

## PERALATAN KOPLING POWER LINE CARRIER

Agung Nugroho

Jurusan Teknik Elektro FT UNDIP

Jl. Prof. Sudharto, SH – Tembalang, Semarang

**Abstrak** Pembangkit energi listrik pada umumnya dibangun di lokasi yang jauh dari pusat beban. Untuk pengoperasian yang maksimal dalam melayani pelanggan, digunakan peralatan telekomunikasi. Peralatan telekomunikasi dalam hal ini adalah Power Line Carrier, menggunakan saluran transmisi tenaga listrik tiga fasa sebagai medium perambatan sinyal pembawa yang mengandung informasi. Peralatan kopling Power Line Carrier ke saluran udara tegangan tinggi terdiri dari wave trap, kapasitor kopling, line matching unit dan protective device.

### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik selama ini selalu meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Perkembangan permintaan energi listrik tersebut perlu diimbangi dengan peningkatan pembangkit energi listrik dan kemampuan infrastruktur yang ada, sehingga penyaluran energi listrik ke konsumen berjalan lancar dengan kualitas penyaluran energi listrik yang memenuhi standar.

Perkembangan sistem tenaga listrik terdiri dari perkembangan beban dan perkembangan pembangkitan. Perkembangan pemakaian tenaga listrik dapat disebabkan antara lain :

- Perkembangan industri yang makin maju dengan pesat.
- Pertambahan penduduk yang dengan sendirinya menyebabkan bertambahnya pemakaian listrik.
- Peralatan yang membutuhkan tenaga listrik semakin bertambah.

Karena bertambahnya beban, maka mesin pembangkit yang digunakan tidak cukup hanya sebuah saja. Dengan beroperasinya lebih dari satu mesin, maka diperlukan peranan pengontrolan yang lebih baik dan lebih banyak operator, dan dipastikan akan muncul masalah koordinasi mesin pembangkit.

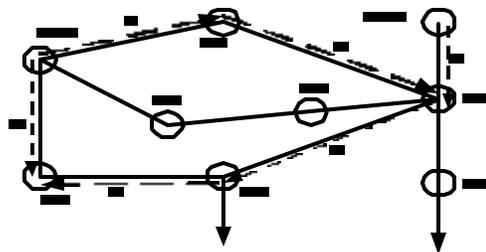
### 2. PENGAMATAN SISTEM

Pengamatan sistem sangat diperlukan secara terus menerus selama duapuluh empat jam sehari, agar diperoleh suatu kontinuitas operasi sistem kelistrikan yang tinggi. Pada suatu sistem jaringan listrik yang luas, untuk mendapatkan hasil koordinasi yang optimal, maka sangat diperlukan untuk melakukan pengamatan pada pusat beban dan pusat pembangkit. Untuk dapat mengkoordinasikan hal tersebut, diperlukan sarana komunikasi yang dapat mengatur seoptimal mungkin pembangkitan energi listrik yang sesuai dengan permintaan. Sebab energi listrik yang dibangkitkan oleh pusat-pusat listrik, tidak dapat disimpan, padahal berubah-ubah setiap saat.

Telekomunikasi adalah suatu sarana yang sangat dibutuhkan dan tidak dapat dipisahkan dari suatu sistem pengaturan tenaga listrik secara terpusat. Sarana telekomunikasi diperlukan untuk menerima informasi dan menyalurkan perintah dari dan ke pusat pembangkit dan gardu induk. Salah satu jenis peralatan telekomunikasi yang dipergunakan oleh PT PLN (Persero) untuk keperluan tersebut adalah *power line carrier* (PLC).

PLC digunakan untuk keperluan hubungan telepon antar gardu induk/pembangkit dan pusat pengatur beban, serta untuk keperluan media transmisi data untuk teleinformasi data. PLC juga digunakan untuk keperluan sistem teleproteksi yang dihubungkan dengan sistem pengamanan listrik pada rele jarak. Apabila terjadi gangguan pada zona transmisi/penghantar yang menghubungkan dua gardu induk, maka rele jarak akan merasakan adanya gangguan tersebut untuk selanjutnya akan memproses bekerjanya pemutus tenaga (CB) di kedua sisi akan lepas.

