



**PELATIHAN
PEMBINAAN DAN SERTIFIKASI AHLI K3 LISTRIK**

PERSYARATAN K3 PERALATAN DAN INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK

HARTOYO

085640929467

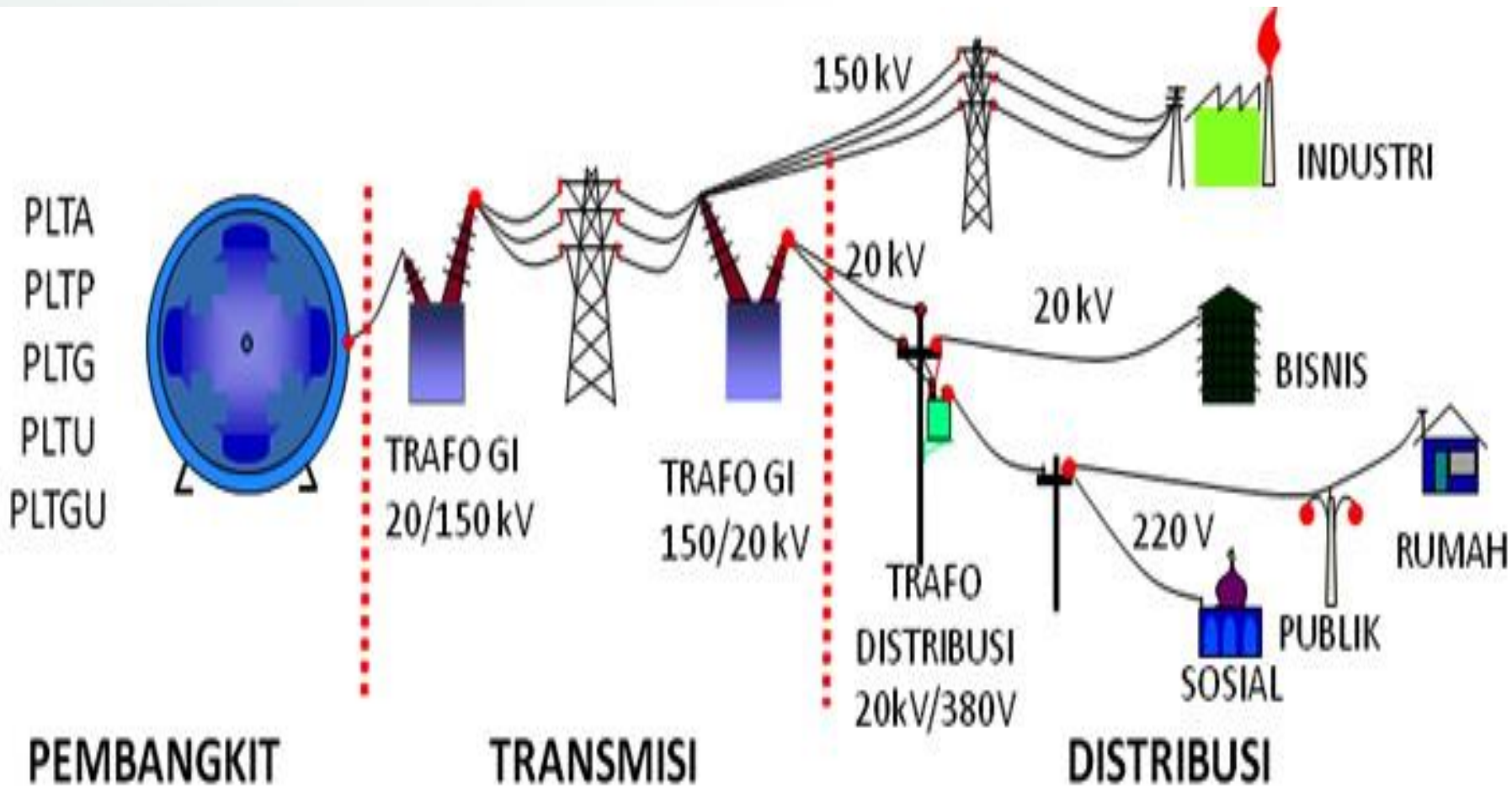
hartoyo@uny.ac.id

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

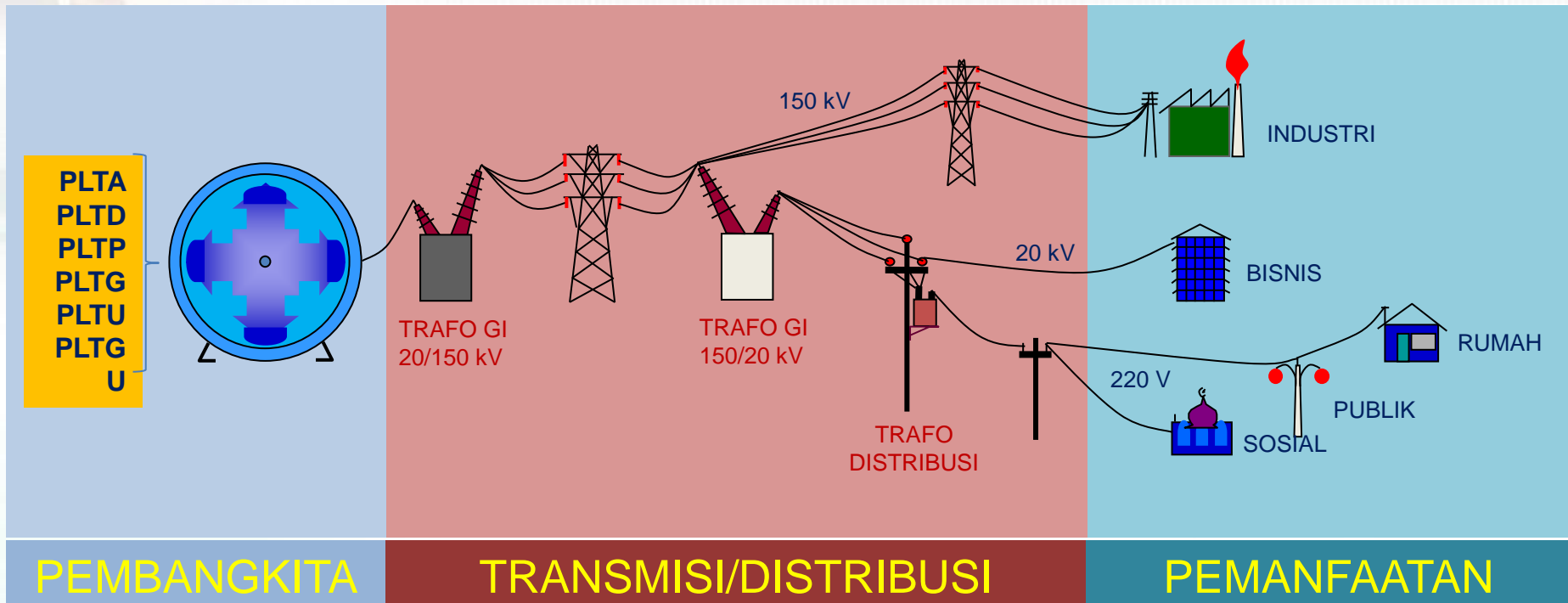
PT PLN DISTRIBUSI JAKARTA RAYA - PJK3 PT PATRARIJAYA

HOTEL BUMI TAPOS BOGOR 9 DESEMBER 2019

SISTEM PENYALURAN TENAGA LISTRIK



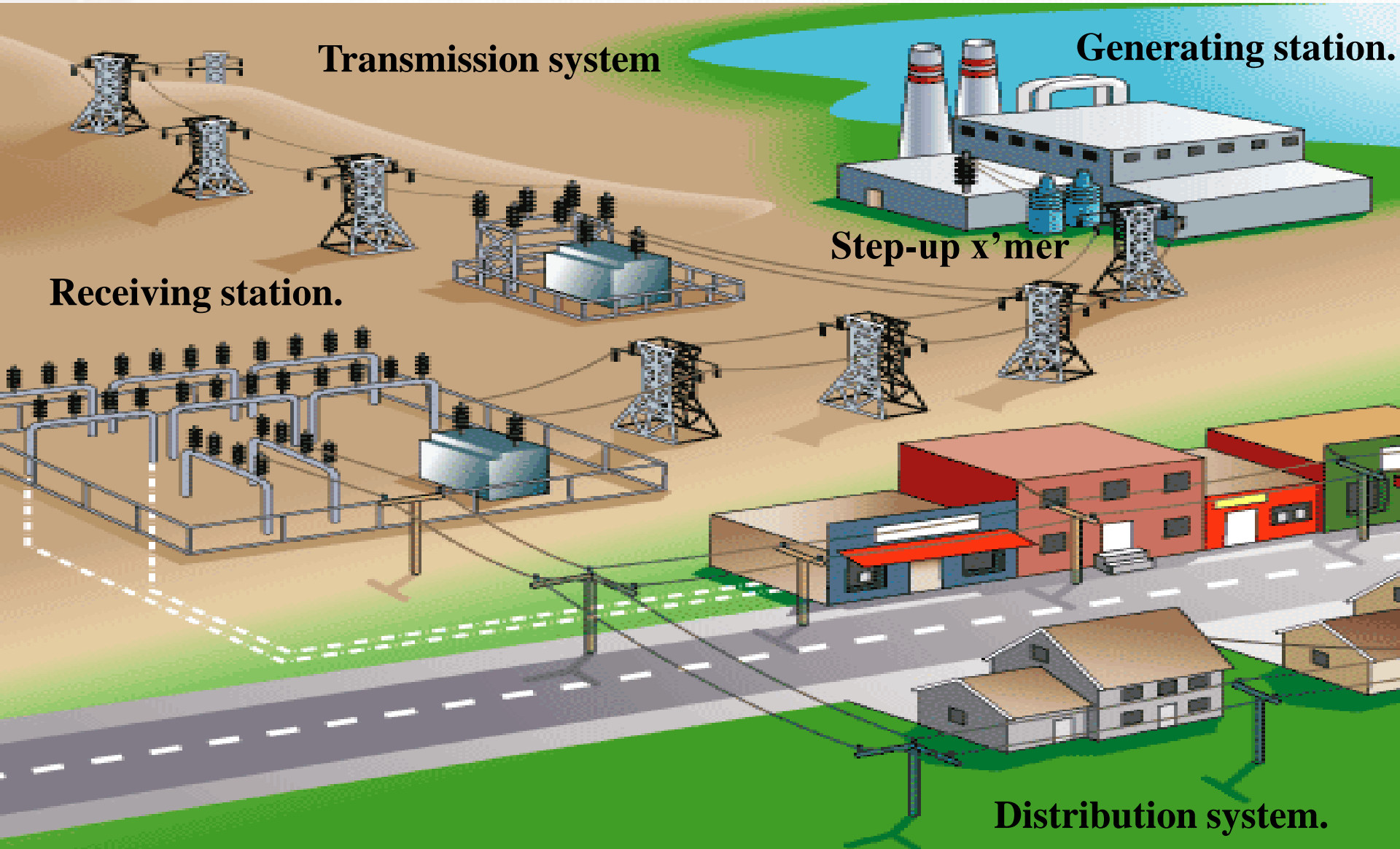
INSTALASI TENAGA LISTRIK



Instalasi tenaga listrik tenaga listrik terdiri atas:

1. Instalasi penyediaan tenaga listrik, meliputi
 - a. Instalasi pembangkit tenaga listrik;
 - b. Instalasi transmisi tenaga listrik; dan
 - c. Instalasi distribusi tenaga listrik.
2. Instalasi pemanfaatan tenaga listrik, meliputi:
 - a. Instalasi pemanfaatan tegangan tinggi;
 - b. Instalasi pemanfaatan tegangan menengah; dan
 - c. Instalasi pemanfaatan tegangan rendah.

Transmission and Distribution supply system.



Struktur Sistem Ketenagalistrikan Jawa-Madura-Bali (JAMALI)

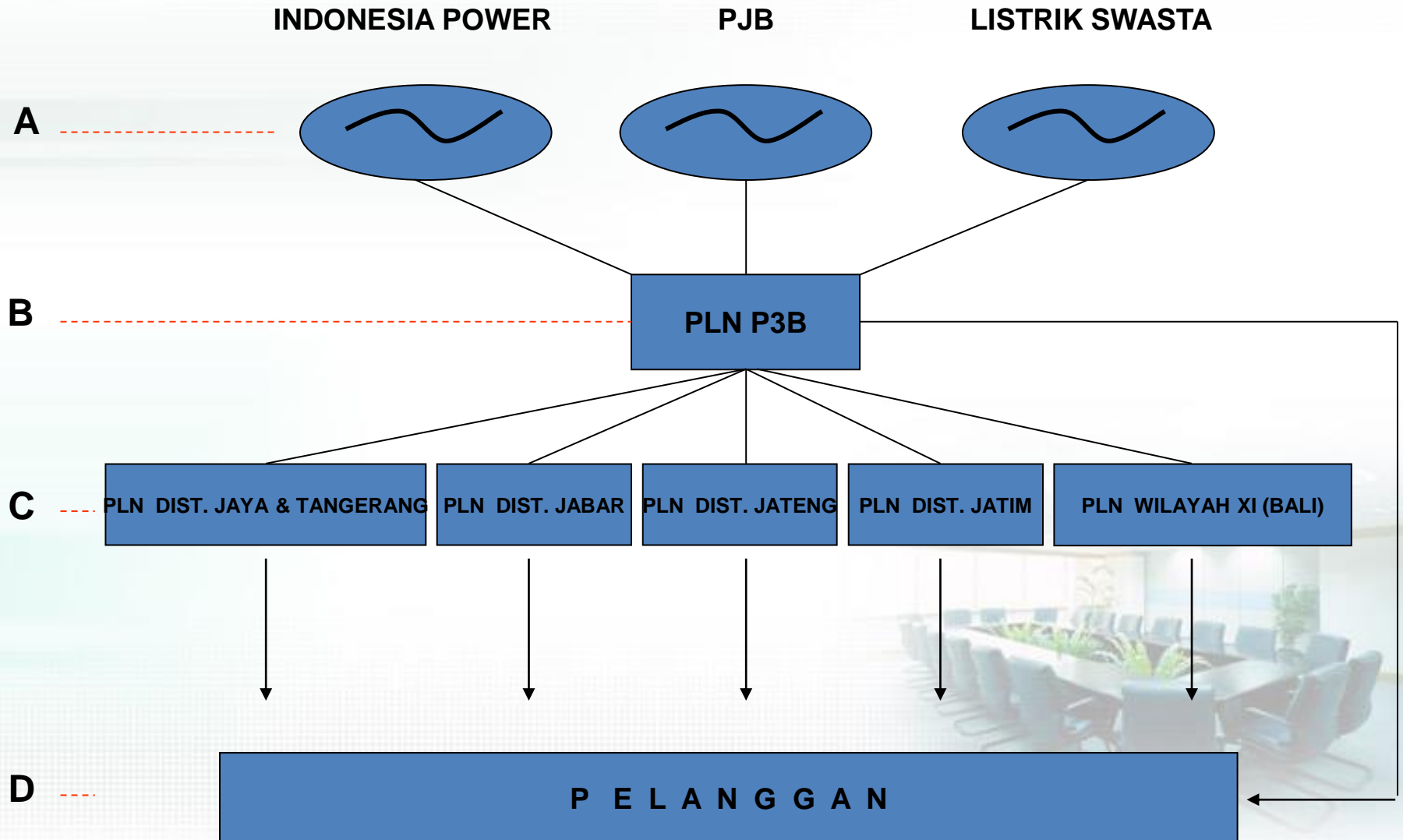


DIAGRAM SATU GARIS STL



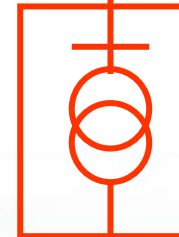
PEMBANGKIT

6 KV s/d 24 kv



GARDU INDUK

TRANSMISI 70 / 150 / 500 KV



GARDU INDUK

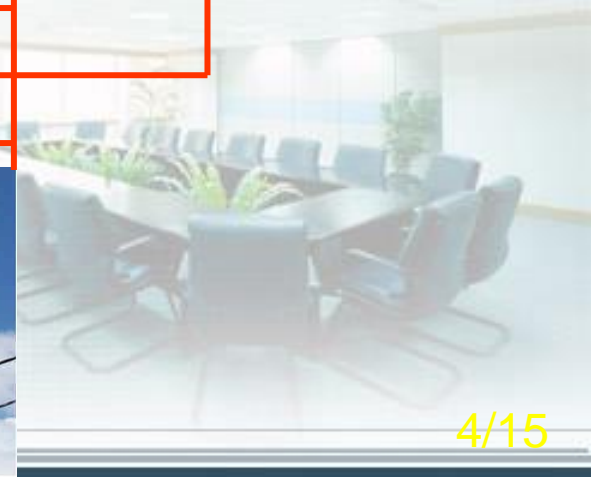
DISTRIBUSI 20 KV

220 / 380 V

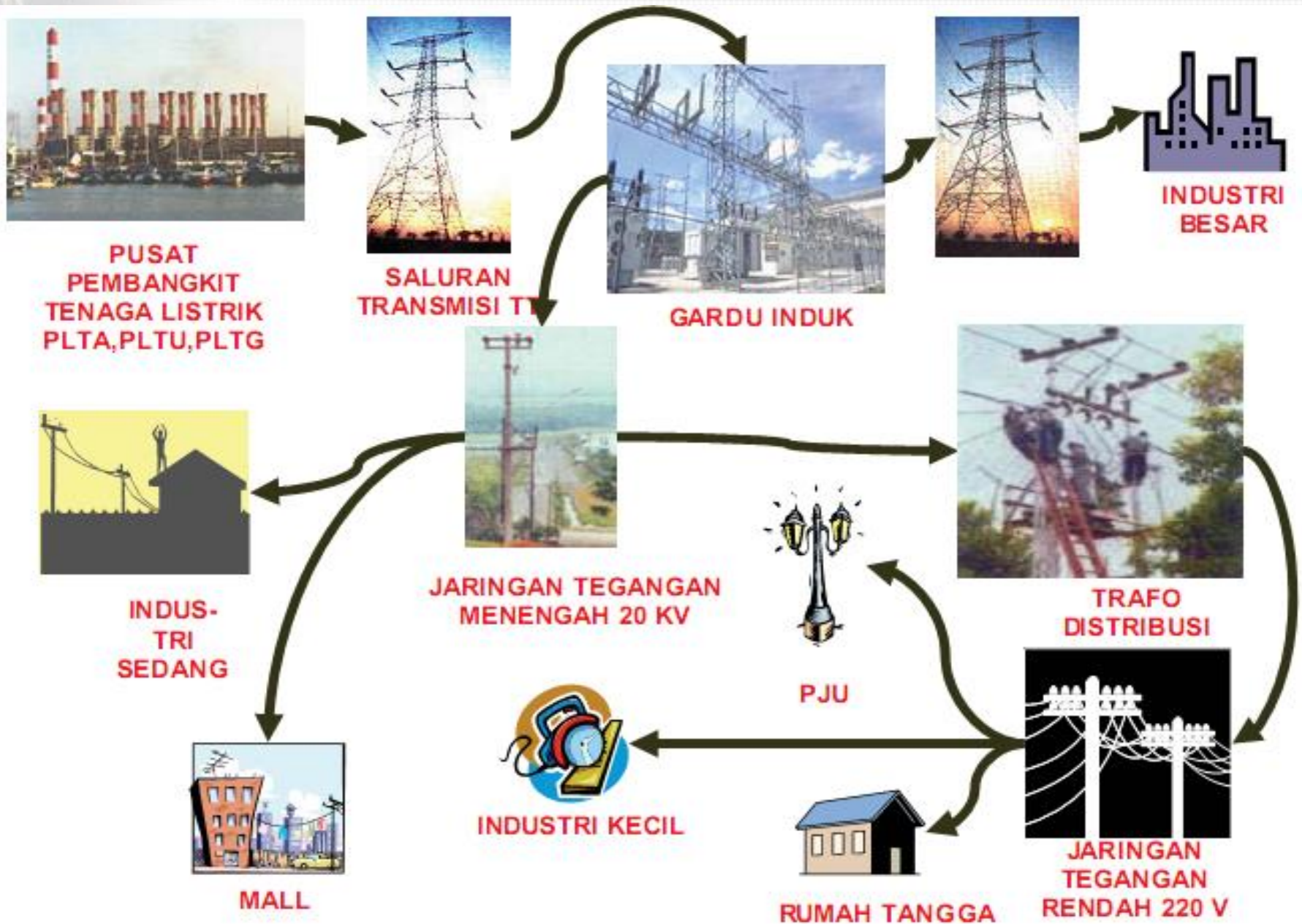


GARDU DISTRIBUSI

PEMANFAAT



SISTEM TENAGA LISTRIK (STL)





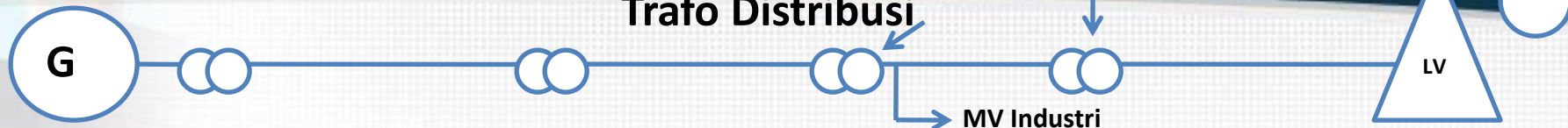
INSTALASI KETENAGALISTRIKAN

**INSTALASI :
SISTEM
PEMBANGKITAN**

**INSTALASI :
SISTEM
PENYALURAN
(GI & TRANS)**

**INSTALASI :
SISTEM
DISTRIBUSI**

**INSTALASI :
SISTEM
PEMANFAATAN**



Pembangkit	Transmisi	Distribusi primer	Distribusi	Pemanfaatan
13,8 kV-24 kV High Voltage	115 kV-700 kV Extra High Voltage / SUTET	70 kV-150 kV High Voltage	20 kV Medium Voltage	380 / 220 V Low Voltage

