

# SCADA

## 1.1. LATAR BELAKANG

- ⚡ Tingkat kemajuan peradaban manusia menuntut tersedianya prasarana dan sarana yang memadai dalam menunjang berbagai aktifitas yang dilakukan oleh umat manusia.
- ⚡ Prasarana dan sarana tersebut merupakan perangkat yang membutuhkan energi listrik sebagai penggeraknya, terlebih untuk komunitas masyarakat dunia usaha / dunia industri (DU/DI).
- ⚡ Oleh karenanya dari waktu ke waktu kebutuhan energi listrik terus mengalami pertumbuhan yang sangat signifikan.
- ⚡ Pertumbuhan kebutuhan energi listrik tersebut harus diimbangi dengan penyediaan listrik, berupa infra struktur berupa pembangkitan, penyaluran dan jaring distribusi yang memadai.
- ⚡ Dengan infra struktur di sisi pasokan listrik yang memadai, diharapkan penyaluran dan pendistribusian energi listrik ke konsumen akan berjalan dan terwujud dengan andal, aman dan memenuhi standar yang diharapkan.

## 1.2. PERKEMBANGAN SISTEM TENAGA LISTRIK

- ↗ Perkembangan kebutuhan (demand) tenaga listrik, disebabkan oleh beberapa hal, antara lain :
  - ✓ Berkembangnya dunia usaha / dunia industri (DU/DI) yang sangat cepat.
  - ✓ Pertumbuhan penduduk, sehingga kebutuhan energi listrik terus meningkat.
  - ✓ Semakin banyak peralatan yang membutuhkan energi listrik sebagai penggeraknya.
- ↗ Dengan semakin berkembangnya kebutuhan (demand) tenaga listrik, maka harus dibangun pembangkit tenaga listrik yang jumlahnya semakin banyak.
- ↗ Dengan beroperasinya banyak pembangkit tenaga listrik, maka diperlukan pengontrolan yang lebih baik, yang tentunya dibarengi dengan kebutuhan tenaga operator yang semakin banyak dan dipastikan akan memunculkan berbagai masalah koordinasi pada sistem tenaga listrik.
- ↗ Berbagai kenyataan dan permasalahan tersebut perlu diantisipasi dengan baik, dengan cara melakukan pengamatan perlu sistem tenaga listrik, dengan menerapkan perangkat telekomunikasi yang tepat, andal dan efisien.

## 1.3. PENGAMATAN SISTEM TENAGA LISTRIK

- ↗ Pengamatan sistem sangat diperlukan secara terus menerus selama duapuluhan empat jam sehari.
- ↗ Tujuannya agar diperoleh suatu kontinyuitas 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, dan penggunaan beban berubah-ubah setiap saat tanpa bisa diprediksi.

## 1.4. TELEKOMUNIKASI PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

- ↗ 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).

## 2.1. PENGERTIAN SCADA

- ↗ SCADA merupakan kependekan dari Supervisory Control And Data Acquisition. Sistem konfigurasi ini banyak dipakai di lapangan produksi minyak dan gas (Upstream)
- ↗ Maksud dari SCADA yaitu pengawasan, pengontrolan dan pengumpulan data.
- ↗ Jaringan Listrik Tegangan Tinggi dan Tegangan Menengah (Power Transmission and Distribution) dan beberapa aplikasi sejenis dimana sistem dengan konfigurasi seperti ini dipakai untuk memonitor dan mengontrol areal produksi yang tersebar di area yang cukup luas.

## 2.2. KOMPONEN SCADA

- ↗ Suatu sistem SCADA terdiri dari sejumlah RTU (*Remote Terminal Unit*), sebuah Master Station / RCC (*Region Control Center*), dan jaringan telekomunikasi data antara RTU dan Master Station.
- ↗ Dalam komunikasi antara Master Station (MS) dengan setiap Remote Terminal Unit (RTU) dilakukan melalui media yang bisa berupa fiber optik, PLC (*Power Line Carrier*), atau melalui radio, dimana dalam hal ini data dikirimkan dengan protokol tertentu (biasanya tergantung vendor SCADA yang dipakai) misalnya Indactic 33, IEC-60870, dll. Sistem ini banyak dipakai di lapangan produksi minyak dan gas (Upstream), Jaringan Listrik Tegangan Tinggi (Power Distribution) dan beberapa aplikasi sejenis dimana sistem dengan konfigurasi seperti ini dipakai untuk memonitor dan mengontrol areal produksi yang tersebar di area yang cukup luas.
- ↗ Istilah SCADA, DCS (*Distribution Control System*), FCS dan PLC (*Programmable Logic Control*) saat ini sudah menjadi agak kabur karena aplikasi yang saling tumpang tindih. Walaupun demikian kita masih bisa membedakan dari arsitekturnya yang serupa tapi tak sama.

## Lanjutan 2.2.

- ↗ Sesuai dengan rancang bangun awalnya, DCS lebih berfungsi baik untuk aplikasi kontrol proses, sedangkan SCADA lebih berfungsi baik untuk aplikasi seperti istilah diterangkan di atas.
- ↗ Yang dimaksud dengan Supervisory ***Control atau Master Terminal Unit (MTU)*** adalah kendali yang dilakukan diatas kendali lokal atau ***Remote Terminal Unit (RTU)***, sebagai ilustrasi, pada suatu ladang minyak dan gas (Oil and Gas Field) ada beberapa sumur minyak (Oil Well) yang berproduksi.
- ↗ Hasil minyak mentah (Crude Oil) dari masing-masing sumur produksi tersebut dikumpulkan di stasiun pengumpul atau Gathering Station (GS) dimana proses lanjutan terhadap minyak mentah yang terkumpul tersebut dilakukan.
- ↗ Biasanya pada masing-masing sumur minyak produksi terpasang suatu sistem (RTU) yang memonitor dan mengontrol beberapa kondisi dari sumur minyak produksi tersebut.

## Lanjutan 2.2.

- ↗ Kendali lokal dilakukan pada masing-masing production well dan supervisory control yang berada di stasiun pengumpul, melakukan control dan monitoring kepada semua production well yang ada di bawah supervisi.
- ↗ Jika salah satu production well mengalami gangguan, dan stasiun pengumpul tetap harus memberikan dengan production rate tertentu, maka supervisory control akan melakukan koordinasi pada production well lainnya agar jumlah produksi bisa tetap dipertahankan.
- ↗ Pada umumnya jarak antara RTU dengan MTU cukup jauh sehingga diperlukan media komunikasi antara keduanya.
- ↗ Cara yang paling umum dipakai adalah **Komunikasi Radio (Radio Communication)** dan **Komunikasi Serat Optik (Optical Fiber Communication)**.

## 2.3. MANFAAT SCADA

- ↗ Pada sistem tenaga listrik, media komunikasi yang dipergunakan adalah Power Line Communication (PLC), Radio Data, Serat Optik dan kabel pilot. Pemilihan media komunikasi sangat bergantung kepada jarak antar site, media yang telah ada dan penting tidaknya suatu titik (garpu).
- ↗ Pengaturan sistem tenaga listrik yang komplek, sangat bergantung kepada SCADA.
- ↗ Tanpa adanya sistem SCADA, sistem tenaga listrik dapat diibaratkan seperti seorang pilot membawa kendaraan tanpa adanya alat instrumen dihadapannya.
- ↗ Pengaturan sistem tenaga listrik dapat dilakukan secara manual ataupun otomatis.

## Lanjutan 2.3.

- ↗ Pada pengaturan secara manual, operator mengatur pembebanan pembangkit dengan melihat status peralatan listrik yang mungkin dioperasikan misalnya Circuit Breaker (CB), beban suatu pembangkit, beban trafo, beban suatu transmisi atau kabel dan mengubah pembebanan sesuai dengan frekuensi sistem tenaga listrik. Pengaturan secara otomatis dilakukan dengan aplikasi Automatic Generating Control (AGC) atau Load Frequency Control (LFC) yang mengatur pembebanan pembangkit berdasar setting yang dihitung terhadap simpangan frekuensi.

## 2.4. PERKEMBANGAN SCADA

- ↗ SCADA telah mengalami perubahan generasi, dimana pada awalnya design sebuah SCADA mempunyai satu perangkat MTU yang melakukan Supervisory Control dan Data Acquisition melalui satu atau banyak RTU yang berfungsi sebagai (dumb) Remote I/O melalui jalur komunikasi Radio, dedicated line Telephone dan lainnya.
- ↗ Generasi berikutnya, membuat RTU yang intelligent, sehingga fungsi local control dilakukan oleh RTU di lokasi masing-masing RTU, dan MTU hanya melakukan supervisory control yang meliput beberapa atau semua RTU.
- ↗ Dengan adanya local control, operator harus mengoperasikan masing-masing local plant dan membutuhkan MMI local.
- ↗ Banyak pabrikan yang mengalihkan komunikasi dari MTU – RTU ke tingkatan MMI (Master) – MMI (Remote) melalui jaringan microwave satelit. Ada juga yang mengimplementasi komunikasinya pada tingkatan RTU, karena berpendapat bahwa kita tidak bisa mengandalkan system satelite, dan komunikasi pada tingkatan computer (MMI) membutuhkan bandwidth yang lebar dan mahal.

## Lanjutan 2.4.

- ↗ Dengan majunya teknologi dan internet saat ini, concept SCADA diatas berubah menjadi lebih sederhana dan memanfaatkan infrastruktur internet yang pada saat ini umumnya sudah dibangun oleh perusahaan-perusahaan besar seperti Pertamina.
- ↗ Apabila ada daerah-daerah atau wilayah yang belum terpasang infrastruktur internet, saat ini dipasaran banyak bisa kita dapatkan Wireless LAN device yang bisa menjangkau jarak sampai dengan 40 km (tanpa repeater) dengan harga relatif murah.
- ↗ Setiap Remote Area dengan sistem kontrolnya masing-masing yang sudah dilengkapi dengan OPC (*OLE for Process Control*; OLE = *Object Linking & Embedding*) Server, bisa memasangkan suatu Industrial Web Server dengan Teknologi XML yang kemudian bisa dengan mudah diakses dengan Web Browser biasa seperti yang kita gunakan untuk.

### 3.1. MANFAAT / FUNGSI

#### ✓ PENGERTIAN SCADA :

- ✓ Pendukung utama dalam sistem ketenagalistrikan, baik pada sisi pembangkit, transmisi, maupun distribusi.
- ✓ Merupakan TOOLS yang memudahkan seorang operator di transmisi tenaga listrik (dispatcher) untuk memantau keseluruhan jaringan tanpa harus melihat langsung ke lapangan.

