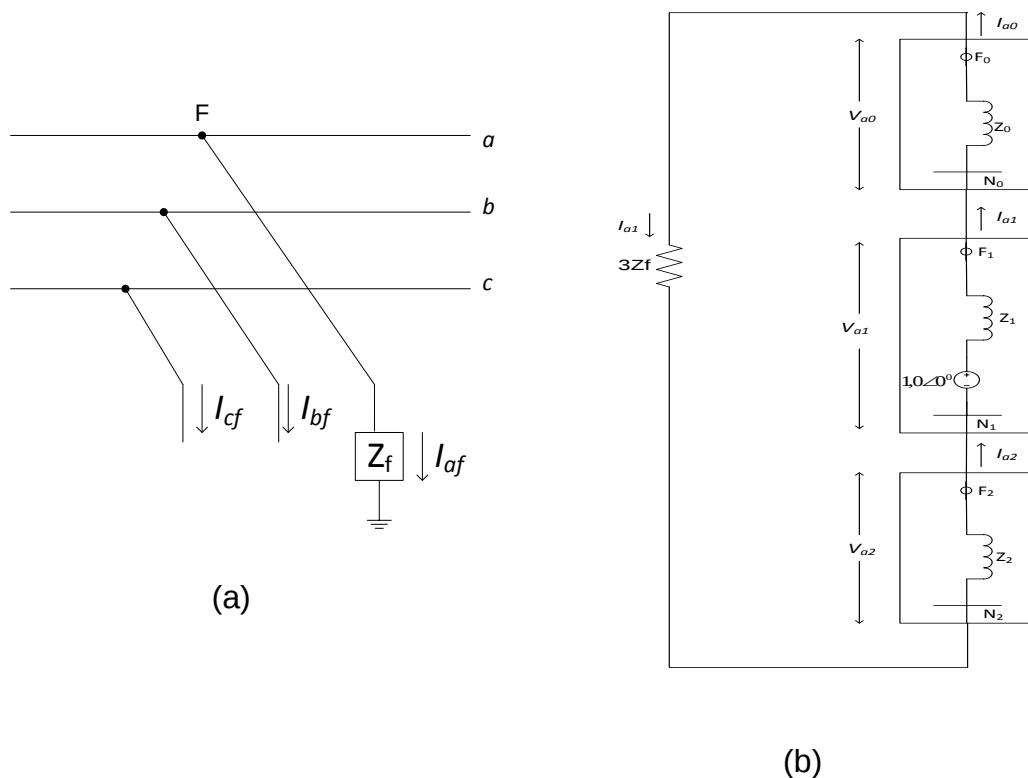
2.2.1. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan yang umumnya terjadi pada saluran transmisi adalah gangguan hubung singkat. Ada beberapa jenis gangguan hubung singkat yaitu hubung singkat simetris atau hubung singkat tiga fasa dan gangguan hubung singkat asimertis meliputi gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah dan gangguan hubung singkat 2 fasa. Hampir semua gangguan hubung singkat yang terjadi di jaringan transmisi adalah hubung singkat tak simetris. Setiap gangguan yang tidak simetris menyebabkan mengalirnya arus tidak seimbang dalam sistem, oleh karena itu metode komponen simetris berguna sekali dalam menganalisa arus dan tegangan di semua bagian sistem yang mengalami gangguan.

2.2.1.1 Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Pada umumnya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada sistem transmisi terjadi ketika satu penghantar fasanya terhubung singkat ke tanah baik secara langsung ($R_f=0$) atau tidak langsung ($R_f \neq 0$). Pada praktiknya gangguan ini kemungkinan terjadi akibat back flashover antara tiang ke salah satu kawat fasa transmisi sesaat setelah tiang tersambat petir atau salah satu kawat fasa

tersebut pohon yang cukup tinggi. Gambar 2.1 memperlihatkan gambaran umum dari gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada gangguan di titik F dengan impedansi Z_f . Gambar 2.1.(a) memperlihatkan gambaran umum dari gangguan satu fasa ke tanah pada gangguan di titik F dengan impedansi Z_f . Gambar 2.1.(b) memperlihatkan rangkaian ekivalen jaringan urutan.



Gambar 2.1. Gangguan satu fasa ke tanah

(a) gambaran umum ; (b) rangkaian ekivalen jaringan urutan

Pada analisa gangguan satu fasa ke tanah dimisalkan terjadi pada fasa a , dengan V_f adalah tegangan sebelum terjadi gangguan ($V_f = 1.0 \angle 0^\circ$ pu)

$$\text{Dimana, } I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{1.0 \angle 0^\circ}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\begin{bmatrix} I_{af} \\ I_{bf} \\ I_{cf} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.2)$$

Arus gangguan untuk fasa a adalah

$$I_{af} = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}$$

Atau

$$I_{af} = 3I_{a0} = 3I_{a1} = 3I_{a2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dari gambar 2.1 (a)

$$V_{af} = Z_f \cdot I_{af} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan mensubtitusikan persamaan (2.3) ke persamaan (2.4), tegangan pada fasa a adalah

$$V_{af} = 3Z_f \cdot I_{a1} \dots\dots\dots (2.5)$$

Pada gambar 2.1.(b) memperlihatkan rangjain jaringan urutan diseri, sehingga

$$V_{af} = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} + 3Z_f \cdot I_{a1} \dots\dots\dots (2.7)$$

Tegangan urutan nol, positif dan negatif bisa didapat dari persamaan.