Voltage Levels

	USA	PUIL 2011, page 43	PLN
Extra Low Voltage (ELV)	Standard	Safe for human : < 50 Volt (ac) < 120 Volt (dc)	
Low Voltage (LV)	110 Volt , 240 Volt, 480 Volt	< 1000 Volt (ac) < 1500 Volt (dc)	380 Volt/220 Volt SUTR,SKTR
Medium Voltage (MV)	4.16 kV, 13.8 kV ,34.5 kV	1 kV - 35 kV	6KV,20KV SUTM,SKTM
High Voltage (HV)	69 kV, 115 kV ,138 kV, 161 kV ,230 kV, 287 KV	> 35 kV	150 KV SUTT, SKTT
Extra High Voltage (EHV)	345 kV, 500 kV 765 kV		500 KV SUTET
Ultra High Voltage (UHV)	1100 kV, 1500 kV		

PLN's Business Scheme



GOI

Subsidies: additional fund for Operation

Margin: additional fund for investment



Market Price

INPUT

1. Power Purchase
2. Primary energy:
Coal, Oil, Gas, Water,
Geothermal, etc



Regulated Tariff

OUTPUT:

Electricity to support
economic growth and
Nation Wealth



O&M

IPP

Market Price

Kegiatan Ekonomi Program 35.000 MW + 7.000 MW Carry Over

Investasi : 72.942 Juta USD**



402 pembangkit
42.940 MW



732 paket transmisi
46.597 kms
(75.000 set tower)



1.375 unit Gardu
Induk
108.789 MVA

301.300 km konduktor aluminium
2.600 set trafo
3,5 juta ton baja (profil dan pipa luar pembangkit)



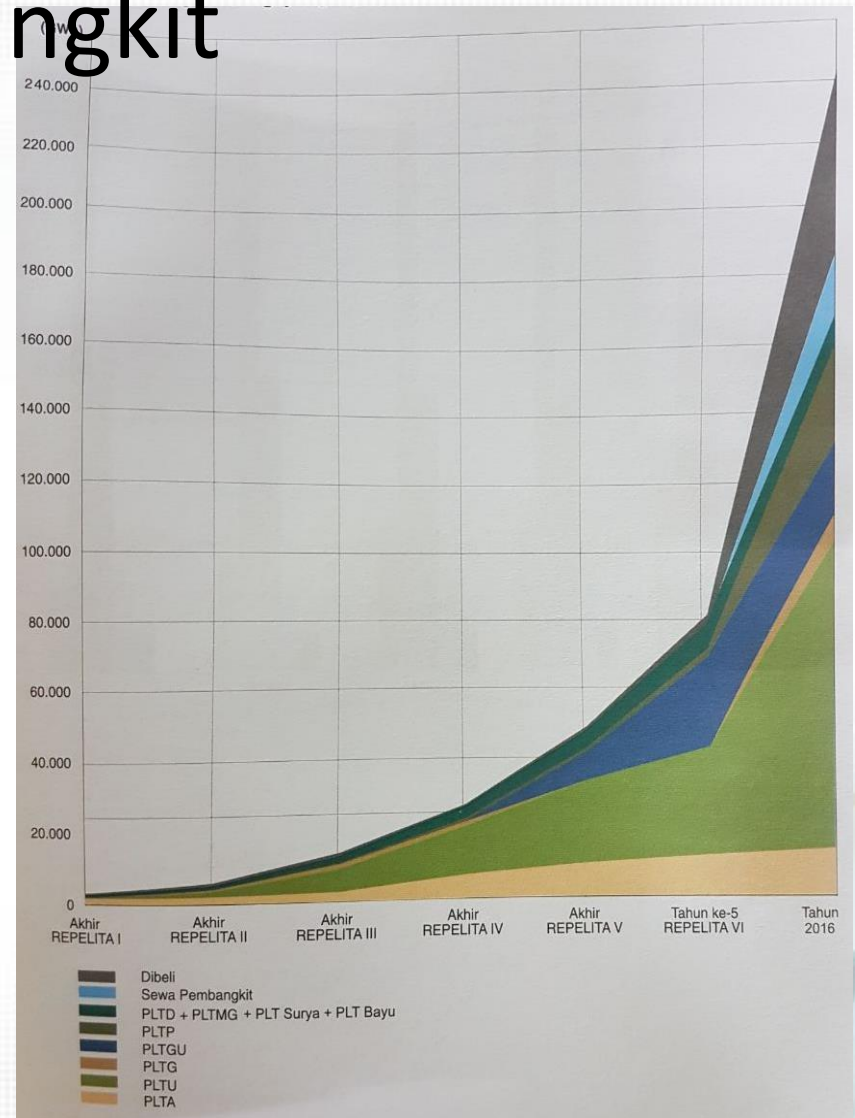
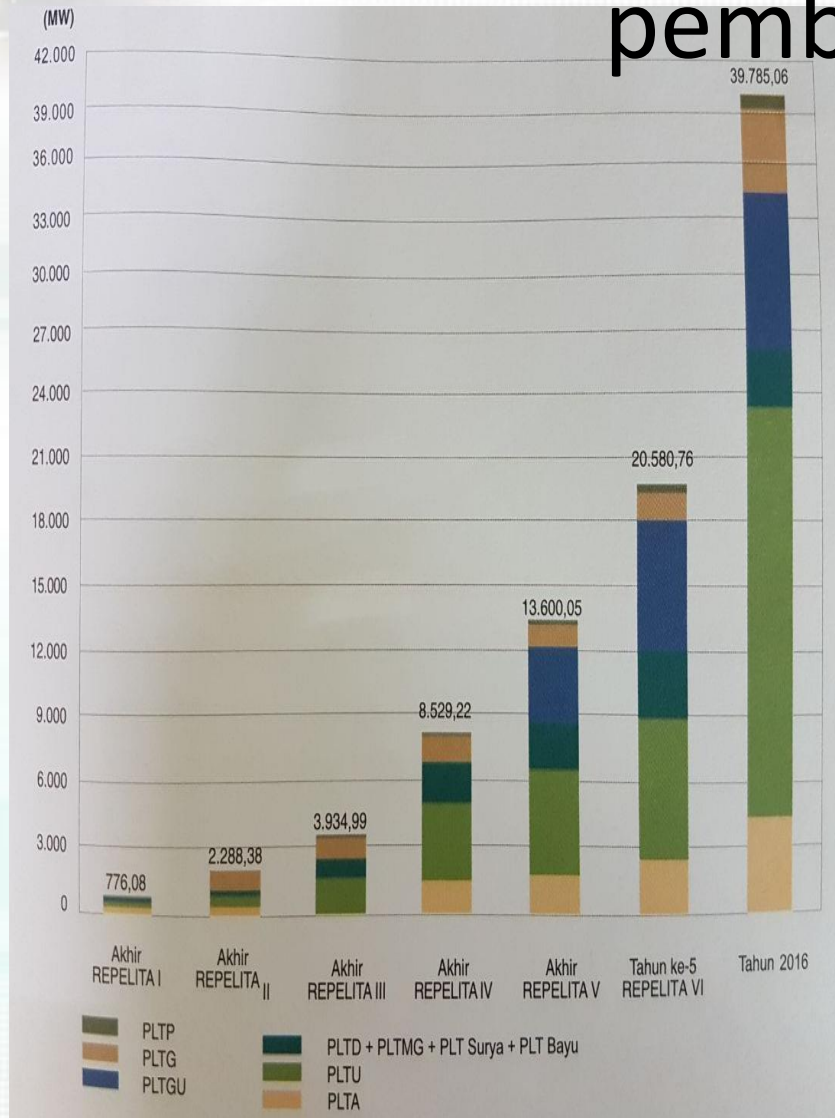
Tenaga Kerja TKDN
Langsung: 650 Ribuan (40% dari Investasi)
Tak Langsung : 3 Juta (29,2 Juta USD)

* Perkiraan

** belum termasuk kebutuhan dana untuk tanah, Interest During Construction (IDC) dan pajak-pajak

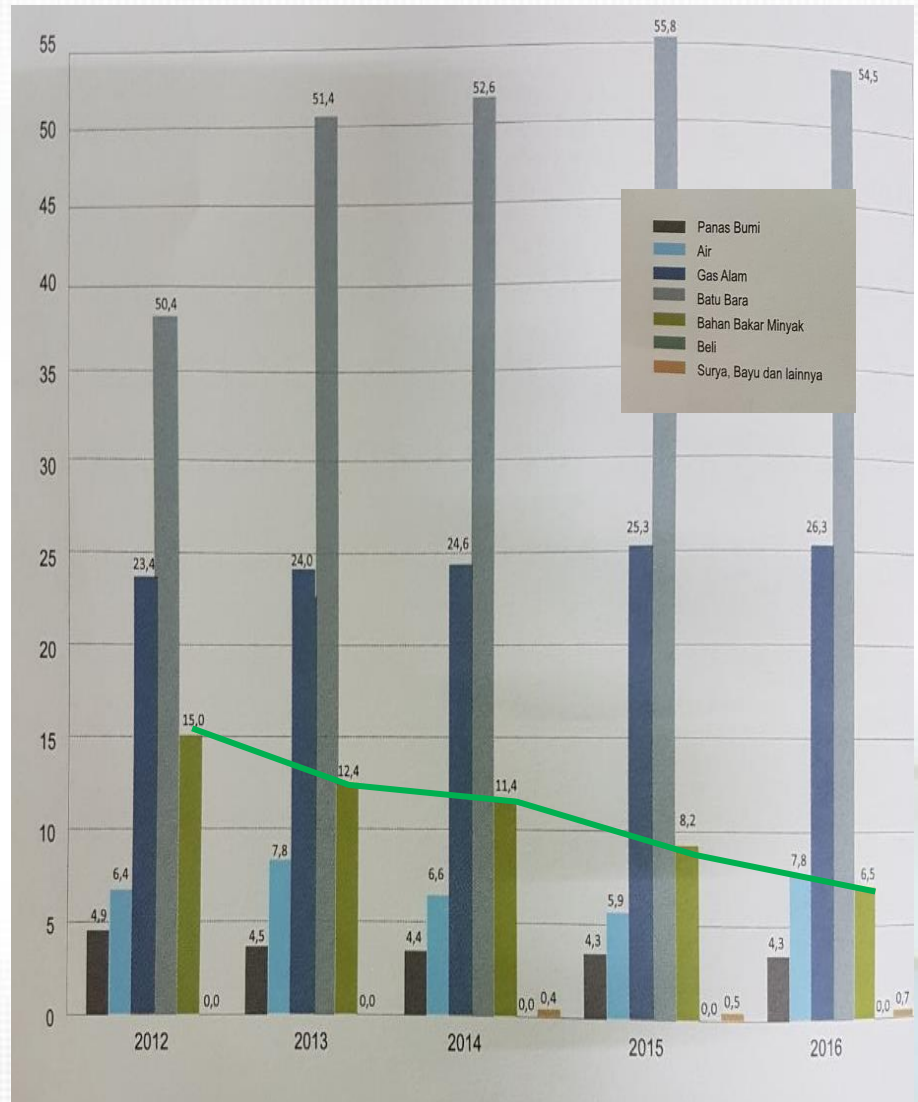
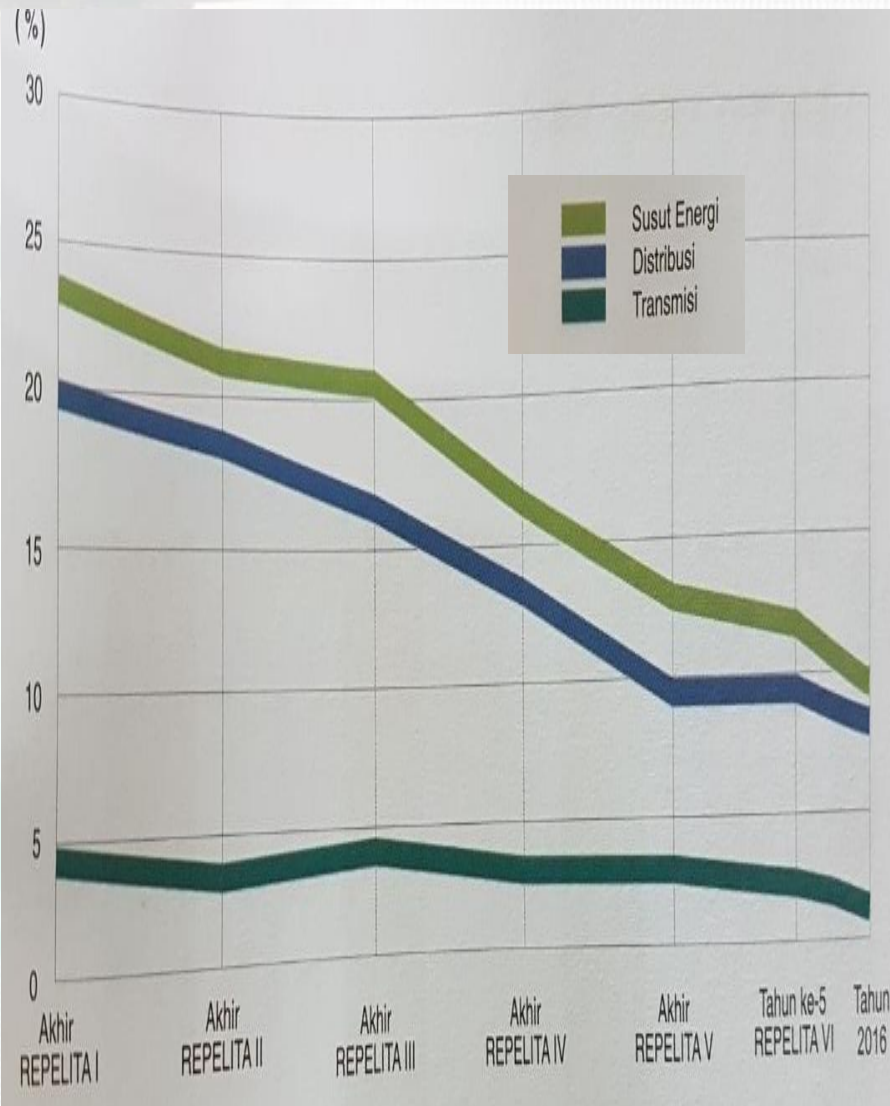
*** Jumlah PLTM tersebar sudah dibreakdown per-lokasi

Tren kapasitas & produksi pembangkit



Source: PLN, Statistik PLN
(2016)

Tren efisiensi operasi



Source: PLN, Statistik PLN (2016)



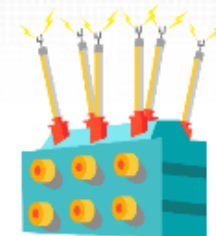
PERKIRAAN KEBUTUHAN SDM PADA PROGRAM 35.000 MW



291 PEMBANGKIT



**732 TRANSMISI
75.000 SET TOWER**



**1375 UNIT
GARDU INDUK**

**301.300 KM KONDUKTOR ALUMINIUM
2.600 SET TRAFO
3,5 JUTA TON BAJA (PROFIL DAN PIPA LUAR PEMBANGKIT)**



SDM

**LANGSUNG: 650 RIBU
TAK LANGSUNG : 3 JUTA**

TKDN

**~40% DARI INVESTASI
(~29,2 JUTA USD)**

PENERAPAN KESELAMATAN KETENAGALISTRIKAN



KLASIFIKASI KOMPETENSI TENAGA TEKNIK KETENAGALISTRIKAN

Jenis
Pekerjaan

1. Konsultasi,
2. Pembangunan & Pemasangan,
3. Pemeriksaan & Pengujian,
4. Pemeliharaan,
5. Pengoperasian,
6. Pendidikan & Pelatihan.

Bidang

Kit

Tran

Dis

Man

Sub
Bidang

PLTU/G/GU
/P/A/MH/D/
N/EBT

TET, TT, GI

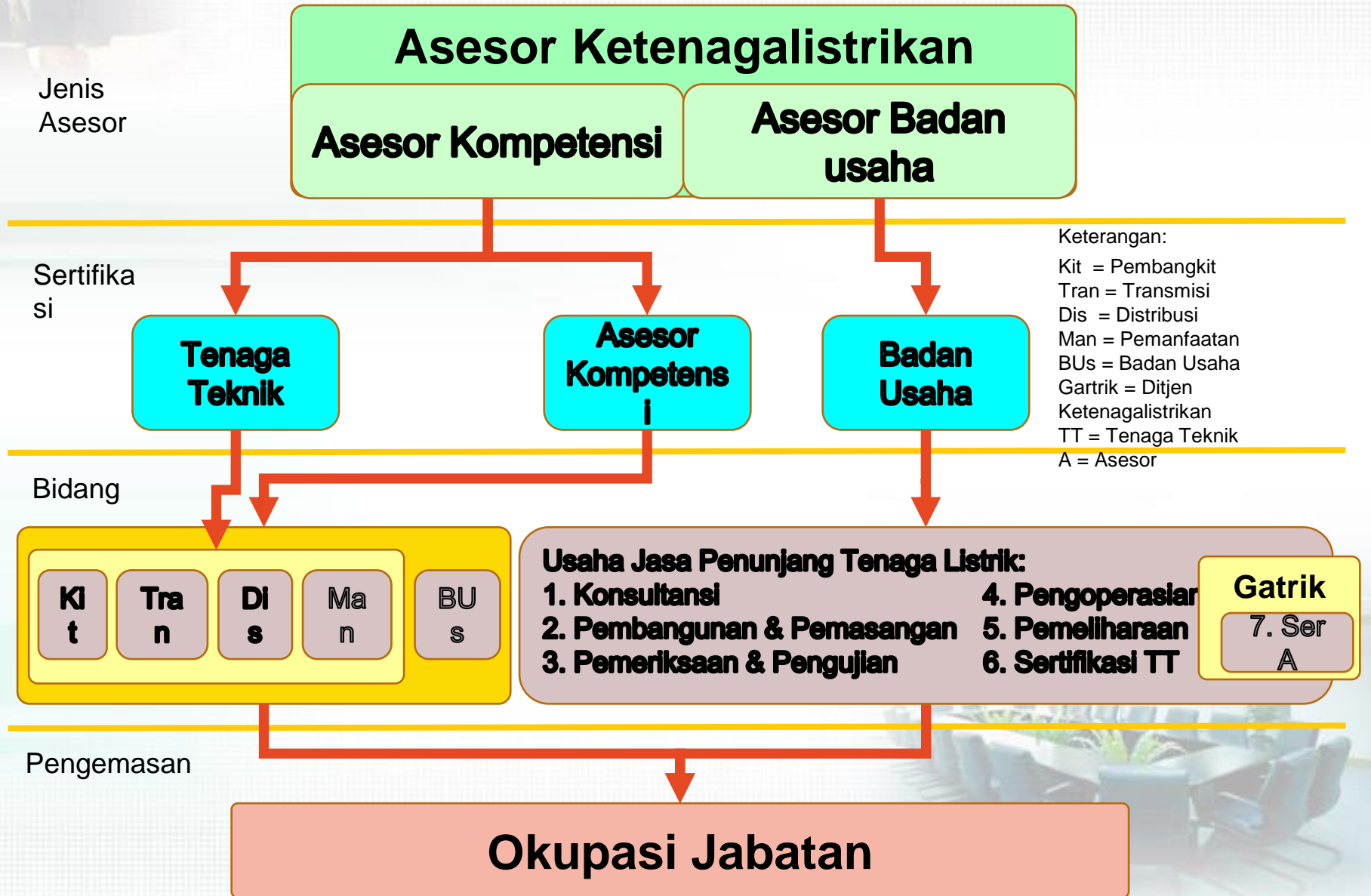
TM, TR

TT, TM, TR

Keterangan:
Kit = Pembangkit
Tran = Transmisi
Dis = Distribusi
Man =
Pemanfaatan

Pengemasan

Okupasi Jabatan



KUALIFIKASI KOMPETENSI KETENAGALISTRIKAN

Kualifikasi kompetensi ketenagalistrikan berdasarkan Jenjang Kualifikasi Ketenagalistrikan (JKK) untuk menentukan Okupasi Jabatan, terdiri atas:

Tenaga Teknik

Asesor Ketenagalistrikan

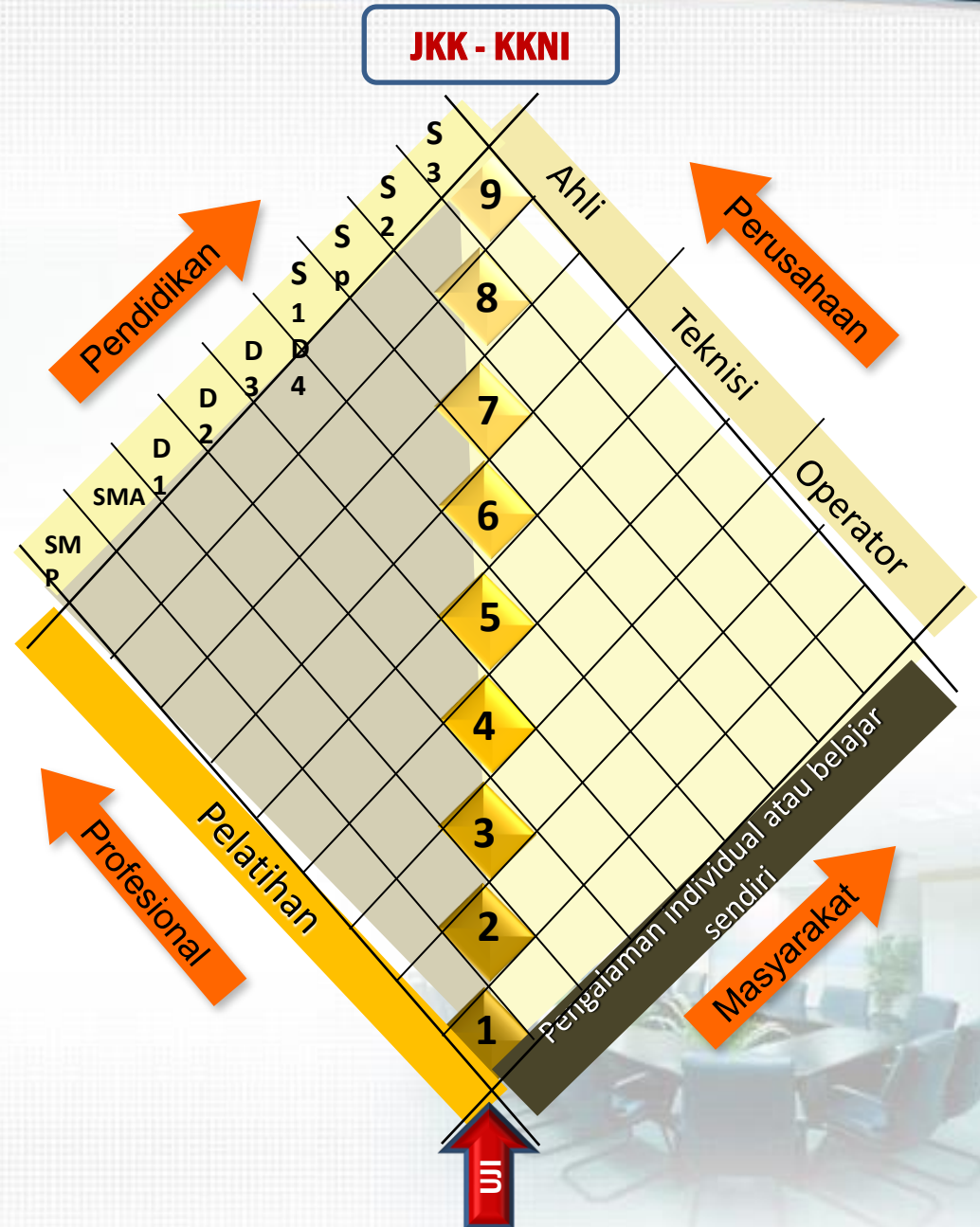
JKK

Ahli Utama	Level 9	
Ahli Madya	Level 8	
Ahli muda	Level 7	Asesor Utama
Teknisi/Analisis Utama	Level 6	Asesor Madya
Teknisi/Analisis Madya	Level 5	Asesor Muda
Teknis/Analisis Muda	Level 4	
Operator/Pelaksana Utama	Level 3	
Operator/Pelaksana Madya	Level 2	
Operator/Pelaksana Muda	Level 1	

Kompetensi Asesor Kompetensi	Kompetensi Asesor Badan Usaha
Pengembang SKTTK, Ketua & Anggota Tim Uji	Pengembang SBU, Penilai Kesesuaian & Kelengkapan
Ketua & Anggota Tim Uji	Penilai Kesesuaian & Kelengkapan
Anggota Tim Uji	Penilai Kelengkapan

PENGAKUAN KOMPETENSI DARI MULTI JALUR PENYIAPAN SDM

1. Jenjang Kualifikasi Ketenagalistrikan (JKK) berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 8 Tahun 2012 tentang Kerangka Kualifikasi Kompetensi Nasional Indonesia (KKNI).
2. Dengan JJK, kualitas dan kompetensi tenaga teknik dari berbagai jalur mendapatkan pengakuan kompetensi setara.



A. PEMBANGKITAN

Pengertian dan fungsi pembangkit tenaga listrik :

1. Suatu sub sistem dari sistem tenaga listrik yang terdiri dari instalasi elektrikal, mekanikal, bangunan-bangunan (civil work) bangunan dan fasilitas pelengkap serta bangunan dan komponen bantu lainnya.
2. Berfungsi untuk membangkitkan energi listrik, dengan cara mengubah potensi (energi) mekanik menjadi energi listrik.

Jenis pembangkit tenaga listrik :

1. Thermis :
 - Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)
 - Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)
 - Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)
 - Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)
 - Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).
 - Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).
2. Non Thermis :
 - Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).
 - Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).



A. PEMBANGKITAN

Output Voltage pembangkit tenaga listrik :

1. Output power di bawah 400 MVA / unit, besarnya output voltage-nya antara 11 kV sampai dengan 13,8 kV.
2. Output power di atas 400 MVA / unit, besarnya output voltage-nya antara 18 kV sampai dengan 24 kV.

Gardu Induk Pembangkit :

1. Menaikkan output voltage yang dihasilkan pembangkit, menjadi 70 kV, 150 kV dan 500 kV, dengan menggunakan step-up transformer.
2. Mentransformasikan energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik ke dalam (melalui) sistem (jaringan transmisi).

B. PENYALURAN

Pengertian penyaluran energi listrik :

1. Proses dan cara menyalurkan energi listrik dari pembangkit listrik ke Gardu Induk dan dari satu Gardu Induk ke Gardu Induk lainnya)
2. Penyaluran dengan menggunakan penghantar yang direntangkan antara tiang-tiang (tower), melalui isolator-isolator dengan sistem tegangan tinggi / ekstra tinggi.

Jenis penyaluran dan kualifikasi tegangan :

1. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) :
70 kV, 150 kV
2. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) : 500 kV.
3. Saluran kabel Tegangan Tinggi (SKTT) : 150 kV
4. Sub Marine Cable : 150 kV.



B. PENYALURAN

Gardu Induk Transmisi :

Merupakan sub sistem dari sistem penyaluran.

Berfungsi untuk :

- a. Mentransformasikan tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lain (500 kV / 150 kV, 150 kV / 70 kV) atau dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 kV / 20 kV, 70 kV / 20 kV).
- b. Pengukuran, pengawasan operasi dan pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.
- c. Pengaturan pelayanan beban (daya) ke gardu-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu-gardu distribusi setelah melalui transformator penurun tegangan dan diteruskan ke penyulang (feeder) tegangan menengah.

Pengatur beban di Indonesia : P2B gandul, UPB Cawang, UPB Cigelereng, UPB Ungaran dan UPB Waru.



C. DISTRIBUSI

Pengertian dan fungsi distribusi tenaga listrik

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan).
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Jika dilihat dari pengertian tersebut diatas, maka :

1. Jaringan distribusi tidak hanya sebatas yang memiliki tegangan 6 kV atau 20 kV.
2. Jaringan listrik 70 kV atau 150 kV, jika langsung melayani pelanggan, bisa disebut jaringan distribusi



C. DISTRIBUSI

Lingkup jaringan distribusi :

1. SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah)
2. SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah)
3. Gardu Distribusi (Gardu Trafo) terdiri dari : Transformator, Tiang, Pondasi Tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-pipa pelindung, arrester, kabel-kabel, peralatan grounding, dan lain-lain.



4. SUTR (Saluran Udara Tegangan Rendah)
5. SKTR (Saluran Kabel Tegangan Rendah)

D. PEMANFAAT

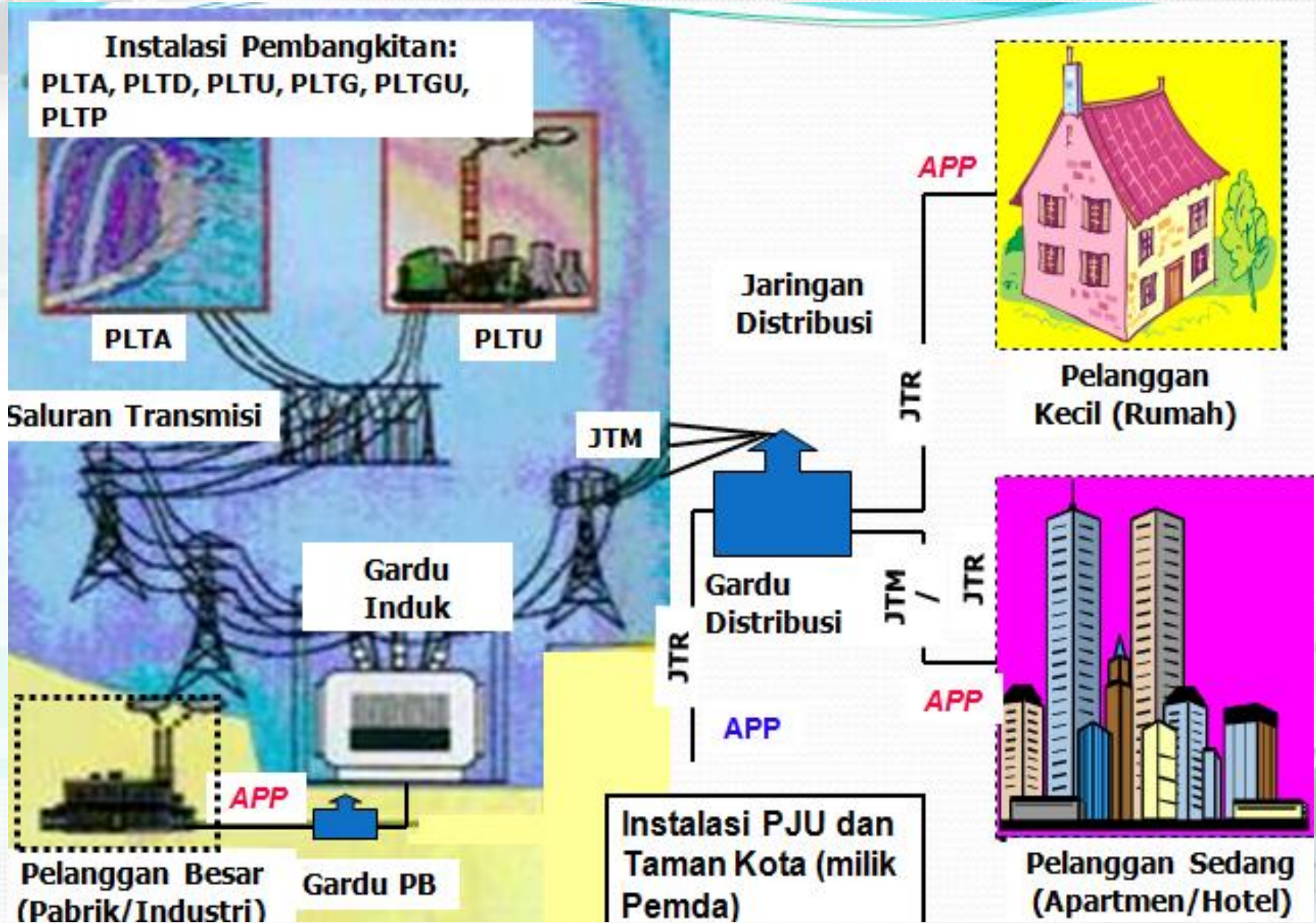
Pihak atau instalasi yang memanfaatkan energi listrik. Pihak pemanfaat ini adalah pelanggan listrik.

Pengelompokan pelanggan :

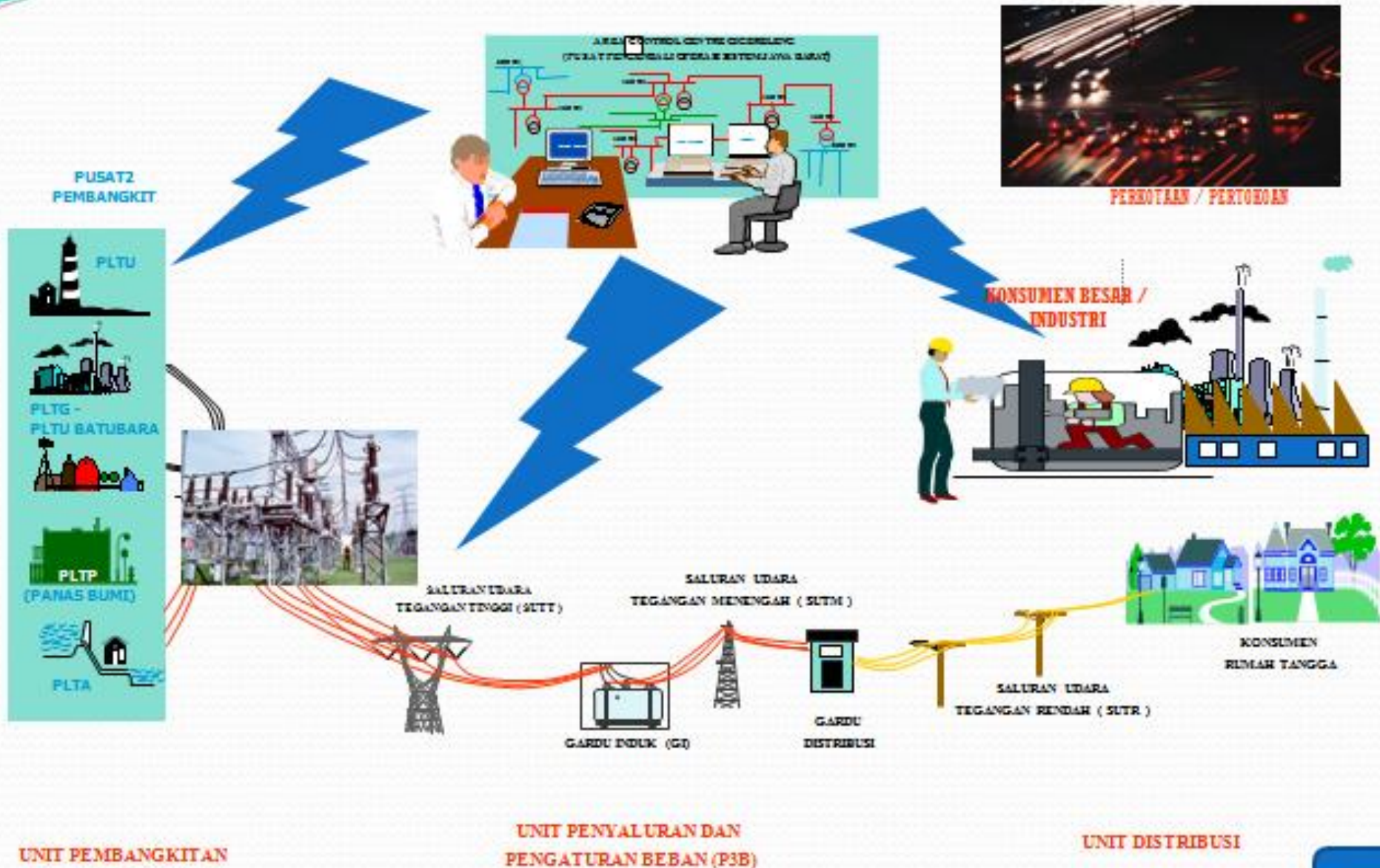
1. Dari segi peruntukan : Rumah Tangga, Badan Sosial, Perhotelan, Industri, Kantor Pemerintahan, Pabrik, Kondominium, Apartement dan lain-lain.
2. Dari segi sambungan tegangan : TR, TM & TT.
3. Dari segi daya listrik : 450 VA, 900 VA, 1300 VA dan seterusnya.



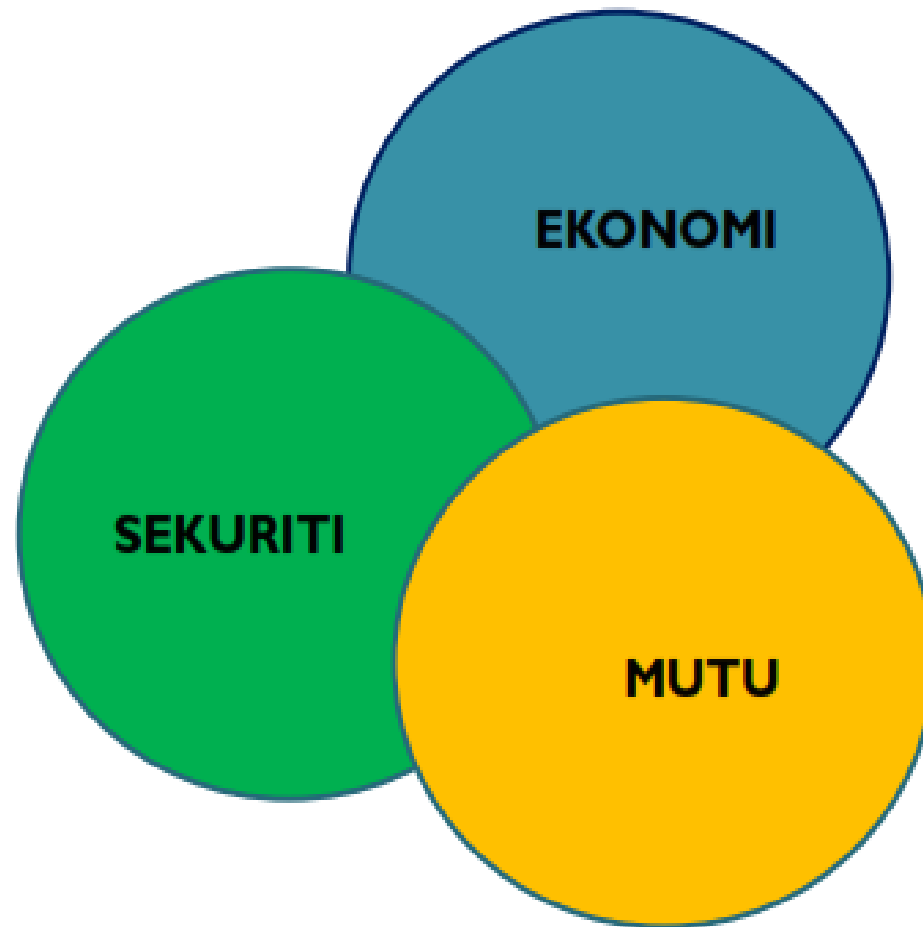
INSTALASI KETENAGALISTRIKAN



BAGAN PENGATURAN & PENYAMPAIAN SISTEM TENAGA LISTRIK KEPADA KONSUMEN



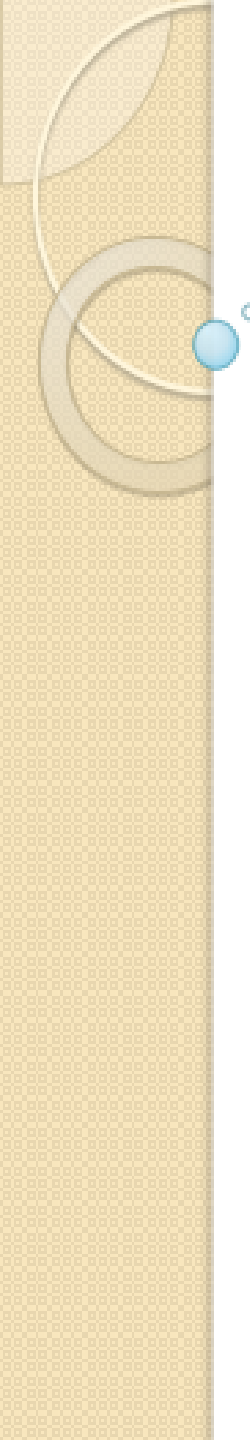
TUJUAN OPERASI SISTEM TENAGA LISTRIK




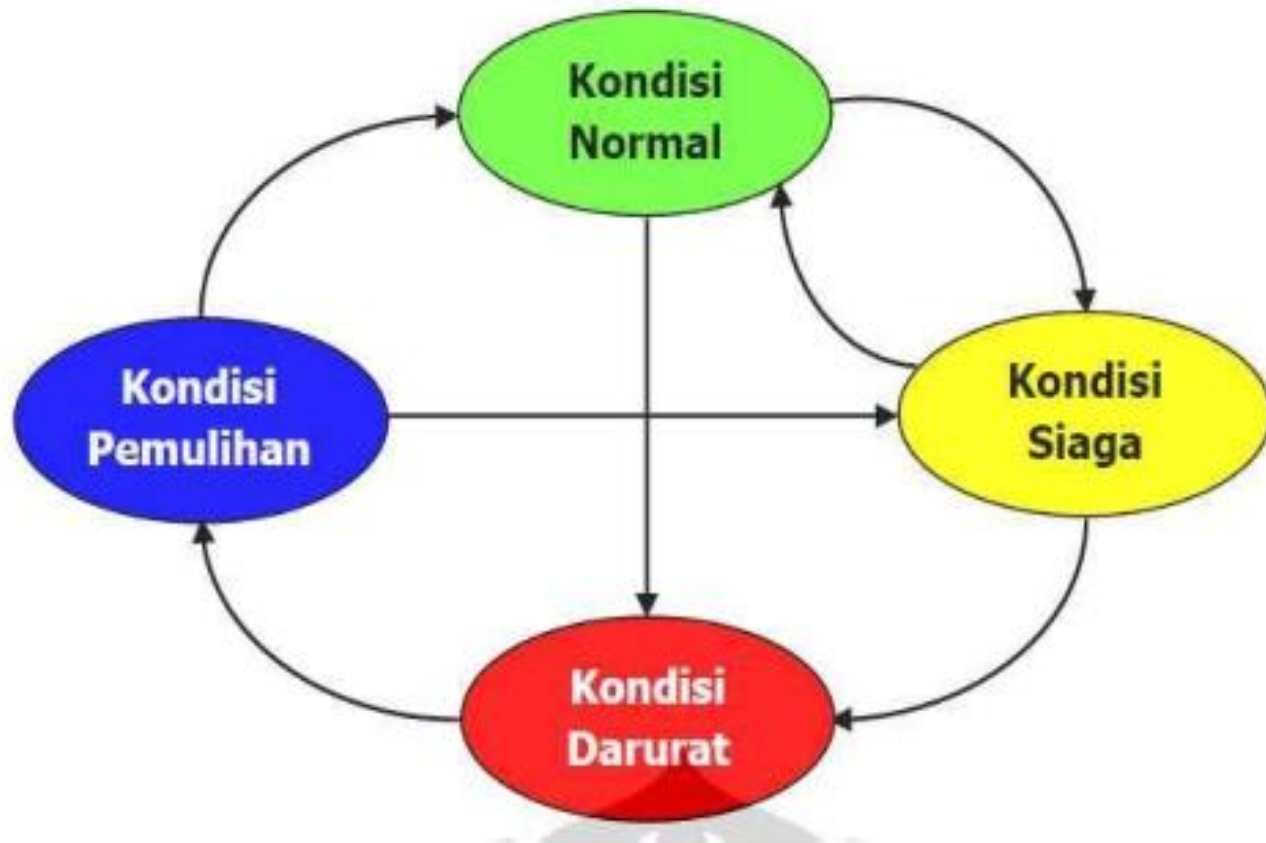


Kondisi Operasi Sistem Tenaga Listrik

- Normal
- Siaga
- Darurat
- Pemulihan

- 
- **Normal** adalah seluruh konsumen dapat dilayani, kendala operasi teratasi dan sekuriti sistem dapat dipenuhi
 - **Siaga** adalah seluruh konsumen dapat dilayani, kendala operasi dapat dipenuhi, tetapi sekuriti sistem tidak dapat dipenuhi.
 - **Darurat** adalah konsumen tidak dapat dilayani, kendala operasi tidak dapat dipenuhi.

