

PEMODELAN COUPLING CAPACITOR dan WAVE TRAP PADA SISTEM KOMUNIKASI JALA-JALA LISTRIK TEGANGAN TINGGI

BUDI HERDIANA

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia

Berkembangnya jaringan gardu induk guna memenuhi kebutuhan masyarakat sebagai konsumen diperlukan fasilitas sistem komunikasi via jala-jala listrik yang disebut power line carrier (PLC) sebagai penunjang pelaksanaan operasional sistem tenaga listrik terutama dalam proses pengiriman data informasi disamping untuk keperluan utama yaitu distribusi tenaga listrik. Alokasi frekuensi sistem komunikasi ini diantara frekuensi 50 Hz - 500 kHz. Alasan utama alokasi frekuensi ini digunakan karena tidak banyak digunakan sehingga diharapkan tidak akan mengganggu dan terganggu oleh sistem komunikasi lainnya sebab media transmisinya khusus memanfaatkan saluran tegangan tinggi.

Salah satu peralatan utama pada sistem komunikasi PLC ini adalah wave trap dan coupling capasitor dengan beberapa fungsi dan sifat kerja yaitu wave trap memiliki harga impedansi rendah terhadap frekuensi jala-jala serta memiliki impedansi besar untuk frekuensi pembawa informasi. Sedangkan coupling capasitor memiliki harga impedansi besar terhadap frekuensi jala-jala serta memiliki impedansi kecil ketika berada pada alokasi frekuensi pembawa informasi. Karena itu perhitungan-perhitungan nilai reaktansi induktif dan kapasitif terhadap frekuensi kerja pada peralatan wave trap dan coupling capasitor membawa pengaruh besar terhadap nilai impedansi dan kinerja system komunikasi PLC ini. Kemudian pengaruh peralatan ini dapat menghasilkan koordinasi yang optimal dalam pengamatan pusat-pusat beban (GI) dan pusat-pusat pembangkit.

Keywords : Wave Trap, Coupling Capasitor, Power Line Carrier, Gardu Induk, Frekuensi

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan tenaga listrik dari waktu ke waktu terus mengalami perkembangan secara pesat. Sehingga pengembangan dan perluasan sistem tenaga listrik tersebut sangat diperlukan adanya suatu pengaturan beban sistem tenaga listrik atau *Load Dispatching Centre*. Sistem

pengaturan beban ini fungsinya untuk mengamati dan mengendalikan setiap perubahan-perubahan yang terjadi pada gardu induk dalam sistem kelistrikan, seperti lalu lintas arus listrik antar gardu induk dan pembangkit, pengukuran tegangan, frekuensi dan daya serta gangguan-gangguan yang sering terjadi. Proses pengendalian ini dapat dilakukan secara langsung antara pusat pengatur beban dengan operator gar-

du induk dan pengaturan secara otomatis untuk jarak jauh misalnya proses telemetering, telesinyal, teleproteksi dan telekomando [2].

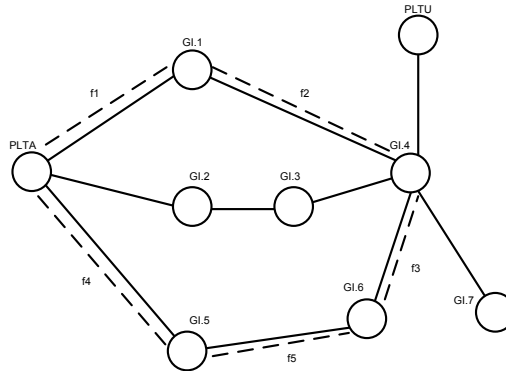
Adanya perkembangan pemakaian tenaga listrik, maka dengan sendirinya beban pemakaian menjadi bertambah sehingga dibutuhkan infrastruktur mesin pembangkit lebih dari satu buah. Tetapi selanjutnya dengan mengoperasikan lebih dari satu mesin pembangkit dapat menimbulkan masalah-masalah terutama dalam koordinasi yang maksimal dari mesin-mesin pembangkit sendiri. Sehingga untuk melaksanakan tugas-tugas koordinasi tersebut dibutuhkan sarana sistem telekomunikasi pada setiap gardu induk dan pembangkit. Adapun sarana telekomunikasi yang digunakan salah satunya sistem komunikasi menggunakan media jala-jala listrik yang sering disebut sistem *power line carrier* (PLC). Pemanfaatan jenis komunikasi ini memanfaatkan saluran transmisi tenaga listrik 3 fasa sebagai medium perambatan sinyal pembawa informasi yang dikirimkan.