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1,0\angle 0^\circ \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.8)$$

Gangguan satu fasa ke tanah pada fasa b dan c, tegangan di hubungkan untuk mengetahui komponen tegnagan fasa a dari persamaan matriks:

$$\begin{bmatrix} V_{af} \\ V_{bf} \\ V_{cf} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.9)$$

Adalah

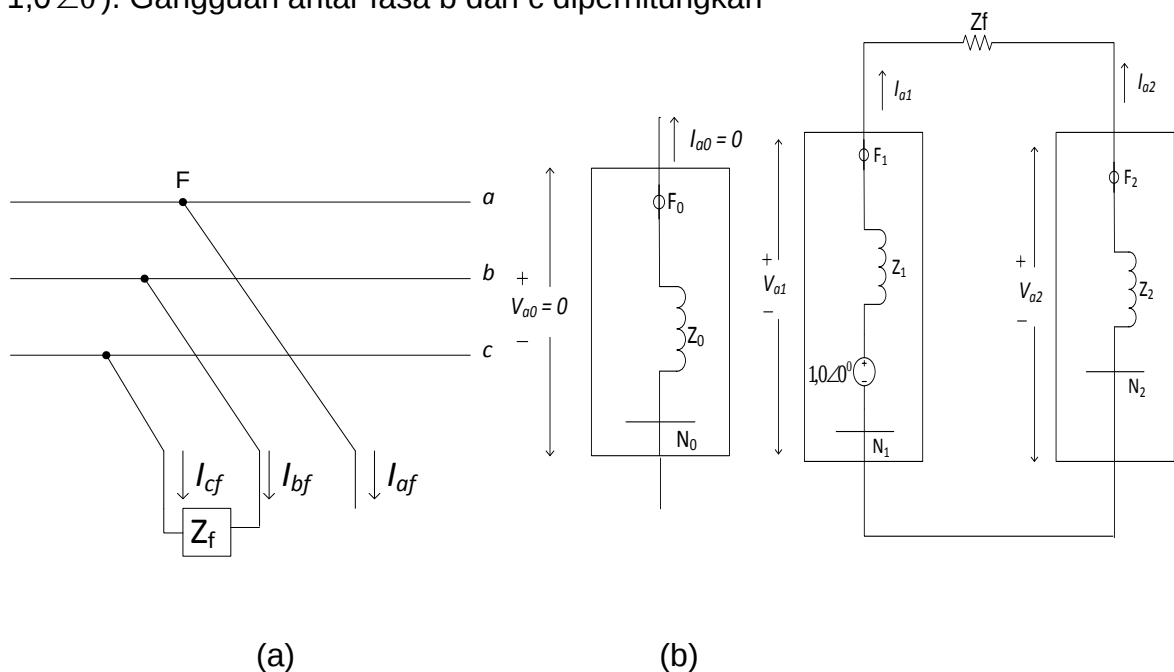
$$V_{bf} = V_{a0} + a^2 V_{a1} + a V_{a2} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dan

$$V_{cf} = V_{a0} + a V_{a1} + a^2 V_{a2} \dots\dots\dots (2.11)$$

2.2.1.2. Gangguan hubung singakt antar dua fasa

Pada umunnya gangguan antar dua fasa pada sistem transmisi terjadi ketika dua penghantar terhubung singkat. Gambar 2.2.(a) memperlihatkan gambaran umum dari gangguan antar dua fasa di tiik F fasa b dan c dengan impedansi gangguan Z_f . Gambar 2.2.(b) memperlihatkan rangkain ekivalen jaruingan urutan, dengan V_f adalah tegangan sebelum terjadi gangguan ($V_f = 1,0 \angle 0$). Gangguan antar fasa b dan c diperhitungkan



Gambar 2.2. Gangguan dua fasa

(a) gambaran umum ; (b) rangkaian ekivalen jaringan urutan

$$I_{af} = 0 \dots\dots\dots (2.12)$$

$$I_{bf} = -I_{cf} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$V_{bc} = V_b - V_c = Z_f \cdot I_{bf} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dari gambar 2.2.(b), arus urutan dapat digambarkan

$$I_{a0} = 0 \dots\dots\dots (2.15)$$

$$I_{a1} = -I_{a2} = \frac{1,0 \angle 0^\circ}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan mensubstitusikan pers (2.15) dan pers (2.16) ke dalam pers (2.2), arus gangguan untuk fasa b dan c adalah

$$I_{bf} = -I_{cf} = \sqrt{3} I_{a1} \angle -90^\circ \dots\dots\dots (2.17)$$

Untuk mendapatkan persamaan tegangan urutan, persamaan (2.15) dan (2.16) disubstitusikan ke dalam persamaan (2.8)

$$V_{a0} = 0 \dots\dots\dots (2.18)$$

$$V_{a1} = 1,0 \angle 0^\circ - Z_1 I_{a1} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$V_{a2} = -Z_2 I_{a2} = Z_2 I_{a1} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.18-2.20 ke pers 2.9, didapat tegangan fasa a,b, dan c dalam keadaan gangguan, pada titik gangguan (F)

$$\bullet \quad V_{af} = V_{a1} + V_{a2}$$

Atau

$$V_{af} = 1,0 \angle 0^\circ + I_{a1} (Z_2 - Z_1) \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\bullet \quad V_{bf} = a^2 V_{a1} + a V_{a2}$$

