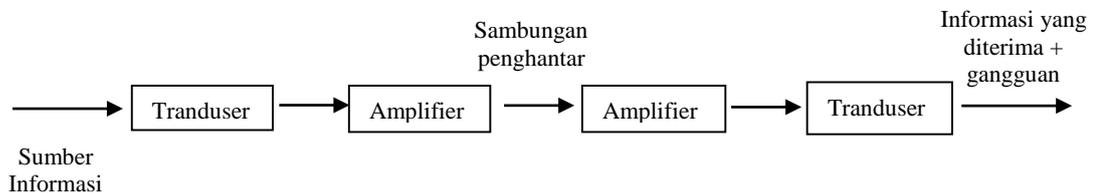


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Umum

Sistem telekomunikasi PLC digunakan sebagai media komunikasi suara, data, telemetering, indikasi peralatan pemutus beban yang dikendalikan dari gardu – gardu induk ke pusat kendali *Area Control Center* (ACC). Sinyal yang diterima di ACC merupakan *Voice Band Signal* melalui transduser. Transduser disini adalah suatu alat pengubah sinyal dari suatu bentuk ke bentuk lain. Jika suatu sinyal elektronika disampaikan ke satu tujuan melalui suatu kawat penghantar dengan suatu kecepatan mendekati kecepatan cahaya, maka ditempat tujuan dibutuhkan suatu transduser lain untuk mengubah sinyal elektronika tersebut, untuk kembali ke sinyal aslinya seperti yang terdapat pada gambar (2.1).



Gambar 2.1 Hubungan Saluran Komunikasi Satu Arah⁶

Penggunaan fasilitas saluran PLC tergantung pada kebutuhan secara nyata dan hal ini dapat direncanakan untuk perluasan jalur beban *Load Dispatching Centre* untuk masa – masa yang akan datang. Penggunaan PLC untuk kebutuhan komunikasi yang relatif kecil, memang sangat baik karena sistem ini hanya membutuhkan biaya yang relatif lebih murah bila dibandingkan dengan sistem – sistem yang lain, karena sistem PLC ini menggunakan fasilitas atau perkembangan

⁶ PH Smale, *Sistem Telekomunikasi Edisi II*, halaman 2-4

dari sistem telekomunikasi. Hal ini disebabkan karena telah sesaknya frekuensi yang ada yang telah dipakai dari sistem tersebut.

Selain hal tersebut diatas, karena sistem PLC menggunakan fasilitas saluran transmisi maka akan timbul beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :²

- a. Adanya gangguan pada saluran transmisi yang dapat mengurangi keandalan dari sistem tersebut.
- b. Karena pada saluran transmisi membutuhkan perawatan sehingga akan mengakibatkan berkurangnya keandalan dan daya guna sistem PLC tersebut.
- c. Adanya perubahan susunan atau konfigurasi dari saluran penghantar serta adanya *trapping* (jebakan) pada saluran penghantar apabila diperlukan oleh kebutuhan – kebutuhan sistem tenaga listrik, sehingga akan mengakibatkan adanya perubahan (modifikasi) dari sistem PLC tersebut yang akan mengurangi fleksibilitas dari sistem pengoperasiannya.

1.1 Peralatan *Power Line Carrier* (PLC)

1.1.1 Saluran udara tegangan tinggi (SUTT)

Selain digunakan membawa energi dari sumber ke beban, Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) ini digunakan juga sebagai media perambatan dalam menyalurkan sinyal informasi. Untuk dapat menyalurkan sinyal informasi melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) maka dilakukan dengan cara menggandengkan peralatan terminal ke kawat fasa dari SUTT tersebut. Adapun pengkoplingan tersebut dilaksanakan dengan bantuan peralatan kopling tuning, dimana selain digunakan untuk berfungsi sebagai filter yaitu untuk melalukan sinyal pembawa yang mengandung informasi dan memblok sinyal berfrekuensi 50 Hz yang berasal dari peralatan terminal. Saluran Udara Tegangan Tinggi digunakan untuk menyalurkan energi pada *power* frekuensi (pf), dengan demikian bahwa rugi

² Fahrul Marzuki, *Aplikasi Power Line Carrier (PLC) Untuk Komunikasi Pada Daerah Pedalaman*, halaman 2

- rugi (I^2R) harus sekecil mungkin Antara 0,1 – 1,5%. Ada beberapa jenis saluran transmisi tergantung kepada aplikasi dan frekuensi yang digunakan. Panjang saluran dapat berupa bagian dari panjang gelombang

1.1.2 Teknik perambatan sinyal informasi

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dipakai untuk menyalurkan energy listrik dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan memperhitungkan rugi-rugi daya (I^2R) sekecil mungkin. Begitu pula didalam teknik telekomunikasi yang memakai saluran kawat terbuka sebagai media komunikasi, akan diperlukan pemancar yang cukup tinggi diantara 10 dB sampai 100 dB.

Suatu transmisi tidak hanya memiliki nilai resistif saja, akan tetapi juga mempunyai reaktansi (X) yang terdiri dari; induktansi (X_L) dan kapasitansi (X_C) antara kawat – kawatnya, dimana:

$$\text{Reaktansi dari L adalah : } X_L = 2 \pi f L (\Omega) \dots\dots\dots (2.1)^8$$

$$\text{Reaktansi dari C adalah : } X_C = \frac{1}{2 \pi f c} (\Omega) \dots\dots\dots (2.2)^8$$

Keterangan : X_L = Reaktansi Induktif (Ω)

X_C = Reaktansi Kapasitif (Ω)

L = Induktansi (Henry)

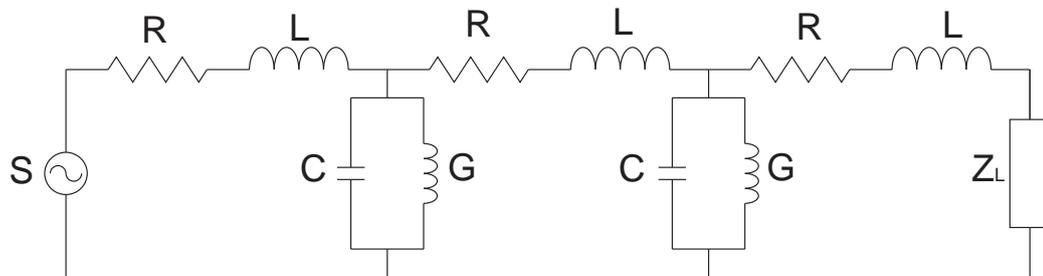
C = Kapasitansi (Farad)

F = Frekuensi (Hertz)

Adanya nilai reaktansi ini akan mengakibatkan timbulnya rugi – rugi daya. Nilai reaktansi ini merupakan besaran – besaran yang terdistribusi sepanjang saluran yaitu besaran R (hambatan) dan L (induktansi) yang terhubung seri, serta G (admittansi) dan C (kapasitansi) yang terhubung paralel dengan saluran seperti gambar yang terlihat pada gambar (2.2) dibawah ini. ⁵

⁸ Theraja B.L, *Worked Examples In Electrical Technology*, New Delhi: S.Chand Ltd, halaman 261

⁵ Blake Roy, *Electronic Communication System*, New Delhi: Thomson Learning, halaman 459



Gambar 2.2 Rangkaian Ekuivalen Saluran Transmisi⁵

Jika sumber tenaga listrik diberikan pada terminal masukan dari saluran transmisi, maka arus dan tegangan yang akan mengalir disepanjang saluran akan terdiri dari dua macam yaitu tegangan yang mengalir dari sisi pengiriman menuju ke sisi penerima dan tegangan yang mengalir dari sisi penerima menuju ke sisi pengirim.