- 
- **Pemulihan** adalah peralihan kondisi darurat tenaga listrik yang diukur dengan kualitas tegangan dan frekuensi yang dijaga sedemikian rupa sehingga tetap pada kisaran yang ditetapkan







Kondisi Operasi Sistem Tenaga Listrik

Perencanaan Pembangkitan dalam Sistem Interkoneksi

Neraca energi

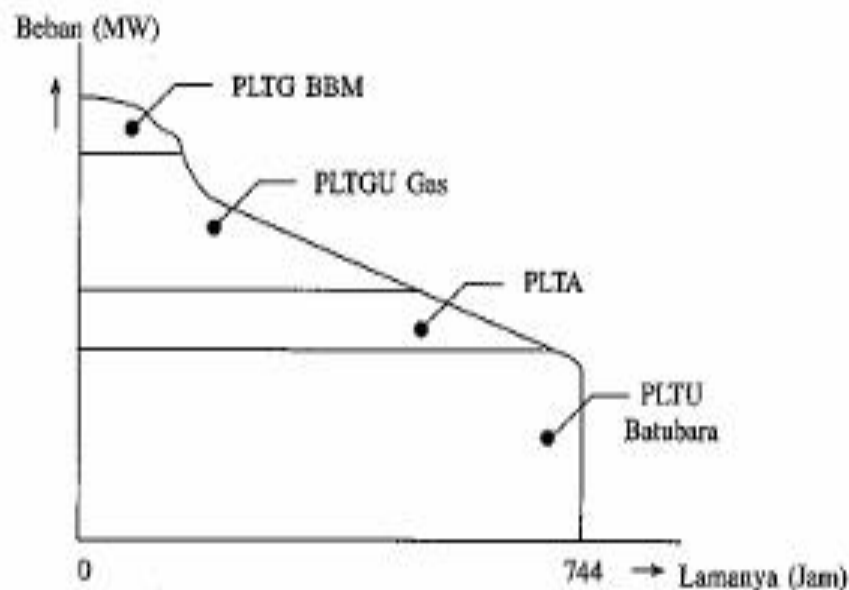
untuk menyusun anggaran operasional sistem tenaga listrik



-  Unit beroperasi
-  Unit siap operasi tetapi tidak dioperasikan
-  Unit menjalani pemeliharaan
-  Unit mengalami gangguan

Perencanaan Pembangkitan dalam Sistem Interkoneksi

Kurva Lama Beban



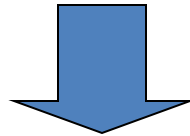
Keterangan:

Konsumsi Spesifik Bahan Bakar:
cc/kWh untuk Bahan Bakar Cair.
kg/kWh untuk Bahan Bakar Padat.
MMSCF/kWh untuk Bahan Bakar Gas.

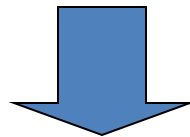
Gambar 4.5. Alokasi energi untuk satu bulan (744 jam) melalui segmentasi kurva lama beban.

Deklarasi Kondisi Pembangkit (DKP)

**Informasi mengenai kondisi dan kesiapan
Pembangkit berdasarkan Standar Internasional**

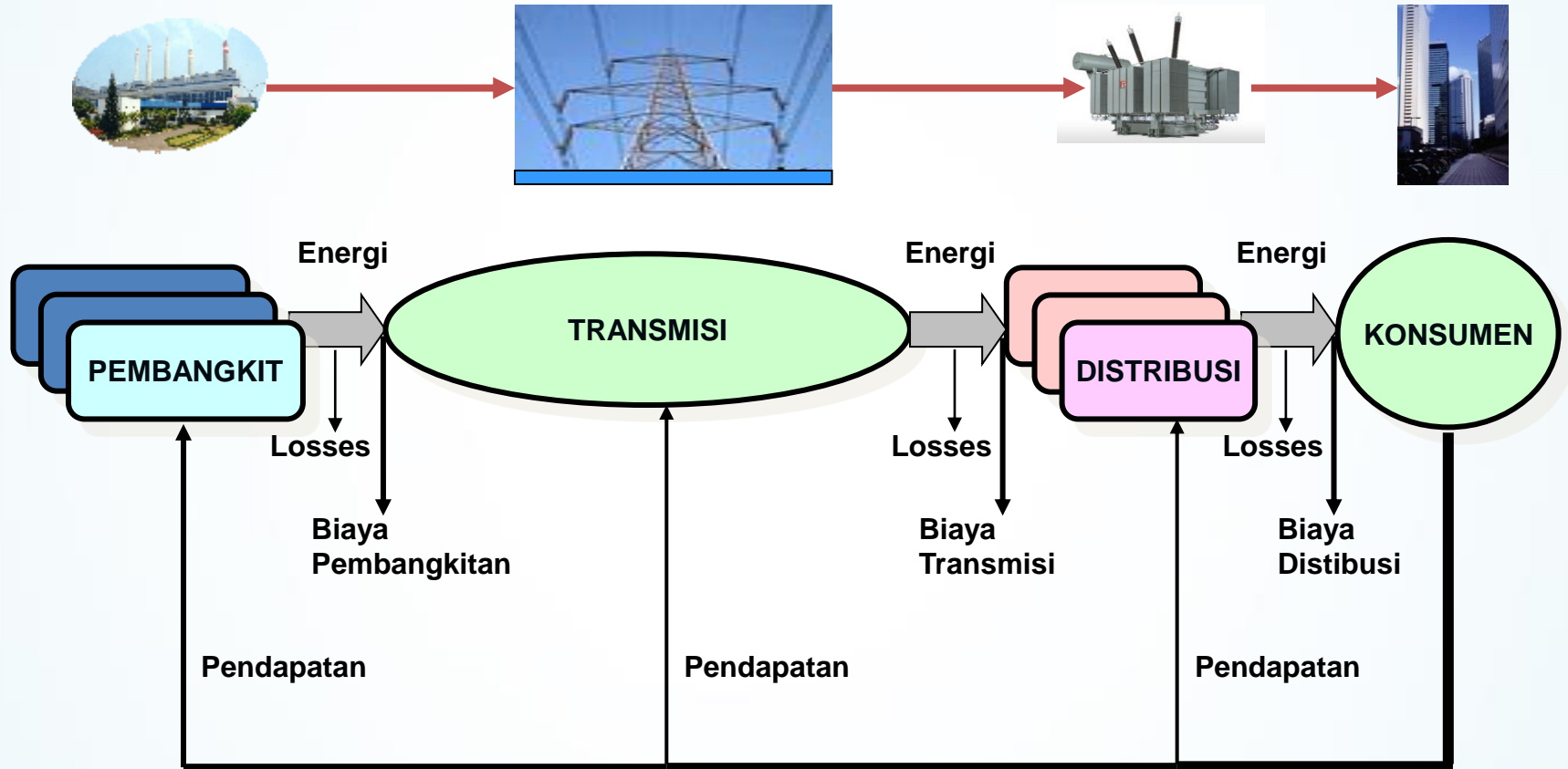


**Bagian dalam pengusahaan operasi
sistem tenaga listrik**

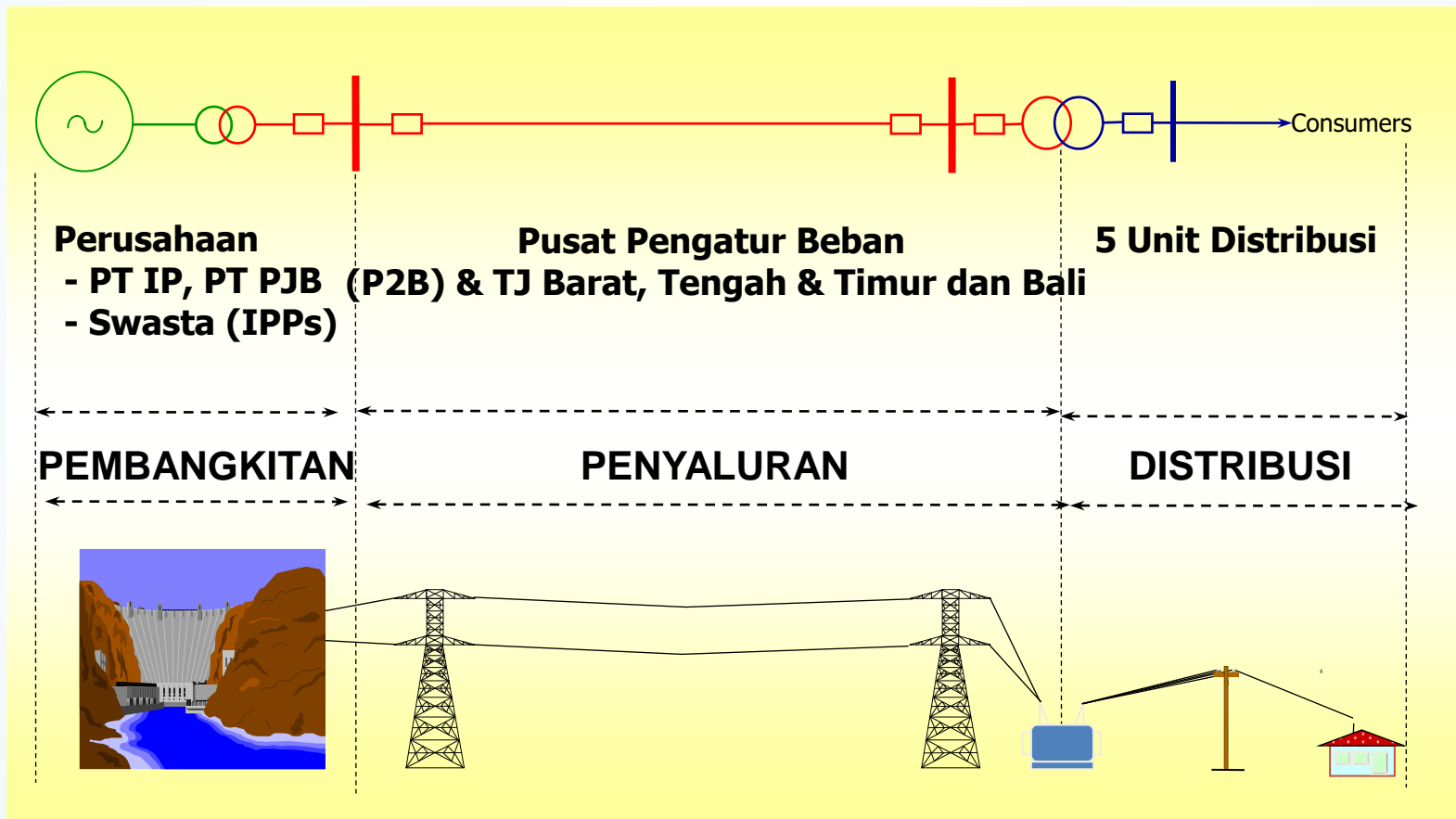


**sebagai dasar dalam pengambilan
keputusan perintah dispatch.**

GAMBARAN UMUM BISNIS KETENAGALISTRIKAN



GAMBARAN UMUM BISNIS KETENAGALISTRIKAN



Perencanaan Operasi Sistem

Perencanaan Operasi Sistem adalah perencanaan pengoperasian sistem tenaga listrik yang meliputi perencanaan penyaluran dan perencanaan pembangkitan untuk mencapai sasaran operasi sistem tenaga listrik yang ekonomis, andal dan berkualitas.

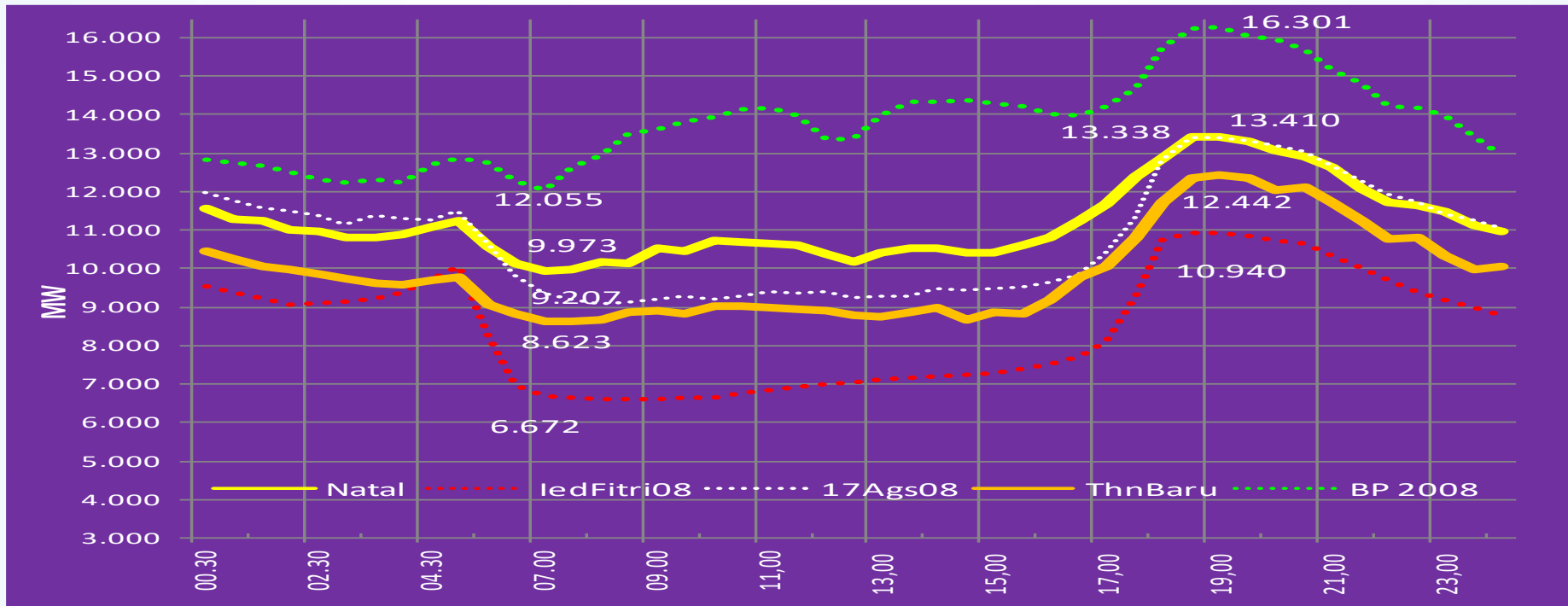
Perencanaan Operasi Sistem

1. Pembuatan Prakira Beban (Rencana Energi)
2. Perencanaan Hidro
3. Penjadwalan Pembangkit
4. Penjadwalan Penyaluran
5. Penyusunan Neraca Daya
6. Optimasi Hidrothermal
7. Simulasi Produksi
 - Optimasi dan Biaya Operasi
 - Studi Kecukupan Daya

Prakira Beban dan Energi

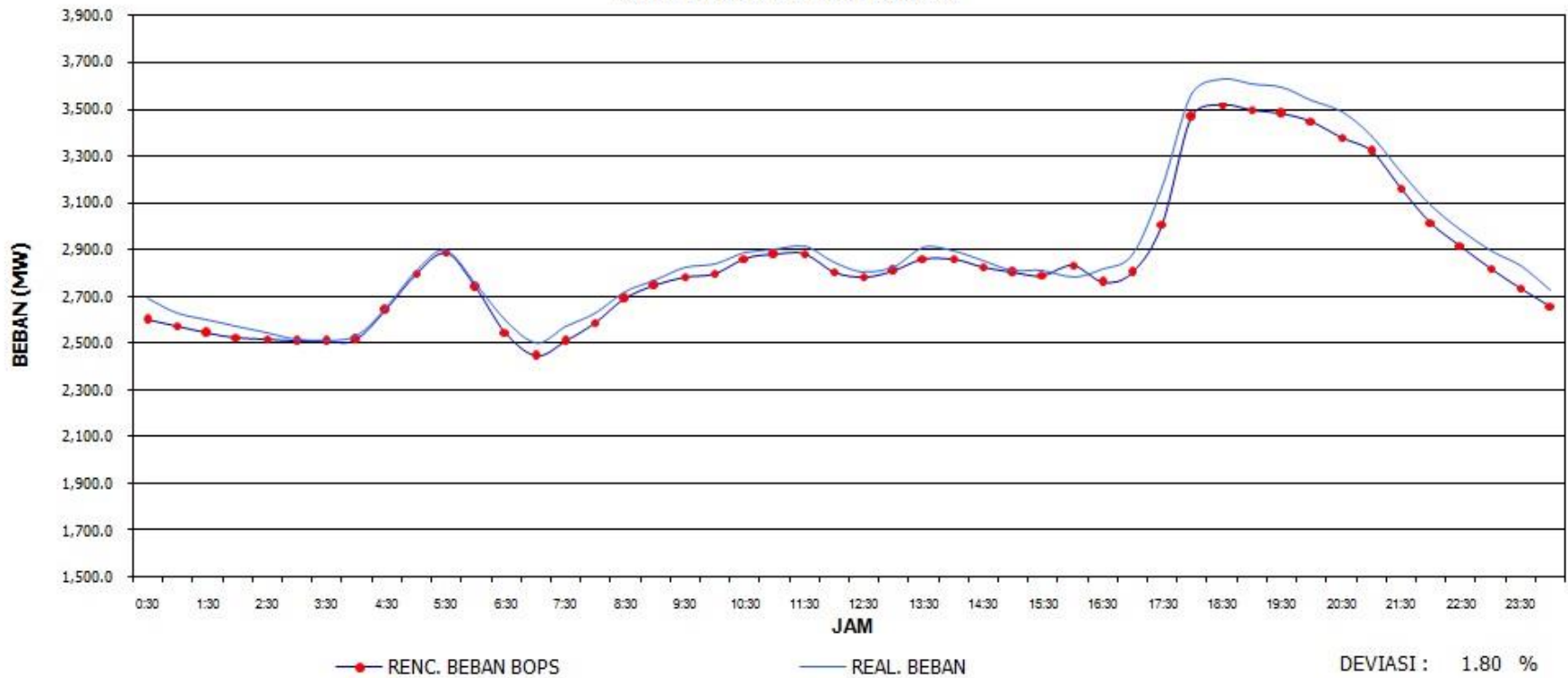
- ✓ Prakira Energi yang harus dibangkitkan selama periode perencanaan.
- ✓ Adalah perkiraan beban per jam atau per $\frac{1}{2}$ jam selama kurun waktu perencanaan operasi dari sebuah sistem.
- ✓ Disusun dengan metode metode tertentu
- ✓ Prakira beban digunakan sebagai dasar dalam merencanakan pembangkitan dan penyaluran.

Prakira Beban dan Energi



Beban Distribusi

GRAFIK BEBAN DISTRIBUSI



PERENCANAAN HYDRO

- Adalah perencanaan pembangkit hidro terkait dengan ketersediaan energi primer yang terbatas.
- Perencanaan meliputi prakiraan air masuk ke reservoir, pengaturan tinggi muka air waduk dan pengaturan jumlah air yang digunakan untuk memutar turbin

PENJADWALAN PEMBANGKIT

- Pembangkit listrik merupakan mesin listrik yang berputar.
- Memerlukan pemeliharaan secara berkala untuk mempertahankan kinerjanya.
- Pemeliharaan terhadap sebuah pembangkit harus memperhatikan kemampuan Sistem dalam melayani permintaan beban

PERENCANAAN PENYALURAN

- Adalah perencanaan outage penyaluran untuk pekerjaan (maintenance).
- Perencanaan pola operasi untuk pengaturan aliran daya dan level hubung singkat.