PLC menggunakan saluran transmisi tenaga listrik tiga fasa sebagai medium perambatan sinyal pembawa yang mengandung informasi. Untuk mentransmisikan sinyal pembawa yang berfrekuensi tersebut menuju tempat yang telah ditentukan, maka suatu jalur komunikasi PLC harus dibentuk pada jaringan tenaga listrik. Penggunaan PLC seperti ditunjukkan dalam Gambar 1, yaitu suatu jaringan pembangkit tenaga listrik yang dilengkapi dengan jaringan komunikasinya.



Gambar 1.

dimana :

- PLTA pembangkit listrik tenaga air
- PLTU pembangkit listrik tenaga uap
- GI gardu induk
- saluran udara tegangan tinggi
- - - saluran komunikasi
- f1-f6 frekuensi kerja PLC

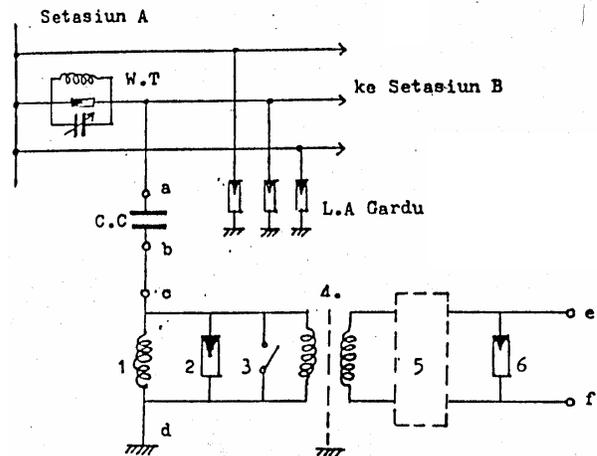
Untuk menyempurnakan jalur komunikasi pada saluran tenaga listrik tersebut dibutuhkan peralatan saluran yang terdiri dari wave trap, kapasitor kopling, line matching unit dan protective device, yang keempatnya disebut peralatan kopling. Wave trap dipasang di kedua sisi penghantar di kedua lokasi

gardu induk/pembangkit yang menuju ke switchyard, dimana sinyal frekuensi tinggi tidak mengalir ke peralatan gardu induk. Kopling kapasitor digunakan untuk meneruskan frekuensi tinggi dari peralatan PLC ke penghantar tegangan tinggi dan memblokir tegangan tingginya yang berfrekuensi rendah yaitu antara 50 sampai dengan 60 Hz. Line tuner digunakan untuk menyesuaikan impedansi antara impedansi line yang berkisar antara 300 Ω sampai dengan 400 Ω dengan impedansi terminal PLC yaitu 75 Ω. Protective device untuk menyalurkan ke tanah, arus yang masih ada dibagian bawah kapasitor kopling. Frekuensi kerja yang digunakan untuk sistem PLC adalah diantara 50 sampai dengan 500 kHz.

**Fungsi peralatan kopling adalah :**

- a. Melakukan suatu lebar bidang frekuensi pembawa dari terminal PLC ke saluran tegangan tinggi dan sebaliknya, dengan mengusahakan rugi-rugi berupa redaman sinyal serendah mungkin.
- b. Melindungi peralatan komunikasi dari tegangan surja yang berlebihan.
- c. Memberikan impedansi tinggi terhadap frekuensi pembawa yang berfrekuensi tinggi agar tidak dipengaruhi oleh peralatan yang terdapat pada gardu induk.

Pelaksanaan tugas masing-masing dari peralatan kopling ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Bagian-bagian peralatan kopling.

Keterangan gambar :

- 1. drain coil
- 2. arrester pertama.
- 3. kontak pentanahan
- 4. transformator penyeimbang dan pengisolasi.
- 5. peralatan penala
- 6. arrester kedua.

- a. terminal tegangan tinggi kapasitor kopling
- b. terminal tegangan rendah CC
- c. terminal utama peralatan kopling
- d. terminal pentanahan
- e,f. terminal peralatan kopling ke terminal PLC (SSB).