Perbandingan antara masing – masing tegangan dan arus tersebut sepanjang saluran disebut impedansi karakteristik (Z_o) yang dinyatakan dalam satuan Ω dengan rumus sebagai berikut:

$$Z_o = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \dots\dots\dots (2.3)^5$$

Pada suatu telekomunikasi dimana gelombang pembawa menggunakan frekuensi tinggi maka dari rumus diatas dapat disimpulkan bahwa $j\omega L \gg R$ dan $j\omega C \gg G$ sehingga besarnya R dan G dapat diabaikan.dengan demikian impedansi karakteristik saluran pada daerah frekuensi pembawa yang digunakan PLC dapat dinyatakan sebagai:

$$Z_o = \sqrt{L/C} \dots\dots\dots (2.4)^5$$

Keterangan : Z_o = Impedansi Karakteristik (Ω)

⁵ Blake Roy, *Electronic Communication System*, New Delhi: Thomson Learning, halaman 459

L = Induktansi (Henry)

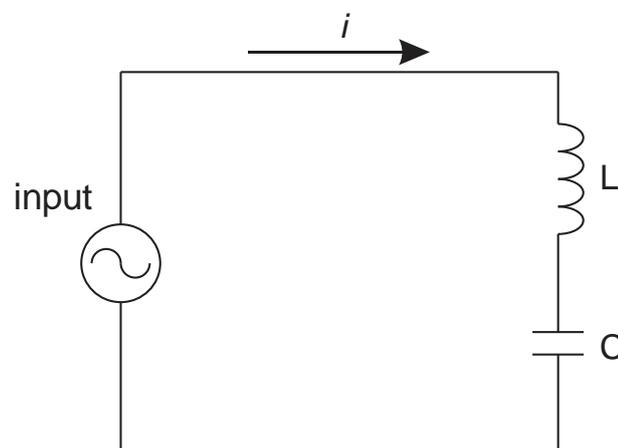
C = Kapasitansi (Farad)

Jadi dapat diasumsikan bahwa sinyal informasi merambat disepanjang saluran transmisi tanpa mengganggu frekuensi jala – jala 50 Hz yang mengalir dipenampang kawat. Dengan kata lain bisa dianggap oleh PLC bahwa Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) berfungsi sebagai antena saja ⁵.

1.1.3 Teknik resonansi

Untuk menyalurkan sinyal pembawa dari terminal PLC ke SUTT, maka diperlukan sistem kopling yang memiliki fungsi memblokir frekuensi dari terminal PLC agar tidak masuk ke peralatan gardu induk dan ada yang bertugas melewatkan frekuensi 150 KHz dari terminal.

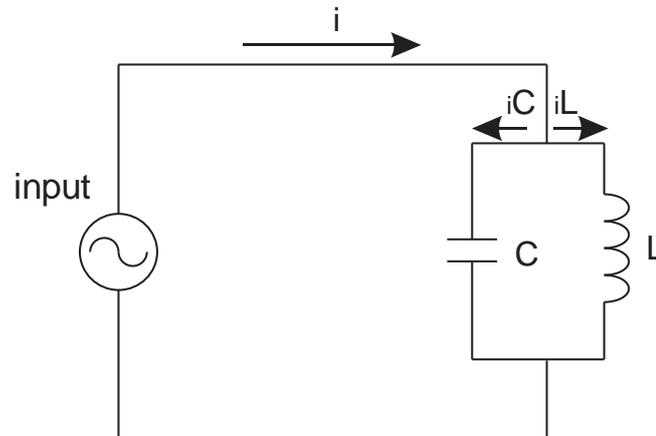
Untuk keperluan ini dipergunakan teori – teori tentang rangkaian osilasi yang terdiri dari rangkaian resonansi seri dan resonansi paralel seperti yang dijelaskan pada gambar (2.3.a) dan gambar (2.3.b). ³



Gambar 2.3.a. Resonansi Seri

⁵ Blake Roy, *Electronic Communication System*, New Delhi: Thomson Learning, halaman 461

³ Rudi Mulyadi, *Aplikasi Teknologi PLC Pada Infrastruktur Jaringan Tegangan Menengah 20KV dan Tegangan Rendah 220V Untuk Komunikasi Data Automatic Meter Reading*, Bandung: UPI, halaman 4



Gambar 2.3.b. Resonansi Paralel

- a. Untuk resonansi seri arus maksimum :

$$i = i_L + i_C \dots\dots\dots (2.5)^3$$

- b. Untuk resonansi paralel arus minimum :

i_L berlawanan arah karena sifat *coil* sehingga menjadi,

$$i = -(i_L) + i_C$$

$$i = i_C - i_L \dots\dots\dots (2.6)^3$$

Keterangan : X_L = Impedansi induktansi

X_C = Impedansi kapasitansi

L = Induktansi

C = Kapasitansi

i_L = Arus induktansi

i_C = Arus kapasitansi

f_0 = Frekuensi resonansi

³ Rudi Mulyadi, *Aplikasi Teknologi PLC Pada Infrastruktur Jaringan Tegangan Menengah 20KV dan Tegangan Rendah 220V Untuk Komunikasi Data Automatic Meter Reading*, Bandung: UPI, halaman 4

Dari persamaan rumus diatas dapat diasumsikan bahwa pada resonansi seri akan mempunyai sifat berimpedansi minimum dan arus maksimum sedangkan resonansi paralel akan mempunyai sifat berimpedansi maksimum dan arus minimum.

1.1.4 *Wave trap*

Wave Trap sering juga disebut dengan *Line Trap* atau *Blocking Coil*. *Wave Trap* adalah suatu peralatan yang merupakan rangkaian resonansi yang dipasang secara seri pada saluran transmisi dan berfungsi menyaring arus frekuensi tinggi yang datang dari stasiun lawan maupun dari pancaran stasiun sendiri agar tidak masuk keperalatan Gardu Induk seperti transformator, alat – alat pengukuran kepanel kendali yang di hubungkan ke tanah, sehingga kedua fungsi peralatan listrik dan komunikasi tidak saling mempengaruhi (interferensi).

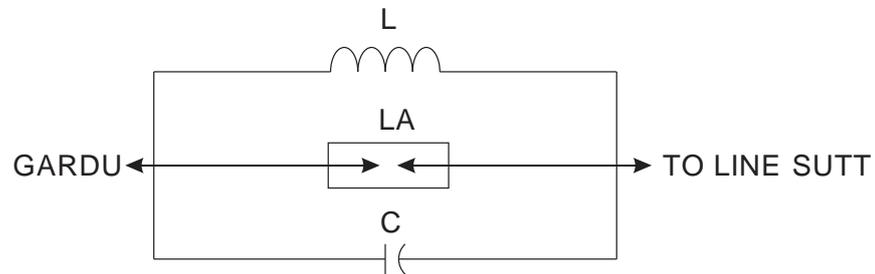
Cara pemasanganya yaitu hubung seri dengan line media tegangan tinggi dan harus memperhatikan rating maksimum arus beban secara terus menerus. Demikian juga konstruksinya harus mampu menahan maksimum arus gangguan serta tekanan dan gerak pada instalasi jaringan listrik. Penempatan *wave trap* bisa diletakkan diatas CVT dan bisa juga digantung tersendiri ⁴. *Wave trap* dirangkai dari tiga komponen – komponen utama seperti terlihat pada gambar (2.4) dibawah ini.

