

KEANDALAN MONITORING TELEKOMUNIKASI DATA MENGUNAKAN SERAT OPTIK DALAM PENGENDALIAN OPERASI SISTEM TENAGA LISTRIK

Aas Wasri Hasanah
aas_wasri@yahoo.com
Teknik Elektro STT-PLN Jakarta

ABSTRAK

Sistem tenaga listrik terus berkembang karena kebutuhan masyarakat akan tenaga listrik juga terus meningkat. Di Indonesia rasio elektrifikasi baru mencapai sekitar 60%, sehingga masih diperlukan pengembangan sistem tenaga listrik yang cukup besar untuk mencapai rasio elektrifikasi 100%. Untuk mengendalikan sistem tenaga listrik yang besar seperti halnya sistem koneksi Jawa Bali diperlukan sarana telekomunikasi yang handal dan memadai agar data dan informasi yang diperlukan untuk mengambil keputusan operasi bisa didapat dengan cepat. Sarana telekomunikasi powerline carrier dan serat optik merupakan sarana telekomunikasi yang praktis hanya dimiliki PLN, khususnya untuk sarana serat optik yang dipasang dalam kawat petir saluran tegangan tinggi.

Kata Kunci: Elektrifikasi, telekomunikasi, serat optik

ABSTRACT

Electric power systems continue to evolve as the needs of the community will also continue to increase electric power. Electrification ratio in Indonesia reached about 60%, so it still requires the development of electric power system large enough to achieve 100% electrification ratio. To control the large electric power systems as well as Java-Bali system connections necessary telecommunications facilities that are reliable and adequate for data and information needed to make operating decisions can be obtained quickly. Telecommunications facilities powerline carrier and fiber optic are the only practical means of telecommunication which is owned by PLN, particularly for optical fiber means mounted in lightning wire high voltage lines.

Keywords: electrification, telecommunications, fiber optics

1. PENDAHULUAN

Pusat-pusat listrik kebanyakan dibangun ditempat yang jauh dari para pemakai tenaga listrik dari kota. Jangkauannya cukup luas, jumlah pusat listrik yang berada di Jawa Bali mencapai puluhan, gardu induk bisa mencapai ratusan dan saluran transmisi mencapai ribuan kilometer.

Untuk mengendalikan instalasi listrik yang demikian luas diperlukan sarana telekomunikasi yang memadai dan handal, untuk dapat mengambil informasi mengenai situasi jaringan secepat mungkin untuk dasar pengambilan keputusan operasi.

Pengendalian operasi ini dilakukan oleh pusat pengatur beban sehingga saluran telekomunikasi dari simpul-simpul instalasi listrik yang harus diawasi harus disalurkan ke pusat pengatur beban.

Sarana telekomunikasi pada saat ini yang **paling utama** adalah serat optik yang dipasang dalam kawat petir yang letaknya paling atas pada saluran transmisi.

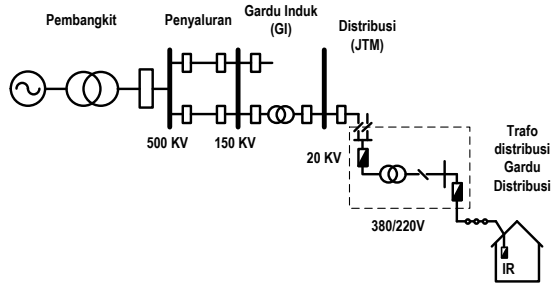
breaker (PMT) dan disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator. Tegangan listrik yang dihasilkan adalah 500 KV, kemudian ditransmisikan ke Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan menjadi tegangan menengah (JTM) atau yang juga disebut tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer yang digunakan pada saat ini adalah tegangan 20 kV.