Analisa rangkaian *wave trap* dan *coupling capacitor* menjadi hal yang penting disini karena kedua rangkaian ini merupakan komponen-komponen utama system PLC yang digunakan untuk menyesuaikan perangkat komunikasi pada kedua sisi pengirim dan penerima antar gardu induk dan pembangkit dengan saluran transmisi tegangan tinggi sehingga proses kontrol dan koordinasi diantaranya dapat terwujud.

SISTEM POWER LINE CARRIER

Sistem komunikasi ini disediakan oleh pihak PLN bertujuan untuk pengiriman sinyal data informasi dari suatu gardu induk ke gardu induk lainnya. Bentuk kebutuhan komunikasinya dapat berupa pengiriman data, telekontrol atau teleproteksi. Sehingga secara keseluruhan akan membentuk jaringan komunikasi antar gardu induk dan pem-

bangkit yang bentuk konfigurasi jaringannya ditunjukkan seperti gambar 1 berikut ini [2].



Gambar 1. Jaringan Komunikasi pada Pembangkit Tenaga Listrik

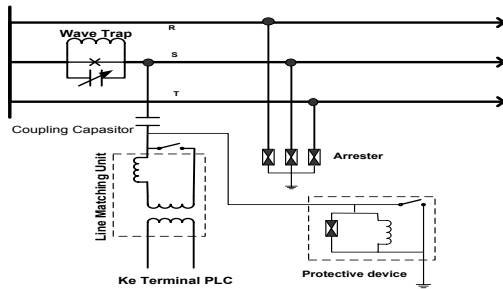
1. Metoda Pengkopelan

Teknik pengkopelan digunakan untuk proses pentransmisiian sinyal informasi melalui jala-jala listrik melalui kawat fasa dengan bantuan peralatan kopling sebagai penghubung antara tegangan tinggi dengan tegangan rendah dari sistem PLC serta di sisi lain digunakan untuk memblokir frekuensi jala-jala listrik 50 Hz. Agar sinyal pembawa yang ditransmisikan dari kedua terminal PLC tidak masuk ke peralatan gardu induk, maka harus dipasang *wave trap* yang dilengkapi kondensator penala yang dihubungkan secara paralel dengan lilitan (*coil*). Teknik pengkopelan yang umum digunakan dalam sistem PLC terdiri dari 4 macam, yaitu kopling fasa ke bumi, kopling 2 kawat fasa, kopling fasa ke fasa, opling 3 fasa.

a. Kopling Fasa ke Bumi

Bentuk pengkopelan ini umumnya banyak dipakai pada tegangan 70 kV ke bawah. Sinyal pembawa informasi ditransmisikan melalui satu fasa S yang dikopel, sedangkan bagian bumi (*ground*) digunakan sebagai saluran kembali (*return path*) dari arus yang ada. Dua kawat lainnya yaitu R dan T tidak dipergunakan, sehingga hal ini menjadi nilai kelemahan teknik pengkopelan ini yaitu

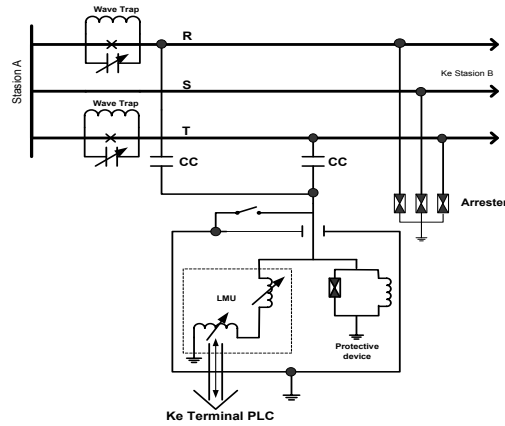
saat terjadi kerusakan atau gangguan pada kawat S yang dipakai, maka secara otomatis mengakibatkan terganggunya komunikasi yang sedang berlangsung dan distribusi tenaga listrik pada kawat tersebut akan terputus. Tetapi peristiwa terputusnya aliran daya dan tegangan tinggi ini akan diamankan oleh relai-relai proteksi. Berikut ini gambaran konfigurasi jenis pengkopelannya:



Gambar 2. Kopling Fasa ke Bumi

b. Kopling 2 Kawat Fasa

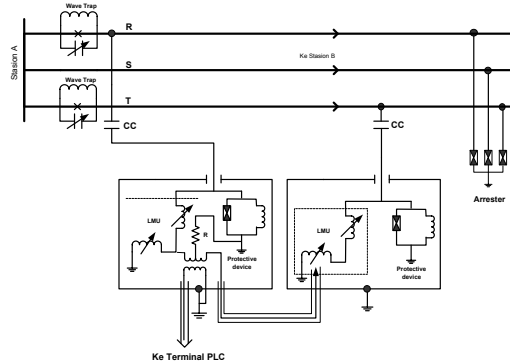
Teknik pengkopelan ini mempergunakan 2 kawat tegangan tinggi dengan tujuan untuk memperbaiki keberlangsungan transmisi sinyal informasi tanpa terganggu oleh putusnya kawat yang dipergunakannya, yaitu apabila salah satu kawat tersebut yang dikopel mengalami gangguan, maka satu kawat lainnya dapat dipergunakan untuk proses transmisi sinyal informasi. Pemilihan kawat fasa yang dipakai biasanya fasa R dan T. Gambaran konfigurasi jenis pengkopelan ini ditunjukkan pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Kopling 2 Kawat Fasa

c. Kopling Fasa ke Fasa

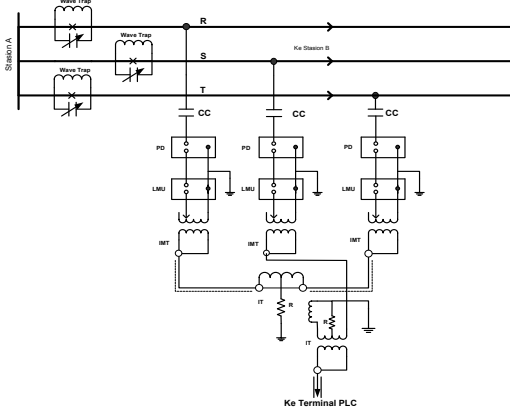
Teknik pengkopelan ini dipakai untuk saluran transmisi yang lebih panjang dan untuk tegangan saluran tegangan tinggi. Kemudian energi sinyal pembawa informasi disalurkan melalui 2 kawat fasa dengan baik karena kerugian energi pada kopling fasa ke fasa ini sangat kecil dibandingkan dengan 2 teknik pengkopelan sebelumnya.



Gambar 4. Kopling Fasa ke Fasa

d. *Kopling 3 Fasa*

Penggunaan metoda 3 fasa ini dapat menghasilkan suatu tingkat redaman sangat kecil sehingga banyak dipakai pada saluran panjang yang biasanya terdapat pada sistem tegangan ekstra tinggi 500 kV. Dalam hal ini perangkat pemancar dan penerima dari suatu sistem PLC dihubungkan ke tiga kawat fasa yang berfungsi sebagai sirkuit balik atau saluran kembali. Keandalan dari metoda kopling 3 fasa ini terlihat dengan baik jika terjadi gangguan pada sistem saluran tenaga. Perbandingan yang ada, maka tingkat keandalan metoda ini lebih baik dari ke 3 teknik kopling sebelumnya.



Gambar 5. Kopling 3 Fasa

2. **Kendala Aplikasi PLC**

Mengalirnya listrik dalam suatu penghantar dapat menyebabkan terjadi jatuh tegangan (*Voltage Drop*) pada penghantar tersebut, sehingga menyebabkan ketidakstabilan tegangan atau selalu berfluktuasi [1] selain itu tingkah laku fisik dari jaringan berubah setiap adanya peralatan yang di *on/off*. Kondisi ini jauh berbeda dengan jalur telekomunikasi yang dapat kita katakan memiliki kestabilan yang kontinyu, sehingga lalu lintas suara dan data memiliki sedikit

kemungkinan untuk terjadi kegagalan.