Keterangan : L = Kumparan (Henry)

LA = *Lightning Arrester*

C = Kapasitor Penala (Farad)

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera.2007, *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX*, Padang, halaman 19



Gambar 2.4 Rangkaian Wave Trap⁴

a. kumparan (L)

Kumparan ini berfungsi untuk menyalurkan arus listrik 50 Hz yang datang dari pembangkit menuju gardu induk. Dengan demikian kumparan ini harus dapat bertahan terhadap arus nominal dan arus hubung singkat yang mungkin dan bisa timbul pada jaringan tegangan tinggi. Biasanya kumparan terbuat dari aluminium atau tembaga dan mempunyai harga induktansi yang bermacam-macam: misalnya 0,2 mH; 0,32 mH; 0,4 mH; 1mH, yang akan menghasilkan suatu resonansi untuk keperluan komunikasi.

b. *lightning arrester* (LA)

Berfungsi untuk mengamankan *wave trap* dari tegangan yang lebih yang disebabkan oleh sambaran petir pada saluran transmisi.

c. kapasitor penala (C)

Kapasitor ini dipasang secara paralel bersama dengan kumparan yang membentuk suatu resonansi sampai diperoleh lebar bidang tertentu yang dapat memblokir frekuensi penala sehingga tidak masuk ke gardu induk. Untuk memperoleh nilai kapasitor yang sesuai dengan kebutuhan dapat dilakukan dengan kombinasi seri dan paralel. Frekuensi resonansi dapat dihitung dengan :

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera.2007,*Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX*, Padang, halaman 19

$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$2\pi f = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{1/LC}} \dots\dots\dots (2.7)^4$$

Frekuensi f_R adalah resonansi *wave trap* yang harus sama dengan frekuensi PLC. Dengan demikian sifat alat ini adalah menahan atau memblokir frekuensi *carrier*. Hal ini dapat terjadi karena besarnya frekuensi *wave trap* dicapai pada frekuensi resonansi dari *wave trap* itu sendiri. Impedansi rangkaian L dan C dapat dituliskan dalam bentuk:

$$Z = \frac{jX_L(-jX_C)}{jX_L(-jX_C)} (\Omega)$$

$$Z = \frac{\omega L / \omega C}{j(\omega L - 1/\omega C)} (\Omega)$$

$$Z = \frac{\omega L}{j(\omega^2 LC - 1)} (\Omega) \dots\dots\dots (2.8)^4$$

Jadi fungsi utama *wave trap* pada jaringan PLC adalah :

- a. Menetapkan secara pasti impedansi line tegangan tinggi terhadap perubahan konfigurasi *primer switchyard*.
- b. Mencegah perubahan atau penurunan level signal akibat propagasi line media dan *switchyard*.

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera.2007,*Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX*, Padang, halaman 20

- c. Memblokir *signal* RF (frekuensi tinggi) ke bagian – bagian lain peralatan *power* sistem.

Adapun cara kerja *wave trap* dapat dijelaskan sebagai berikut:

Reaktansi sebuah kumparan adalah: $X_L = 2 \pi f L$. Besar kecilnya nilai reaktansi tergantung dari nilai kumparan L (Henry) dan harga frekuensi yang melewatinya Hz (Hertz). *Wave trap* akan mempunyai nilai reaktansi yang tinggi terhadap frekuensi tinggi, sebaliknya reaktansi akan rendah pada frekuensi rendah. Dengan nilai kumparan di kombinasikan dengan tuning unit yang sesuai dengan band frekuensi kerja PLC akan menahan frekuensi kerja terminal PLC sedangkan untuk frekuensi power sistem 50 Hz akan tetap terlewatkan tanpa hambatan yang berarti.

1.1.5 Kopling kapasitor (*Coupling capacitor*)

Kopling kapasitor (CC) adalah suatu peralatan yang menghubungkan dua buah sistem yang berbeda. Kedua sistem yang dimaksud adalah sistem tenaga listrik dan sistem telekomunikasi PLC, yang mempunyai karakteristik yang berbeda yaitu karakteristik frekuensi, tegangan dan impedansi.

Fungsi dari kopling kapasitor ini adalah untuk menyalurkan informasi antara peralatan dan penerima dengan saluran transmisi tegangan tinggi atau dengan kata lain meneruskan frekuensi tinggi yang dibangkitkan oleh transmiter ke saluran transmisi tegangan tinggi dan sebaliknya menerima frekuensi tinggi dari penghantar tegangan tinggi untuk diteruskan ke *receiver*. Kopling kapasitor (CC) akan mencegah tegangan tinggi dari (SUTT) untuk memasuki peralatan *Single Side Band* (SSB). Hal ini dapat disebabkan oleh berubahnya impedansi dari kapasitor yang berbanding terbalik dengan frekuensi, hubungan nilai impedansi ini sama dengan persamaan (2.2).

Nilai reaktansi besar atau kecil tergantung harga kapasitansi C (farad) dan nilai frekuensi *f* (Hertz) yang melalui kopling kapasitor. Kopling kapasitor akan mempunyai nilai reaktansi yang kecil terhadap frekuensi yang tinggi dan akan mempunyai reaktansi yang besar terhadap arus frekuensi rendah (50Hz).

Kopling kapasitor biasanya terbuat dari beberapa elemen kapasitor kertas yang dihubungkan seri dan dicelupkan dalam minyak. Badan kapasitor terbuat dari silinder porselin yang dibuat berlekuk – lekuk seperti susunan piring yang dilengkapi dengan elektroda metal yang terpasang kuat pada ujung – ujungnya. Konstruksi ini harus kuat menahan gaya tekan maupun gaya listrik yang ditimbulkan oleh kawat penghantar pada lokasi operasinya. Tegangan nominal kapasitor adalah tegangan phasa ke phasa saluran transmisi yang digunakan, walaupun tegangan kerjanya adalah phasa ke tanah.

Jenis kapasitor yang digunakan harus tahan pada tegangan kejut atau tegangan surja petir, tegangan surja saat memutuskan dan menghubungkan saklar atau tegangan lebih yang berlangsung lama saat terjadi gangguan. Kemampuan tegangan untuk satu unit kapasitor adalah sekitar 34,5 sampai 161 KV. Untuk tegangan yang lebih besar digunakan kombinasi dari beberapa unit kapasitor. Konstruksi kopling kapasitor ini adalah menjadi satu dengan kopling *Capacitor Voltage Transformer* (CVT).⁴

1.1.6 *Line matching unit* (LMU)

Line matching unit (LMU) digunakan untuk menghubungkan kapasitor kopling dengan peralatan terminal PLC, dengan fungsi untuk:

- a. Menyesuaikan karakteristik impedansi saluran udara tegangan tinggi dengan impedansi kabel koaxial yang menuju terminal PLC.
- b. Menjaga peralatan terminal PLC terhadap tegangan dan arus lebih yang mungkin timbul pada saluran tegangannya.
- c. Mengatur supaya reaktansi kapasitif kopling kapasitor memberikan beban resistif bagi alat pemancar sinyal pembawa tersebut.

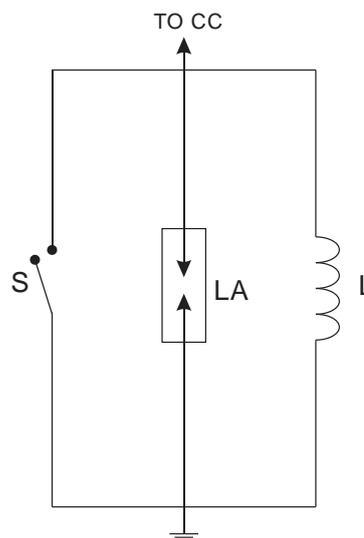
Sebagai *interface* antara media tegangan tinggi dengan peralatan PLC, maka LMU harus dapat menyalurkan energi pancaran PLC ke media *line* dengan minimal loses. Selain itu juga harus bisa menerima dan *compatible* peralatan satu dengan

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera.2007,*Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX*, Padang, halaman 21-23

yang lain terutama dalam hal ini impedansi dan frekuensi.⁴

1.1.7 *Protective device (PD)*

Protective device (PD) dapat dilihat pada gambar (2.5) berfungsi untuk menyalurkan arus yang tembus keluar dari kopling kapasitor ke tanah. Arus yang dimaksud adalah arus dengan frekuensi rendah 50 Hz yang tidak diperoleh dari PLC. Perangkat ini juga berfungsi sebagai pelindung dan pengaman terhadap sisi tegangan rendah dari induksi yang berasal dari sisi tegangan tinggi, oleh sebab itu sistem dari peralatan ini harus dihubungkan singkat ke bumi.



Gambar 2.5 Gambar Rangkaian *Protective Device*⁴

Keterangan : L = Kumbaran berfungsi menyalurkan arus yang terdapat dibagian bawah kopling kapasitor (CC) ke tanah.

LA = *Lightning Arrester Protection* berfungsi mengamankan tegangan lebih yang mengalir dari CC.

S = *Grounding Switch*, berfungsi sebagai keamanan kerja.