#### ✓ MANFAAT SCADA :

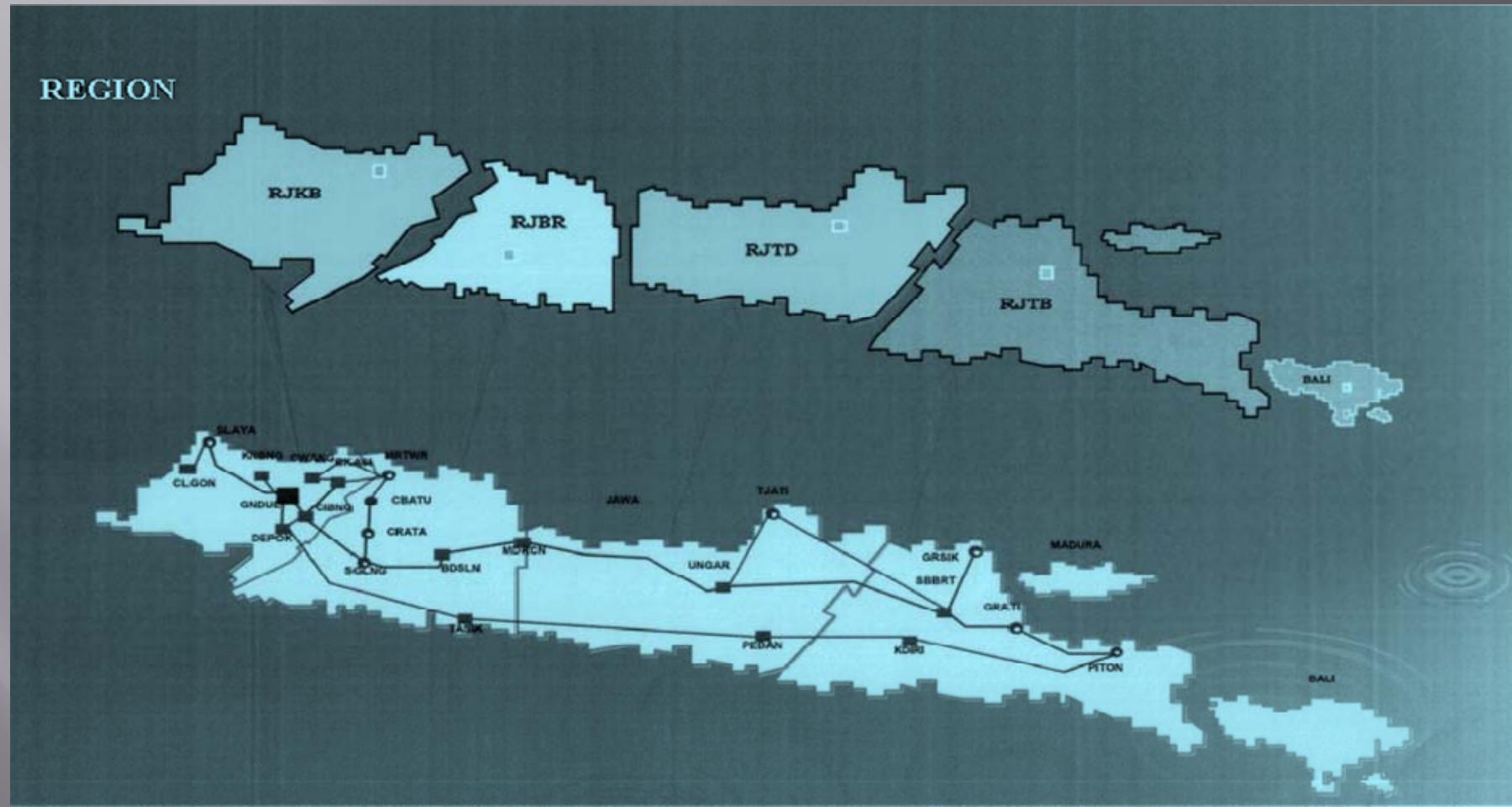
- ✓ Memudahkan operator untuk memantau keseluruhan jaringan tanpa harus melihat langsung ke lapangan.
- ✓ Memudahkan pemeliharaan, terutama yang memerlukan pemadaman.
- ✓ Mempercepat pemulihan gangguan.

#### ✓ Sistem kelistrikan tanpa SCADA dapat diibaratkan seseorang yang berjalan tanpa dapat melihat.

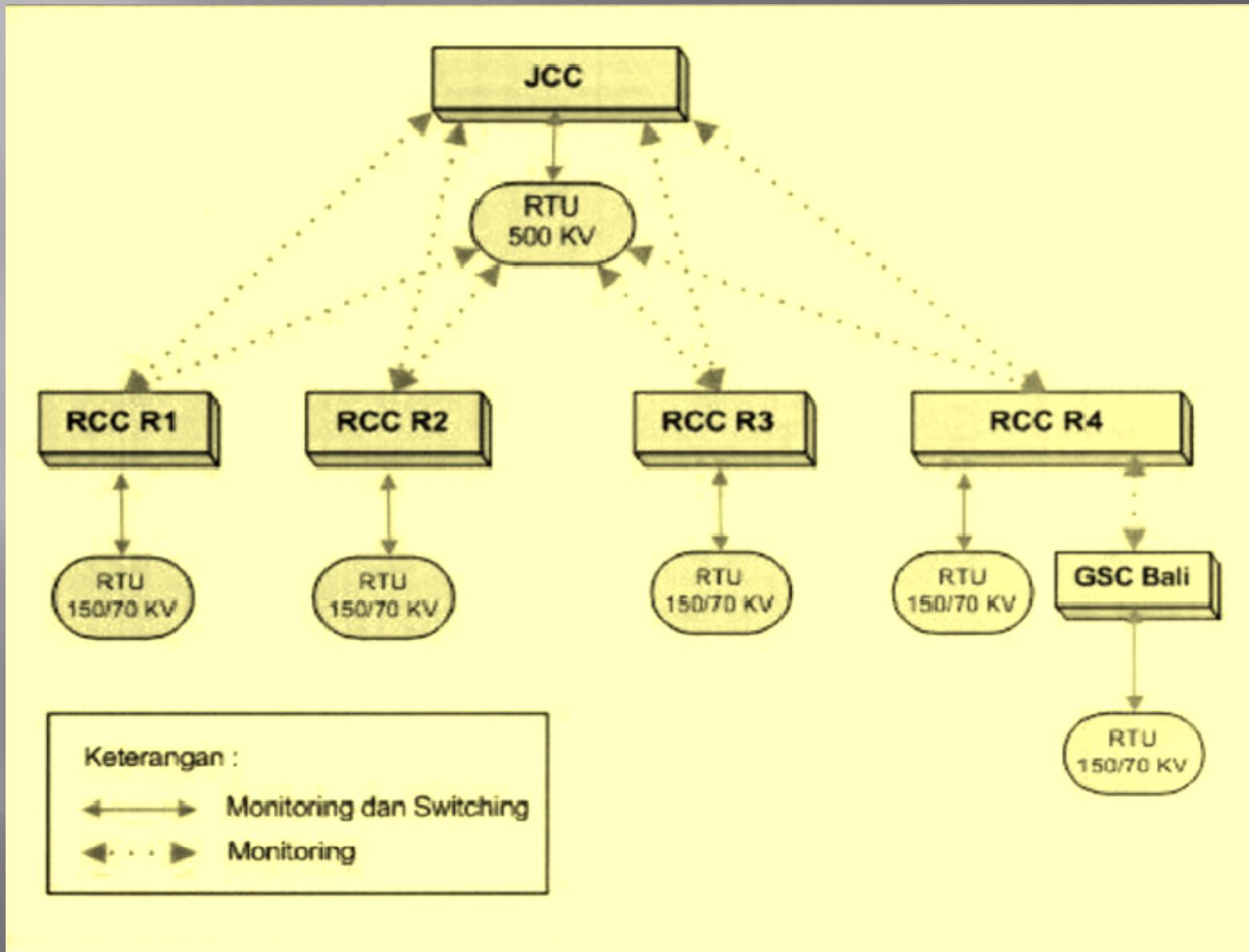
## 3.2. TUJUAN PENGGUNAAN

- ↗ Memberikan kemudahan kepada dispatcher untuk melakukan :
  - ✓ Pemantauan Telemetering (TM).  
Pemantauan meter, baik daya nyata dalam MW, daya reaktif dalam Mvar, tegangan dalam kV, dan arus dalam A.
  - ✓ Pemanfaatan Telesignal (TS)  
Pemanfaatan TS untuk mendapatkan indikasi dari semua alarm dan kondisi peralatan tertentu yang bisa dibuka (open) dan ditutup (close).
  - ✓ Pemanfaatan Telekontrol (TC)  
Dispatcher dapat melakukan control secara remote, hanya dengan menekan satu tombol, untuk membuka atau menutup peralatan sistem tenaga listrik.

### 3.3. JARINGAN PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI



### 3.4. HIRARKI SCADA



## 3.5. URUTAN PRIORITAS INFORMASI SCADA

- ✓ Telesignalling.
- ✓ Telecontrolling.
- ✓ Telemetering.
- ✓ Pulse akumulator.

## 3.6. APLIKSI SCADA

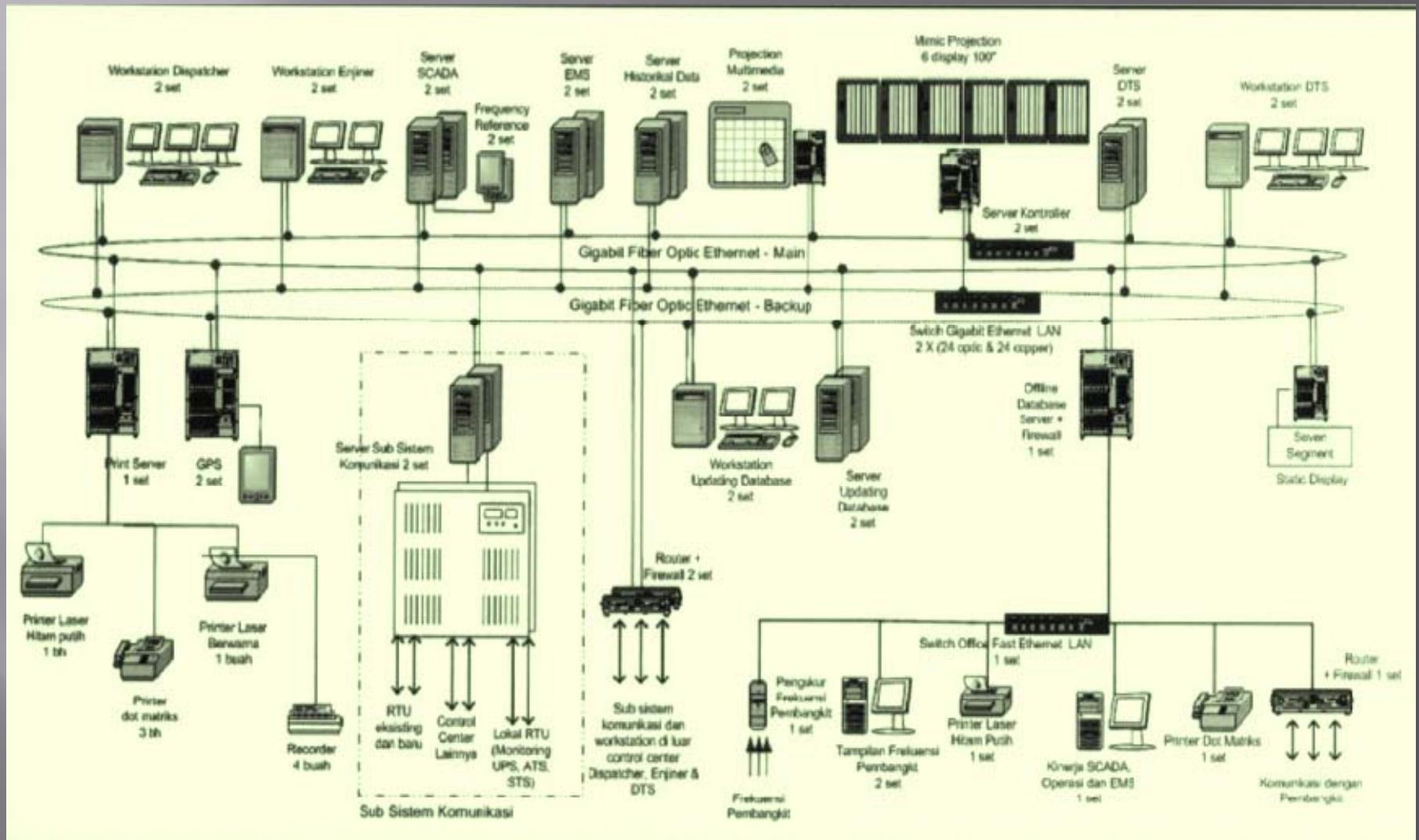
- ⚡ Telesignal.
- ⚡ Telemeter.
- ⚡ Telekontrol.
- ⚡ Load Frequency Control (LFC).
- ⚡ Tap Changer.
- ⚡ Monitoring.
- ⚡ Pembacaan Parameter.
- ⚡ Pembacaan Meter Transaksi Energi.