Jika saluran pada sisi tegangan rendah dari kapasitor kopling terganggu, maka tegangan lebih yang besarnya mendekati tegangan kerja saluran akan timbul pada peralatan kopling. Untuk mengamankan peralatan tersebut dan juga peralatan terminal PLC terhadap tegangan lebih, maka peralatan kopling dilengkapi dengan alat penyaluran arus listrik 50 Hz ke tanah yang berupa *drain coil*.

Arrester surja dengan tegangan kerja 2 kV, dipasang parallel dengan drain coil. Arrester ini digunakan untuk melindungi sistem terhadap tegangan surja yang berasal dari saluran tenaga.

Kontak pentanahan (saklar pemisah tanah) akan menyebabkan terminal utama dari peralatan kopling ditanahkan secara langsung, bila diperlukan. Hal ini harus dilakukan apabila terjadi kerusakan, dan harus dilakukan perbaikan pada bagian penala impedansinya.

Transformator penyeimbang dan pengisolasi serta peralatan penala termasuk kedalam bagian peralatan yang disebut Line Tuner atau Line Matching Unit. Rangkaian ini berfungsi untuk menyesuaikan impedansi karakteristik saluran dengan impedansi kabel coaxial yang menuju peralatan terminal PLC, untuk lebar bidang frekuensi pembawa yang digunakan.

Arrester kedua (6) yang dipasangkan antara peralatan penala dan kabel coaxial, digunakan sebagai paman terhadap tegangan lebih yang mungkin timbul pada rangkaian line tuner.

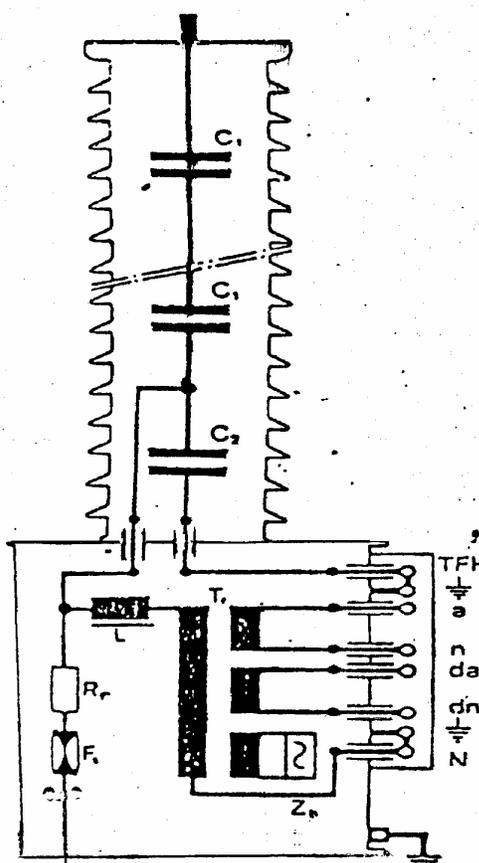
**3. KAPASITOR KOPLING**

Kapasitor kopling tegangan tinggi adalah alat penghubung antara peralatan sinyal pembawa yang berfrekuensi tinggi dengan konduktor kawat fasa yang bertegangan tinggi. Secara fisik alat ini terdiri dari susunan beberapa elemen kapasitor mika/kertas yang dihubungkan secara seri serta dicelupkan/direndam ke dalam minyak. Sebagai tempat kedudukan elemen-elemen kapasitor dan minyak tadi, dibuat dari bahan dielektrik porselen yang berbentuk silinder, dan bagian luar dibuat semacam sayap yang tersusun untuk mencegah mengalirnya secara langsung curah hujan dari sisi tegangan tinggi mengalir ke sisi tegangan rendah atau ke tanah yang bisa mengakibatkan terjadinya hubung singkat. Gambar 3 memperlihatkan penampang dari peralatan kapasitor kopling yang mendekati bentuk fisiknya, dengan susunan kapasitor di dalamnya dihubungkan ke peralatan potensial transformator.