Jaringan setelah keluar dari GI disebut jaringan distribusi, sedangkan jaringan antara Pusat Listrik dengan GI disebut jaringan transmisi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer, maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah dengan tegangan 380/220 Volt, kemudian disalurkan melalui Jaringan Tegangan Rendah (JTR) untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) melalui sambungan rumah.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Proses Penyediaan Tenaga Listrik

Proses pembangkitan tenaga listrik pada prinsipnya merupakan konversi energi primer menjadi energi mekanik. Di pusat listrik energi yang dibangkitkan kemudian dihubungkan melalui *circuit*



Gambar. 2.1 Proses Penyediaan Tenaga Listrik

2.2 Sistem Transmisi Listrik Jawa - Bali

Sistem transmisi berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban melalui saluran transmisi. Saluran transmisi akan mengalami rugi-rugi tenaga, maka untuk mengatasi hal tersebut tenaga yang akan dikirim dari pusat pembangkit ke pusat beban harus ditransmisikan dengan tegangan tinggi maupun tegangan ekstra tinggi.

Sistem tenaga listrik Jawa-Bali dihubungkan oleh Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV dan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV dan 70 kV. Region-region pada sistem dihubungkan oleh sistem transmisi 500 kV yang merupakan tulang punggung penyalur daya sistem tenaga listrik Jawa-Bali.



Gambar 2. 2 Sistem Saluran Transmisi Listrik Jawa-Bali (Sumber: PLN P3B Gandul)

Daya berkapasitas besar dialirkan oleh pembangkit-pembangkit utama dari region 1 (satu) sampai dengan region 4 (empat). Operasi sistem untuk setiap region dikendalikan oleh satu *Regional Control Center* (RCC). Kontrol Sistem Listrik transmisi Jawa Bali (*Jawa-Bali Control Center/JCC*) dipusatkan di Gandul.

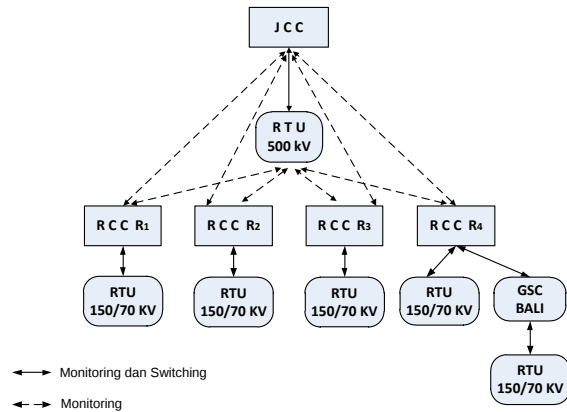
2.3 Kurva Beban

Kurva beban menggambarkan penggunaan beban (listrik) dalam suatu waktu. Dikatakan dalam suatu waktu karena selangnya itu dapat berupa tahunan, mingguan, bahkan harian.

Beban sistem tenaga listrik merupakan pemakaian tenaga listrik dari para pelanggan listrik. Besar kecilnya beban beserta perubahannya tergantung kepada kebutuhan para pelanggan akan tenaga listrik. Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik harus selalu diusahakan supaya daya yang dibangkitkan sama dengan beban sistem.

2.4 SCADA

Scada (*Supervisory Control And Data Acquisition*) merupakan sistem konfigurasi yang dipakai untuk memonitor dan mengontrol operasi sistem tenaga listrik. Scada ini dipakai untuk memonitor dan mengontrol areal produksi yang tersebar di area yang cukup luas tanpa harus melihat langsung ke lapangan.



Gambar 2. 3 Hirarki sistem Scada Jawa Bali sumber: PLN P3B, Gandul

SCADA terdiri dari sejumlah RTU (*Remote Terminal Unit*), *Master Station/RCC* (*Region Control Center*), jaringan telekomunikasi data dan *Master Station* (MS). Dalam komunikasi antara MS dengan setiap RTU dilakukan melalui media (*fiber optic*, *PLC*, dan *radio link*).