## 3.7. INFRASTRUKTUR SISTEM SCADA

- ↗ Jaringan Telekomunikasi.
- ↗ Master Station.
- ↗ Remote Terminal Unit.
- ↗ Protokol Komunikasi.



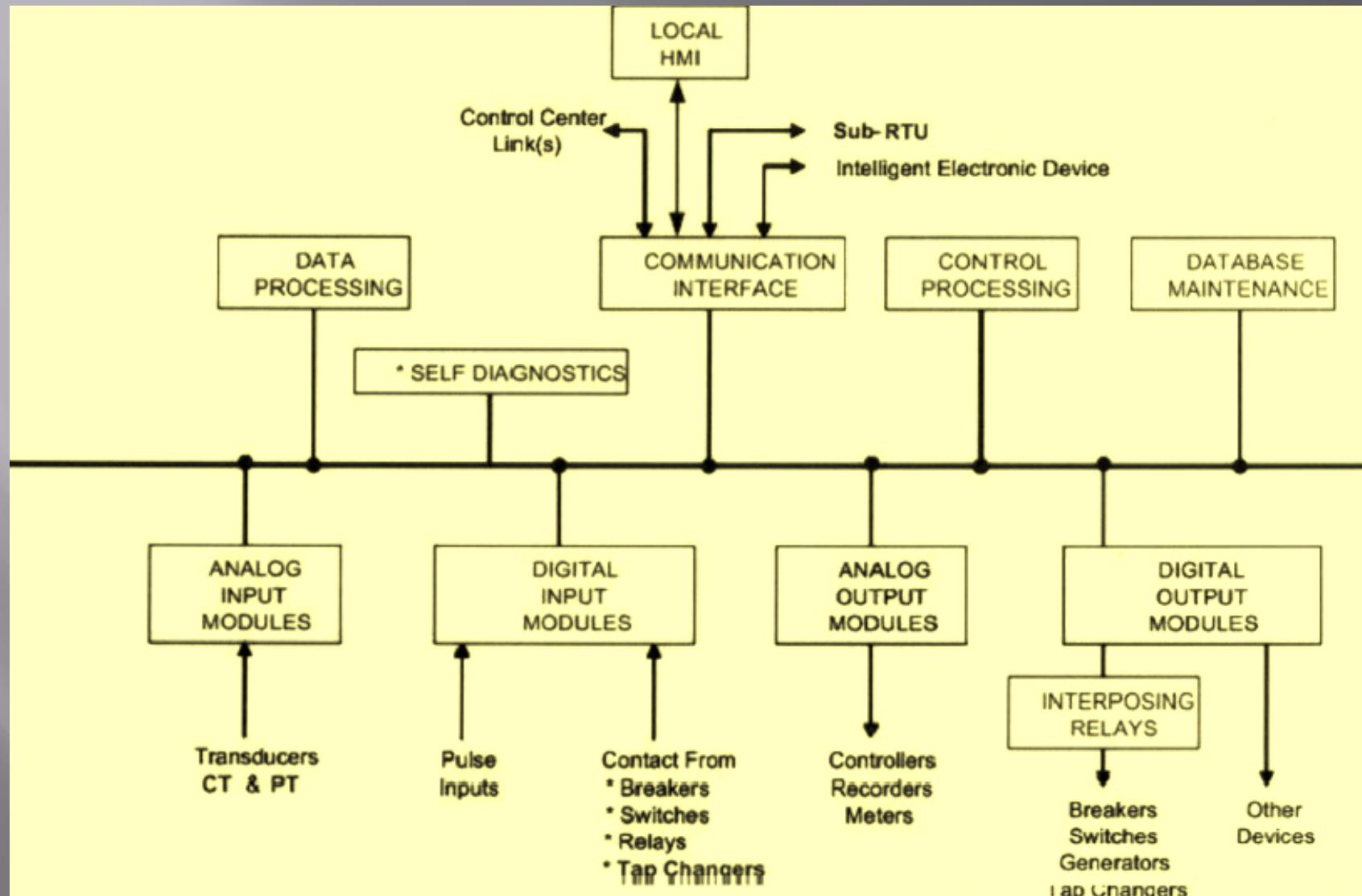
## 3.8. KONFIGURASI MASTER STATION JAWA CONTROL CENTER



### 3.9. STANDAR DESAIN MASTER STATION

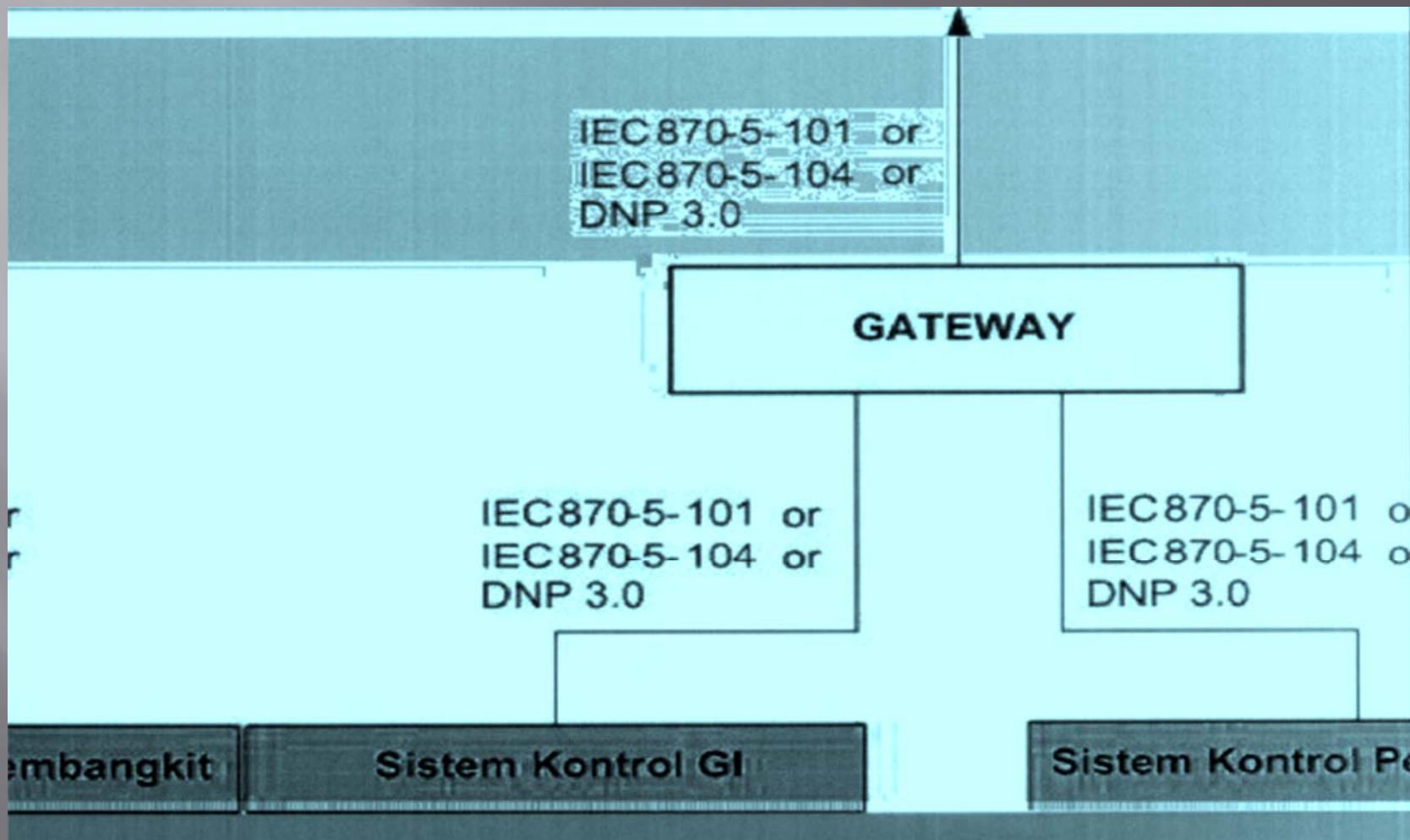
- ✓ Fully distributed.
- ✓ Sesuai standar international (ISO, IEC).
- ✓ Arsitektur software modular (API-application program interface).
- ✓ Hardware dan fasilitas lain mudah dicari di pasaran.
- ✓ Aplikasi EMS (Energy Management System) dan DTS (Dispatcher Training Simulator).
- ✓ Subsistem komunikasi yang multi protokol (IEC 101, IEC 104, DNP 3.0) dan mampu berkomunikasi dengan RTU eksisting (EPC 3200, Indactic) secara redundant.
- ✓ Kecepatan komunikasi data minimum :
  - Antar Master Station 64 Kbps.
  - Master – RTU 9600 bps.