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera.2007,*Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX*, Padang, halaman 25-26

Grounding Switch di gunakan pada saat akan memeriksa kumparan, untuk keamanan bekerja maka *grounding switch* tersebut dimasukkan, sedangkan saat keadaan normal operasi dibuka.

1.2 Sistem Modulasi Komunikasi *Power Line Carrier* (PLC)

Untuk mewujudkan komunikasi PLC maka perlu dilihat sistem modulasinya yang disebut dengan sistem *Single Side Band Suppressed carrier* (SSBC) yang dibentuk dari dua tingkat modulasi yaitu *Intermedia Frekuensi (IF) carrier* dan *High Frekuensi (HF) Carrier*. IF Carrier, untuk membentuk kanal sedangkan HF carrier untuk carrier pembawa informasi ke stasiun lawan dan sebaliknya.

Pertama informasi frekuensi (speak 0,3 – 2 KHz), *Voice frekuensi telegraph band* (VFT band 2,61 – 3,4 KHz) dikonversi dengan menggunakan modulasi IF carrier sebesar 16 KHz band IF menjadi 12 – 20 KHz. Apabila ada dua kanal, maka kanal kedua dimodulasikan juga dengan IF yang sama, sehingga sisi bawah 12 – 16 merupakan konversi yang mengandung informasi kanal 1 dan band frekuensi 16 – 20 KHz mengandung informasi kanal 2.

Selanjutnya frekuensi carrier IF sebesar 16 KHz juga dikirim sebagai pilot guna keperluan rangkaian *Automatic Gain Control* (AGC) pada sistem PLC yang lain. AGC tidak menggunakan sinyal IF carrier sebagai sarana AGC melainkan dengan menggunakan pilot sinyal. Dengan demikian AGC bisa diterapkan per kanal. Lain halnya bila menggunakan IF carrier, rangkaian AGC untuk pengaturan penguatan otomatis dipakai bersama kanal 1 dan 2.

Power line carrier telepon terminal yang bekerja secara *single side band* (SSB) pada frekuensi sampai 500 Kc perlu bekerja dengan dua tingkat modulasi. Apabila digunakan frekuensi pada range rendah maka dapat digunakan elemen – elemen rangkaian biasa untuk memadamkan *single side band* bersama carrier secara langsung.

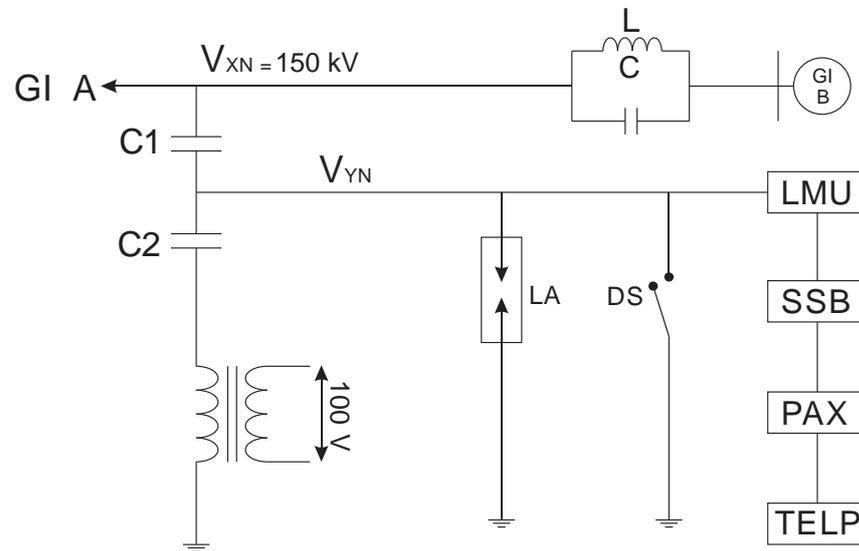
Lain halnya apabila digunakan frekuensi tinggi. Alasannya adalah sebagai berikut. Misalkan batas bawah bidang suara sebesar 300 Hz, jarak kedua SB frekuensi rendah adalah sebesar 600 c/s, untuk *carrier* sebesar 12 Kc/s maka jarak kedua SB ini, dinyatakan dalam persen adalah sama dengan 5. pada *carrier* sebesar 120 Kc/s, maka harga ini menjadi 0,5%. Jika SSB yang akan dipancarkan, maka baik *carrier* maupun satu SB nya harus dihilangkan.

Hal ini dapat dilakukan dengan band pass filter biasa apabila jarak / spasi antara kedua *side band* (SB) paling kecil 5% dari frekuensi *carrier*. Dalam hal spasi filter sebesar 0,5% maka komponen *band pass filter* harus dapat memenuhi persyaratan kestabilan frekuensi yang tinggi dan *loss* yang rendah . Persyaratan ini dapat dipenuhi dengan menggunakan *filter crystal*. Pada frekuensi yang berada antara 15 kc – 500kc, pemisah SB berada antara 4% dan 0,12%.

Untuk tidak menggunakan filter *crystal*, maka digunakan cara modulasi dua tahap. Pada tahap pertama, frekuensi antara *intermediate frekuensi* ditentukan sebesar 12 kc dimodulasi dengan bidang suara. Spasi antara kedua SB yang dihasilkan besarnya 5% daripada frekuensi antara sehingga meniadakan satu SB dan frekuensi antara dapat dilakukan dengan cara sederhana. Untuk mendapatkan hubungan fase yang harus ada, pada SB tunggal dengan *carrier* lebih sederhana dari pada 2 SB dengan *carrier*. Pada SSBC maka pengaktifan kembali *carrier* harus sedekat mungkin dengan *carrier* asli.⁴

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera.2007.Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX. Padang. Halaman 4-5.

1.3 Aplikasi *Capacitor Voltage Transformer* pada Sistem *Power Line Carrier*



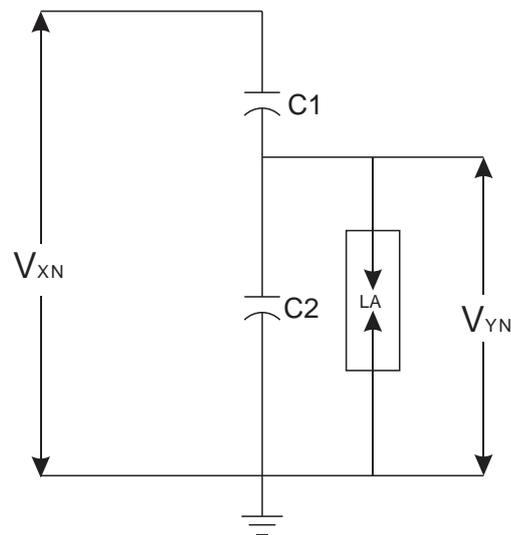
Gambar 2.6 *Line Diagram Aplikasi CVT pada Sistem PLC*⁴

Aplikasi dari kopling *Capacitor Voltage Transformer* (CVT) pada sistem PLC dapat dilihat pada gambar (2.6) diatas, pada gambar tersebut dapat dilihat bagian – bagian dari peralatan aplikasi CVT pada sistem PLC. Adapun peralatan – peralatan aplikasi pada sistem PLC dapat dibagi dalam 3 (tiga) bagian yaitu :

- Terminal PLC yang terdiri dari alat pemancar dan penerima seperti halnya peralatan radio, dengan menggunakan frekuensi kerja 50 KHz sampai dengan 500 KHz.
- Peralatan kopling dan peralatan pengaman, yang menghubungkan terminal PLC dengan kawat fasa dari saluran udara tegangan tinggi dan peralatan ini biasanya dipasang pada *switchyard*.
- Saluran Udara Tegangan Tinggi itu sendiri digunakan sebagai medium perambatan dalam menyalurkan sinyal informasi.