Untuk mentransmisikan sinyal pembawa dari terminal PLC ke SUTT, maka diperlukan sistem pengkopelan, dimana ada yang mempunyai tugas memblokir/meredam frekuensi pembawa agar tidak masuk ke peralatan gardu dan ada yang bertugas melakukan frekuensi pembawa.

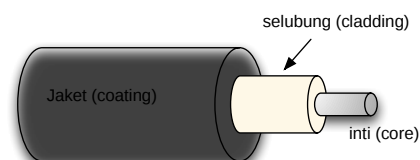
2.5 SERAT OPTIK

Serat optik adalah saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus, dan digunakan untuk mentransmisikan informasi melalui media cahaya.

Serat optik menggunakan cahaya untuk mengirimkan informasi (data). Cahaya yang membawa informasi dapat dipandu melalui serat optik berdasarkan *reflection internal total* (pemantulan sempurna). Cahaya sebagai gelombang elektromagnetik terpandu membawa informasi.

Secara umum struktur serat optik terdiri dari 3 bagian, yaitu :

1. Inti (*core*)
2. Selubung / kulit (*cladding*)
3. Jaket (*coating*) atau pelindung (*buffer*)
- 4.



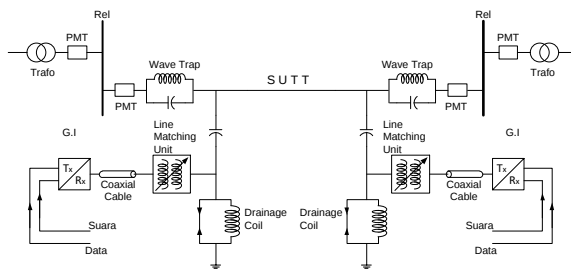
Gambar 2.4 Struktur Serat Optik

Karakteristik transmisi fiber optik mencakup redaman dan dispersi yang terjadi pada fiber optik. Faktor redaman dan dispersi ini sangat menentukan kualitas fiber optik tersebut sebagai media transmisi dalam suatu jaringan komunikasi.

2.6 POWER LINE CARRIER

PLC (Power Line Carrier) merupakan teknologi yang memanfaatkan kabel listrik sebagai media transmisi sinyal pembawa yang mengandung informasi. Sinyal komunikasi ini melalui tahap-tahap pemrosesan sinyal sehingga memungkinkan untuk ditransmisikan melalui kabel listrik.

Dalam sistem PLC, sinyal telekomunikasi disalurkan melalui SUTT. Untuk keperluan ini harus ada peralatan khusus yang berfungsi memasukkan (mencampur) dan mengeluarkan (memisahkan) sinyal telekomunikasi di ujung-ujung SUTT dan frekuensi 50 Hertz yaitu frekuensi energi listrik yang disalurkan melalui SUTT. Secara skematis proses pencampuran dan pemisahan ini dilakukan dengan peralatan yang digambarkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.5 Blok diagram PLC

Untuk menyempurnakan jalur komunikasi pada saluran tenaga listrik tersebut, dibutuhkan peralatan saluran kopling yang terdiri dari *Wave Trap*, Kapasitor Kopling, *Line Matching Unit/Line Tuner* dan *Protection Device* (peralatan pengaman).

WaveTrap harus dipasang kedua sisi penghantar di kedua lokasi GI/PLT yang menuju ke *Switch Gear*, 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 s/d 60 Hz.

Line Tuner digunakan untuk menyesuaikan impedansi, antara impedansi *line* yang berkisar antara 300 s/d 400 Ohm dengan impedansi terminal PLC yaitu 75 Ohm atau 125 Ohm.

Protection Device untuk menyalurkan arus pada frekuensi 50 Hz ke tanah yang masih terdapat dibagian bawah atau tegangan rendah dari kapasitor kopling. Adapun frekuensi kerja yang digunakan untuk sistem PLC adalah diantara 50 s/d 500 kHz.