### 3.10. KONFIGURASI REMOTE TERMINAL UNIT (RTU)

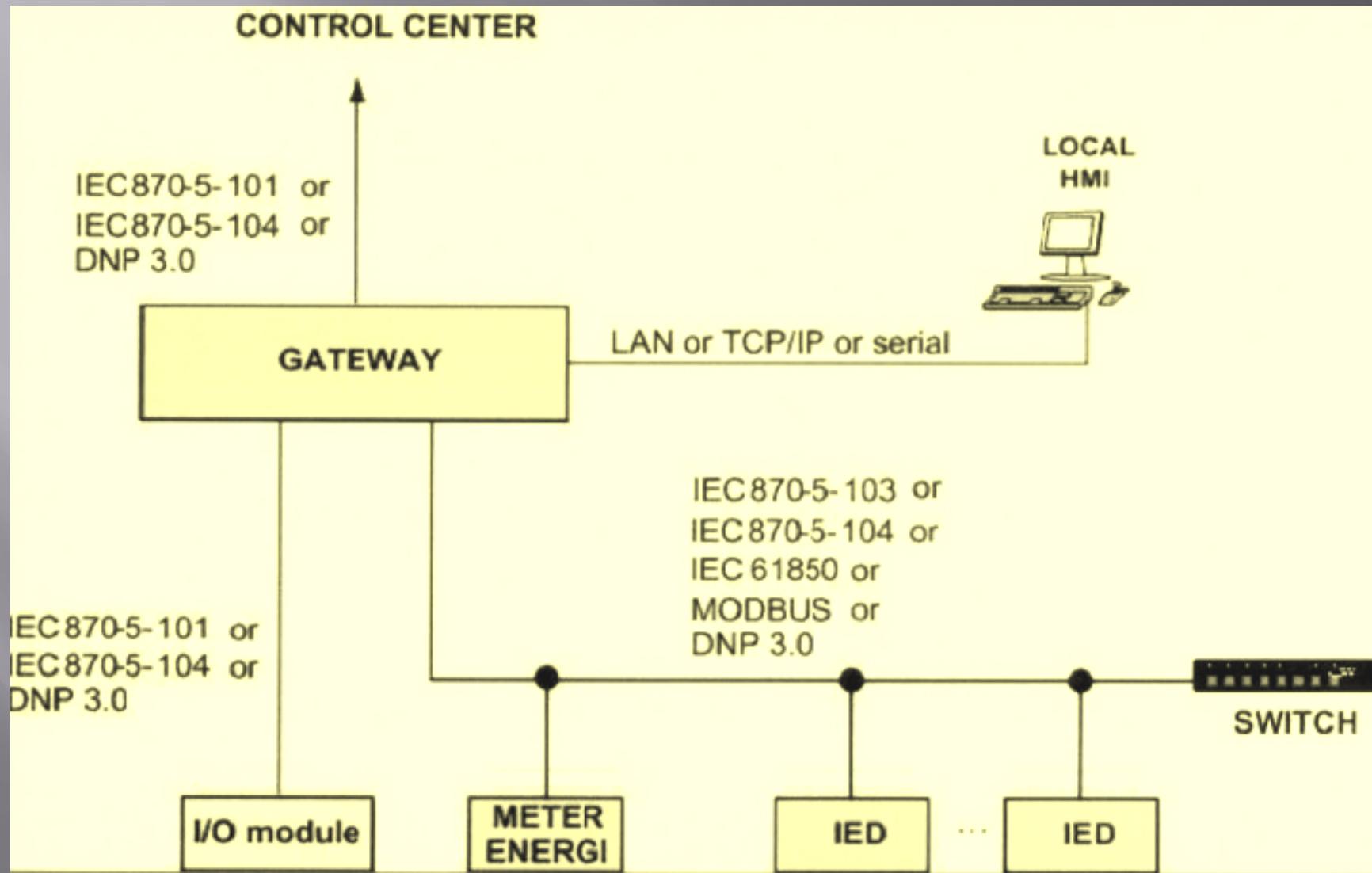


## 3.11. KONFIGURASI REMOTE STATION DI UNIT PEMBANGKIT

### CONTROL CENTER

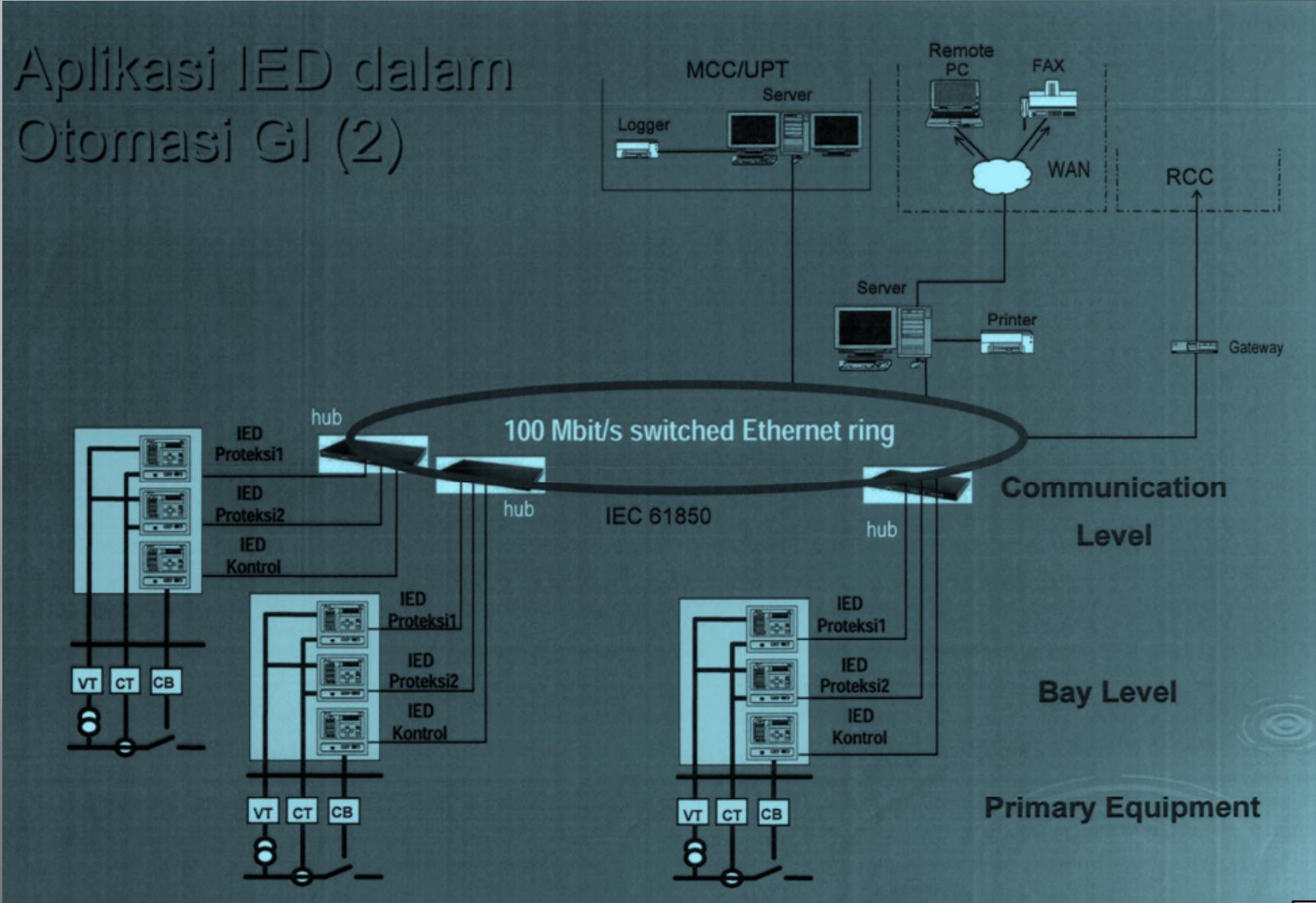


### 3.12. KONFIGURASI REMOTE STATION DALAM PENGGUNAAN GATEWAY, RTU, DAN IED.



## 3.13. APLIKASI IED DALAM OTOMASI GI (2)

### Aplikasi IED dalam Otomasi GI (2)



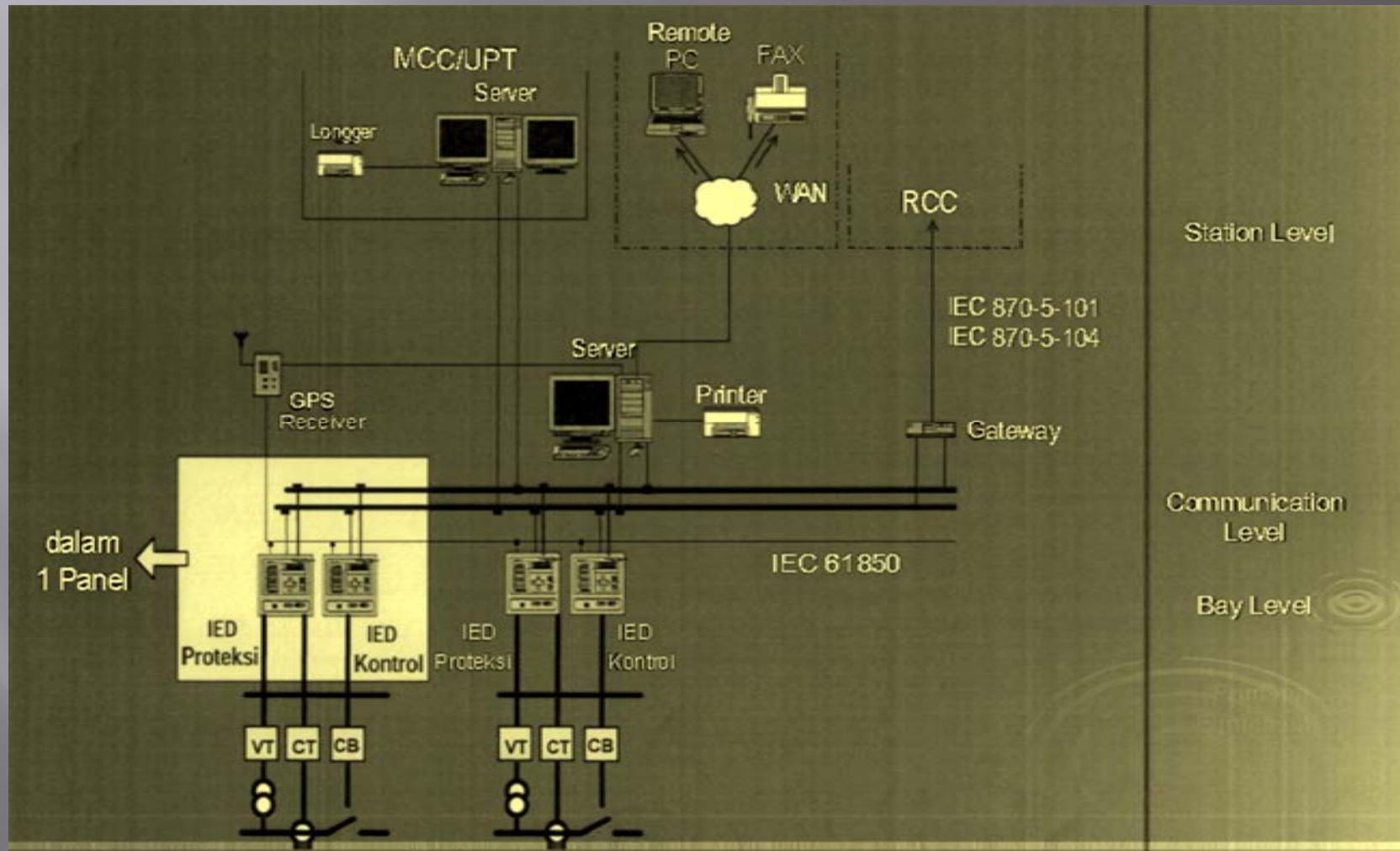
## 3.14. PROTOKOL KOMUNIKASI

- ↗ Protokol Komunikasi dari Gardu Induk ke Control Center
  - ✓ IEC 60870-5-101
  - ✓ IEC 60870-5-104
- ↗ Protokol Komunikasi Antar IED Pada Sistem Substation Automation
  - ✓ IEC 61850
- ↗ Khusus untuk meter energi, langsung dikoneksikan ke sistem LAN yang terdapat di Gardu Induk. Sehingga, setiap meter energi harus dilengkapi dengan port TCP IP