Kabel listrik juga merupakan sistem terbuka (*open network*) dimana sinyal bisa keluar karena secara tidak langsung jaringan kabel listrik merupakan suatu antena sehingga dapat menimbulkan *Electo Magnetic Interference* (EMI) yang dapat mengganggu sistem komunikasi dimana sinyal dan *noise* dari luar bisa masuk dan sistemnya mudah terganggu[4].

PLC sebagai teknologi yang memanfaatkan saluran listrik untuk menumpangkan sinyal suara dan data, tentunya dihadapkan pada kendala-kendala yang cukup rumit. Hal ini disebabkan berbagai kenyataan bahwa PLC mengambil tempat secara langsung pada jaringan kabel jala-jala dimana kebanyakan dari peralatan listrik dioperasikan, akibatnya level *noise* pada jaringan akan menjadi tinggi. Level *noise* bergantung pada sejumlah keadaan, seperti alam dan sumber-sumber buatan dari radiasi elektromagnetik, struktur fisik dan parameter jaringan. Beberapa kendala aplikasi yang terkait dengan jaringan listrik adalah *noise*, *distorsi*, *disturbansi* dan *atenuasi*, tentunya keadaan ini akan mempengaruhi kualitas dari pengiriman sinyal informasi sehingga diperlukan suatu solusi pemecahannya yaitu melalui metode modulasi [4].

3. **Kapasitor Kopling**

Kedudukan kapasitor kopling dalam sistem komunikasi PLC adalah sebagai alat penghubung antara terminal pemancar dengan konduktor kawat fasa bertegangan tinggi dimana sebagai alat penghubungnya, dipakai sebuah peralatan penyesuai impedansi dan *drain coil*. Sifat dari kopling kapasitor ini berimpedansi rendah terhadap frekuensi tinggi dan berimpedansi tinggi terhadap frekuensi rendah, sehingga kopling kapasitor ini difungsikan untuk meloskan frekuensi tinggi yang dihasilkan oleh terminal PLC dan meredam frekuensi

jala-jala 50 Hz. Tetapi penentuan besar kecilnya kopling kapasitor berdasarkan jaringan tenaga listrik yang diambil. Hal ini sesuai dengan standar NEMA (*National*

Tabel 1. Standar *Electrical Manufacturers Publication* SG-11

Tegangan Jaringan (KV)	Kapasitas (uF) : 10%		Jarak sisi tegangan dan sisi tegangan	Tegangan denyut diijinkan (KV)
	Min	Max		
46	...	0,015	33,5	250
69	0.0032	0.01	45	350
115	0.002	0,006	76	550
138	0,0016	0,005	88	650
106	0,0013	0,0043	103	750
230	0,001	0,0030	145	1050
287,5	0,0008	0,00250	177	1300
345	0,00064	0,002

Electrical Manufacturers Association Standar Publication) SG-11^[4]. Kemudian cara kerja dari kopling kapasitor ini ditentukan berdasarkan tahanan kapasitor yang dinyatakan oleh hubungan matematis sebagai berikut:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \dots\dots\dots(1.1)$$

Perhitungan nilai tahanan kapasitor dapat mempengaruhi besar kecilnya kapasitor dan frekuensi yang melalui *coupling capacitor* “3.

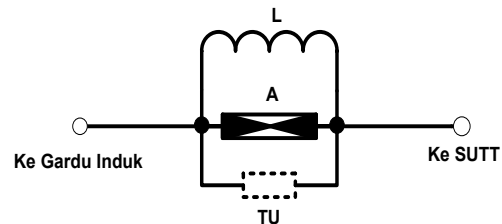
4. Wave Trap

Tugas utamanya merupakan kebalikan dari fungsi kerja kapasitor kopling yaitu memblok frekuensi pembawa informasi yang akan dipancarkan maupun yang diterima dalam sistem PLC. Sifat dari *wave trap* ini kecenderungan berimpedansi rendah untuk meloloskan frekuensi rendah jala-jala 50 Hz yang mengandung energi listrik. Hal ini

dapat dilihat dari hubungan secara matematis berikut ini,

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \dots\dots\dots(1.2)$$

Pemasangan *Wave Trap* (WT) dihubungkan secara seri antara gardu induk dan terminal PLC dengan saluran transmisi bertegangan tinggi (SUTT). Untuk keperluan ini, ukuran *wave trap* yang umumnya dipergunakan dan dipasang pada jaringan tenaga listrik adalah sebesar 200A, 400A, 600A, 800A, 2000A, dan 3500A.