Neraca Daya

- Neraca Daya adalah gambaran kondisi sistem terkait dengan besarnya beban sistem pada saat beban puncak dan besarnya pasokan daya untuk memenuhi permintaan konsumen.

OPTIMASI HIDROTERMAL

Adalah upaya untuk mengoptimalkan pemakaian energi air yang jumlahnya terbatas dan energi termal yang jumlahnya bisa disediakan setiap saat, agar sasaran operasi tercapai.

Perencanaan

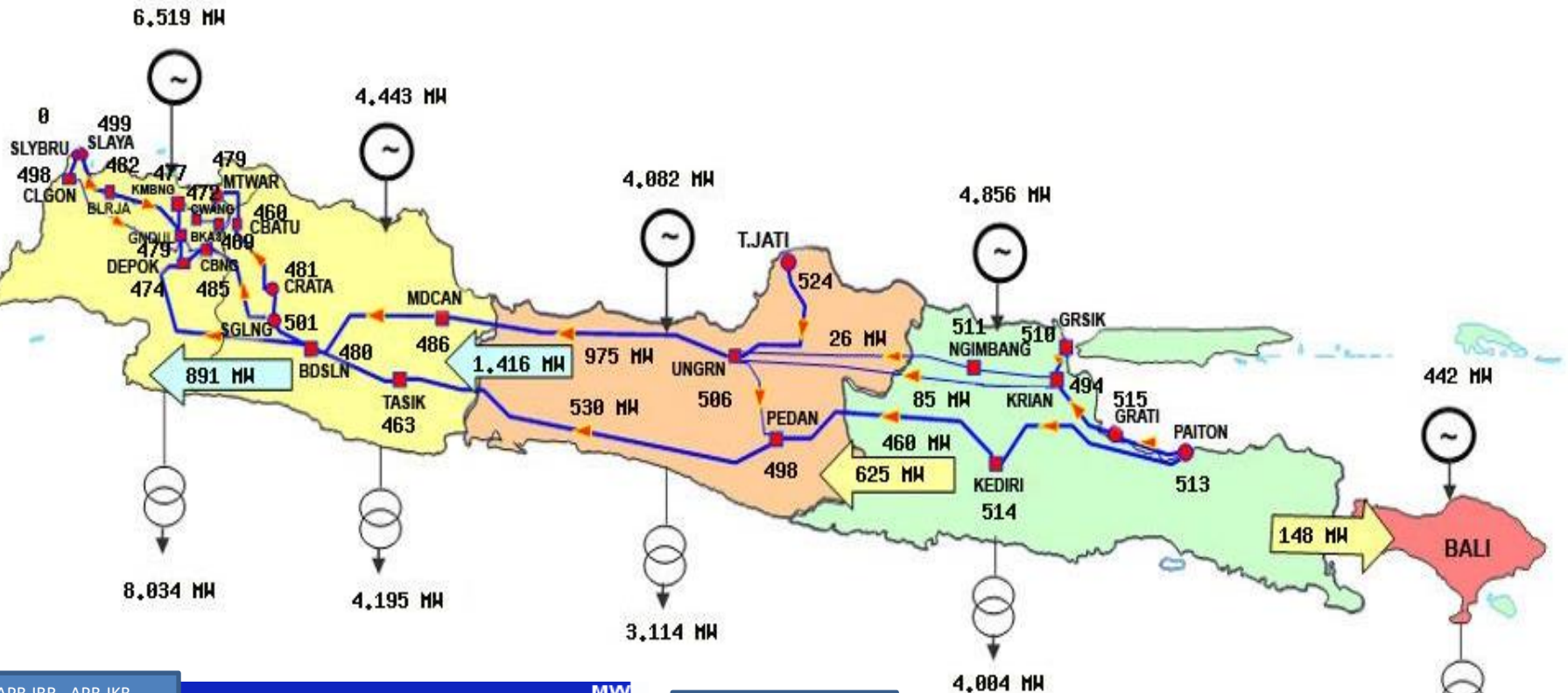
- ❑ Perencanaan Tahunan
- ❑ Perencanaan Bulanan Operasi Sistem
- ❑ Perencanaan Mingguan Operasi Sistem
- ❑ Perencanaan Harian Operasi Sistem
- ❑ Pengendalian Operasi Real Time

Semua perencanaan tersebut meliputi perencanaan Pembangkitan dan penyaluran

SIMULASI PRODUKSI

- Dilakukan untuk unit commitment yaitu menetapkan unit mana yang harus disinkronkan untuk memenuhi kebutuhan sistem.

Gambaran : Load Flow saat Beban Puncak malam 24 April 2012



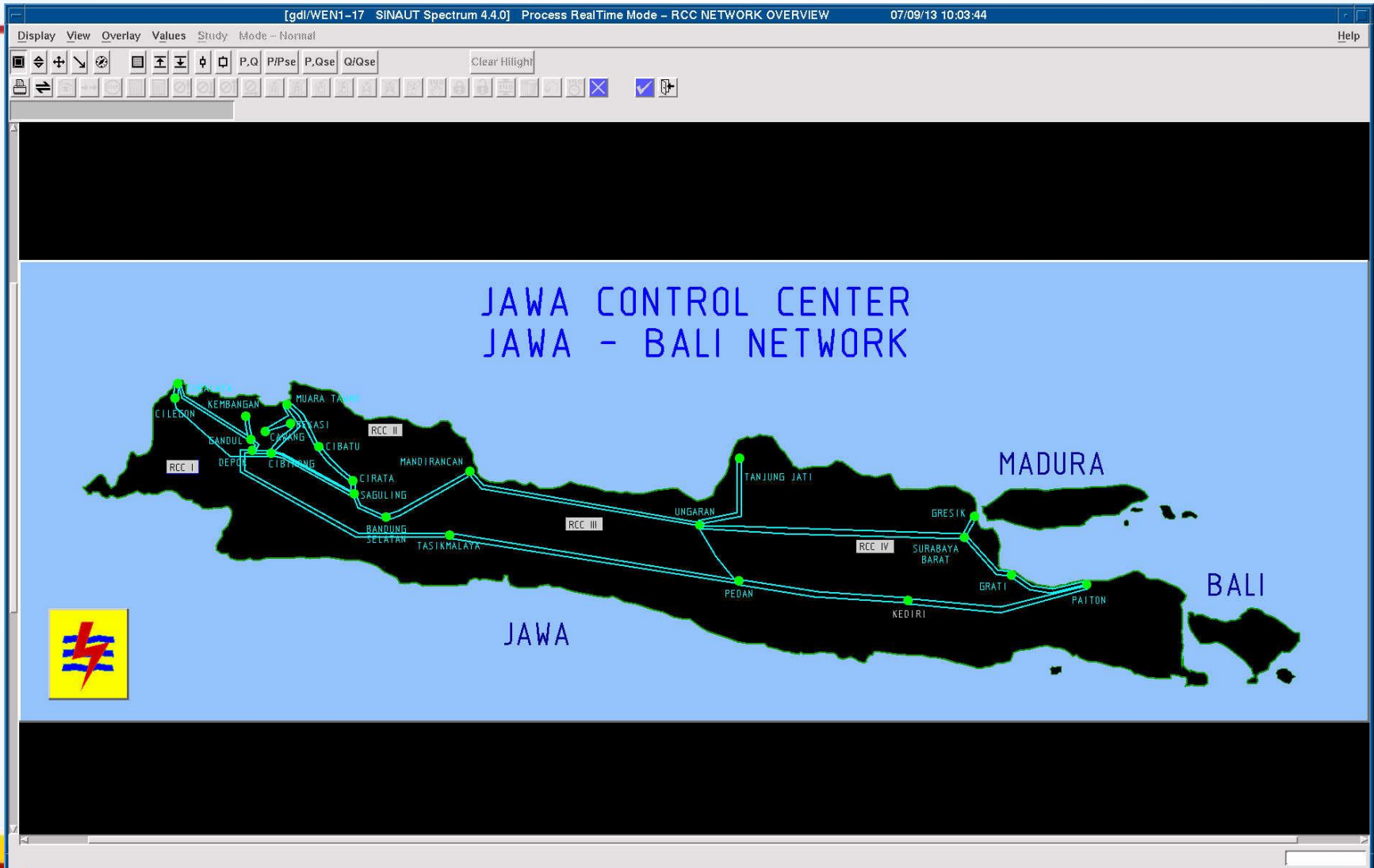
APB JBR – APB JKB	MW
GI CIANJUR - LEMBUR SITU	56
GI BOGOR BARU - CIANJUR	-52
GI BEKASI - KOSAMBI BARU	0
GI CIBINONG - MUARATAWAR	99
GITET CIBINONG - SAGULING	-312
GI TAMBUN - PONDOK KELAPA	0
GITET CAWANG - MUARATAWAR	808
GITET DEPOK - TASIKMALAYA	292

APB JTD – APB JBR	MW
GI SUNYARAGI - BREBES	53
GI BANJAR - MAJENANG	-36
GITET MANDIRANCAN - UNGARAN	975
GITET TASIKMALAYA - PEDAN	530

APB JTB – APB JTD	MW
GI CEPU - BOJONEGORO	54
GI SRAGEN - MANISREJO/NGAWI	0
GITET UNGARAN - KRIAN	85
GITET PEDAN - KEDIRI	460
GITET UNGARAN - NGIMBANG	26

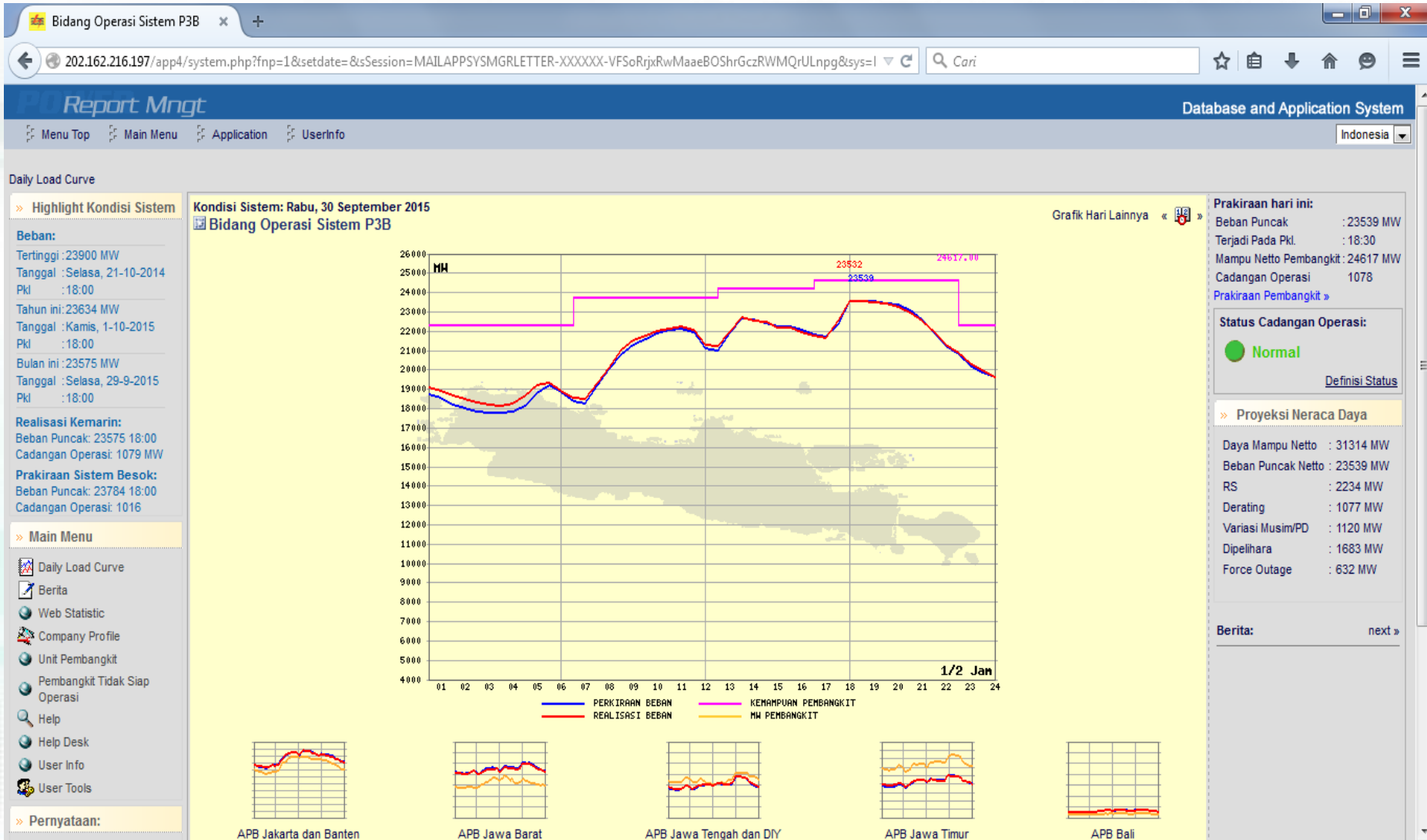
APB JTB – APB Bali	MW
GI BANYUWANGI - GILIMANUK	148

Gambaran NETWORK 500 kV



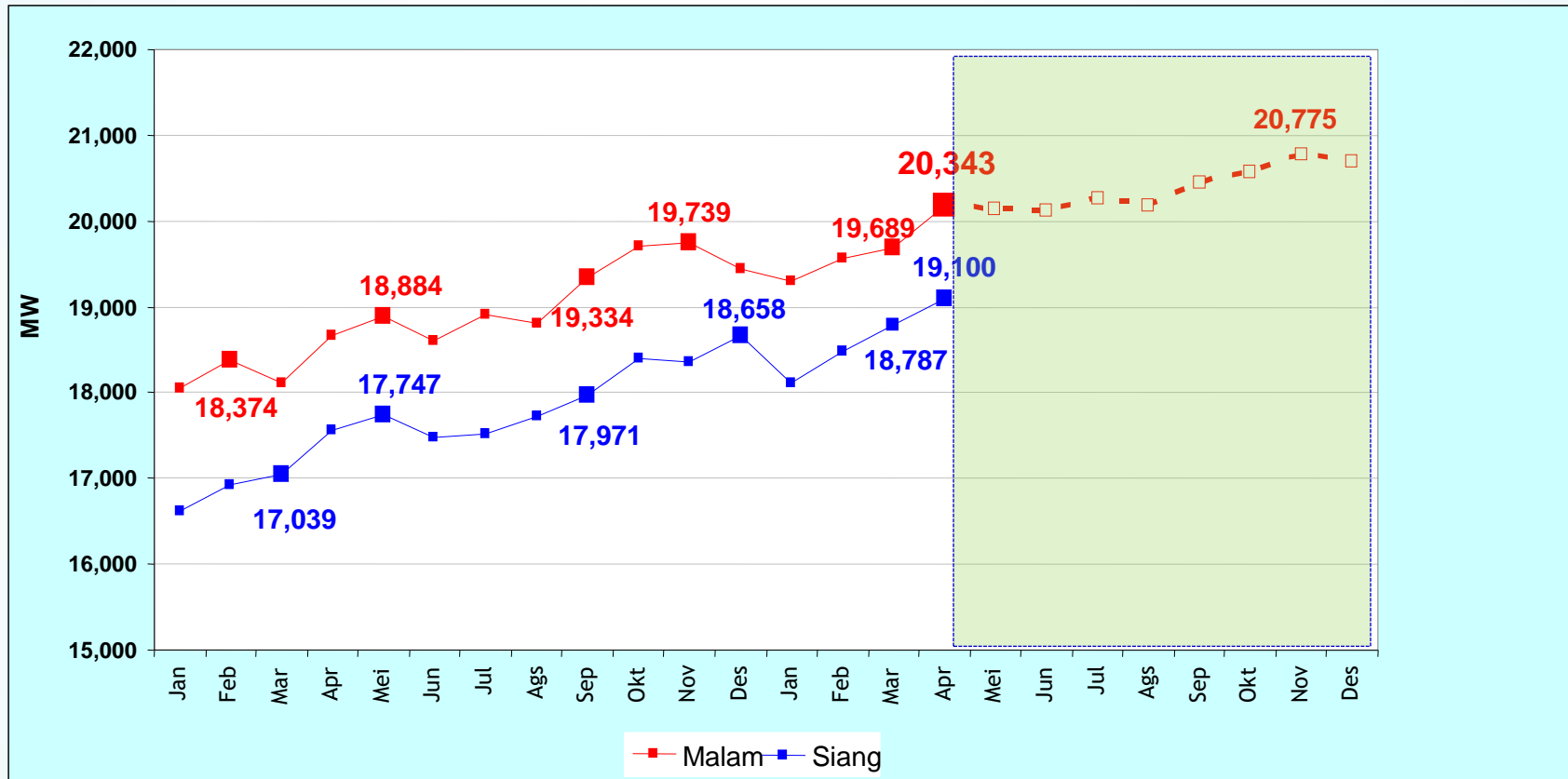
RAPSODI

Report Application of Power System Operation & Data Integration



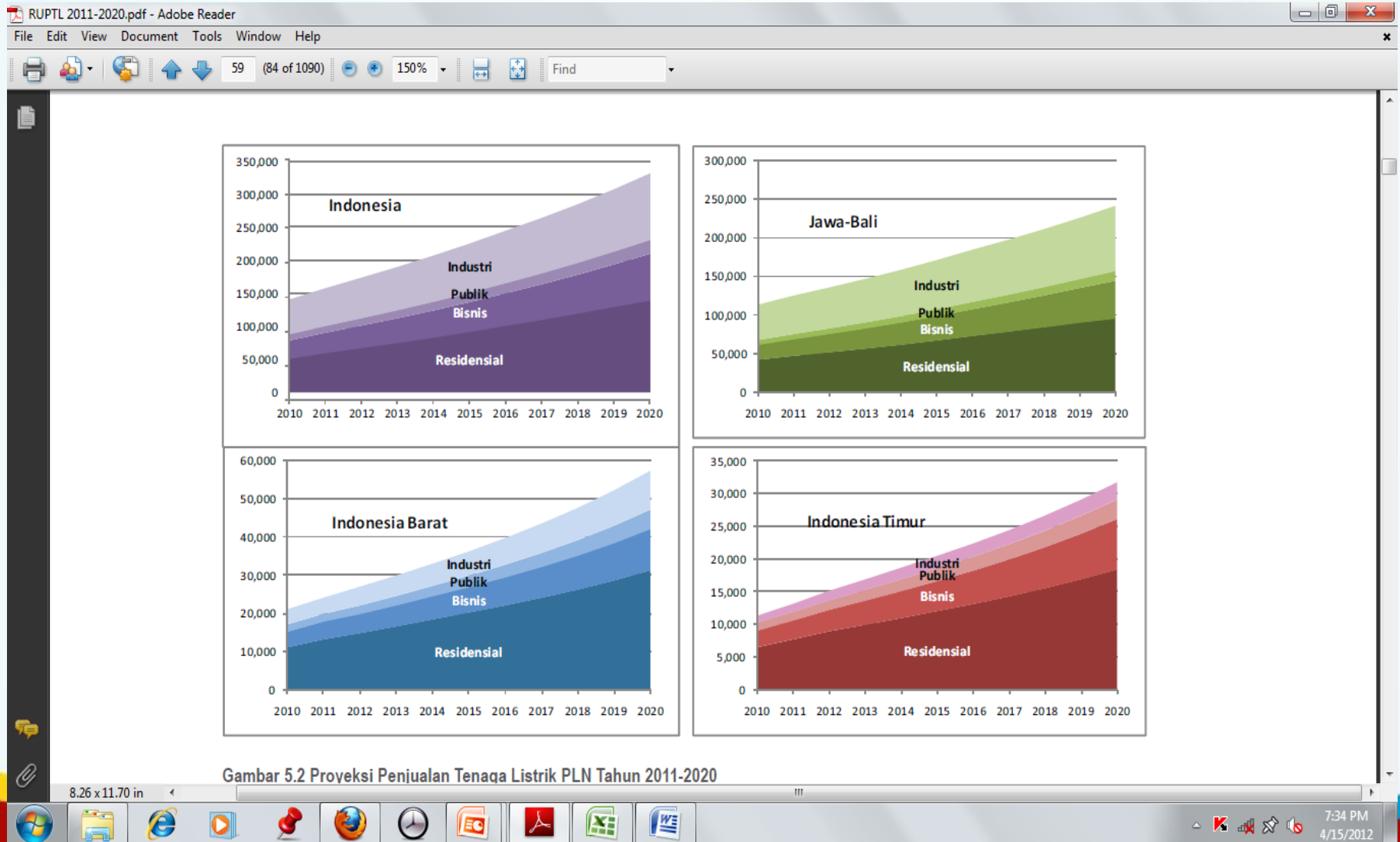
Kondisi Operasi Sistem

• Beban sistem Jawa Bali



← Real 2011 | Real sd Apr 2012 | Rencana 2012 →

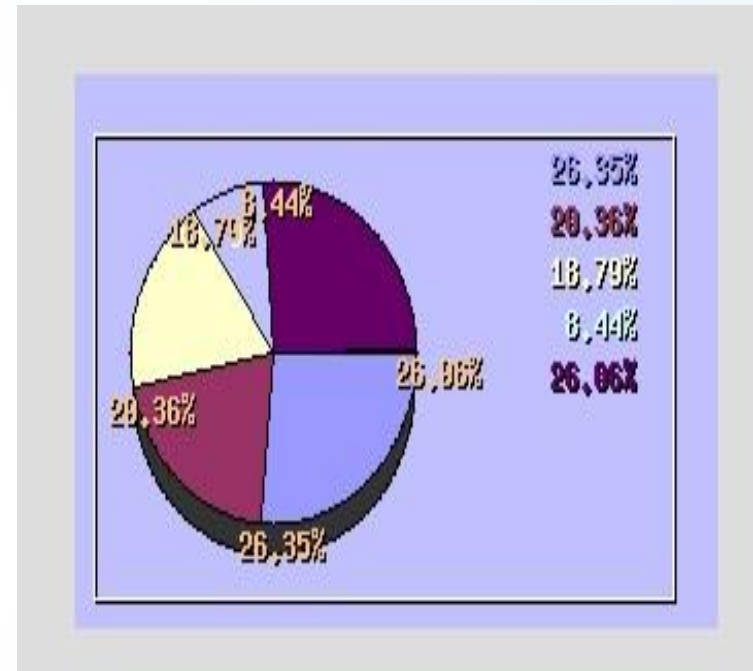
Proyeksi Penjualan Tenaga Listrik tahun 2011 -2020