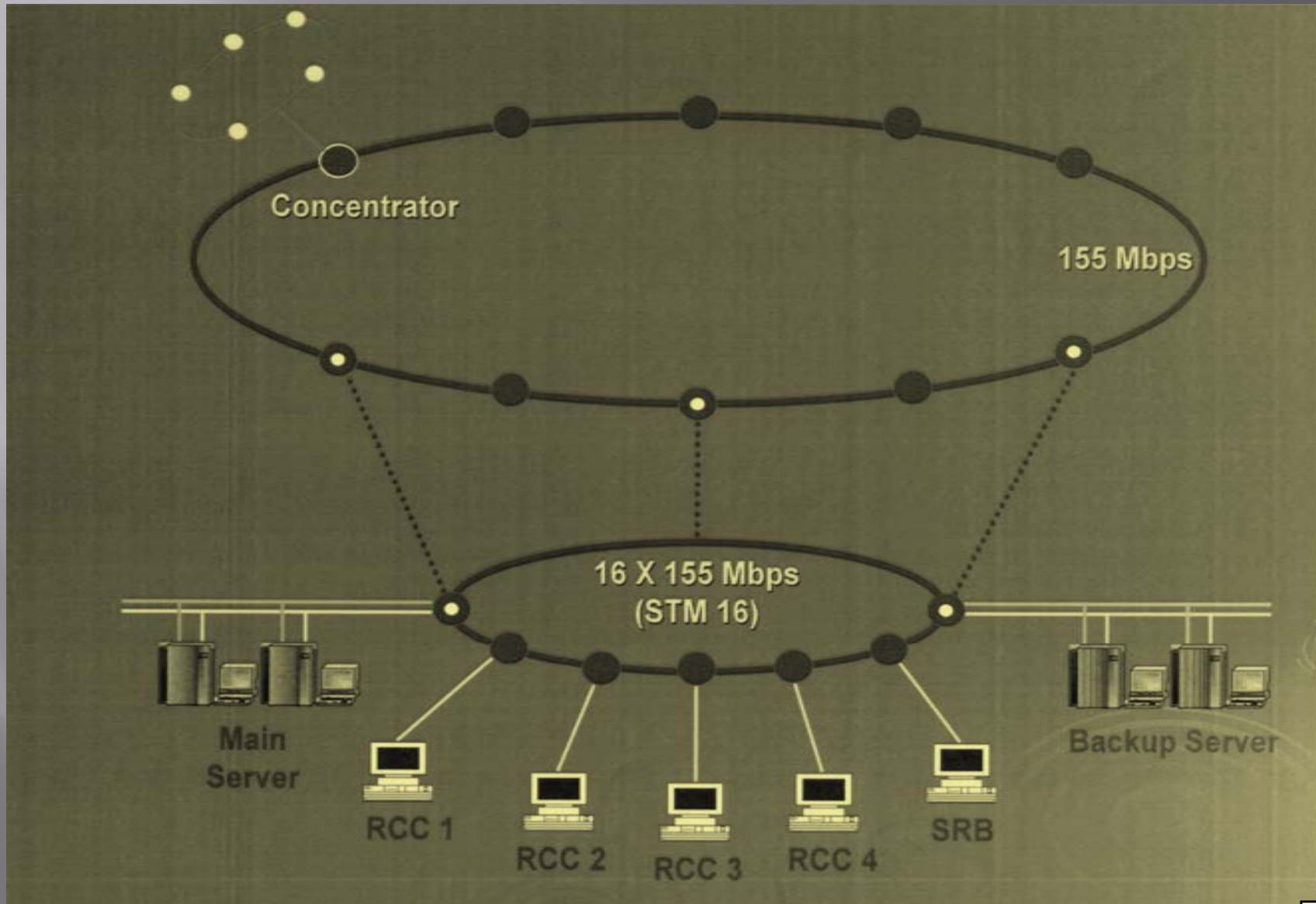
### 3.15. MEDIA KOMUNIKASI DI SISTEM JAWA BALI

- ✓ Power Line Carrier (PLC)
- ✓ Fiber Optic Network
- ✓ Radio Link

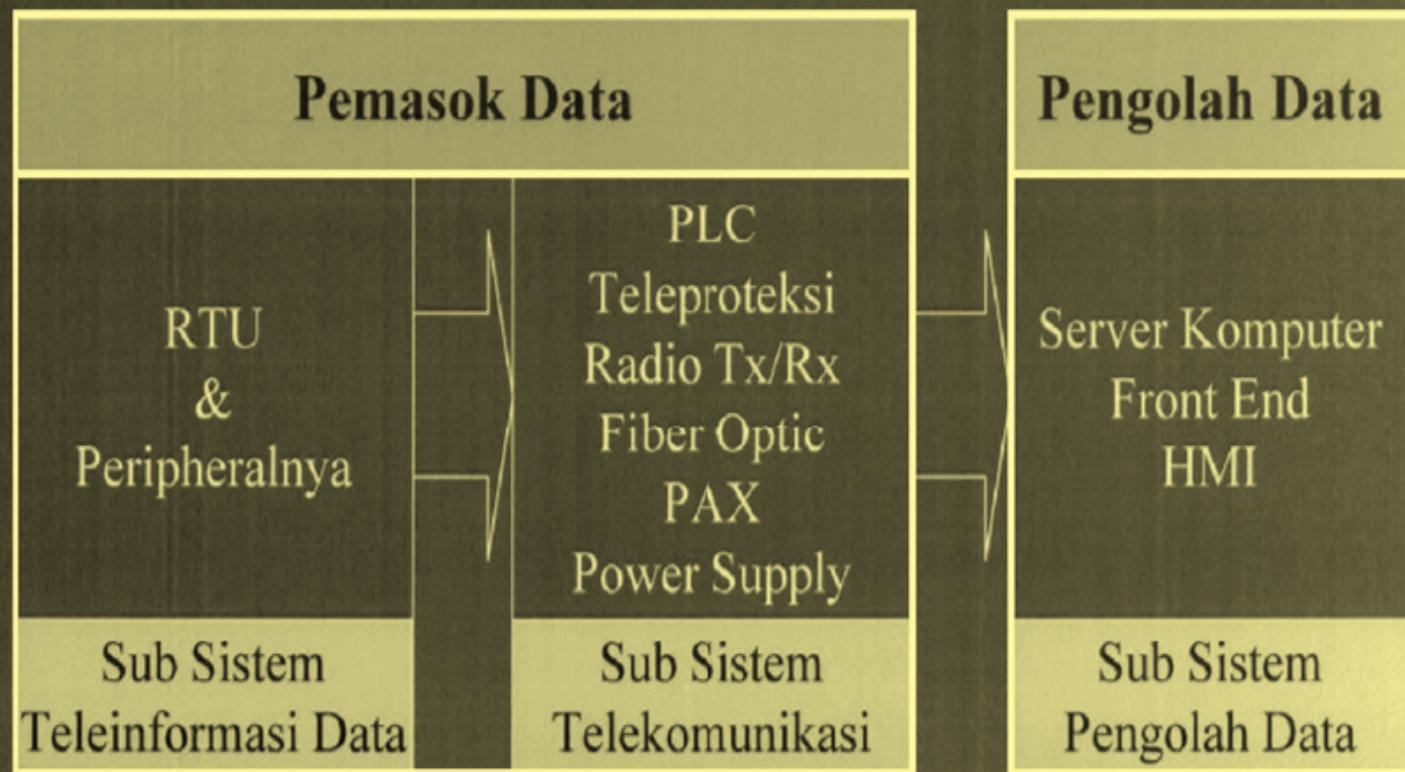
### APLIKASI IED DALAM OTOMASI GARDU INDUK (GI) 1



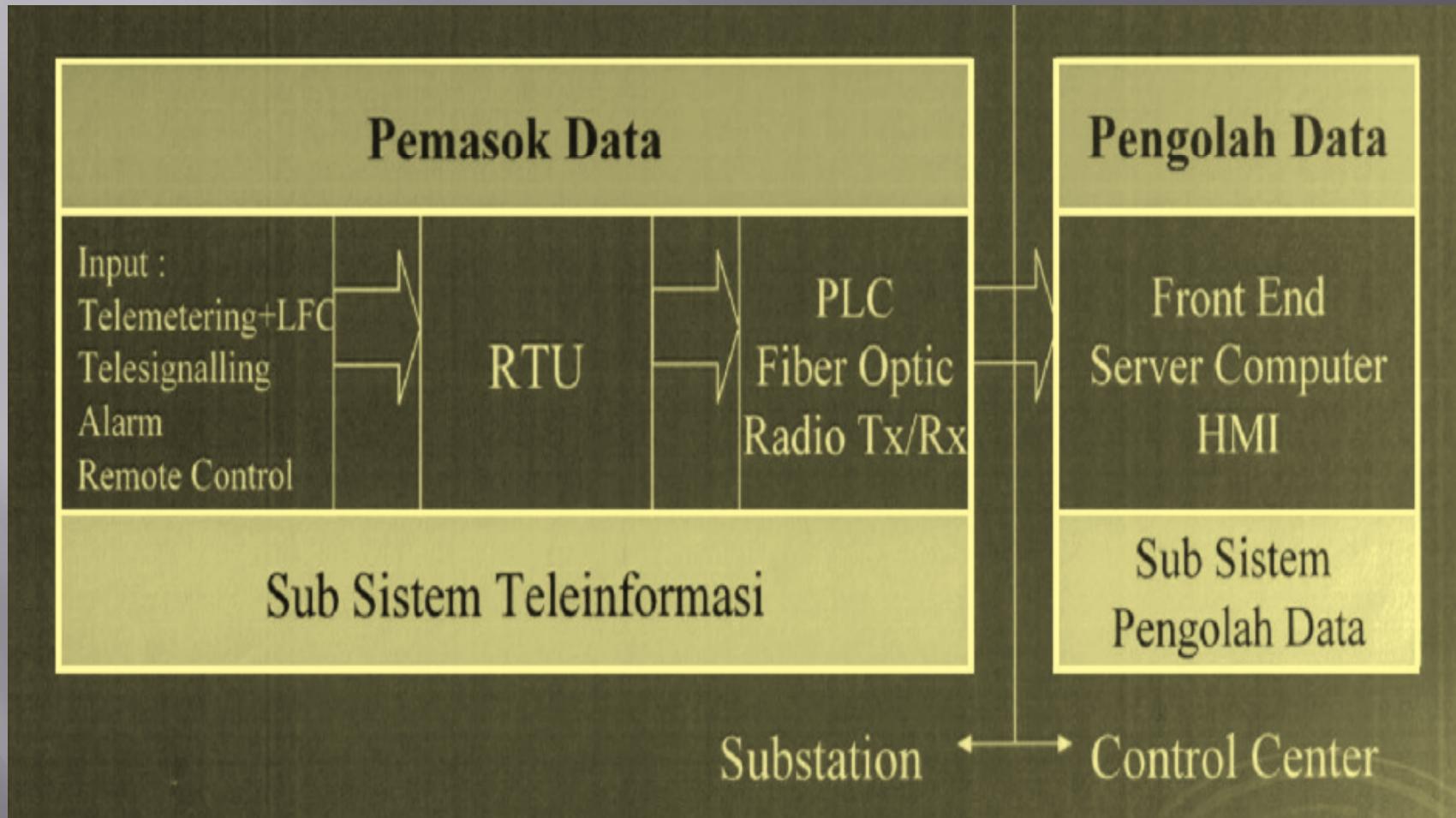
### 3.16. CONTOH KONFIGURASI DATA LINK



### 3.17.DIAGRAM SISTEM SCADATEL



### 3.18. DIAGRAM TRANSMISI DATA



## 4.1. UMUM

- ↗ 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 phasa 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.
- ↗ Power line communication atau power line carrier (PLC), juga dikenal sebagai Power line Digital Subscriber Line (PDSL), mains communivation, power line telecom (PLT) atau power line networking (PLN), adalah sistem untuk membawa data pada sebuah konduktor yang juga digunakan untuk **transmisi tenaga listrik**.

## Lanjutan 4.1.

- ↗ Broadband over Power Lines (BPL) menggunakan PLC dengan mengirim dan menerima informasi dari sinyal radio melalui jaringan tenaga listrik untuk menyediakan akses ke internet.
- ↗ Daya listrik ditransmisikan melalui jalur transmisi tegangan tinggi, tegangan didistribusikan melalui media, dan digunakan di dalam bangunan dengan tegangan rendah. Power line communication dapat diterapkan pada setiap tahap. Kebanyakan teknologi PLC membatasi diri mereka untuk satu set kabel (misalnya, pengkabelan terlokalisir), tetapi beberapa dapat diterapkan antara dua tingkatan (misalnya, baik jaringan distribusi dan pengkabelan terlokalisir).
- ↗ Semua power line communication beroperasi dengan cara mengesangkan sinyal pembawa termodulasi (modulated carrier signal) pada sistem pengkabelan.
- ↗ Berbagai jenis Power line communication menggunakan frekuensi yang berbeda-beda, tergantung pada karakter sinyal transmisi pengkabelan listrik yang digunakan.