Gambar 6. Rangkaian Wave Trap

Keterangan:

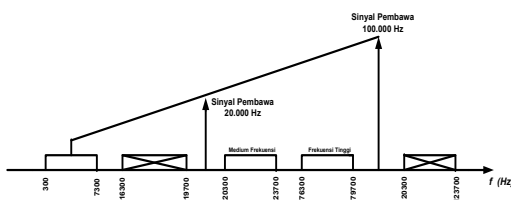
L : Kumparan utama (L) berfungsi sebagai penyalur arus listrik dari pembangkit ke gardu induk. *Arrester* (A) berfungsi untuk mengamankan komponen kumparan utama dan rangkaian penala pada *wave trap* dari tegangan berlebih yang mungkin terjadi karena adanya gangguan dalam saluran transmisinya. *Tuning Unit* (TU) berfungsi untuk menyediakan harga impedansi berdasarkan kebutuhan dari *wave trap*, artinya perangkat ini dapat mempengaruhi lebar sempitnya *bandwidth* frekuensi kerja sistem PLC.

5. Terminal Komunikasi PLC

Terminal PLC terdiri dari perangkat radio pemancar dan penerima yang dilengkapi penguat daya pancar. Rata-rata daya pancar radio PLC ini antara 10 Watt sampai 40 Watt dengan catu daya DC berkisar antara 48 Volt, 24 Volt dan 12 Volt. Tetapi khusus untuk saluran tegangan tinggi yang panjang dan melalui lebih dari satu buah gardu induk, maka diperlukan daya pancar sebesar 16 Watt.

a. Teknik Modulasi

Teknik modulasi yang digunakan pada komunikasi jenis ini adalah amplitude modulasi *Single Sideband* (SSB). Alokasi pita frekuensi kerjanya ditunjukkan seperti gambar berikut ini:



Gambar 7. Alokasi Frekuensi Kerja PLC [2]

Gambar 7 menyatakan bahwa kita melakukan proses pengiriman sinyal informasi dengan memakai frekuensi kerja 76

kHz s.d 80 kHz dengan 2 kali modulasi yaitu di alokasi frekuensi 20 kHz dan 100 kHz. Kemudian sinyal informasi suara 300 s.d 3700 Hz dimodulasi oleh frekuensi 20 kHz akan menghasilkan 20300 Hz s.d 23700 Hz yaitu untuk daerah frekuensi atas (*Upper sideband*), sedang pada daerah frekuensi bawahnya diredam. Sedangkan proses modulasi untuk daerah frekuensi lainnya dengan frekuensi pembawa 76 kHz dengan sinyal informasi yang sama menghasilkan frekuensi 76300 Hz s.d 79700 Hz yaitu daerah frekuensi bawah (*Lower Sideband*), sedangkan pada bagian atasnya diredam dan begitu seterusnya jika menggunakan alokasi frekuensi pembawa yang lainnya juga.

Alokasi frekuensi pembawa informasi yang akan ditransmisikan melalui saluran udara tegangan tinggi (SUTT) adalah frekuensi 184 kHz sedangkan frekuensi pilot berkerja di frekuensi 16 kHz. Di Indonesia sendiri rentang frekuensi yang dimanfaatkan untuk komunikasi PLC ini umumnya diantara 50 kHz s.d 500 kHz karena rentang frekuensi ini belum digunakan untuk keperluan yang lain.

b. Karakter SUTT

Pada saluran tegangan listrik, arus dan tegangan saluran akan menimbulkan medan elektromagnetik pada konduktor kawat fasa, dan energi listrik maupun energi dari gelombang pembawa informasi akan ditransmisikan melalui medan elektromagnetik tersebut. Akibatnya sifat saluran akan berubah sesuai dengan besarnya gelombang pembawa, sedangkan untuk redaman saluran yang merupakan ukuran kualitas saluran ditentukan oleh besarnya energi yang terjadi pada saluran tersebut yaitu sebagai fungsi daya yang hilang pada tahanan dan impedansi karakteristiknya. Sehingga nilai induktansi saluran kawat fasa ini dapat di tentukan berdasarkan data-data yang diperoleh sebagai berikut [2]:

Diketahui:

- Saluran 3 fasa 50 Hz, 150 kV

- Konduktor ACSR penampang 152 mm²
- Luas aluminium 300.000 cmil, lilitan 27/7
- Radius efektif 0,7010 m
- Kapasitas hantar 490 A
- Karakteristik ketiga kawat fasa 5,33 m

Sehingga harga induktansi dapat ditentukan dari persamaan [4]:

$Jarak\ ekivalen(D) = \sqrt[3]{5,33 \times 5,33 \times 10,66}$
 = 6,715 meter
 Sedangkan radius rata-rata geometris (GMR) diperoleh sebesar:

$$r = \sqrt{r \times e^{-\frac{1}{4}}}$$

$$= \sqrt{0,7010 \times 0,7788} = 0,738$$

Nilai induktansi dapat diperoleh dari persamaan:

$$L = 2 \times 10^{-7} \left[\ln \frac{D}{r \times e^{-\frac{1}{4}}} \right]$$

$$= 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{D}{r}$$

$$= 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{0,702}{0,738} \text{ Henry/m}$$

$$= 0,4711 \times \log \frac{0,702}{0,738} \text{ Henry/m}$$

$$= 0,710 \text{ mH/meter}$$

Jadi induktansi di sepanjang saluran yaitu sebesar 0,710 m H/meter.

c. Data Hasil Pengamatan dan Analisis Perhitungan

Tabel 2. Struktur Kabel Coaxial Frekuensi Tinggi untuk PLC

Karakteristik Kabel		Standar Ukuran
Pengantar Dalam	Material	Soft Copper Berlilit
	Diameter Luar	1,2 mm (7/0,4mm)
Isolasi	Material	Poltethylene
	Tebal	3 mm
	Diameter Luar	standar 7,3 mm
Pengantar	Material	Soft Copper Wireband
Sarung Viny (Sheat)	Tebal Standar	2,5 mm
	Diameter Luar	Maksimum 14 mm
Berat		Kira-kira 220 /Km

Tabel 3. Peralatan SSB PLC Terpasang

TYPE PLC	LINK	S/N	FREKUENSI (kHz)	LINE
194-201	129A	111382	308 - 312 304 - 308	1/S
194-203	222	11382	272 - 308 248 - 256	2/S
194-201	46	111335	364 - 368 360 - 364	2/S
194-203	55	22134	328 - 336 336 - 344	1/S
194-203	29	22134	272 - 280 280 - 228	2/S
194-201	158	111392	468 - 472 462 - 468	1/S
194-203	159	21965	392 - 400 84 - 392	2/S

6. Analisa Perhitungan Wave Trap dan Coupling Capasitor

a. Wave Trap

Peralatan ini dipasang seri dengan saluran tegangan tinggi dengan tujuan untuk memblok agar frekuensi pembawa informasi tidak masuk ke dalam saluran tegangan tinggi

yang membawa energi listrik sehingga dibutuhkan impedansi *wave trap* yang dapat meloloskan frekuensi rendah (listrik) antara 50 Hz - 60 Hz. Karena itu diperlukan nilai resonansi maksimum dari frekuensi kerjanya, maka harga kapasitor perlu dihitung.

Asumsikan jika dipasang terminal PLC oleh PLN dengan frekuensi kerja sebagai berikut:

Transmitter : 96 - 100 kHz

Receiver : 96 - 104 kHz

Induktansi WT : 0,2 mH

maka nilai kondensator untuk frekuensi kerja 100 kHz dapat dicari dari persamaan,

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 x L}$$

$$C = \frac{1}{4 x (3,14)^2 x (100.10^3)^2 x (0,2.10^{-3})}$$

$$C = 12,6 \text{ nF}$$

Jadi komponen kondensator yang diperlukan yaitu 12,6 nF + (1,2nF + 3,5nF).