Atau

$$V_{bf} = a^2 + I_{a1} (aZ_2 - a^2Z_1) \dots\dots\dots (2.22)$$

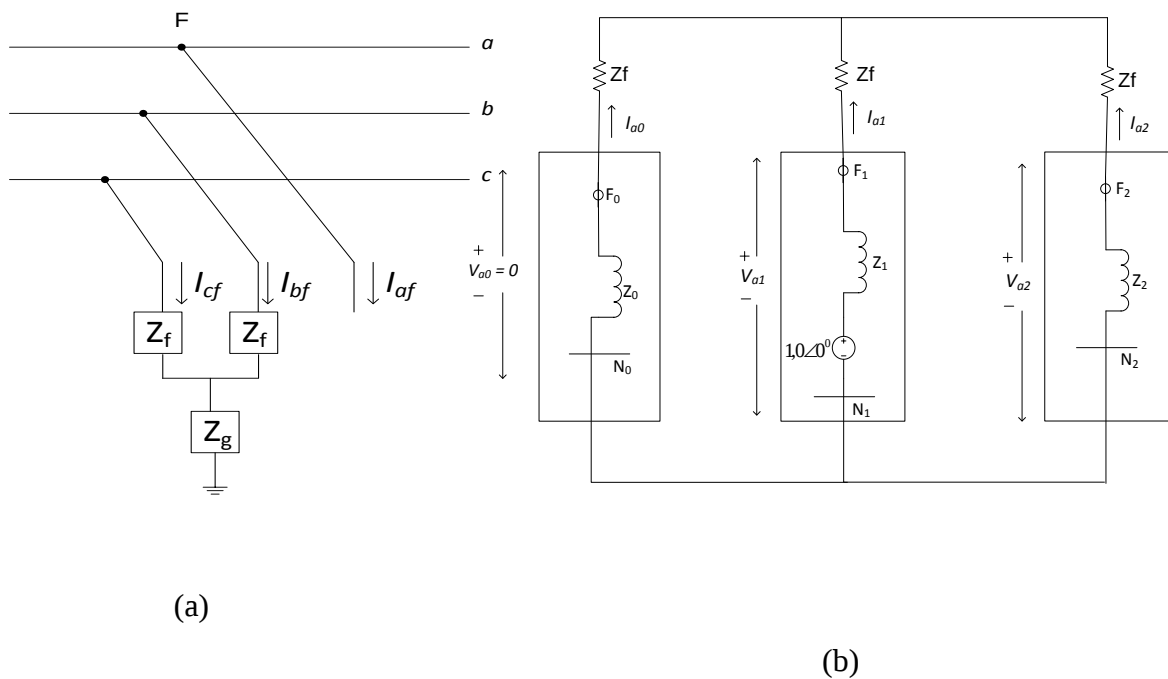
- $V_{cf} = aV_1 + a^2V_{a2}$

Atau

$$V_{cf} = a + I_{a1} (a^2Z_2 - aZ_1) \dots\dots\dots (2.23)$$

2.2.1.3. Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah

Pada umumnya, gangguan dua fasa ketanah pada sistem transmisi terjadi ketika konduktor berhubungan langsung dengan netral dari sistem pentanahan tiga fasa. Gambar 2.3.(a) memperlihatkan gambaran umum dari gangguan dua fasa ke tanah pada titik gangguan F dengan impedansi gangguan Z_f dan impedansi dari saluran ke tanah Z_g (yang mana nilainya sama dengan nol atau tak terhingga). Secara praktiknya gangguan ini kemungkinan terjadi karena rusaknya isolator di transmisi sekaligus dua fasa atau backflashover antara tiang dan dua kawat fasa sekaligus sewaktu tiang transmisi yang mempunyai tahanan kaki tinggi tersambar petir. Gambar 2.3.(b) menunjukkan rangkain ekivalen jaringan urutan, dengan V_f adalah tegangan sebelum terjadi gangguan ($V_f = 1 \angle 0$ pu)



Gambar 2.3. Gangguan dua fasa ke tanah

(a) gambaran umum ; (b) rangkaian ekivalen jaringan urutan

Untuk analisa gangguan dua fasa ke tanah dimisalkan fasa yang terganggu adalah pada fasa b dan c.

$$I_{af} = 0 \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

$$V_{bf} = (Z_f + Z_g) I_{bf} + Z_g I_{cf} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$V_{cf} = (Z_f + Z_g) I_{cf} + Z_g I_{bf} \dots\dots\dots (2.26)$$

Dari gambar 2.3.(b), arus urutan positif dapat digambarkan,

$$I_{a1} = \frac{1.0 \angle 0^\circ}{(Z_1 + Z_f) + \frac{(Z_2 + Z_f)(Z_0 + Z_f + 3Z_g)}{Z_0 + Z_2 + 2Z_f + 3Z_g}} \dots\dots\dots (2.27)$$