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera.2007,*Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX*, Padang, halaman 23

Untuk menentukan besar dari kapasitansi kapasitor yang digunakan pada transformator tegangan kapasitip, maka rangkaian pada gambar (2.6) dapat diubah menjadi bentuk rangkaian di bawah ini :



Gambar 2.7. Rangkaian Dasar Kapasitor Pembagi Tegangan¹

Dimana :

V_{XN} = Tegangan tinggi yang akan diukur ($150 \text{ KV}/\sqrt{3}$)

V_{YN} = Tegangan menengah ($11 \text{ KV}/\sqrt{3}$)

C_1 = Kapasitor tegangan tinggi (farad)

C_2 = Kapasitor tegangan menengah (farad)

C_T = Kapasitor total

Dari data – data tersebut diatas, maka dapat ditentukan besar C_1 dan C_2 yang digunakan pada *Capacitor Voltage Transformer* (CVT), dimana dari gambar (2.7) diatas dapat kita lihat bahwa :

¹ Ingot Bartala, *Studi Sistem Telekomunikasi Melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)*, Medan: USU, halaman 50

a. besar tegangan V_{XN} adalah :

$$V_{XN} = I_C \cdot X_{CT} \dots\dots\dots (2.9)^1$$

Dimana nilai I_C yang akan dihitung dari hasil pembagian nilai tegangan V_{XN} terhadap nilai impedansi X_{CT} , untuk nilai impedansi X_{CT} didapat dari persamaan (2.2), yaitu :

$$X_{CT} = \frac{1}{2\pi f C_T} (\Omega)$$

Dan untuk menentukan nilai kapasitansi total (C_T), dapat menggunakan persamaan umum yaitu :

$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \dots\dots\dots (2.10)^1$$

b. besar tegangan V_{YN} adalah :

$$V_{YN} = I_C \cdot X_{C2} \dots\dots\dots (2.11)^1$$

Dimana nilai I_C bisa diambil dari perhitungan V_{XN} , dan untuk nilai impedansi X_{C2} didapat dari persamaan (2.2).

Dari persamaan – persamaan (2.9) dan (2.11) dapat diperoleh perbandingan tegangan terminal yang akan diukur terhadap tegangan terminal PLC (tegangan menengah) yaitu :

$$\frac{V_{XN}}{V_{YN}} = \frac{I_C \cdot X_{CT}}{I_C \cdot X_{C2}}$$

atau

$$\frac{V_{XN}}{V_{YN}} = \frac{X_{CT}}{X_{C2}} \dots\dots\dots (2.12)^1$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.2) ke persamaan (2.12) maka akan

¹⁷ Ingot Bartala, *Studi Sistem Telekomunikasi Melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)*, Medan: USU, halaman 51

diperoleh :

$$\frac{V_{XN}}{V_{YN}} = \frac{\frac{1}{2\pi f C_1}}{\frac{1}{2\pi f C_2}}$$

$$\frac{V_{XN}}{V_{YN}} = \frac{C_2}{C_1}$$

Sehingga :

$$\frac{V_{XN}}{V_{YN}} = \frac{C_2}{\frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}}$$

$$\frac{V_{XN}}{V_{YN}} = \frac{C_1 + C_2}{C_1} \dots\dots\dots (2.13)^1$$

Maka tegangan pada terminal adalah :

$$V_{XN} = V_{YN} \cdot \frac{C_1 + C_2}{C_1} \dots\dots\dots (2.14)^1$$

Sedangkan rasio kapasitor pembagi tegangan adalah :

$$M = \frac{C_2}{C_T} = \frac{C_1 + C_2}{C_1} \dots\dots\dots (2.15)^1$$

1.3.1 Terminal *power line carrier* (PLC)

Peralatan utama komunikasi dengan memanfaatkan saluran media tegangan tinggi adalah terminal *power line carrier* (PLC). Sepasang terminal PLC seperti halnya peralatan komunikasi yang lain yaitu terdapatnya perangkat pemancar dan penerima. Dengan menerapkan sistem modulasi / demodulasi (penumpangan signal informasi terhadap frekuensi pembawa).

Biasanya terminal PLC menggunakan sistem modulasi amplitudo (AM). Pada mulanya masih menggunakan *double side band modulasi*, tapi dengan kemajuan teknologi saat ini menggunakan sistem pengiriman dan penerimaan PLC

¹⁸ Ingot Bartala, *Studi Sistem Telekomunikasi Melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)*, Medan: USU, halaman 52

menggunakan teknik *modulasi single band suppressed carrier* dengan menerapkan rangkaian *balanced modulator* dan rangkaian filter atau sistem modulasi yang lebih baik. Bahkan saat ini sudah dibuat PLC dengan sistem digital yang bisa menghemat alokasi frekuensi yang tersedia untuk PLC dengan *feature* dan performansi yang lebih baik.

Terminal PLC merupakan peralatan pemancar dan penerima yang bekerja pada bidang frekuensi pembawa 32 – 600 KHz. Pada tiap kanal dengan lebar band 4 KHz dengan rincian 0,3 – 2,0 KHz untuk *speech* band 2,61 – 3,4 KHz *voice frekuensi telegraph* (VFT) band dan 3,6 KHz \pm 30 Hz untuk *telephone signaling*. Karena rendah frekuensi dan terbatasnya alokasi frekuensi *carrier* biasanya sistem pengiriman dan penerimaan terminal PLC mampu sampai 4 kanal.

1.3.2 Bidang pembicaraan / pengiriman

Arus *speech* (pembicaraan) dikirim dari 4 kawat peralatan PAX atau lainnya masuk terminal *Transmitting Amplifier* (TA) pada standard level 8 dBm. Arus pembicaraan mengalir *High Pass Filter* (HPF) untuk menekan *noise* frekuensi lebih rendah dari 300Hz guna dimasukkan kerangkaian *compressor* yang terpasang pada modul *command*, rangkaian *comandor* dan *expandor* berguna untuk meningkatkan *signal to noise* rasio. Dipasanginya rangkaian *noise limit* didalam TEF guna membatasi tegangan puncak *voice* menjadi terlalu tinggi sehingga dapat mencegah *Transmitting Amplifier* (TA) dari *over load* dengan memperhatikan kanal VFT. Setelah dimodulasikan dengan 16 KHz. IF frekuensi *carrier* dari *master* osilator digunakan untuk memodulasi *signal voice* dengan membentuk *band* IF pada 12 – 20 KHz dan selanjutnya dikirim ke *group modulator module* (G.Modem).

Didalam modul G.Modem, frekuensi intermedia (IF *Band*) dikonversikan ke *band* frekuensi tinggi yang di injeksikan oleh *carrier* frekuensi HF dengan membuang *band* atas yang tidak dikehendaki oleh sebuah *band pass filter* (G.MBF) didalam modul G.Modem. *Band* bawah HF yang berisi informasi kanal satu dan dua memerlukan penguatan dalam G.Modem untuk diumpankan ke *High Power*

Amplifier (TA). *Signal* keluaran dari TA melewati *Directional Filter* (DF). Setelah salah satu sisi *band* yang tidak dikehendaki dibuang oleh *Transmit Directional Filter* (TDF) kemudian *signal* dikirim melalui *protector* (PTU) yang digunakan untuk proteksi peralatan dari induksi tegangan petir dari media dan selanjutnya melalui *coaxial* kabel dengan impedansi 75 ohm lewat LMU ke media *Line*.

1.3.3 Bidang penerimaan

Melalui *pilot amplifier unit* (PLU) dan *directional filter* (DF) arus *signal* penerimaan diatur level ditahan oleh sebuah *attenuator* didalam DF modul dengan memperhitungkan kebutuhan level penerimaan yang dikehendaki dan kenyataan *losses media line*. Didalam *receiving band pass filter* (G.DBF) komponen frekuensi yang tidak dikehendaki dibuang. Arus penerima frekuensi tinggi kemudian dikonversi menjadi IF *Band* didalam HF demodulasi modul (G.Modem) oleh HF *carrier* frekuensi. Sisi atas *band* yang tidak dikehendaki dan frekuensi interferensi yang lain ditekan di dalam *band pass filter* (G.DBF) modul G.Modem. Didalam AGC modul *band* IF (12 – 20 KHz) yang diterima dari modul G.Modem dan *signal pilot amplifier Unit* (PLU). *Pilot signal* yang telah dikuatkan pada tingkat *pilot stage* dikonversi kedalam arus DC dan dikuatkan oleh *field effect transistor* (FET) untuk melakukan fungsi *Automatic Gain Control* (AGC). Lebih daripada itu AGC modul digunakan bersama dengan rangkaian deteksi *pilot alarm*. *Pilot alarm* mendeteksi dan mengeluarkan *pilot alarm* juga kontak (*free contact*) keperalatan lain.