Kapasitor jenis ini sering disebut sebagai Capacitor Voltage Transformer (CVT), yang digunakan untuk keperluan pengukuran tegangan, dihubungkan dengan volt meter di panel kontrol. Untuk keperluan penyaluran informasi dari terminal PLC ke saluran tegangan tinggi sebetulnya hanya kondensatornya saja yang digunakan, sedangkan peralatan potensial transformernya digunakan untuk keperluan pengukuran tegangan dan keperluan proteksi sistem tenaga listrik, jadi CVT berfungsi ganda.

Terminal TFH seperti ditunjukkan dalam Gambar 3, adalah terminal yang dihubungkan ke terminal

PLC melalui peralatan penyeimbang impedansi dan drain coil terlebih dahulu. Terminal TFH harus diketanahkan pada setiap kawat fasa yang tidak dipergunakan untuk PLC, agar tidak terjadi kebocoran tegangan kapasitif yang akan timbul bila terminal tersebut terbuka (open circuit). Bila CVT akan dipergunakan untuk keperluan PLC, maka terminal TFH dilepas dari pentanahannya dan dihubungkan dengan peralatan pengaman (drain coil) dan LMU. Pengaman CVT juga diperlukan untuk mengamankan transformator perantara dengan memasang peralatan pengaman tegangan lebih Fs, untuk menghilangkan tegangan lebih ke tanah, yang mungkin timbul dari elemen kondensator. Ditinjau dari sistem PLC, kapasitor kopling mempunyai tugas utama untuk meneruskan frekuensi tinggi dari terminal PLC ke SUTT.



Gambar 3. Capacitor Voltage Transformer

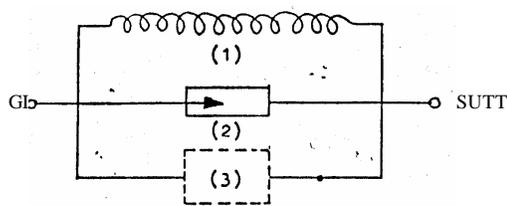
#### 4. WAVE TRAP

Istilah lain yang dipakai untuk menyebut alat ini adalah Band Trap, Line Trap, Blocking Coil. Wave trap digunakan untuk melalukan sinyal informasi dari terminal PLC ke saluran udara tegangan tinggi, maka sangat diharapkan agar saluran transmisi tersebut tampak seperti dua buah terminal komunikasi, seperti yang sering ditemui pada saluran ko-munikasi biasa. Keadaan ini sangat dibutuhkan oleh semua jenis sistem komunikasi yang selalu menggunakan medium perambatan, apakah udara, kabel dan atau saluran udara tegangan tinggi. Karena sistem PLC

ini menggunakan saluran udara tegangan tinggi sebagai media perambatannya, maka keadaan atau kondisi saluran harus dijaga agar komunikasi ini tidak dipengaruhi oleh kondisi-kondisi kesalahan atau perubahan yang terjadi pada sisi tegangan tingginya. Untuk mempertahankan agar saluran transmisi tersebut betul-betul dapat berfungsi sebagai antenna dengan tanpa adanya rugi-rugi sinyal perambatan, maka wave trap dipasang secara seri antara saluran transmisi dengan peralatan gardu induk.

Tugas utama wave trap adalah untuk memblok sedemikian rupa sehingga frekuensi tinggi yang membawa informasi, baik yang dipancarkan dari terminal PLC maupun yang diterima dari terminal PLC lawannya, tidak disalurkan/mengalir ke peralatan gardu induk. Untuk dapat melaksanakan tugas tersebut, maka impedansi wave trap harus dapat melalukan frekuensi rendah antara 50 ~ 60 Hz yang membawa arus listrik untuk keperluan sistem tenaga listrik. Dengan demikian wave trap harus mempunyai sifat berimpedansi rendah terhadap frekuensi jala-jala 50 Hz dan berimpedansi tinggi terhadap frekuensi tinggi yang membawa sinyal informasi.