Arus urutan negative dan nol dapat dihitung dengan APA seperti

$$I_{a2} = - \left[\frac{(Z_0 + Z_f + 3Z_g)}{(Z_2 + Z_f) + (Z_0 + Z_f + 3Z_g)} \right] I_{a1} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$I_{a0} = - \left[\frac{(Z_2 + Z_f)}{(Z_2 + Z_f) + (Z_0 + Z_f + 3Z_g)} \right] I_{a1} \dots\dots\dots (2.29)$$

Arus gangguan untuk fasa b dan c dapat dibentuk dengan mensubstitusikan pers (2.27)-(2.29) ke dalam persamaan (2.2) jadi,

$$I_{bf} = I_{a0} + a^2 I_{a1} + a I_{a2} \dots\dots\dots (2.30)$$

Dan

$$I_{cf} = I_{a0} + a I_{a1} + a^2 I_{a2} \dots\dots\dots (2.31)$$

Tegangan urutan dapat dibentuk dari persamaan (2.8)

$$V_{a0} = - Z_0 I_{a0} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$V_{a1} = 1,0 \angle 0^\circ - Z_1 I_{a1} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$V_{a2} = - Z_2 I_{a2} \dots\dots\dots (2.34)$$

Tegangan fasa dapat dibentuk dari persamaan (2.9),

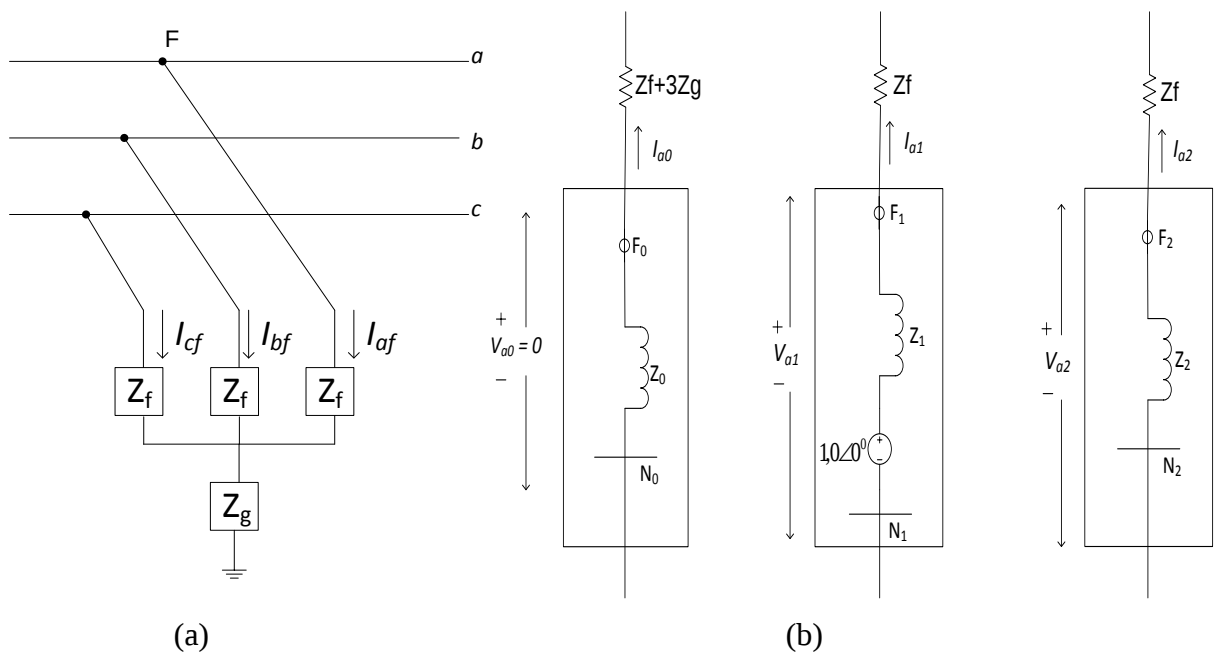
$$V_{af} = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} \dots\dots\dots (2.35)$$

$$V_{bf} = V_{a0} + a^2 V_{a1} + V_{a2} \dots\dots\dots (2.36)$$

$$V_{cf} = V_{a0} + V_{a1} + a^2 V_{a2} \dots\dots\dots (2.37)$$

2.2.1.4. Gangguan hubung singkat tiga fasa

Pada umumnya gangguan tiga fasa merupakan gangguan yang seimbang. Pada praktiknya gangguan ini kemungkinan terjadi akibat pohon yang cukup tinggi berayun sewaktu tertiup angin kencang sehingga menyentuh ketiga kawat transmisi. Gambar 2.4.(a) memperlihatkan rangkain ekivalen jaringan urutan, dengan V_f adalah tegangan sebelum terjadi gangguan ($V_f=1,0$)