Gambar 5.2 Proyeksi Penjualan Tenaga Listrik PLN Tahun 2011-2020

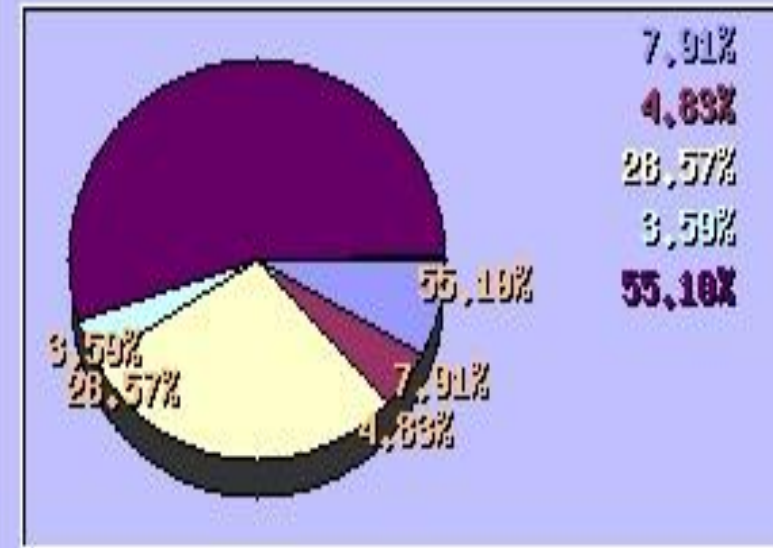
Komposisi Daya mampu Neto Pembangkit Sistem Jawa Bali

Nama	Daya	Unit	%
IP	8250.10	117	26.35
PJB	6374.85	72	20.36
IPP	5883.85	33	18.79
PTJ	2643.80	4	8.44
UPJB	8161.00	34	26.06
	31313.60	260	



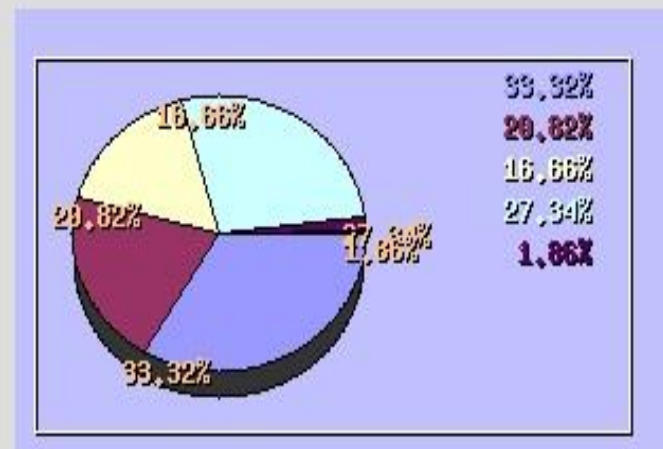
Daya mampu Neto Tipe Pembangkit

	Daya	Unit	%
PLTA	2477.48	87	
PLTG/D	1511.04	38	
PLTGU	8946.03	64	
PLTP	1124.65	17	
PLTU	17254.40	54	
	31313.6	260	



Daya mampu Neto Per Area

Nama	Daya	Unit	%
RJKB	10433.86	54	33.32
RJBR	6520.97	73	20.82
RJTD	5215.65	42	16.66
RJTB	8561.08	65	27.34
RJTB SRB	582.04	26	1.86
	31313.60	260	



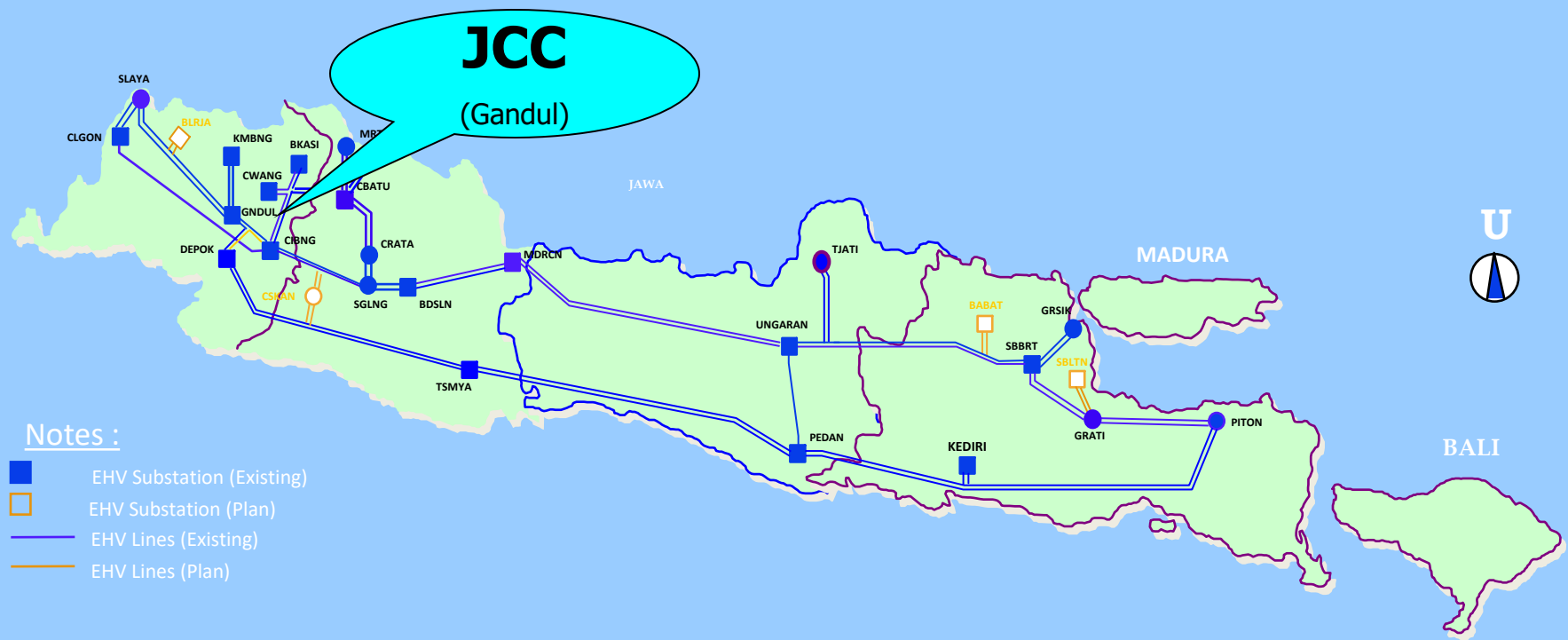
TRANSMISI 500 KV



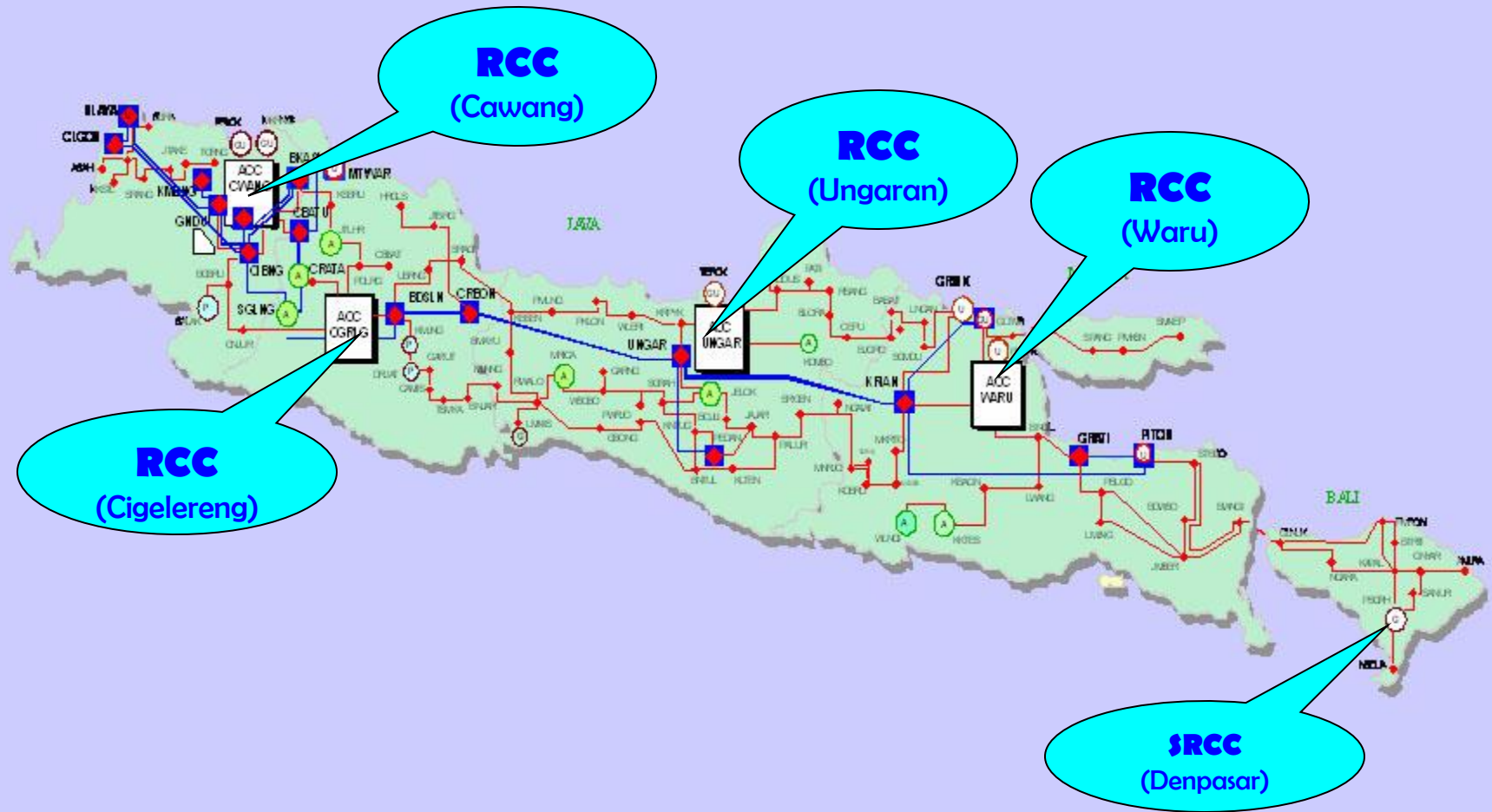
Keterangan :