## Lanjutan 4.1.

- ↗ Karena sistem kabel listrik pada awalnya dirancang untuk transmisi daya listrik AC, kawat dari jaringan hanya memiliki kemampuan terbatas untuk membawa frekuensi yang lebih tinggi.
- ↗ Propagasi dari masalah yang ada adalah bagaimana membatasi faktor untuk setiap jenis Power line communication, pengecualian ini terbatas bila diterapkan pada penemuan baru yang disebut **E-Line** yang memungkinkan satu daya konduktor pada line overhead daya untuk beroperasi sebagai waveguide untuk memberikan perambatan attention rendah dari energi RF melalui microwave line saat memberikan informasi menilai beberapa Gbps.
- ↗ Rating data melalui Power line communication sangat bervariasi. Frekuensi rendah (sekitar 100-200 kHz) yang dilakukan pada saluran transmisi tegangan tinggi dapat membawa satu atau dua suara rangkaian analog, atau telemetri dan sirkuit kontrol yang setara dengan data tingkat beberapa ratus bit per detik, namun rangkaian ini dapat bermil panjangnya.

## Lanjutan 4.1.

- ↗ Rating data yang lebih tinggi umumnya memiliki jarak yang lebih pendek; suatu jaringan area lokal yang beroperasi pada kecepatan Mbps mungkin hanya mencakup satu lantai dari sebuah bangunan kantor, tetapi menghilangkan instalasi dedicated network cabling.

## 4.2. KEGUNAAN PLC

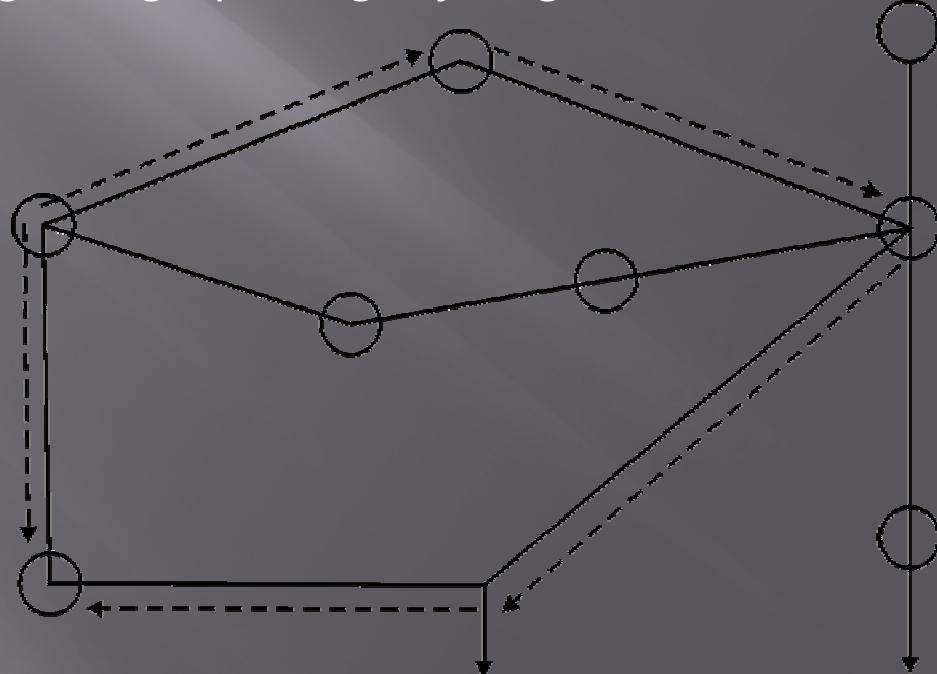
- ↗ PLC digunakan untuk keperluan hubungan telepon antar gardu induk / pembangkit dan pusat pengatur beban, serta untuk keperluan media transmisi data untuk teleinformasi data. PLC juga digunakan untuk keperluan sistem teleproteksi yang dihubungkan dengan sistem pengaman listrik pada rele jarak.
- ↗ 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.

## 4.3. KOMPONEN / INSTRUMEN PLC

- ↗ PLC menggunakan saluran transmisi tenaga listrik tiga phasa 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.

Dimana :

PLTA :	pembangkit listrik tenaga air
PLTU :	pembangkit listrik tenaga uap
<u>GI</u> :	garpu induk
<u>- - -</u> :	saluran udara tegangan tinggi
<u>- - -</u> :	saluran komunikasi
f1-f6 :	frekuensi kerja PLC



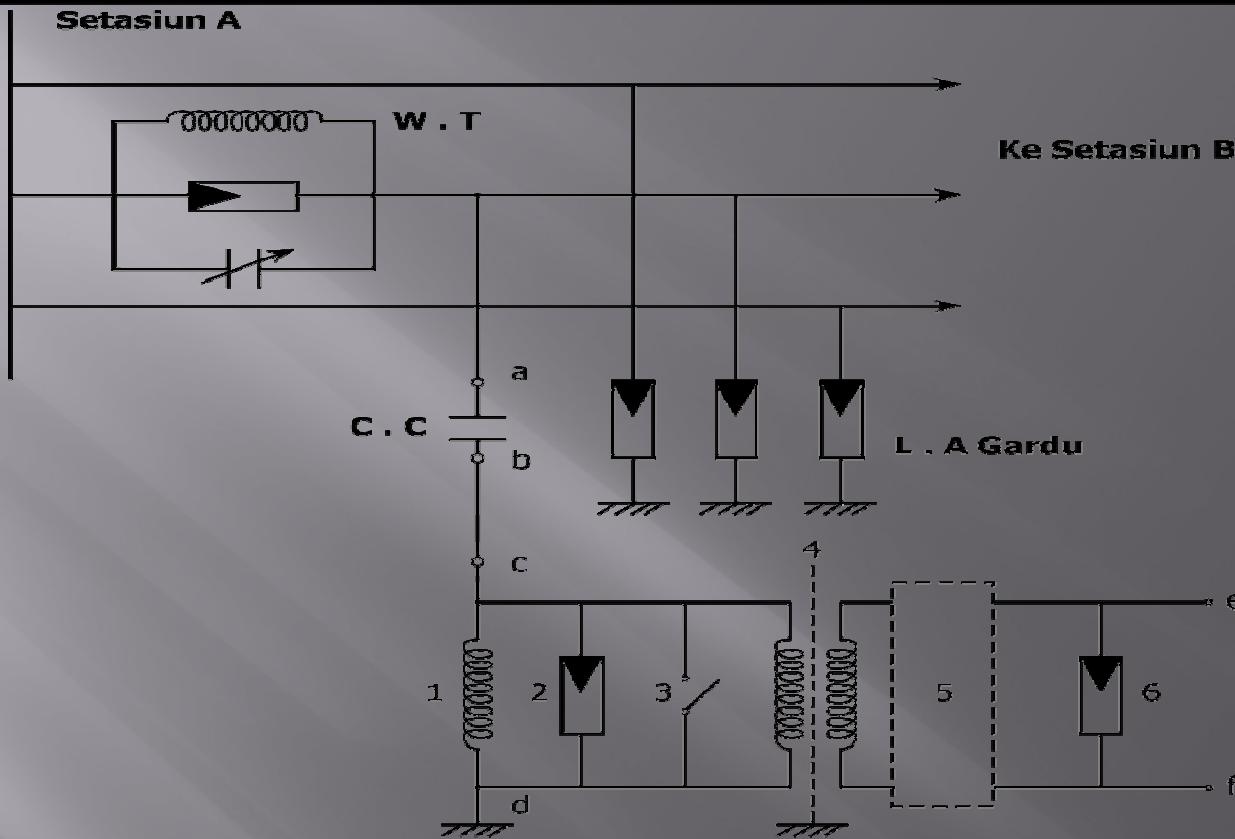
## 4.4. KONFIGURASI PERALATAN KOPLING

- ↗ 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 memblok tegangan tingginya yang berfrekuensi rendah yaitu antara 50 sampai dengan 60 Hz.
- ↗ Line tuner digunakan untuk menyesuaikan impedansi antara impedansi line yang berkisar antara  $300 \Omega$  sampai dengan  $400 \Omega$  dengan impedansi terminal PLC yaitu  $75 \Omega$ .
- ↗ Protective device untuk menyalurkan ke tanah, arus yang masih ada di bagian bawah kapasitor kopling. Frekuensi kerja yang digunakan untuk sistem PLC adalah diantara 50 sampai dengan 500 kHz.

## 4.5. MEKANISME KERJA PERALATAN KOPLING PLC

- ↗ Fungsi Peralatan Kopling.
- ↗ Melakukan suatu lebar bidang frekuensi pembawa dari terminal PLC ke saluran tegangan tinggi dan sebaliknya, dengan mengusahakan rugi-rugi berupa redaman sinyal serendah mungkin.
- ↗ Melindungi peralatan komunikasi dari tegangan surya yang berlebihan .
- ↗ 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

# Lanjutan 4.5.



Gambar : 2 Bagian - bagian peralatan kopling

Keterangan gambar 2 :

- |  |   |
|--|---|
| 1. Drain coil                                  | 4. Transformator penyeimbang dan pengisolas   |
| 2. Arrester pertama                            | 5. Peralatan penala                           |
| 3. Kontak pentanahan                           | 6. Arrester kedua                             |
| a. Terminasi tegangan tinggi kapasitor kopling | d. Terminal pentanahan                        |
| b. Terminal tegangan rendah CC                 | e. e,f Terminal peralatan kopling ke terminal |
| c. Terminal utama peralatan kopling            | PLC (SSB)                                     |

## Lanjutan 4.5.

- ↗ 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 penyaliran arus listrik 50 Hz ke tanah yang berupa *drain coil*.
- ↗ Arrester surja dengan tegangan kerja 2kV, 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 penala impedansinya.

## Lanjutan 4.5.

- ↗ 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 dipasang antara peralatan penala dan kabel coaxial, digunakan sebagai bahan pengaman terhadap tegangan lebih yang mungkin timbul pada rangkaian line tuner.