3. SISTEM TELEKOMUNIKASI OPERASI SISTEM TENAGA LISTRIK

Serat optik menggunakan cahaya untuk mengirimkan informasi (data). Cahaya yang

membawa informasi dapat dipandu melalui serat optik berdasarkan *reflection internal total* (pemantulan sempurna). Cahaya sebagai gelombang elektromagnetik terpandu membawa informasi yang disebut mode.

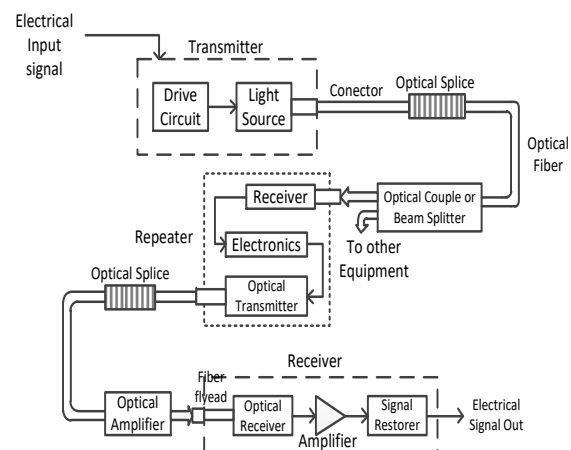
Sistem transmisi pada PT PLN jaraknya jauh, sehingga media komunikasinya menggunakan *fiber optik* jenis *Single Mode Step Indeks*. Kemampuan dari fiber jenis ini adalah mempunyai kapasitas bandwidth lebih besar.

Berdasarkan ITU-T (*International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization sector*) yang dikenal dengan CCITT, ada empat macam tipe yang sering digunakan yaitu:

1. G.652 - *Standar Single Mode Fiber*
2. G.653 - *Dispersion-shifted single mode fiber*
3. G.654 - *Characteristics of cut-off shifted mode fiber cable*
4. G.655 - *Dispersion-shifted non zero Dispersion fiber.*

Jaringan komunikasi PT PLN (Persero) P3B yang dalam hal ini jaringan fiber optiknya dikelola PT ICON+ menggunakan tipe jenis G.652. Tipe dari jenis fiber single mode ini dapat digunakan pada STM-1 (*Synchronous Transport Module*) (155 Mbit/s) untuk mencakup jarak lebih dari 1280 km tanpa menggunakan *repeater* (pengulang/penguat) dan pada STM 4 (622 Mbit/s) digunakan untuk jarak lebih dari 160 km dengan memakai *amplifier fiber optik*. Menurut ITU-T jarak yang dapat dicakup untuk STM 16 adalah sebesar 160 km, tetapi jarak tersebut hanya dapat dicapai dengan menggunakan *post amplifier* (penguat) optik dan *pre-amplifier* sedangkan untuk STM 64 jarak yang dapat dicakup adalah sebesar 40 – 80 km.

3.1 Komponen-komponen Transmisi Serat Optik



Sumber: PT PLN, P3B

Gambar 3.1 Komponen Sistem Transmisi Fiber Optik

4.1.1 Komponen Pasif

Tabel 3.1 Komponen Pasif Pada Sistem Transmisi Serat Optik

Komponen	Rincian	Nilai
Kabel Fiber Optik	Loss kabel 1300 nm	0.5 dB/ km
	Loss kabel 1550 nm	0.25 dB/ km
	Moda Dispersi (Multimode)	0.25 ns/ km
	Material Dispersi (singlemode) sistem 1300 nm sistem 1550 nm	0 0.14 ps/ km GHz
Konektor	Loss	0.5 – 1.0 dB
Splice	Loss	0.1 – 0.2 dB
Kopler/ Splitter	Loss	1.0 – 5.0 dB