- GITET Existing
- GITET Rencana
- SUTET Existing
- SUTET Rencana

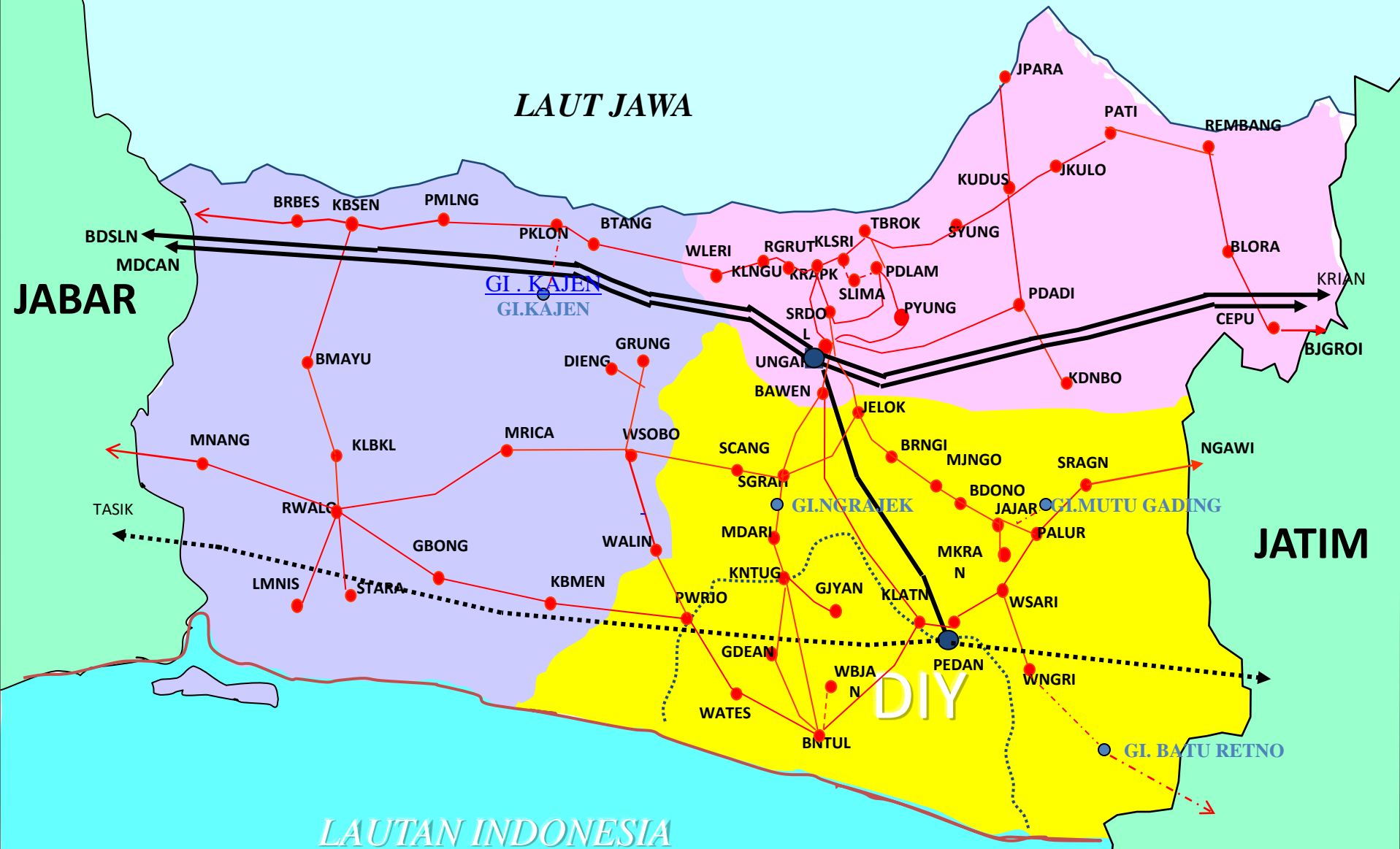
JAVA BALI 500 kV INTERCONNECTION SYSTEM



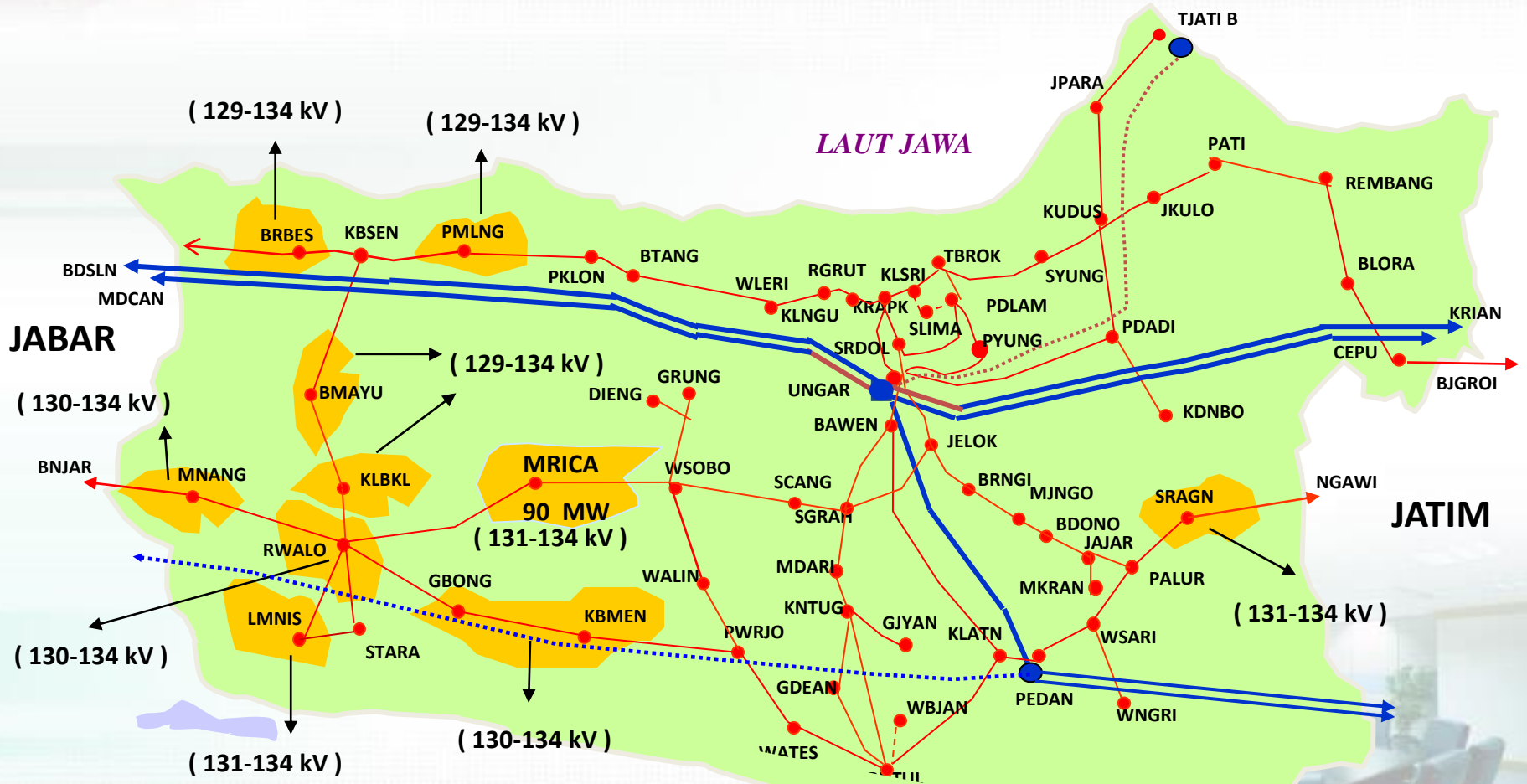
JAVA BALI 150 kV INTERCONNECTION SYSTEM



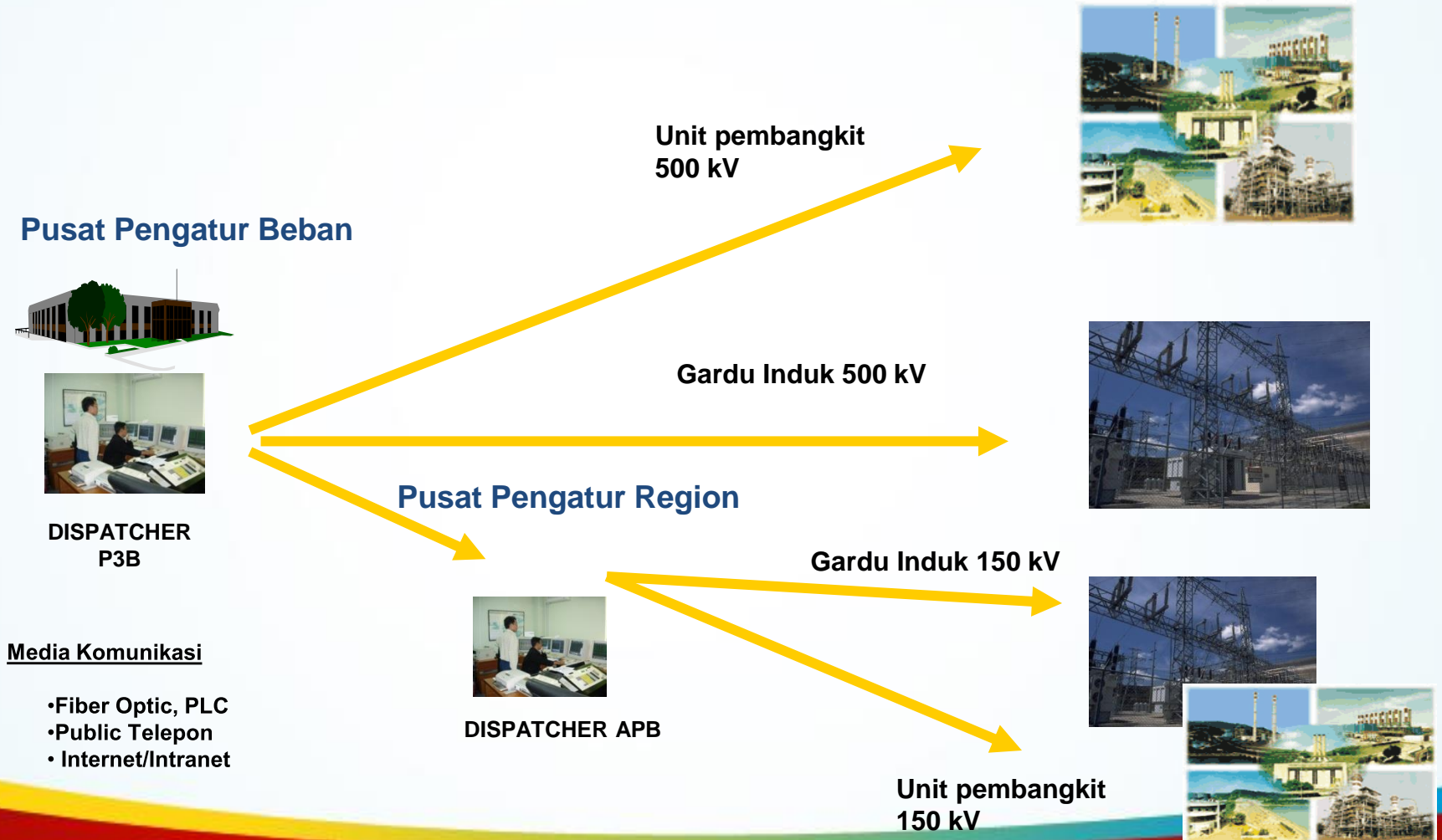
TRANSMISI 150 KV DAN 500 KV



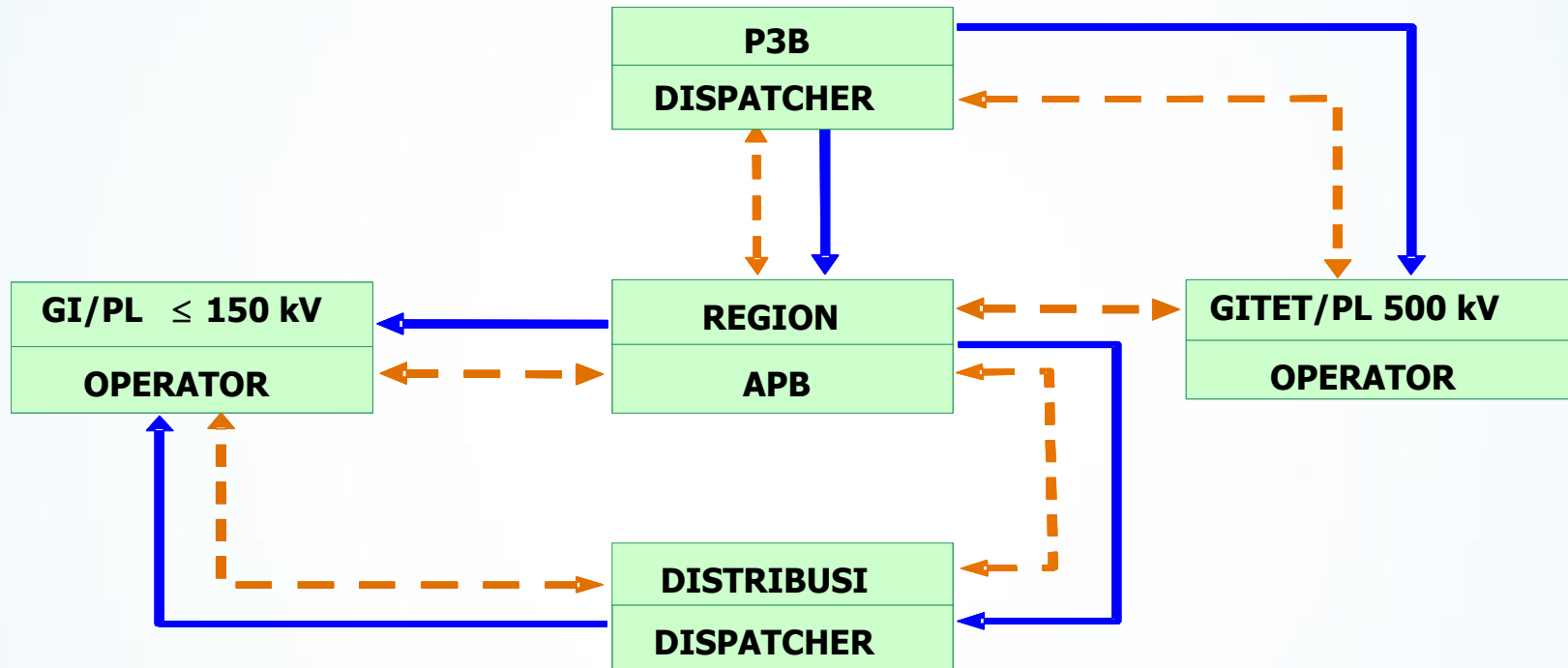
DAERAH BERTEGANGAN DIBAWAH 135 kV



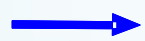
Pelaksanaan Pengendalian Operasi Sistem



Alur Komunikasi Operasi Sistem Jawa



Keterangan :



: Instruksi



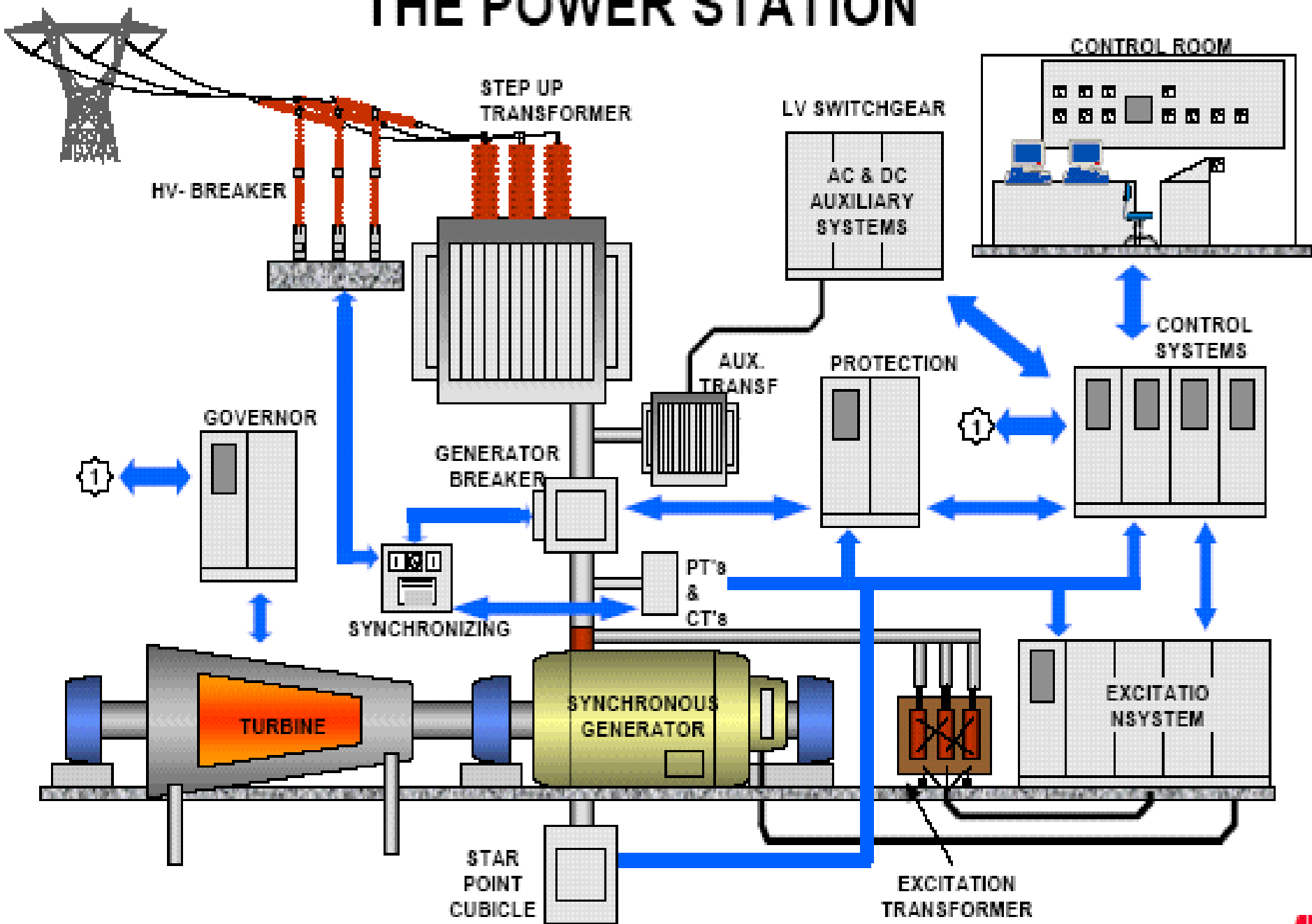
: Koordinasi/laporan

PL : Pusat Listrik

GI/TET : Gardu Induk / Tegangan Ekstra Tinggi

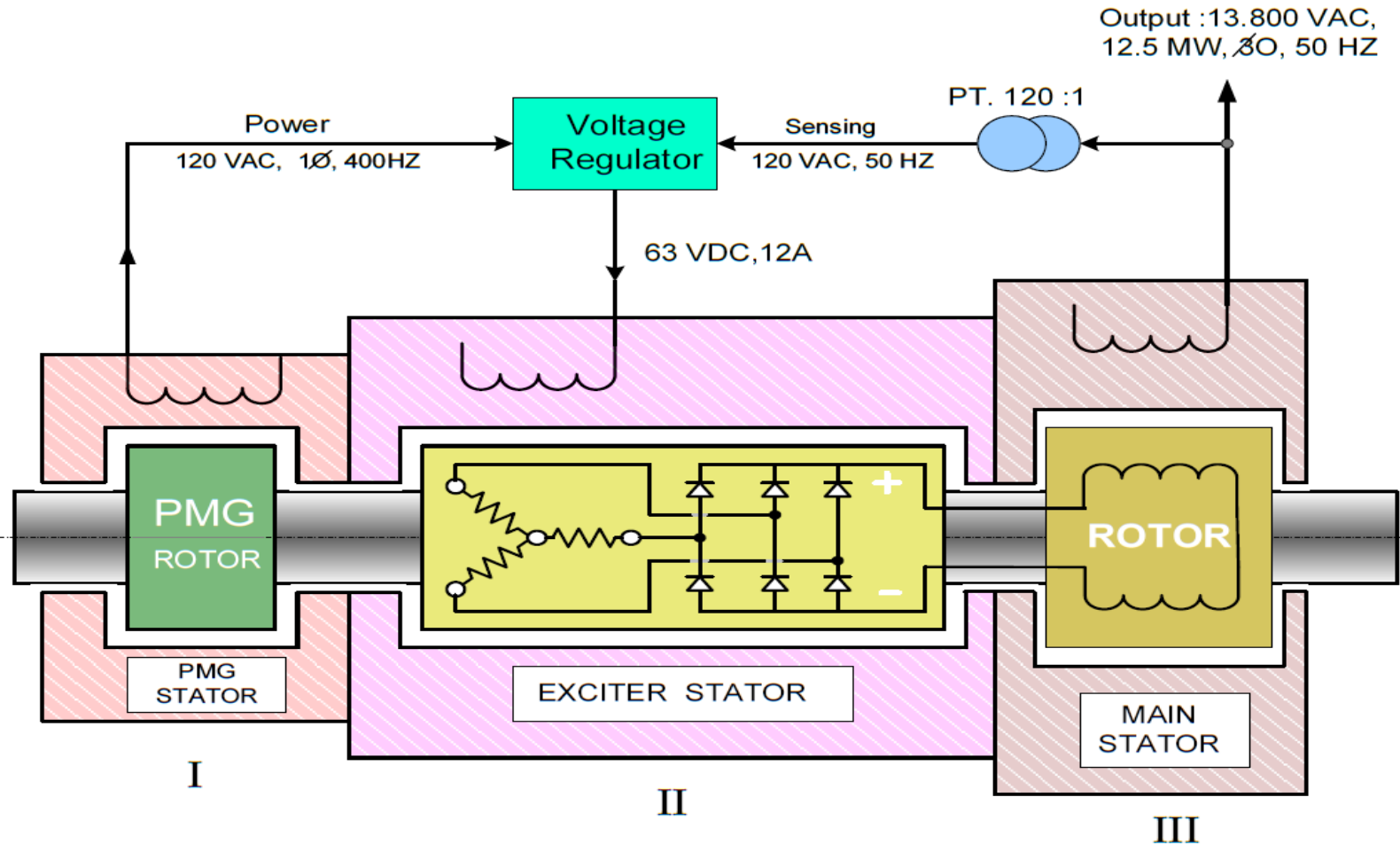
HV SYSTEM

THE POWER STATION

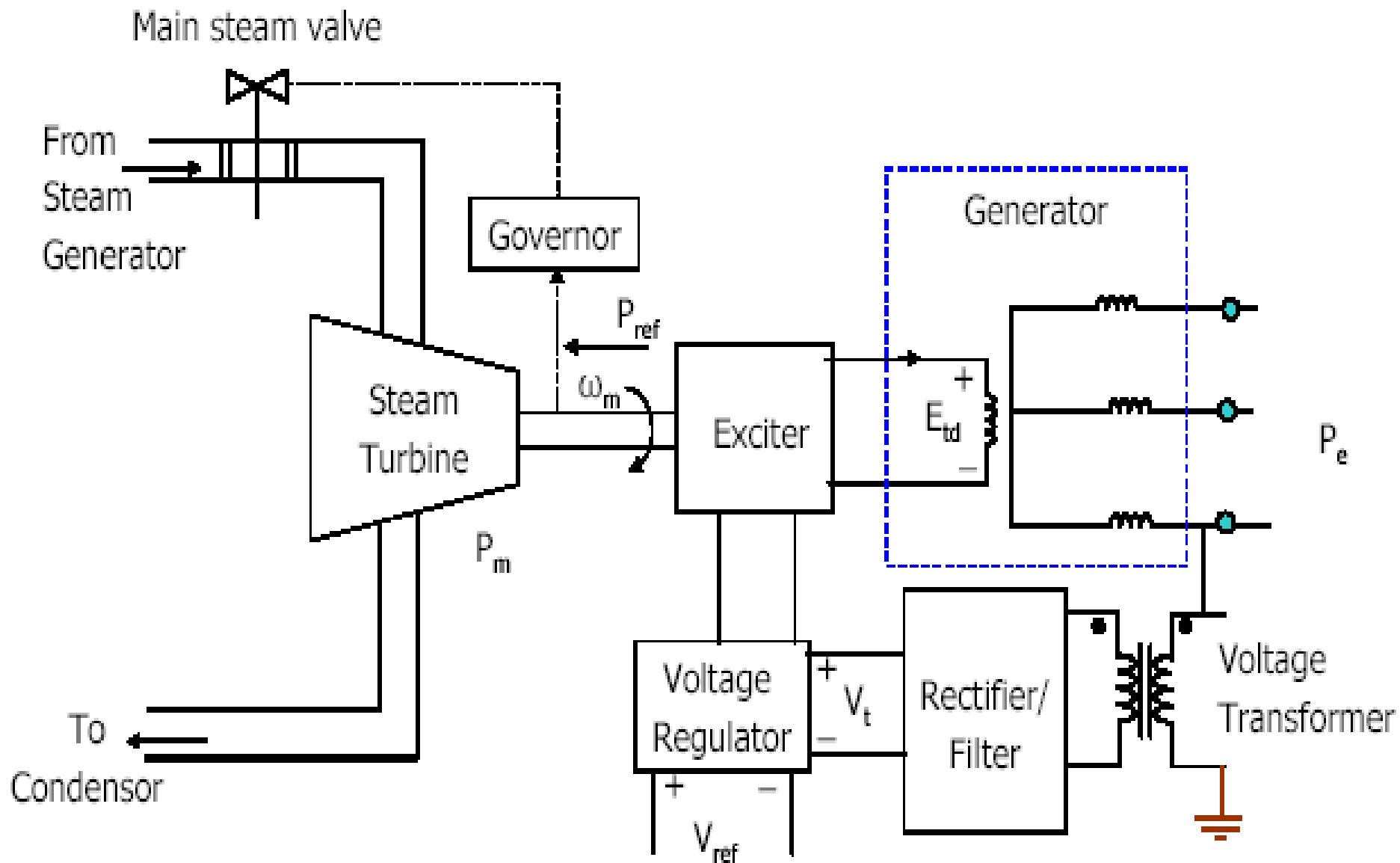


Generator Tanpa Sikat

BLOK DIAGRAM BRUSHLESS EXCITER GENERATOR



Steam turbine Generator Control



Tegangan Output Generator

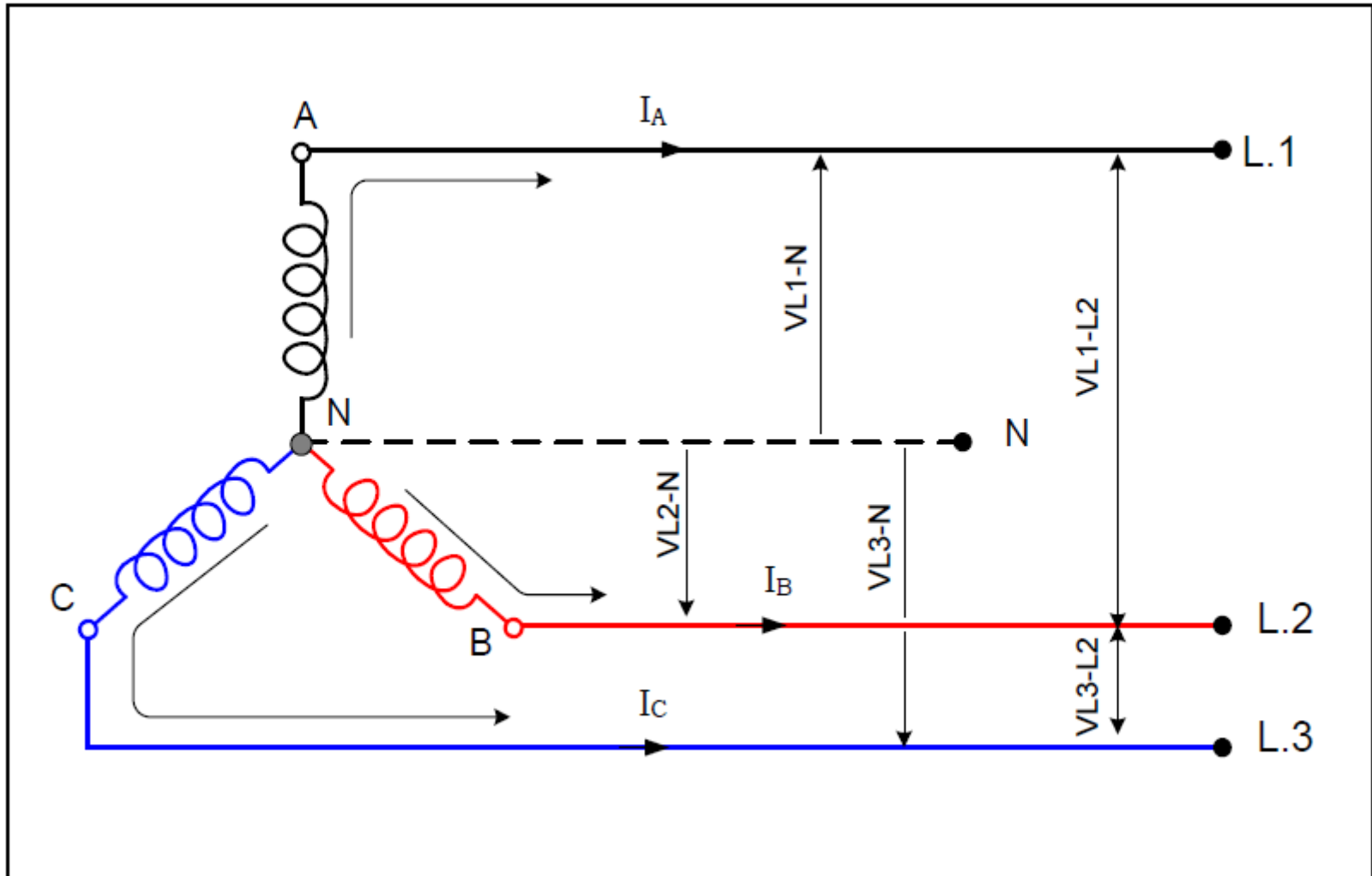
- Standard tegangan di suatu plant kadang berbeda
- Di konsumen tegangan yang digunakan 110 Volt 50/60 Hz atau 220 Volt 50/60 Hz.
- Indonesia menganut sistem 220 Volt/50 Hz.
- Standard tegangan dapat di klasifikasikan sebagai berikut :
 - ✓ 240 Volts, 1 fasa : di pakai untuk penerangan
 - ✓ 480 Volts, 3 fasa : di pakai untuk suplai Motor listrik tegangan rendah
 - ✓ 4160 Volts, 3 fasa : di pakai untuk suplai Motor listrik tegangan menengah



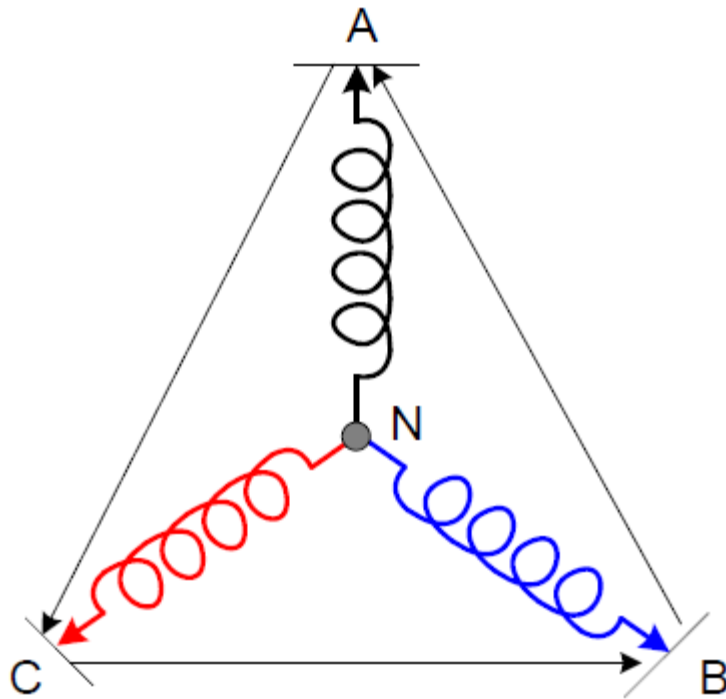
Hubung Bintang

- Hubung bintang (star-connection), artinya pangkal masing-masing coil atau kumparan (winding) di hubungkan menjadi satu, sehingga membentuk bintang tiga.
- Kemudian pangkal tadi di ikat dengan satu kabel sebagai kawat netral.
- Bila ujung-ujung coil yang lain di ukur tegangannya, akan menunjukkan besaran 13.800 volts.
- Tegangan inilah yang di sebut tegangan fasa-fasa (VL).
- Kemudian apabila masing-masing ujung coil di ukur dengan kawat netral, akan menunjukkan besaran tegangan (V-fasa) = $(1/\sqrt{3}) \times 13.800 \text{ volts} = 7.970 \text{ volts}$.
- Sedang arus line = arus fasa = 654 Amper.