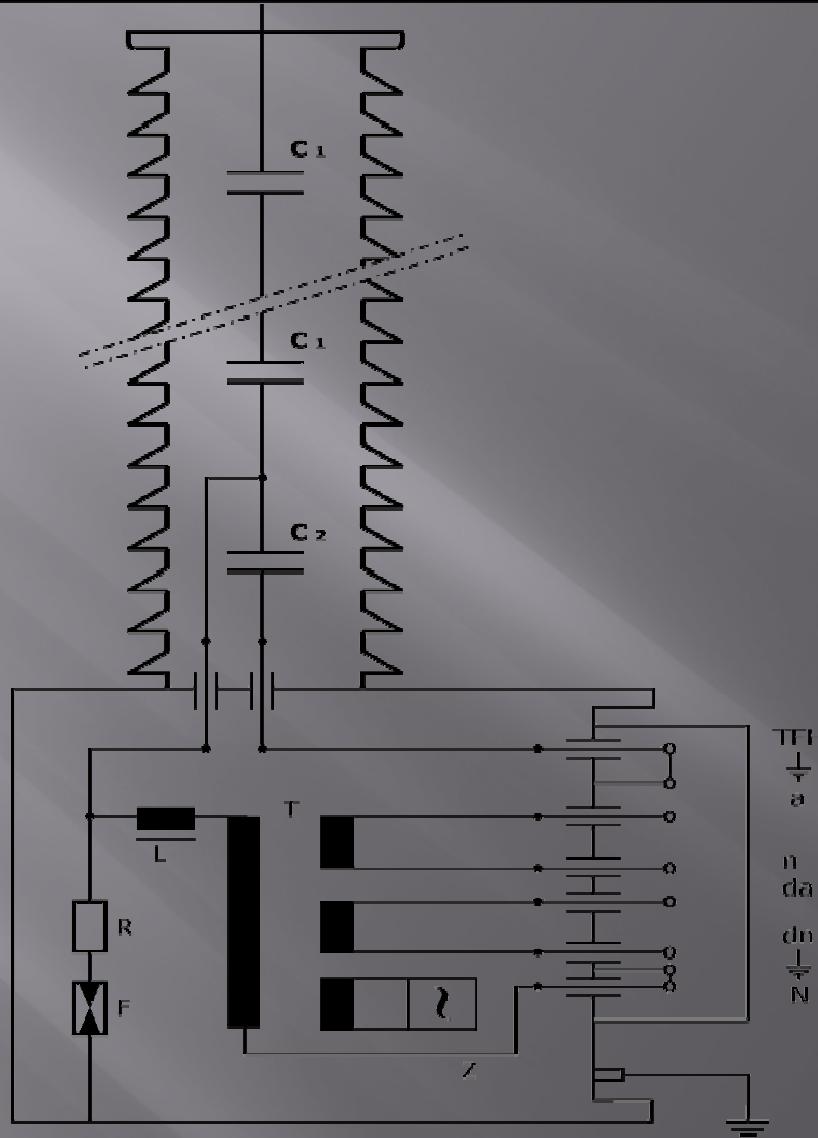
## 4.6. KAPASITOR KOLPLING

- ↗ Kapasitor kopling tegangan tinggi adalah alat penghubung antara peralatan sinyal pembawa yang berfrekuensi tinggi dengan konduktor kawat phasa yang bertegangan tinggi.
- ↗ Secara phisik 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.

## Lanjutan 4.6.

- ↗ Kapasitor jenis ini sering disebut sebagai *Capacitor Voltage Transformer* (CVT), yang digunakan untuk keperluan pengukuran tegangan, dihubungkan volt meter di panel kontrol. Untuk keperluan penyaluran informasi dari terminal kondensatornya saja yang digunakan, sedangkan peralatan potensial transformernya digunakan untuk keperluan pengukuran tegangan dan keperluan proteksi sistem tenaga listrik, jadi CVT berfungsi ganda.
- ↗ Terminasi TFH seperti ditunjukkan dalam Gambar 3. adalah terminal yang dihubungkan ke terminal PLC melalui peralatan penyeimbang impedensi dan drain coil terlebih dahulu.
- ↗ Terminal TFH harus diketanahkan pada setiap kawat phasa 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  $F_s$ , 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.

## Lanjutan 4.6.



Gambar 3. Capacitor Voltage Transformer

## 4.7. WAVE TRAP

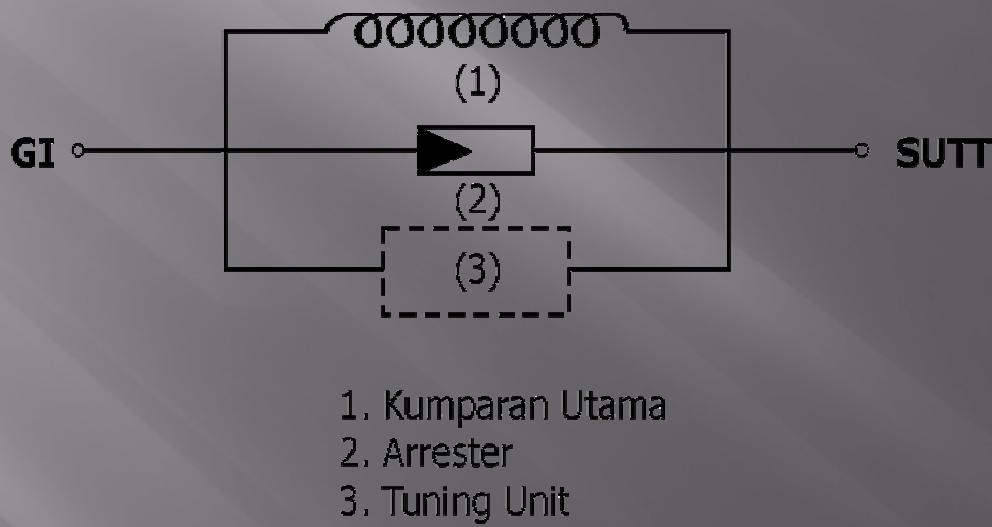
- ↗ Istilah lain yang dipakai untuk menyebut alat ini adalah Band Trap, Line Trap, Blocking Coil.
- ↗ Wave trap digunakan untuk melakukan sinyal informasi dari terminal PLC ke saluran udara tegangan tinggi, maka sangat diharapkan agar saluran transmisi tersebut tampak seperti dua buah terminal komunikasi, seperti yang sering ditemui pada saluran komunikasi biasa.
- ↗ Keadaan ini sangat dibutuhkan oleh semua jenis sistem komunikasi yang selalui 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.

## Lanjutan 4.7.

- ↗ 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 impedensi wave trap harus dapat melakukan 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.

## Lanjutan 4.7.

- 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 parallel, 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

## 4.8. 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 ( $I_n$ ).
- ↗ 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 hubungan 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.

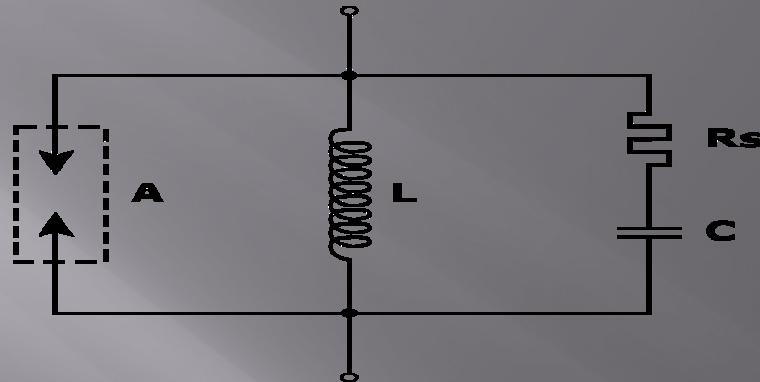
## 4.9. LIGHTNING ARRESTER (LA)

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

## 4.10. RANGKAIAN PENALA (TUNNING UNIT)

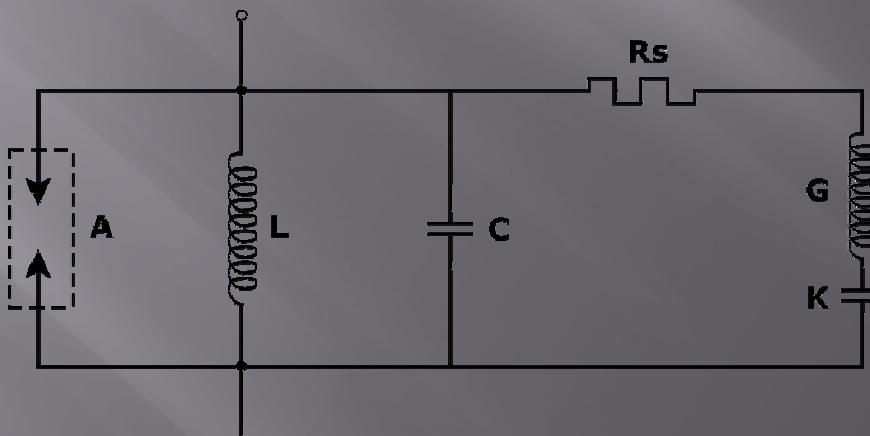
- ↗ Alat ini dihubungkan secara parallel dengan kumparan utama dan ditempatkan dalam kumparan tersebut. Pada gambar 4 memperlihatkan suatu kotak rangkaian penala dan bagaimana alat ini harus disusun dalam suatu rangkaian, untuk mendapatkan elemen penala yang berhubungan dengan lebar bidang frekuensi yang akan di blok.
- ↗ Pemakaian alat ini adalah untuk menyediakan harga impedansi secukupnya dari suatu wave trap, yaitu apakah untuk memblok satu macam frekeunsi saja atau dua macam frekuensi.
- ↗ Menurut keperluan bidang frekuensi yang akan di blok, ada empat jenis wave trap, yaitu :
  - ✓ Tanpa penala
  - ✓ Meredam satu macam frekeunsi (Gambar 5)
  - ✓ Meredam dua macam frekuensi (Gambar 6)
  - ✓ Meredam banyak macam frekuensi

## Lanjutan 4.10.



L : Kumparan utama      Rs : Tahanan seri  
C : Kapasitor penala      A : Arester

Gambar 5 : Diagram WT untuk meredam satu frekuensi



G : Inductor      K : Kapasitor

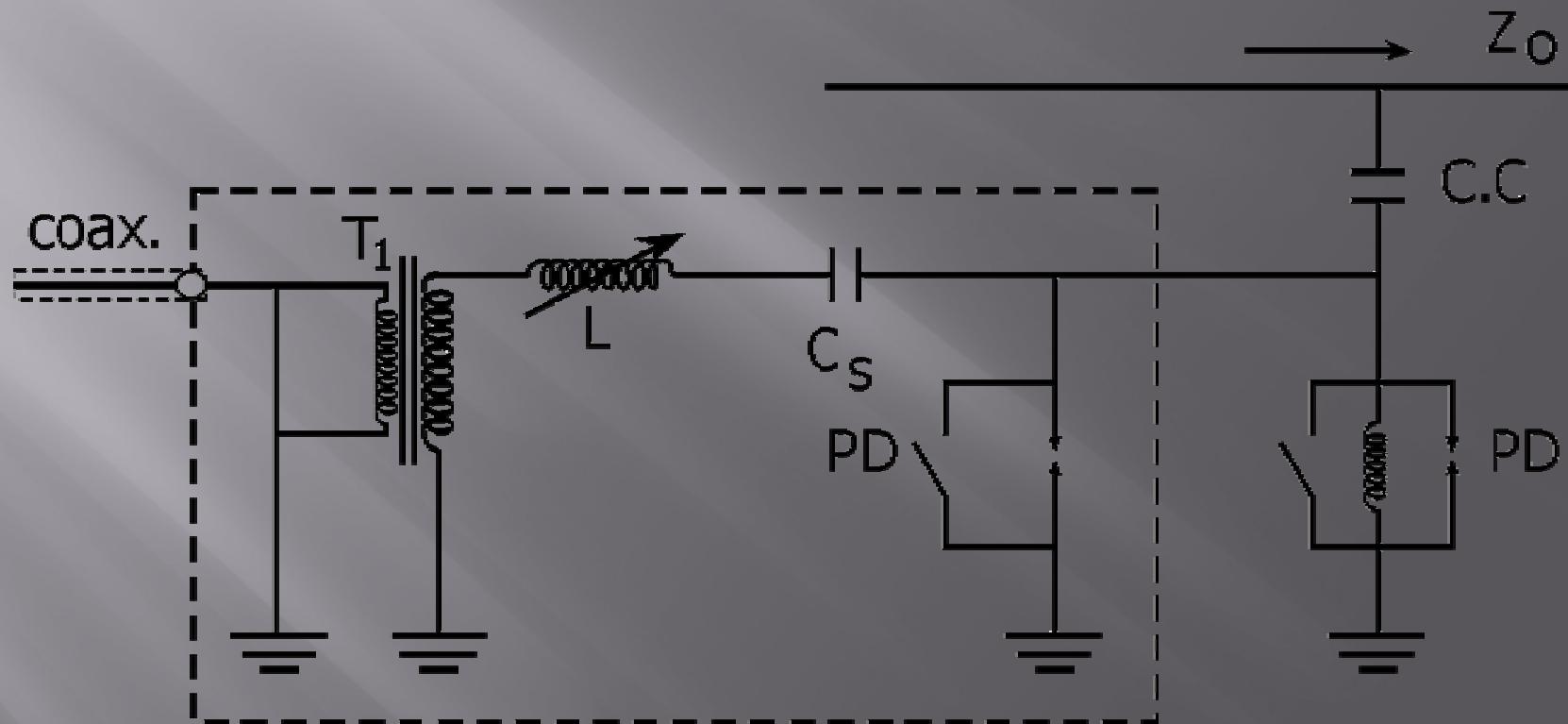
Gambar 6 : Diagram WT untuk meredam dua frekuensi