Sumber: PT PLN, P3B

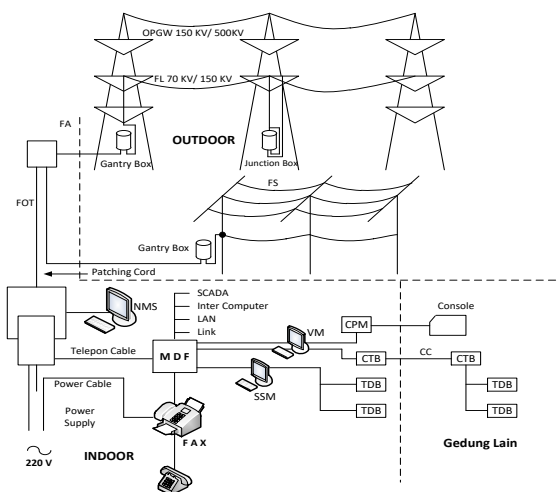
3.1.2 Komponen Aktif

Tabel 3.2 Komponen Aktif Pada Sistem Transmisi Serat Optik

Komponen	Rincian	Nilai
Transmitter	LED (sistem multimode)	B < 200 MB/s
	LD (singlemode)	B > 200 Mb/ s
Receiver	p-n Photodiode	
	p-i-n Photodiode	
Optical Switch/ Modulator	Crosstalk	< -20 dB
	Switching Voltage	< 10 Volt
	Loss	1 – 5 dB
	Bandwidth	> 1 GHz
Optical Amplifier	Gain	20 – 30 dB

Sumber: PT PLN P3B

3.2 Sistem Jaringan Telekomunikasi Fiber Optik pada PT PLN (Persero)



Sumber: PT PLN, P3B

Gambar 3.2 Sistem Jaringan Telekomunikasi Fiber Optik pada PT PLN (Persero)

Keterangan :

OPGW : Optical Ground Wire
PAX : Private Automatic Exchange
FL : Fiber Long Span
MDF : Main Distribution Frame

FS : Fiber Short Span

CTB : Copper Terminal Box

FA : Fiber Armoured

TDB : Telephone Distribution Box

FOT : Fiber Optical Terminal

CPM : Commutator Position Multilines

OTB : Optical Terminal Box

NMS : Network Management System

SSM : Sopho System Manager

VM : Voice Mail

5. PEMBAHASAN

4.1 INFRASTRUKTUR

Infrastruktur telekomunikasi yang dimiliki oleh PT PLN yang dibangun sebagai kelengkapan sistem distribusi listrik (PLN). Infrastruktur komunikasi PT PLN (Persero) P3B yang dalam hal ini jaringan fiber optiknya dikelola PT ICON+ .

Jaringan Telekomunikasi PT PLN

- Lokasi : Jawa – Bali yaitu Jakarta, Cikampek, Cirebon, Pekalongan, Semarang, Purwodadi, Surabaya, Banyuwangi, Denpasar, Jember, Malang, Madiun, Solo, DIY, Purwokerto, Tasikmalaya, Bandung, Bogor.
- Kapasitas Terpasang : 2 Gbps (STM 16)
- Kapasitas Terpakai : 2 Mbps
- Kapasitas Idle : 1,8 Gbps

4.2 Kinerja Master Scada dan RTU 500 KV

Dibawah ini merupakan data Laporan kinerja RTU yang dimulai dari tanggal 1 Februari 2011 00:00 – 28 Februari 2011 23:59.

- Region 1 meliputi Jakarta Raya dan Banten
- Region 2 meliputi Jawa Barat
- Region 3 meliputi Jawa Tengah dan D.I.Y
- Region 4 meliputi Jawa Timur dan Bali.
- Down Time adalah waktu gangguan dan pemeliharaan dalam satuan jam.