Karena pemasangan wave trap adalah secara seri dengan sistem tenaga listrik, maka wave trap harus mampu mengalirkan arus listrik yang sesuai dengan kemampuan dari penghantar/konduktor terhadap harga maksimum dari arus yang diijinkan. Wave trap juga harus tahan terhadap tekanan-tekanan, baik berupa panas, maupun mekanis yang ditimbulkan karena mengalirnya arus kerja yang cukup besar atau karena adanya arus hubung singkat yang mungkin terjadi pada sisi tegangan tingginya. Pada dasarnya wave trap adalah suatu rangkaian resonansi paralel, yang terdiri dari tiga macam komponen seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Diagram rangkaian Wave Trap

- Keterangan gambar :
1. Kumparan utama
  2. Arrester
  3. Tuning Unit

##### 4.1. Kumparan Utama

Merupakan bagian yang berfungsi menyalurkan arus listrik dari pembangkit ke gardu induk. Sehingga kumparan harus dibuat sedemikian rupa agar mampu dilalui arus sesuai dengan kemampuan konduktornya, dan perlu diperhitungkan arus nominalnya (In). Arus nominal adalah arus maksimum (rms) pada frekuensi 50 Hz dimana kumparan utama masih dapat dilaluinya secara normal. Selain arus nominal atau arus kontinu, wave trap juga harus didesain mampu terhadap arus

hubung singkat yang mungkin dan biasa timbul pada jaringan tegangan tinggi.

Dari kumparan utama ini akan dihasilkan suatu besaran induktansi dalam milli Henry yang akan menghasilkan suatu resonansi untuk keperluan komunikasi. Tergantung dari besarnya induktansi yang dibutuhkan, maka kumparan utama dapat dibuat dalam bentuk silinder atau piringan.

4.2. **Arrester**

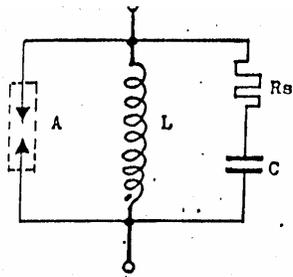
Alat ini berfungsi untuk mengamankan kumparan utama dan rangkaian penala pada wave trap dari tegangan berlebihan yang mungkin terjadi akibat sambaran petir pada saluran transmisinya. Untuk keperluan tersebut, alat ini dipasangkan secara parallel dengan kumparan utama.

4.3. **Tuning Unit (Rangkaian Penala)**

Alat ini dihubungkan secara parallel dengan kumparan utama dan ditempatkan dalam kumparan tersebut. Pada Gambar 4 memperlihatkan suatu kotak rangkaian penala dan bagaimana alat ini harus disusun dalam suatu rangkaian, untuk mendapatkan elemen penala yang berhubungan dengan lebar bidang frekuensi yang akan di blok. Pemakaian alat ini adalah untuk menyediakan harga impedansi secukupnya dari suatu wave trap, yaitu apakah untuk memblok satu macam frekuensi saja atau dua macam frekuensi.

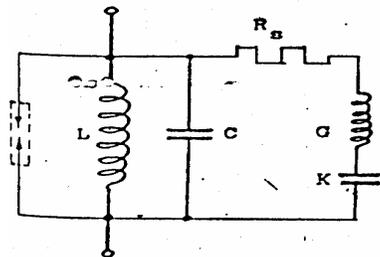
Menurut keperluan bidang frekuensi yang akan diblok, ada empat jenis wave trap, yaitu :

- a. tanpa penala
- b. meredam satu macam frekuensi (Gambar 5)
- c. meredam dua macam frekuensi (Gambar 6)
- d. meredam banyak macam frekuensi



L kumparan utama      Rs tahanan seri  
C kapasitor penala      A arrester

Gambar 5. Diagram WT untuk meredam satu frekuensi



G inductor      K kapasitor

Gambar 6. Diagram WT untuk meredam dua frekuensi

5. **LINE MATCHING UNIT (LINE TUNER)**

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

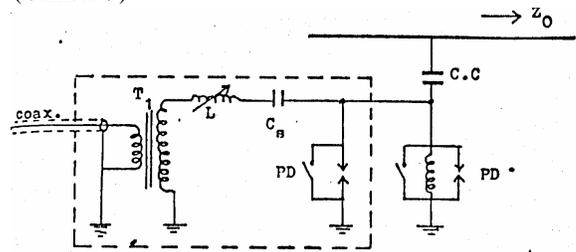
- a. Menyesuaikan karakteristik impedansi saluran udara tegangan tinggi dengan impedansi kabel coaxial yang menuju terminal PLC.
- b. Menjaga peralatan terminal PLC terhadap tegangan dan arus lebih yang mungkin timbul pada saluran tegangan tingginya.
- c. Mengatur supaya reaktansi kapasitif kapasitor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