Selain itu *pilot signal* 16 KHz yang diperoleh dari PLU *stage out* diberikan ke *Automatic Frekwensi Control* (AFC) *stage* dan modul M-OSC, *signal* juga digunakan untuk sinkronisasi dengan membandingkan *phase*-nya dari IF *carrier* frekuensi lain. Sinkronisasi *carrier* IF *carrier* frekuensi diberikan ke IF DEM. Rangkaian *automatic gain control* menekan level keluar dari AGC panel dalam ± 1 db bila variasi *line loss* pada media saluran adalah +20 dB dan -20 dB. Didalam IF Modem modul, sisi *band* frekuensi yang tidak dikehendaki selanjutnya ditekan

oleh *Receiving Band Pass Filter* (RBF) dan *IF band receiving* di konversi ke *voice band*.²

1.4 Modul - Modul *Power Line Carrier* (PLC)

1.4.1 *Transmitter filter* (TF)

Berfungsi untuk menekan *band* atas frekuensi pancaran beserta *carrier*nya dengan level keluaran -10 dB/ 75 ohm. Selanjutnya diumpankan ke *transmitter amplifier* (TA).

1.4.2 *Transmitter amplifier* (TA)

Untuk mengirim frekuensi maka diperlukan level frekuensi pancaran tertentu dan cukup kuat. Modul TA dengan transistor power dengan gain yang besar melaksanakan tugas ini. Dengan masukan transmitter frekuensi -10dB/ 75 ohm yang diterima dari G.MBF oleh TA dikuatkan menjadi +30 dB.

1.4.3 *Directional filter* (DF)

Terdiri dari dua buah *band pass filter* yang berdaya besar untuk menghilangkan frekuensi – frekuensi yang tidak diinginkan, dimana *losses filter* ini biasanya sebesar 2 dB.

Secara keseluruhan dapat ditulis bahwa PLC adalah suatu sistem telekomunikasi yang hanya dipergunakan PLN dimana SUTT adalah sebagai sarana pembawa dari frekuensi tinggi dengan kata lain bahwa *carrier* frekuensi tinggi ditumpangkan pada penghantar yang bertegangan tinggi, seolah – olah frekuensi tersebut sebagai antena. PLC ini bekerja pada daerah frekuensi 50 KHz – 500 KHz. Saluran udara tegangan tinggi digunakan sebagai media perambatan dalam menyalurkan sinyal informasi dan hal ini dapat dilakukan dengan cara mengkopling peralatan terminal ke kawat fasa dari SUTT tersebut. Adapun pengkoplingan tersebut dilaksanakan dengan bantuan peralatan kopling dan tuning, dimana selain

² Fahrul Marzuki, *Aplikasi Power Line Carrier (PLC) Untuk Komunikasi Pada Daerah Pedalaman*, Bali: PT.PLN (*Persero*) Distribusi Bali, halaman 2

digunakan untuk menghubungkan sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah dari sistem PLC dan juga berfungsi sebagai filter yaitu melalukan sinyal pembawa yang mengandung informasi dan memblok sinyal yang berfrekuensi 50 Hz yang berasal dari peralatan terminal.

1.5 Karakteristik Kopling dari *Capacitor Voltage Transformer* (CVT) pada *Power Line Carrier*

Suatu kapasitor mempunyai karakteristik berimpedansi rendah untuk frekuensi tinggi dan berimpedansi tinggi untuk frekuensi rendah oleh dari karakteristik tersebut, maka kapasitor kopling disini berfungsi untuk meneruskan frekuensi tinggi yang dihasilkan dari terminal PLC dan memblok frekuensi jala – jala 50 Hz yang membawa energi listrik. Jika masih ada frekuensi 50 Hz yang melalui kapasitor kopling tersebut tergantung dari kelas saluran transmisi tenaga listrik yang digunakan.

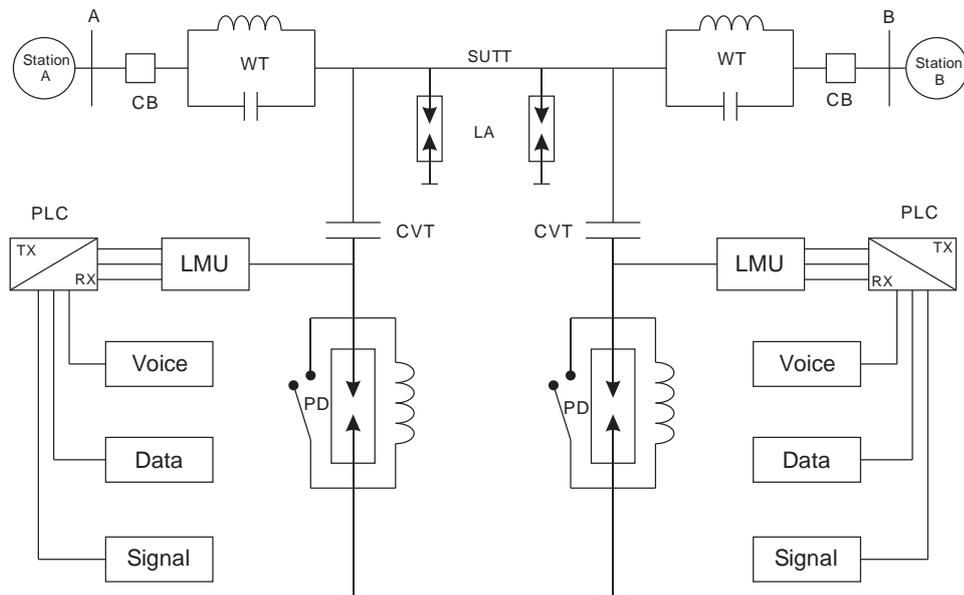
Ditinjau dari sistem PLC kapasitor kopling mempunyai tugas utama untuk meneruskan frekuensi tinggi dari terminal PLC ke SUTT sedangkan bila ditinjau dari sistem tenaga listrikan, kapasitor kopling berfungsi sebagai alat konversi untuk pengukuran perbedaan potensial dimana akan menghasilkan besaran tegangan listrik 110 V untuk keperluan meter – meter pengukuran tegangan dipanel kontrol. Besar kecilnya tegangan pada SUTT akan sebanding dengan besar kecilnya tegangan sekunder yang dihasilkan oleh transformator tegangan yang menuju ke terminal input pengukuran. Adapun cara kerja sebuah kapasitor kopling dapat ditentukan dengan rumus sama dengan persamaan (2.2).

Dari rumus diatas jelaslah bahwa besar kecilnya tahanan X_c tergantung dari besar kecilnya harga C itu sendiri, dan besar kecilnya frekuensi yang melalui kapasitor kopling tersebut. Kapasitor kopling akan mempunyai tahan yang besar terhadap frekuensi rendah 50 Hz yang membawa arus listrik untuk tenaga.

1.6 Metode – Metode Kopling

Untuk dapat menyalurkan sinyal informasi melalui penghantar, maka hal ini dapat dilaksanakan dengan cara mengkopling peralatan terminal PLC ke kawat phasa dari saluran tersebut dengan bantuan peralatan kopling dan tuning, peralatan – peralatan pada sistem PLC dapat dibagi dalam tiga bagian yaitu :

- a. Terminal PLC yang terdiri dari alat pemancar seperti halnya peralatan radio, dengan menggunakan frekuensi kerja dalam bidang frekuensi antara 50 KHz sampai dengan 500 KHz. Karena perangkat ini terpasang dalam ruangan khusus telekomunikasi pada gardu induk / pembangkit maka dapat disebut sebagai peralatan PLC indoor.
- b. Peralatan kopling tuning dan peralatan pengaman yang memberikan suatu cara dalam menghubungkan terminal PLC dengan kawat phasa dari saluran tegangan tinggi yang dapat disebut sebagai peralatan PLC outdoor karena terpasang di ruang terbuka.
- c. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) itu sendiri yang digunakan sebagai medium perambatan dalam menyalurkan sinyal informasi. Saluran udara tegangan tinggi yang digunakan untuk PLC ini yaitu : SUTT 30 KV, 70 KV, 150 KV dan yang tertinggi saat ini adalah 500 KV.