Gambar 2.4. Gangguan tiga fasa

(a) gambaran umum ; (b) rangkaian ekivalen jaringan urutan

Arus urutan positif, negative dan nol dapat digambarkan seperti,

$$I_{a0} = 0 \dots\dots\dots (2.39)$$

$$I_{a2} = 0 \dots\dots\dots (2.40)$$

$$I_{a1} = \frac{1.0 \angle 0^\circ}{Z_1 + Z_f} \dots\dots\dots (2.41)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.39) – (2.41) kedalam per 2.2

$$\begin{bmatrix} I_{af} \\ I_{bf} \\ I_{cf} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ I_{a1} \\ 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.42)$$

Dari persamaan diatas

$$I_{af} = I_{a1} = \frac{1.0 \angle 0^\circ}{Z_1 + Z_f} \dots\dots\dots (2.43)$$

$$I_{bf} = a^2 I_{a1} = \frac{1,0 \angle 240^\circ}{Z_1 + Z_f} \dots\dots\dots (2.44)$$

$$I_{cf} = a I_{a1} = \frac{1,0 \angle 120^\circ}{Z_1 + Z_f} \dots\dots\dots (2.45)$$

Ketika jaringan urutan dihubung singkat dengan impedansi gangguannya,

$$V_{a0} = 0 \dots\dots\dots (2.46)$$

$$V_{a1} = Z_f \cdot I_{a1} \dots\dots\dots (2.47)$$

$$V_{a2} = 0 \dots\dots\dots (2.48)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (2.46) – (2.48) kedalam persamaan (2.9)

$$\begin{bmatrix} V_{af} \\ V_{bf} \\ V_{cf} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ V_{a1} \\ 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.49)$$

Sehingga

$$V_{af} = V_{a1} + Z_f I_{a1} \angle 0^\circ \dots\dots\dots (2.50)$$

$$V_{bf} = a^2 V_{a1} = Z_f I_{a1} \angle 240^\circ \dots\dots\dots (2.51)$$

$$V_{cf} = a V_{a1} = Z_f I_{a1} \angle 120^\circ \dots\dots\dots (2.52)$$

Sehingga, tegangan fasa-fasa menjadi

$$V_{ab} = V_{af} - V_{bf} = V_{a1} (1 - a^2) = \sqrt{3} Z_f I_{a1} \angle 30^\circ \dots\dots\dots (2.53)$$

$$V_{bc} = V_{bf} - V_{cf} = V_{a1} (a^2 - a) = \sqrt{3} Z_f I_{a1} \angle -90^\circ \dots\dots\dots (2.54)$$

$$V_{ca} = V_{cf} - V_{af} = V_{a1} (a - 1) = \sqrt{3} Z_f I_{a1} \angle 150^\circ \dots\dots\dots (2.55)$$

2.2.2. Gangguan tegangan lebih

Gangguan tegangan lebih adalah gangguan dimana peralatan atau sistem mendapat tegangan lebih. Tegangan lebih dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Tegangan lebih dengan frekuensi kerja (power frequency)
2. Tegangan lebih surja

Tegangan lebih dengan frekuensi kerja, terjadi misalnya karena

- Kehilangan beban atau penurunan beban di jaringan akibat switching karena gangguan atau karena menuver.
- Gangguan pada AVR pada generator atau pada sadapan beban (onload tap changer) dari tenaga

Tegangan lebih surja dapat dibedakan :

- Surja petir
Petir dapat menyambar langsung ke konduktor fasa, atau menyambar kawat tanah atau tiang SUTT yang selanjutnya menyebabkan flashover, atau menyambar tanah atau obyek lain dekat SUTM atau SUTT yang semuanya dapat mengakibatkan hubung singkat atau gangguan tanah
- Surja hubung
Hubung singkat atau bekerjanya PMT dapat menimbulkan tegangan transient yang tinggi, namun biasanya tidak setinggi surja petir untuk SUTM

atau SUTT. Untuk sistem tegangan ekstra tinggi, surja hubung bisa lebih dominan sebagai penyebab terjadinya gangguan dari pada surja petir.

2.3. Akibat Gangguan

Gangguan-gangguan yang terjadi pada saluran transmisi dapat mengakibatkan :

- Kerusakan pada alat yang terganggu dan yang dilalui arus gangguan
- Terputusnya unit pelayanan (pemadaman aliran listrik)

2.4. Proteksi dari sistem transmisi

Sistem proteksi pada saluran transmisi melindungi saluran dan peralatan terhadap kerusakan karena mengalirnya arus hubung singkat atau masuknya tegangan lebih dengan cara menghilangkan gangguan yang terjadi secara cepat dan tepat. Selain itu juga dapat berfungsi untuk membatasi daerah yang terkena gangguan seminimum mungkin sehingga mutu dan keandalan penyaluran terjamin.

2.4.1. Fungsi dan Peranan Rele Proteksi

Rele berfungsi memerintahkan PMT bekerja apabila besaran-besaran yang dideteksi oleh CT dan atau VT melebihi setting dari besaran-besaran listrik. PMT berfungsi untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu disistem ketenagalistrikan. Secara garis besar kerja dari sistem proteksi adalah sebagai berikut:

1. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya yang dapat membahayakan peralatan atau sistem.
2. Melepaskan (memisahkan) bagian sistem yang terganggu atau yang mengalami keadaan abnormal lainnya secepat mungkin sehingga kerusakan instalasi yang terganggu atau yang dilalui arus gangguan dapat dihindari atau dibatasi seminimum mungkin dan bagian sistem lainnya tetap dapat beroperasi..
3. Memberikan pelayanan keandalan dan mutu listrik yang terbaik kepada konsumen.
4. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

2.4.2. Syarat-syarat Rele Proteksi

Dalam perencanaan sistem proteksi, maka untuk mendapatkan suatu sistem proteksi yang baik diperlukan persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Sensitif.