## 4.11. LINE MATCHING (LINE TUNNER)

- ↗ Line matching unit (LMU) digunakan untuk menghubungkan kapasitor kopling dengan peralatan terminal PLC, dengan fungsi :
  - ↗ Menyesuaikan karakteristik impedansi saluran udara tegangan tinggi dengan impedansi kabel coaxial yang menuju terminal PLC.
  - ↗ Menjaga peralatan terminal PLC terhadap tegangan dan arus lebih yang mungkin timbul pada saluran tegangan tingginya.
  - ↗ Mengatur supaya rektansi 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 :
  - ✓ Transformator penyeimbang
  - ✓ Kumparan
  - ✓ Peralatan pengaman
  - ✓ Kondensator
  - ✓ Hybrid

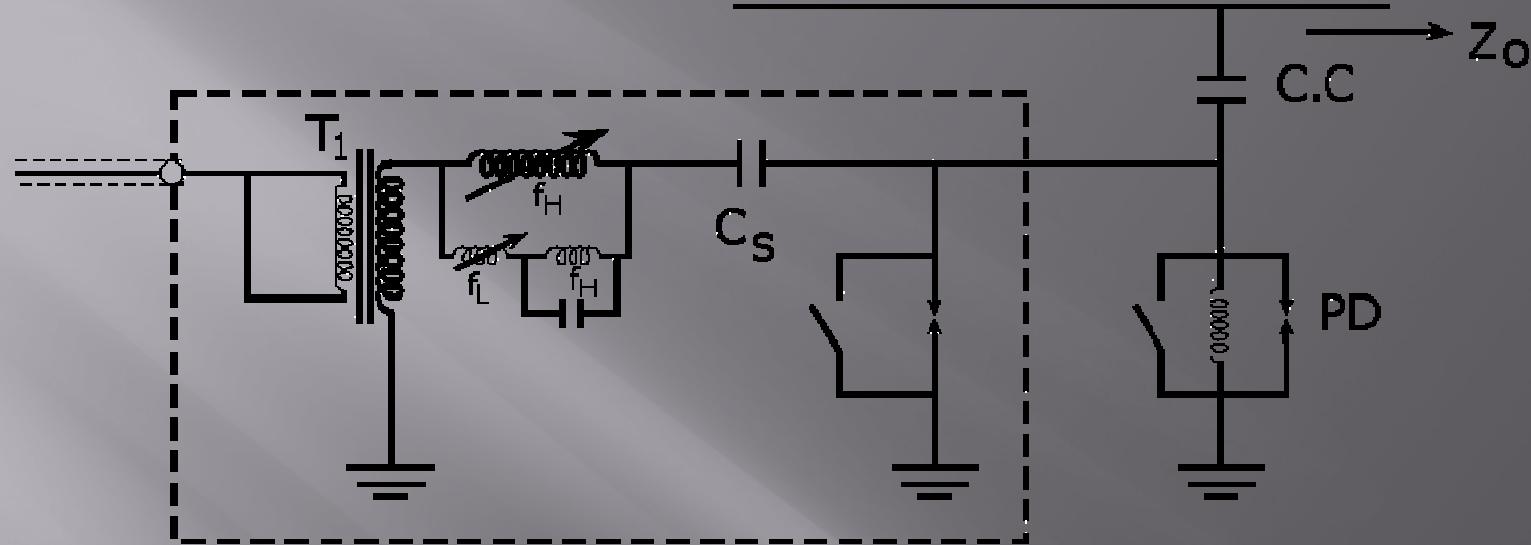
## Lanjutan 4.11.

- ↗ Berdasarkan frekuensi kerja yang digunakan, LMU dibagi dalam tiga macam :
  - ✓ Ditata untuk satu macam frekuensi (Gambar 7).
  - ✓ Ditata untuk dua macam frekuensi dari satu kabel coaxial (Gambar 8).
  - ✓ Ditata untuk dua macam frekuensi dari dua kabel coaxial (Gambar 9).

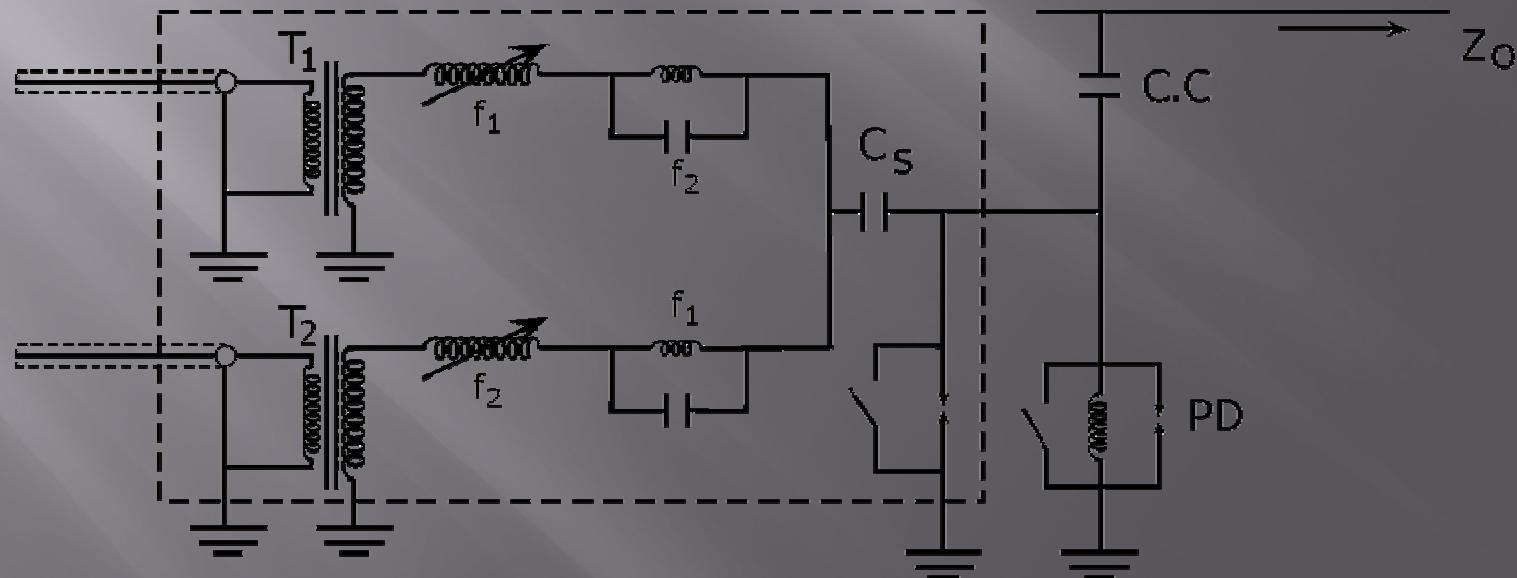


Gambar 7. LMU ditata untuk satu macam frekuensi

## Lanjutan 4.11.



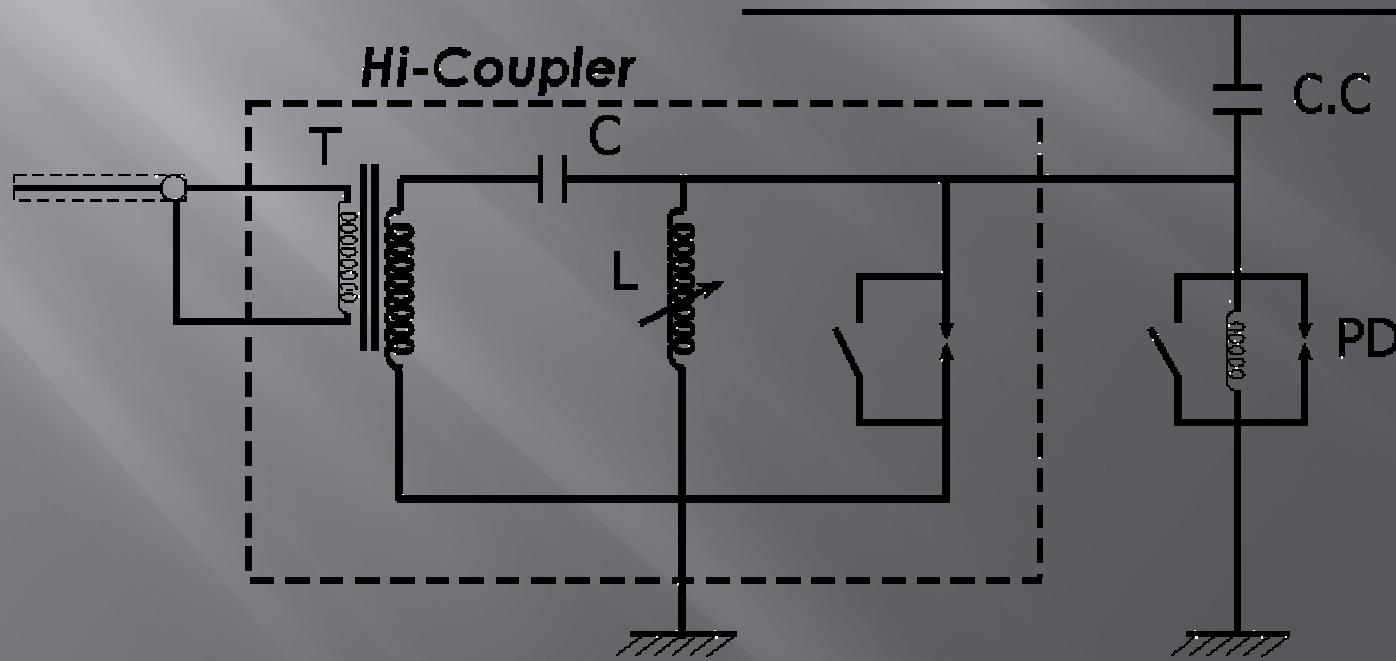
Gambar 8. LMU ditata untuk dua macam frekuensi dari satu kabel coaxial



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

## Lanjutan 4.11.

- ✓ Ketiga macam line tuner diatas adalah termasuk ke dalam kelas/kelompok penala resonansi/resonant tuner. Metode 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 melalukan bidang frekuensi yang lebar, yang disebut sebagai Hi-Coupler.



Gambar 10.  
Wide Band Tuning