Kemudian arus pada penghantar (arus normal) I_n dari saluran tegangan tinggi dinyatakakan sebagi hubungan,

$$I_n(A) = \frac{VA}{(V)}$$

Analisis perhitungan berdasarkan data lapangan menunjukan sebagai berikut:

Induktansi *wave trap* : 0,814 mH

Daya yang diijinkan : 300 mVA

Tegangan energi listrik : 150 kV

Frekuensi carrier PLC : 500kHz, 225 kHz, 50 kHz, 50 Hz.

Analisa perhitungan:

$$I_n(A) = \frac{VA}{(V)} = \frac{300mVA}{150kV} = 2000A$$

Perhitungan *Wave trap* diukur dari perbandingan impedansi untuk masing-masing frekuensi pembawa, diantaranya:

Pada frekuensi kerja 500kHz diperoleh:

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2(3,14) x (500.10^3) x (0.814.10^{-3})$$

$$X_L = 2555,96 \Omega$$

Pada frekuensi kerja 225 kHz diperoleh :

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2(3,14) x (225.10^3) x (0.814.10^{-3})$$

$$X_L = 1150,182 \Omega$$

Pada frekuensi kerja 50 kHz diperoleh :

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2(3,14) x (50.10^3) x (0.814.10^{-3})$$

$$X_L = 225,596 \Omega$$

Pada frekuensi kerja 50 Hz diperoleh :

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2(3,14) x (50) x (0.814.10^{-3})$$

$$X_L = 0,255596 \Omega$$

2.6.2. Coupling Capacitor (CC)

Analisis perhitungan Coupling Capacitor diperoleh data sebagai berikut :

CC : 15500 pF

Tegangan(V) : 161 Volt

Type : TECH 161

Seri : 9218732

Frekuensi Pembawa : 50 kHz, 225 kHz, 500kHz.

Perhitungan untuk harga X_c pada setiap frekuensi pembawanya:

Pada frekuensi kerja 50 kHz diperoleh:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi(50) x (15500.10^{-12})}$$

$$X_c = 20645,16 \Omega$$

Pada frekuensi kerja 225 kHz diperoleh :

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi(225 \cdot 10^3) \times (15500 \cdot 10^{-12})}$$

$$X_c = 45,65\Omega$$

Pada frekuensi 500 kHz :

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi(500 \cdot 10^3) \times (15500 \cdot 10^{-12})}$$

$$X_c = 20,54\Omega$$

Harga rata-rata impedansi X_c dari frekuensi pembawa PLC adalah:

$$\frac{205,46\Omega + 45,65\Omega + 20,54\Omega}{3} = 90,55\Omega$$

Kemudian untuk frekuensi 50 Hz, harga impedansi X_c bernilai besar sehingga secara nyata bahwa fungsi CC ini kebalikan dari fungsi *wave trap* yaitu memblokir frekuensi rendah 50 Hz dan CC ini bekerja sebagai Filter HPF.

KESIMPULAN

Sistem PLC adalah sistem komunikasi via jala-jala listrik tegangan tinggi yang dimanfaatkan untuk menjalankan koordinasi informasi antara pembangkit ke pusat-pusat atau gardu induk yang mana salah satu peralatan utamanya adalah *wave trap* dan *coupling capacitor*. Kedua sifat peralatan ini mempunyai sifat-sifat antara lain:

1. *Wave trap* kecenderungan memiliki impedansi rendah terhadap frekuensi 50 Hz dan berimpedansi tinggi pada frekuensi tinggi sehingga *wave trap* ini berfungsi sebagai filter lolos tinggi dan mentransmisikan frekuensi tinggi.

2. *Coupling capacitor* memiliki fungsi sebaliknya dari *wave trap* yaitu berimpedansi tinggi untuk frekuensi rendah dan berimpedansi rendah untuk frekuensi tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Haefely. 1990. "*Line Trap For High Frequency Carrier Transmission Over High Voltage Line*", New Jersey., Prentice Hall.
- PLN, P2B, "*Pusat Pengatur Beban Sistem Tenaga Listrik Se Jawa*", Buku Statistik Tahunan 1984 / 1985.
- Paul, Albert. 1967. "*Electric Instrumentation Fundamental*", New York.
- Arismunandar. 1982 "*Teknik Tenaga Listrik*", Jilid II Saluran Transmisi, Jakarta., PT. Pradnya Paramita.