Suatu rele proteksi bertugas mengamankan peralatan atau suatu bagian tertentu dari suatu sistem tenaga listrik, alat atau bagian sistem yang termasuk dalam jangkauan pengamanannya.

Rele proteksi mendeteksi adanya gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan harus cukup sensitif untuk mendeteksi gangguan tersebut dengan rangsangan minimum dan bila perlu hanya mentripkan pemutus

tenaga (PMT) untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu, sedangkan bagian sistem yang sehat dalam hal ini tidak boleh terbuka.

2. Selektif.

Selektivitas dari relay proteksi adalah suatu kualitas kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan. Bagian yang terbuka dari suatu sistem oleh karena terjadinya gangguan harus sekecil mungkin, sehingga daerah yang terputus menjadi lebih kecil.

Rele proteksi hanya akan bekerja selama kondisi tidak normal atau gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan tidak akan bekerja pada kondisi normal atau pada keadaan gangguan yang terjadi diluar daerah pengamanannya.

3. Cepat.

Makin cepat rele proteksi bekerja, tidak hanya dapat memperkecil kemungkinan akibat gangguan, tetapi dapat memperkecil kemungkinan meluasnya akibat yang ditimbulkan oleh gangguan.

4. Andal.

Dalam keadaan normal atau sistem yang tidak pernah terganggu relay proteksi tidak bekerja selama berbulan-bulan mungkin bertahun-tahun, tetapi relay proteksi bila diperlukan harus dan pasti dapat bekerja, sebab apabila relay gagal bekerja dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih parah pada peralatan yang diamankan atau mengakibatkan bekerjanya relay lain sehingga daerah itu mengalami pemadaman yang lebih luas.

Untuk tetap menjaga keandalannya, maka rele proteksi harus dilakukan pengujian secara periodik.

5. Ekonomis.

Dengan biaya yang sekecilnya-kecilnya diharapkan rele proteksi mempunyai kemampuan pengamanan yang sebesar-besarnya.

6. Sederhana.

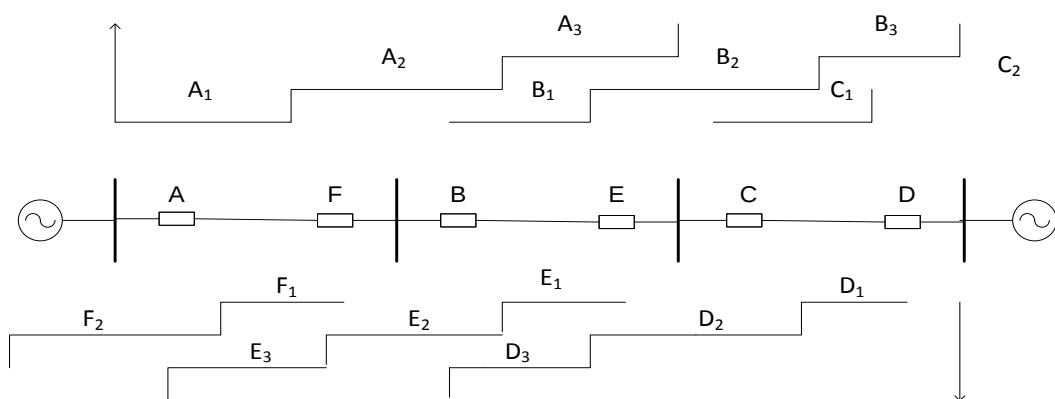
Perangkat rele proteksi disyaratkan mempunyai bentuk yang sederhana dan fleksibel.

2.4.3. Penerapan sistem proteksi pada saluran transmisi

2.4.3.1. Sistem rele jarak

Sistem ini dipakai untuk mengamankan saluran transmisi terhadap hubungan singkat antar fasa dan antara fasa dengan tanah (dalam hal system dibumikan efektif. Gambar 5.6 menunjukkan contoh penerapan pada sistem penjatuhan daerah bertingkat (zone tripping). Tingkat pertama $A1 - F1$ ($A1$ adalah zone kerja1 relai A dan $F1$ adalah Zone kerja 1 dari relai B) dipasang pada jarak 70-90% dari daerah yang dilindungi, sehingga penjatuhan (tripping) dari daerah tersebut berlangsung dengan kecepatan tinggi. Guna menjamin bekerjanya pengamanan disekitar terminal daerah tersebut, maka diadakan pengamanan tingkat kedua $A2 - F2$ ($A2$ adalah zone kerja 2 relai A dan $F2$ adalah Zone kerja 2 dari relai B) yang dipasang pada jarak 120 -150% dari daerah tersebut, dengan pengunduran waktu tertentu. Tingkat ketiga $A3 - F3$ ($A3$ adalah zone kerja3 relai A dan $F3$ adalah Zone kerja 3 dari relai B) dipasang pada jarak yang lebih jauh lagi dengan system penundaan waktu bekerja yang lebih yang lama dari tingkat kedua. Kelebihan system ini dibandingkan dengan system arus lebih terletak pada