Gambar 2.8. Blok Diagram dari Jaringan PLC antara Station A dan B⁴

Dapat dilihat dari gambar (2.8) dimana sinyal pembawanya selain digunakan untuk menghubungkan sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah dari sistem PLC juga berfungsi sebagai filter yaitu untuk melalukan sinyal pembawa yang berfrekuensi tinggi dan memblok frekuensi tenaga listrik 50 Hz.

Peralatan tuning harus ditala pada frekuensi untuk menyempurnakan sinyal pembawa di kedua kopling tersebut. Agar sinyal pembawa yang dipancarkan dari kedua terminal PLC tidak masuk kedalam peralatan gardu seperti transformator tenaga, alat pemisah untuk rel dan alat – alat pengukuran listrik lainnya maka harus dipasang peralatan *Wave Trap*. Pada alat ini dilengkapi pula kondensator penala yang dihubungkan secara paralel dengan lilitan.

Lighting Arrester adalah peralatan harus selalu dipasang di depan menghadap penghantar sedangkan peralatan kopling untuk PLC berada dibelakangnya. Hal ini dimaksudkan jika terjadi gangguan akibat petir pada saluran

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera, *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX*, Padang, halaman 3

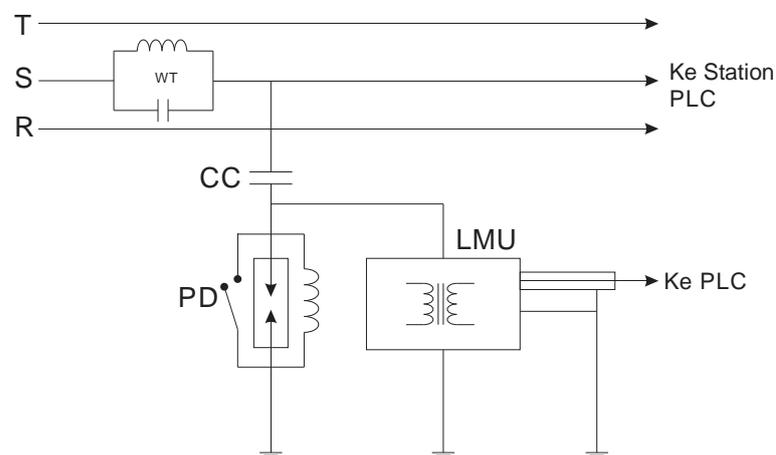
transmisi maka peralatan kopling akan diamankan karena adanya alat penangkap petir tersebut.

Sinyal frekuensi tinggi yang dihasilkan oleh perangkat SSB yang terpasang di ruangan khusus telekomunikasi disalurkan ke LMU dengan kabel *coaxial* yang berimpedansi 75 atau 125 ohm. Biasanya panjang kabel *coaxial* yang digunakan sebagai penghubung antara *switchyard* dan gedung kendali gardu diantara 100 m sampai yang terpanjang sekitar 500 m.

Adapun metode pengkopelan dari sistem PLC terdiri dari 4 macam yaitu:

- a. kopling satu fasa ke bumi (*phase ground coupling*)
- b. kopling dua kawat fasa (*two phase coupling*)
- c. kopling fasa ke fasa (*phase to phase coupling*)
- d. kopling antar sirkuit (*inter circuit coupling*)⁴

1.6.1 Kopling satu fasa ke bumi



Gambar 2.9. Kopling Satu Fasa ke Bumi⁴

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera, *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX*, Padang, halaman 27

Metode kopling ini hanya membutuhkan setengah dari jumlah kapasitor kopling dan *wave trap* yang digunakan pada metode pengkopelan lainnya. Cara ini umumnya banyak dipakai pada sistem jaringan 70 KV atau yang lebih rendah lagi disamping banyak disukai karena lebih ekonomis.

Pada kopling satu fasa ke bumi yang dapat dilihat pada gambar (2.9) ini sinyal pembawa dipancarkan melalui fasa S yang dikopling, sedangkan tanah digunakan sebagai saluran kembali dari arus pembawa tersebut. Oleh karena metode pengkoplingan ini tidak bisa digunakan untuk menyalurkan sinyal informasi dengan jarak yang cukup jauh. Hal ini disebabkan karena adanya arus pusar dalam tanah.

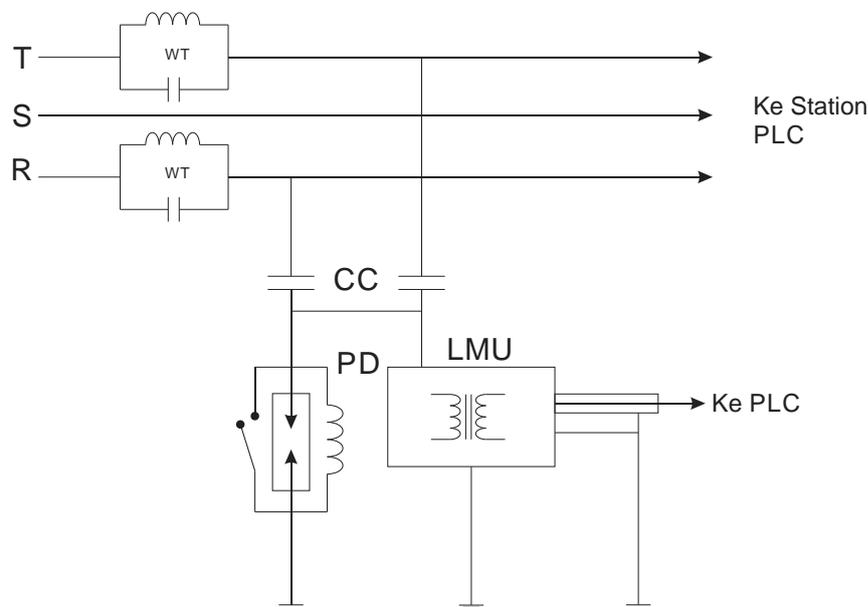
Selain itu pada saluran tenaga listrik tiga fasa kedua kawat fasa yang tidak dipergunakan mempunyai pengaruh terhadap kondisi penyaluran sinyal informasi.

Kekurangan lain dari metode kopling satu fasa ke bumi ini adalah jika terjadi kerusakan atau gangguan pada kawat fasa yang dipergunakan PLC misalnya kawat putus atau terhubung singkat ketanah karena adanya pepohonan yang tumbang disekitar penghantar maka akan mengakibatkan gangguan komunikasi. Karena adanya hubung tanah pada penghantar tersebut maka frekuensi tinggi yang dipancarkan oleh kedua sisi terminal PLC akan mengalir ke tanah. Pada saat gangguan tersebut muncul maka dengan sendirinya sistem penyaluran tenaga listrik pada kawat itu pun akan terputus. Terputusnya aliran daya dan tegangan tinggi akan diamankan oleh lepasnya pemutus dikedua sisi yang dikerjakan oleh relai – relai proteksi berupa relai hubung tanah, relai arus lebih dan relai jarak.

Kehandalan sistem ini juga kurang jika dibandingkan dengan penggunaan metode pengkopelan lainnya karena setiap ada pekerjaan pemeliharaan transmisi disepanjang saluran, dimana untuk keselamatan kerja selalu ketiga kawat phasanya dihubungkan ketanah pada tempat petugas bekerja maka jalur PLC-nya akan terjadi kopling satu fasa ke bumi. Metode ini dipergunakan untuk saluran transmisi yang

lebih panjang dan untuk tegangan saluran yang lebih tinggi.