Untuk dapat melaksanakan tugas-tugas diatas, peralatan LMU ini dilengkapi dengan komponen sebagai berikut :

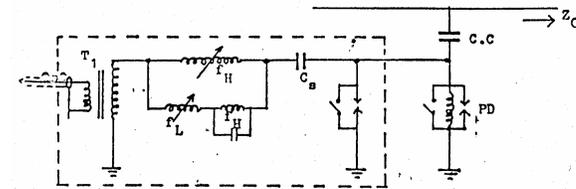
- a. Transformator penyeimbang
- b. Kumparan
- c. Peralatan pengaman
- d. Kondensator
- e. Hybrid

Berdasarkan frekuensi kerja yang digunakan, LMU dibagi dalam tiga macam :

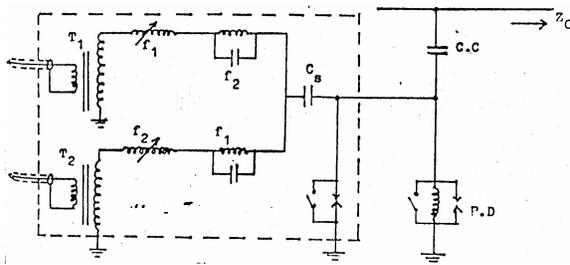
- a. ditala untuk satu macam frekuensi (Gambar 7)
- b. ditala untuk dua macam frekuensi dari satu kabel coaxial (Gambar 8)
- c. ditala untuk dua macam frekuensi dari dua kabel coaxial (Gambar 9)



Gambar 7. LMU ditala untuk satu macam frekuensi



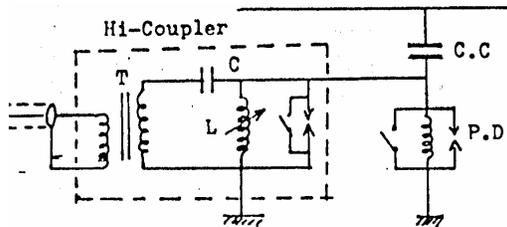
Gambar 8. LMU ditala untuk dua macam frekuensi dari satu kabel coaxial



Gambar 9. LMU ditala untuk dua macam frekuensi dari dua kabel coaxial

Ketiga macam line tuner diatas adalah termasuk ke dalam kelas/kelompok penala resonansi/resonant tuner. Metoda lainnya yang juga banyak digunakan adalah line tuner berbidang lebar/wide band tuner (Gambar 10).

Jika lebih dari dua macam frekuensi atau banyak terminal PLC pada saluran tegangan tinggi yang sama, maka diperlukan rangkaian pengganti dari rangkaian resonansi, untuk melakukan bidang frekuensi yang lebar, yang disebut sebagai Hi-Coupler.



Gambar 10. Wide Band Tuning

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar. (1993). *Teknik Tenaga Listrik*. Pradnya Paramita, Jakarta.
2. Carson, B.A. (1986). *Communication System Engineering Handbook*. Mc Graw Hill Co. New York.
3. Denno, K. (1993). *High Voltage Engineering in Power System*. New Jersey Institute, Newark, New Jersey.
4. Djiteng, M. (1995). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Balai Penerbit & Humas ISTN, Jakarta.
5. Freeman, R.L. (1998). *Telecommunication Transmission Handbook*. John Wiley & Sons Inc. New York.
6. Kennedy, G. (1998). *Electronic Communication System*. Mc Graw Hill Co. New York.
7. "....." (1995). *Power System Communication*. General Electric.
8. "....." (1998). *Technical Manual SSB Multi Channel 194 - 203*. Brown Boverly Co.