kemampuannya untuk bekerja dengan kecepatan tinggi (karena rele hanya bekerja pada daerah yang dilindungi saja), sehingga ia sesuai swekali untuk melindungi saluran-saluran transmisi. Kelebihannya terhadap system arus lebih terletak pada ketidak-tergantungannya pada besarnya arus hubung singkat. Namun biayanya lebih mahal. Hal yang perlu dicatat dalam penggunaan rele jarak adalah persoalan yang mungkin timbul karena kesalahan dalam pengukuran jarak, misalnya, dalam hal saluran transmisi dengan banyak terminal, karena bercabang ditengah atau bila salah satu terminalnya mempunyai sumber daya.



Gambar 2.5. Pengamanan Saluran dengan Rele Jarak

2.4.3.2. Rele Arus Differensial

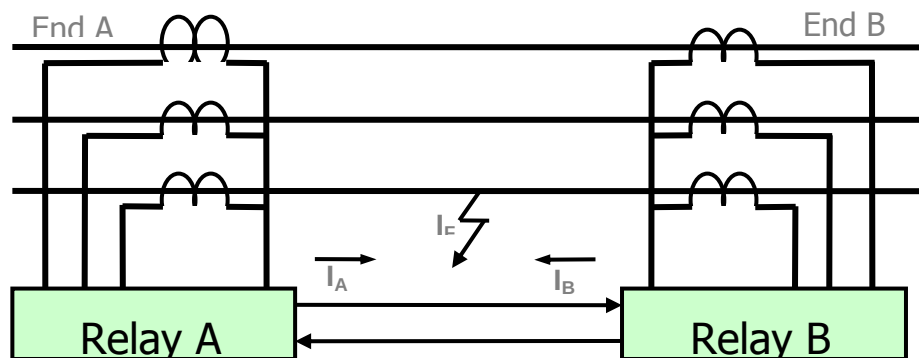
Prinsip kerja pengaman differensial arus saluran transmisi mengadaptasi prinsip kerja diferensial arus, yang membedakannya adalah daerah yang diamankan cukup panjang sehingga diperlukan :

- Sarana komunikasi antara ujung-ujung saluran.

- Rele sejenis pada setiap ujung saluran.

Karena ujung-ujung saluran transmisi dipisahkan oleh jarak yang jauh maka masing-masing sisi dihubungkan dengan :

- kabel pilot
- saluran telekomunikasi : microwave, fiber optic.



Gambar 2.6. Rele arus differensial

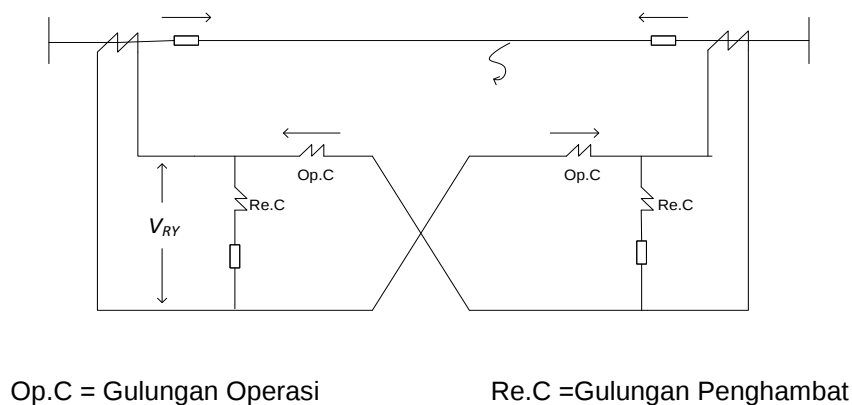
Cara kerja rele differential arus terlihat pada gambar 2.6 apabila tidak terjadi gangguan pada saluran transmisi maka besarnya arus I_A dan I_B adalah sama tetapi arahnya arusnya berlawananana sehingga penjumlahan antara $I_A + I_B = 0$, sehingga rele tidak bekerja. Apabila terjadi gangguan maka besarnya I_A dan I_B tidak sama karena adanya arus gangguan sehingga $I_A + I_B \neq 0$ dan rele akan bekerja.

2.4.3.3. Rele kabel pliot

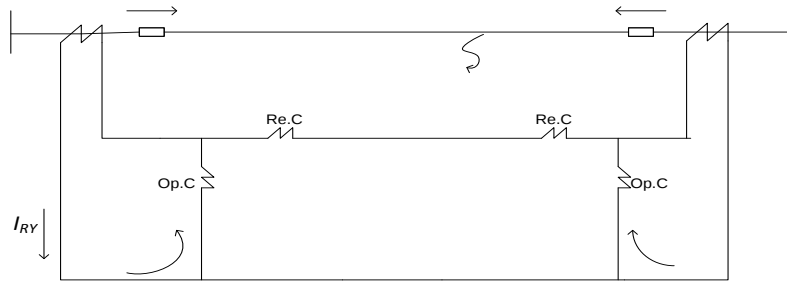
Rele kabel pilot umumnya diterapkan untuk mengatasi kesulitan koordinasi dengan relai arus lebih pada jaringan yang kompleks atau sangat pendek , dan kesulitan koordinasi dengan relai jarak untuk jaringan yang sangat pendek. Cara

kerja rele kabel pilot adalah dengan prinsip tegangan berlawanan dan prinsip arus bersirkulasi.