Tabel 4.1 Kinerja RTU 500 kV

REGION	Device RTU 500kV	Down Time	Up Time	Availability
		(hours)	(hours)	(%)
REGION 1	KEMBANGAN 500KV	2.384	669.615	99.645
	GANDUL 500KV	6.391	665.609	99.049
	CILEGON 500KV	0.014	671.986	99.998
	CAWANG 500KV	0.012	671.988	99.998
	CIBINONG 500KV	0.055	671.944	99.992
	BEKASI 500KV	0.035	671.965	99.995
	SURALAYA 500KV	6.574	665.426	99.022
	DEPOK 500KV	0.000	672.000	100.000
	BALARAJA 500KV	0.009	671.991	99.999
REGION 2	SAGULING 500KV	0.017	671.983	99.997
	BANDUNG SEL. 500 KV	0.035	671.965	99.995
	MANDIRANCAN 500KV	0.034	671.966	99.995
	CIBATU 500KV	2.635	669.365	99.608
	CIRATA 500KV	0.015	671.985	99.998
	TASIK 500KV	0.446	671.554	99.934
	MUARATAWAR 500KV	1.863	670.136	99.723
REGION 3	UNGARAN 500KV	11.824	660.176	98.241
	PEDAN 500KV	14.180	657.820	97.890
	TANJUNG JATI 500KV	0.346	671.653	99.948
REGION 4	GRATI 500KV	16.304	655.695	97.574
	GRESIK 500KV	11.856	660.144	98.236
	SURABAYA BRT 500KV	11.926	660.074	98.225
	PAITON 500KV	0.804	671.196	99.880
	KEDIRI 500KV	26.463	645.537	96.062

	Total Summary	4.76	667.24	99.292

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa waktu gangguan dan pemeliharaan (*down time*) rata-rata untuk seluruh *regionnya* cukup kecil yaitu rata-rata 4,76 jam dalam sebulan dan *availabilitynya* rata-rata di atas 90% hal ini menunjukkan bahwa untuk *monitoring fiber optik* sangat andal.

6. KESIMPULAN

Peranan telekomunikasi dalam pengamanan sistem operasi kelistrikan merupakan prioritas pertama, karena apabila jaringan telekomunikasi terganggu maka akan mengakibatkan tidak berfungsinya pusat pengatur beban dengan baik.

Untuk mengontrol seluruh keamanan sistem tenaga listrik 500 kV sepanjang Jawa-Bali pengontrolannya dipusatkan di Gandul. Saluran transmisi 500 KV PT PLN yang terbentang dari Jawa – Bali menggunakan kabel OPGW dimana kabel tersebut didalamnya terdapat fiber optik, selain bermanfaat untuk menyalurkan tenaga listrik juga bisa dimanfaatkan sebagai sarana telekomunikasi yang handal.

Sistem komunikasi operasional pada PT PLN (Persero) P3B Jawa – Bali menggunakan jenis *fiber optik Single Mode step Indeks* hal ini dikarenakan sistem transmisi PLN jaraknya jauh serta kemampuan

kapasitas dari single mode ini besar (*bandwith* lebih besar).

Jaringan telekomunikasi PLC yang sudah ada dijadikan backup ketika fiber optik sedang mengalami gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. *Panduan Pemeliharaan Scada dan Telekomunikasi*, Jakarta, PT PLN P3B
- Anonim, 2011. *Industri Kelistrikan di Indonesia*. Indonesian Commercial Newsletter.
<http://datacon.co.id/Listrik-2011Industri.html> Diakses tanggal 29 Desember 2015.
- Halid Hrasnica, Abdelfatteh Haidine, Ralf Lehnert, 2004, *Broadband Powerline Communications Networks, Networks Design*, England: John Wiley & Sons, Ltd,
- Jeff Hecht, 2002, *Understanding Fiber Optics*, 4th Edition, Prentice Hall.
- John Crisp, Barry Elliott, 2006, *SERAT OPTIK: SEBUAH PENGANTAR*, Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga,
- Klaus Dostert, 2001, *Powerline Communications*, Prentice Hall,
- T Veeraajan, 2004, 2nd edition, *Probability, Statistics and Random Processes*, Tata McGraw-Hill.