1.6.2 Kopling dua kawat fasa



Gambar 2.10. Kopling Dua Kawat Fasa⁴

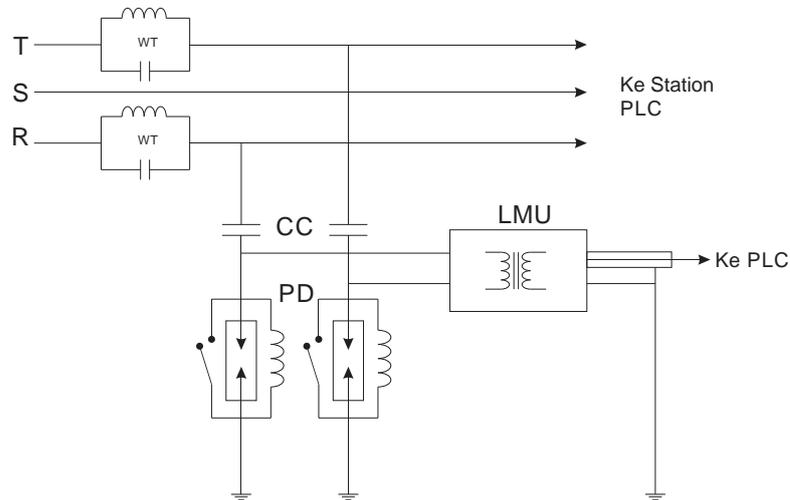
Sistem kopling pada dua kawat fasa yang dapat dilihat pada gambar (2.10) digunakan untuk memperbaiki keadaan penyaluran sinyal informasi, yaitu jika salah satu kawat fasa yang dikopling tersebut mengalami gangguan. Keandalan sistem ini setingkat lebih baik dari sistem kopling satu fasa ketanah. Sisi tegangan rendah dari kedua kopling kapasitor dihubungkan secara paralel dengan *line matching unit* dan *protective device*.

Biasanya sistem ini sering digunakan pada saluran transmisi yang hanya mempunyai satu sirkuit saja, dimana didalam sirkuit terdapat tiga kawat fasa. Jika terjadi gangguan, kawat putus atau ada yang hubung singkat ke tanah pada salah satu kawat fasa, maka sinyal informasi masih tetap dapat tersalurkan melalui kawat fasa yang lainnya. Kelemahan dari sistem ini, yaitu jika akan melakukan pemeliharaan, maka sinyal komunikasi akan terganggu karena ketiga kawat

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera, *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX*, Padang, halaman 29

phasanya selalu dibumikan, sehingga sistem ini tidak ekonomis.

1.6.3 Kopling fase ke fase



Gambar 2.11. Kopling Fase ke Fase⁴

Sistem kopling fase ke fase yang dapat dilihat pada gambar (2.11) menghasilkan keandalan setingkat lebih baik dari sistem dua kawat fase didalam satu sirkuit transmisi. Dua buah perangkat *Line Matching Unit* dan *Protective Device* di hubungkan kemasing – masing kopling kapasitor secara terpisah.

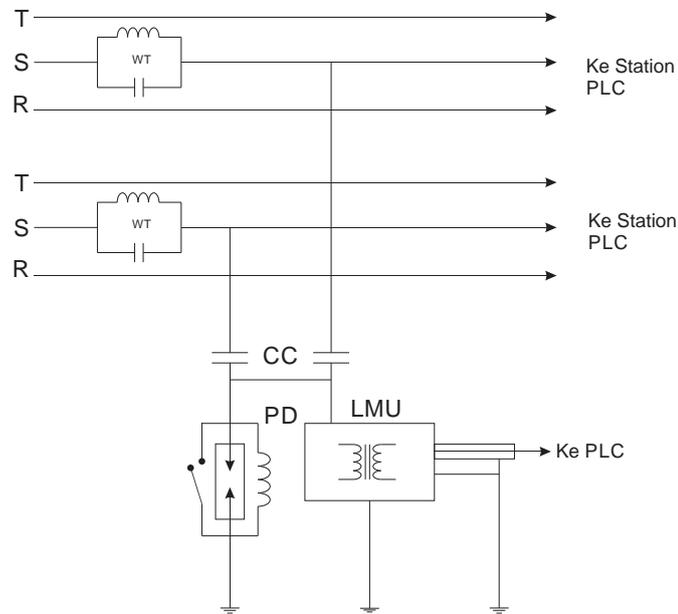
Dalam sistem ini perbedaan tingkat kehandalan dengan dua kawat fase yaitu terletak pada *line matching unit* fase R, maka sinyal informasi tetap dapat disalurkan ke terminal PLC dengan melalui *line matching unit* fase T. Namun cara ini tetap tidak menyelesaikan masalah gangguan, jika ada pemeliharaan pada saluran udara tegangan tinggi maka ketiga phasanya selalu diketanahkan. Pada kopling fase – fase, sebagian besar energi sinyal pembawa disalurkan melalui kawat fase yang dikopling.

Sedangkan energi sinyal pembawa yang mengalir diantara kawat fase dan bumi adalah sangat kecil jika dibandingkan dengan kedua kawat fase tersebut, dengan demikian kerugian energi dari kopling fase – fase sangat kecil jika

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera, *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX*, Padang, halaman 30

dibandingkan dengan kerugian energi yang terdapat pada kopling fase ke bumi.

1.6.4 Kopling antar sirkuit



Gambar 2.12. Kopling Antar Sirkuit⁴

Kopling antar dua sirkuit yang dapat dilihat pada gambar (2.12) ini menggunakan dua kawat fase, dimana masing-masing kawat fase tersebut diambil dari dua buah sirkuit tiga fase yang dipasang pada menara SUTT yang sama. Dengan memperkirakan bahwa 90% gangguan saluran tersebut terjadi pada salah satu kawat fase tersebut, maka diharapkan metode ini dapat memberikan kehandalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode yang lain.

Dengan sistem kopling dua sirkuit ini maka masalah terganggunya sinyal informasi yang disebabkan oleh sedang berlangsungnya pemeliharaan menara, isolator atau kawat fase akan dapat teratasi sehingga sinyal informasi akan dapat beroperasi secara terus menerus.

Hal ini disebabkan karena dalam hal pelaksanaan pemeliharaan tersebut

⁴ PT.PLN (Persero) P3B Sumatera, *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) PLC dan PAX*, Padang, halaman 33

selalu bekerja pada salah satu sirkuit saja atau secara bergantian, yang artinya sirkuit lainnya tetap beroperasi sehingga sinyal informasi akan tetap tersalurkan dan komunikasi maupun sistem telekomunikasi data akan tetap beroperasi dengan baik. Pemilihan kawat phasa yang akan dipergunakan adalah phasa S pada kedua sirkuitnya, agar didapat keseimbangan impedansi LMU. Di Indonesia metoda ini adalah yang paling banyak dipakai terutama pada jaringan listrik 150 KV yang PLC nya dipergunakan pula untuk keperluan relai proteksi jarak, karena merupakan sistem yang paling handal.

1.7 Rugi-Rugi Peralatan Kopling

Rugi – rugi ini terjadi karena adanya ketidakseimbangan antara impedansi terminal PLC, kabel *coaxial* dan impedansi karakteristik saluran. Pada saat sekarang ini lebih praktis menggunakan *Broad Band Coupling Filter* untuk mencapai keseimbangan peralatan PLC dengan impedansi karakteristik saluran yang setepat mungkin. Karena jika digunakan rangkaian peralatan kopling biasa maka penyesuaian impedansi dari dua frekuensi saja, sehingga rugi – rugi yang terjadi karena adanya ketidak seimbangan impedansi yang diizinkan adalah tidak lebih dari 1,3 dB.

Disamping itu ditambahkan lagi rugi – rugi yang berasal dari kapasitor kopling dan kumparan – kumparan yang terdapat pada rangkaian penala, yang keseluruhannya lebih kurang 0,4 dB sehingga total redaman dari rangkaian kopling tersebut adalah 1,7dB. Faktor lain yang harus diperhatikan adalah redaman yang berasal dari saluran penghubung yang digunakan untuk membuat hubungan ke rangkaian kopling. Besarnya redaman ini diukur pada frekuensi 300 KHz adalah 33,2 dB/mile.