Gambar 2.9 menunjukkan rele kabel pilot dengan prinsip tegangan berlawanan dalam keadaan normal arus tidak mengalir, bila terjadi gangguan hubung singkat, maka arus yang mengalir pada kedua ujung saluran berbeda, sehingga terjadi perbedaan potensial antara ujung yang satu dengan ujung yang lain. Akibatnya arus mengalir dalam gulungan kerja (operating coil) yang menyebabkan rele bekerja. Cara kerja rele kabel pilor dengan arus bersirkulasi terdapat pada gambar 2.8 yang apabila dalam keadaan normal arus mengalir melalui trafo arus dan kabel pilot. Arus yang bekerja pada keadaan normal bekerja pada gulunga penghambat (restraining coil) sehingga rele tidak bekerja. Bila ada gangguan hubung singkat, terjadi perbedaan arus pada kedua ujung saluran yang menyebabkan bekerjanya rele oleh gulungan kerja. Untuk menghindari dari pengaruh induksi, terutama dalam keadaan hubung singkat, perlu dipasang trafo isolasi.



Gambar 2.7. Sistem rele pilot kawat dengan prinsip tegangan berlawanan

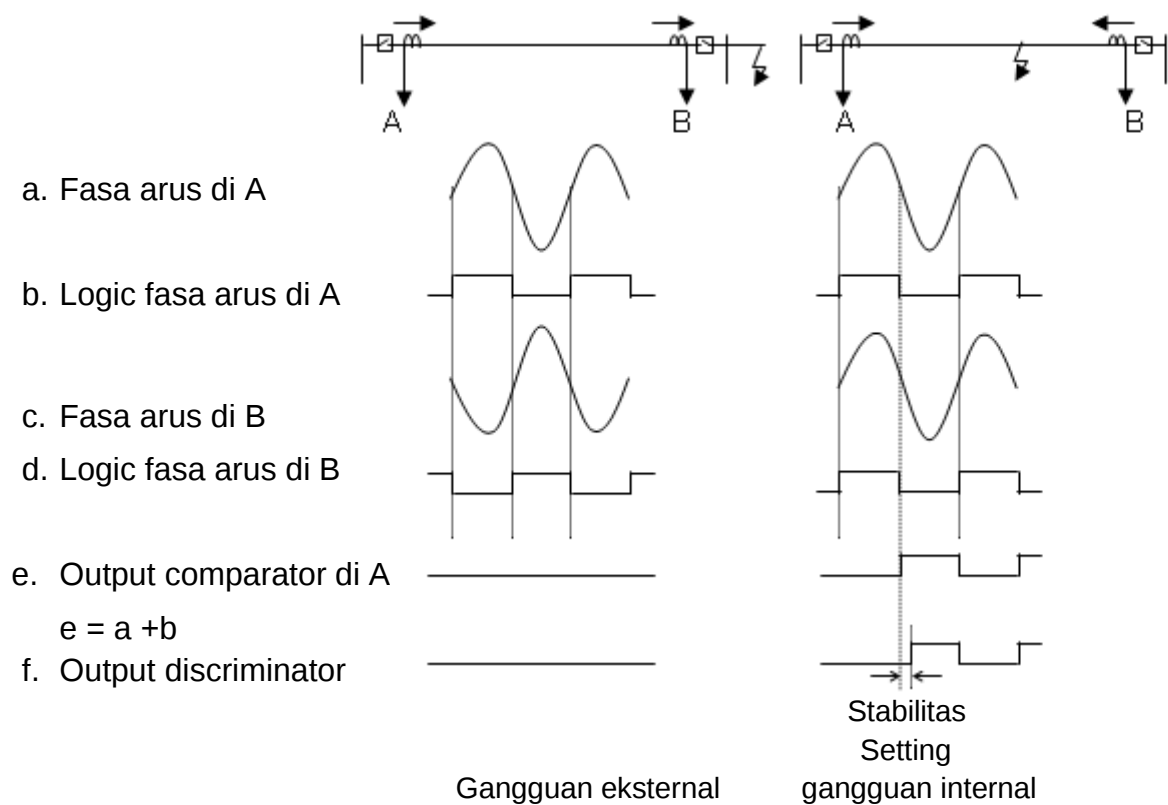


Gambar 2.8. Sistem rele pilot kawat dengan prinsip arus bersirkulasi

2.4.3.4. Rele perbandingan fasa

Prinsip kerja membandingkan sudut fasa antara arus yang masuk dengan arus yang keluar daerah pengaman.

Prinsip kerja diperlihatkan pada gambar 2.9, dimana pada saat gangguan internal output dari comparator memberikan nilai 1



Gambar 2.9. rele perbandingan fasa