Hubung Bintang



Hubung Bintang



$$V_{AB} = V_L \angle 120^\circ$$

$$V_{BC} = V_L \angle 0^\circ$$

$$V_{CA} = V_L \angle 240^\circ$$

$$V_{AN} = (V_L / \sqrt{3}) \angle 90^\circ$$

$$V_{BN} = (V_L / \sqrt{3}) \angle -30^\circ$$

$$V_{CN} = (V_L / \sqrt{3}) \angle -150^\circ$$

$$I_A = I_F = I_L$$

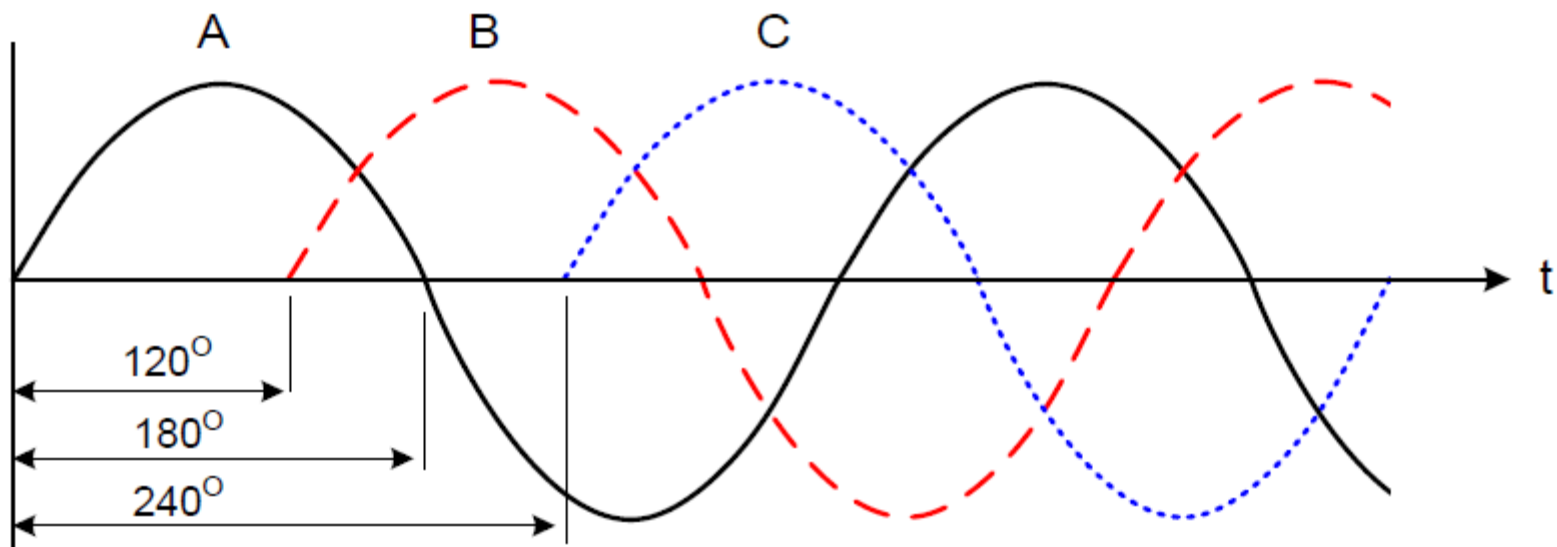
$$I_B = I_F = I_L$$

$$I_C = I_F = I_L$$

**Tegangan dan Arus Hubung
Bintang**

Gelombang Tegangan Listrik 3 Fasa

- Brntuk gelombang tegangan tiga fasa, di mana fasa satu dengan fasa yang lainnya berjarak : 120° , dan tidak pernah bergeser, kecuali bila beban tidak seimbang, atau terjadi gangguan fasa ke tanah, atau fasa-fasa ke tanah.

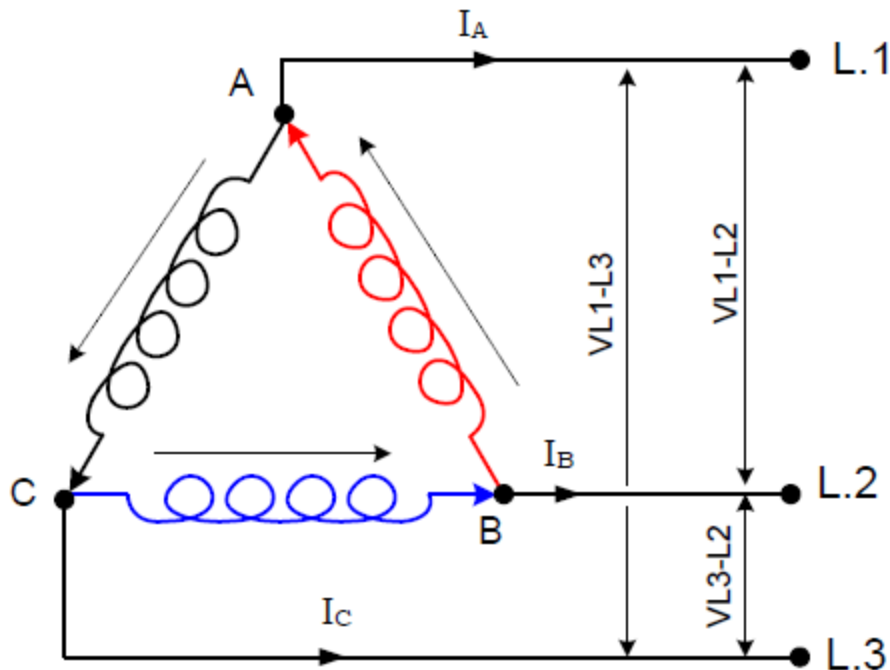


Hubung Segitiga

- Hubung segitiga (Delta Connection), artinya ujung coil di hubungkan dengan pangkal coil yang lain sehingga membentuk segitiga sama sisi.
- Apabila tiap-tiap koneksi di ukur teganganya, akan menunjukkan besaran tegangan = $1/\sqrt{3} \times 13.800 \text{ volts} = 7.970 \text{ volts}$, tegangan inilah yang di sebut tegangan fasa-fasa atau tegangan line.
- Karena hubung delta, maka tidak ada kawat netral, sehingga tidak di jumpai tegangan fasa-netral, yang ada, adalah tegangan fasa-fasa.
- Kemudian masingmasing coil mampu di aliri arus sebesar = 654 Amper, dan Arus line atau arus yang keluar dari generator = $654 \times \sqrt{3} = 1132 \text{ amper}$.

Hubung Segitiga

Jika unit pembangkit di hubung secara delta, maka tegangan kerja menjadi : 7.970 Volts, bukan :13.800 volts, dengan kapasitas yang sama yaitu : $MVA = KV \times I \times \sqrt{3} \rightarrow 7.970 \times 1132 \times \sqrt{3} = 15626 \text{ MVA}$.



$$V_{AB} = V_{L1-L2} = V_F \angle 120^\circ$$
$$V_{BC} = V_{L2-L3} = V_F \angle 0^\circ$$
$$V_{CA} = V_{L1-L3} = V_F \angle -120^\circ$$

$$I_A = (I_F \sqrt{3})$$

$$I_B = (I_F \sqrt{3})$$

$$I_C = (I_F \sqrt{3})$$

MEDAN LISTRIK

- medan listrik adalah suatu medan atau lapangan yang dapat menimbulkan gaya pada partikel bermuatan listrik yang terletak dalam medan tersebut.
- medan listrik itu sendiri timbul oleh adanya partikel bermuatan listrik atau dengan kata lain oleh adanya tegangan listrik
- medan listrik berkurang kekuatannya selaras dengan bertambahnya jarak dari sumber satuan dari medan listrik adalah [kv/m].

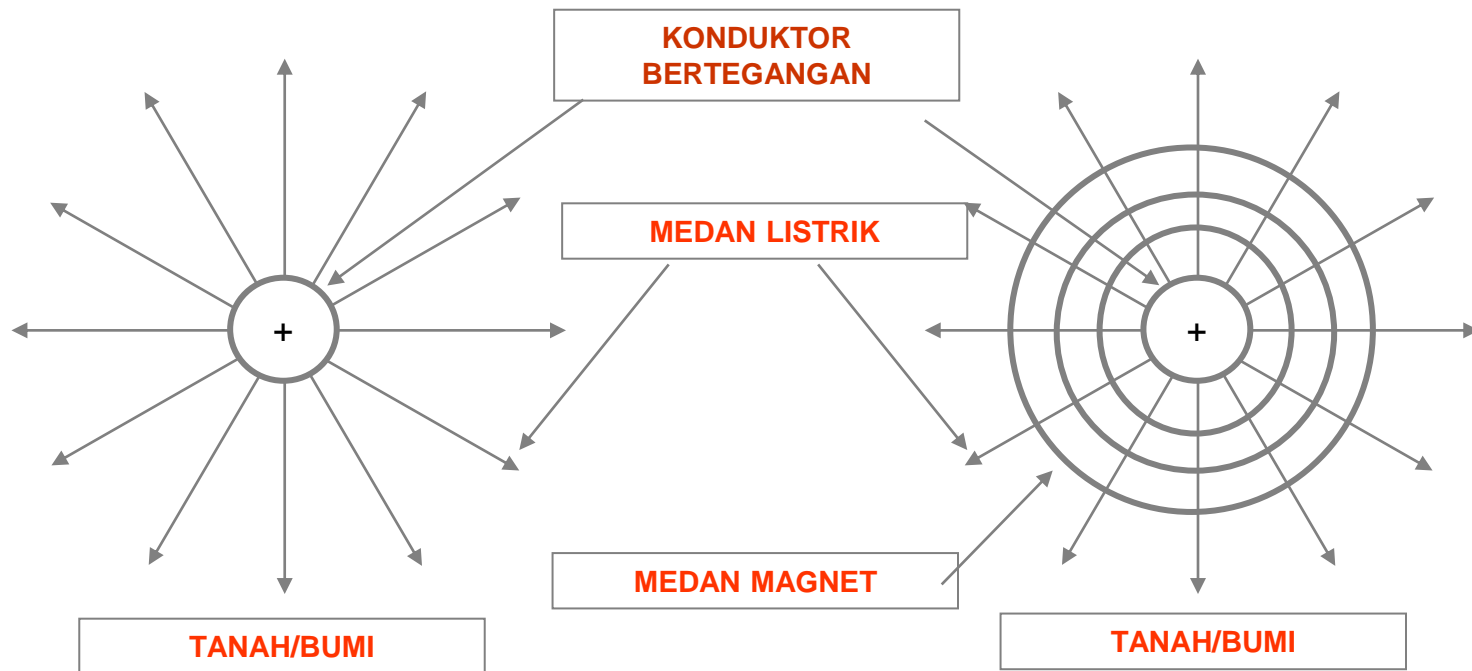


MEDAN MAGNET

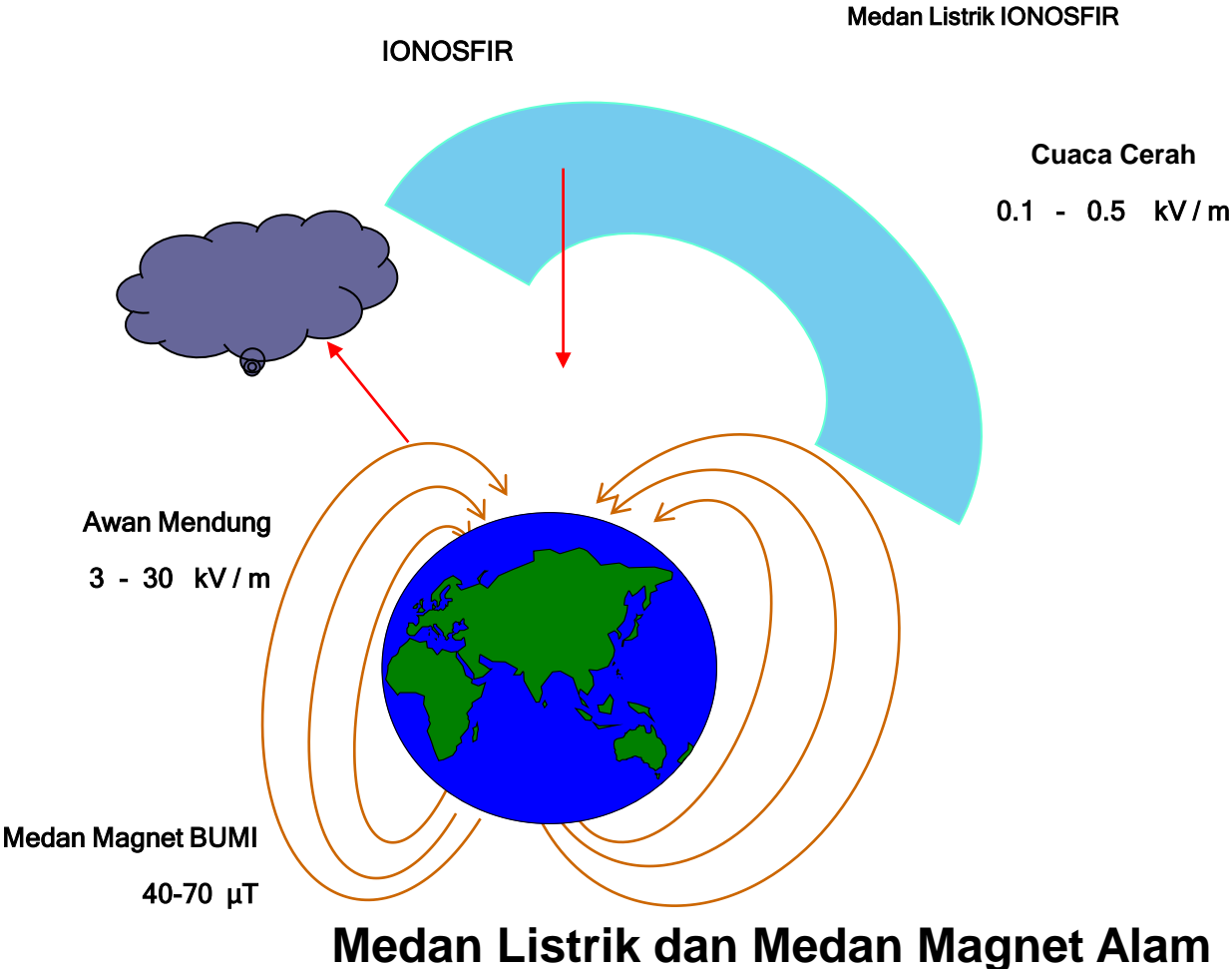
- medan magnet adalah suatu medan atau lapangan yang dapat menimbulkan gaya pada benda-benda magnet atau partikel bermuatan listrik.
- medan magnet ditimbulkan oleh benda-benda magnet atau konduktor yang dialiri arus listrik
- ada beberapa besaran dari medan magnet, salah satunya adalah induksi medan magnet atau rapat fluks magnet.
- satuannya T (tesla) atau G (gauss) atau wb/m^2 (weber/meter persegi)



POLA MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNIT DARI SUATU KONDUKTOR YANG MENGALIRKAN ARUS LISTRIK



SUMBER MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET



MEDAN LISTRIK

- **ANTARA IONOSFIR DAN PERMUKAAN BUMI : UDARA CERAH**
100 ÷ 500 VOLT / METER
- **AWAN MENDUNG YANG MENGANDUNG POTENSIAL PETIR**
MEMBANGKITKAN MEDAN LISTRIK
3000 ÷ 30.000 VOLT / METER

MEDAN MAGNET

MENYELIMUTI BUMI, KEKUATANNYA

40 ÷ 70 microTesla

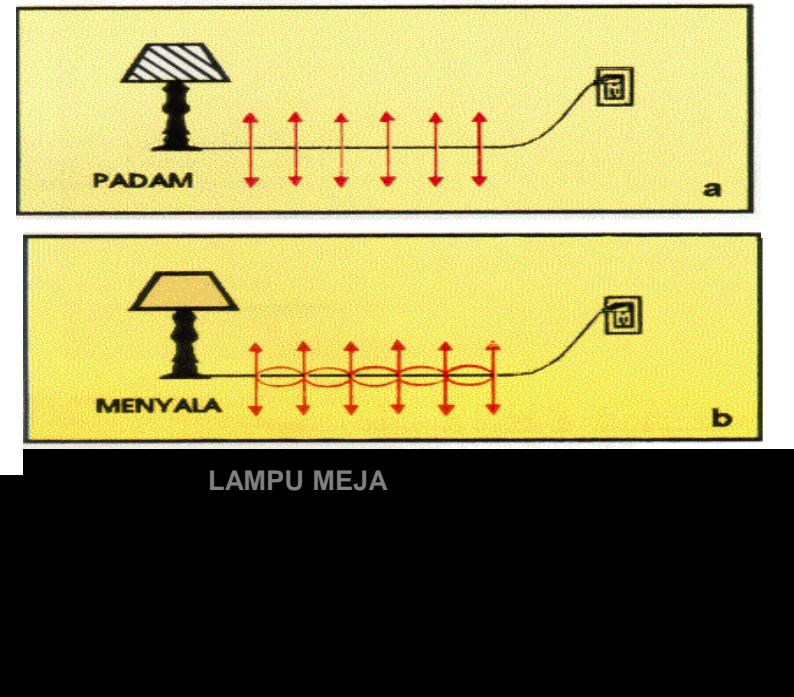
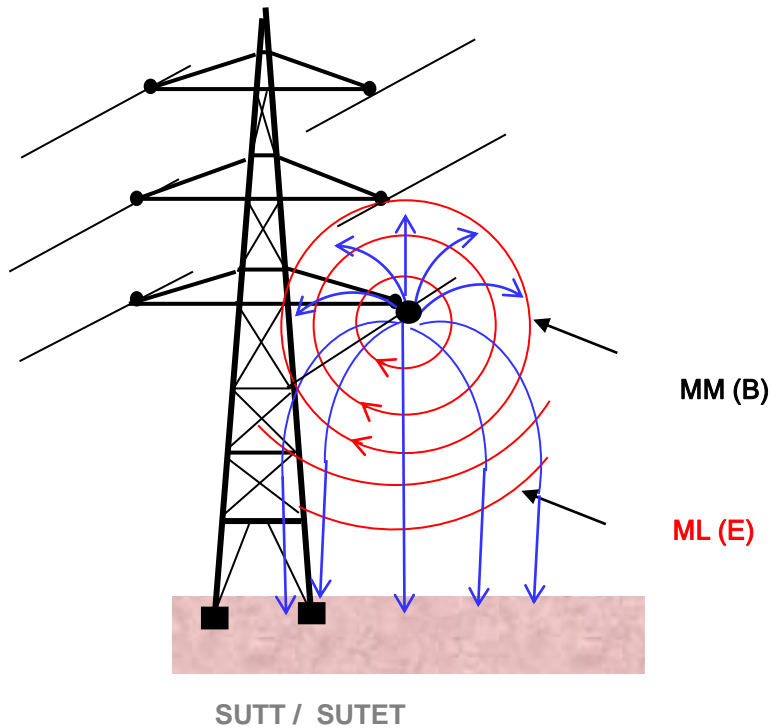
IT = 1000. mT ----> T = TESLA

IG = 1000. mG ----> G = GAUSS

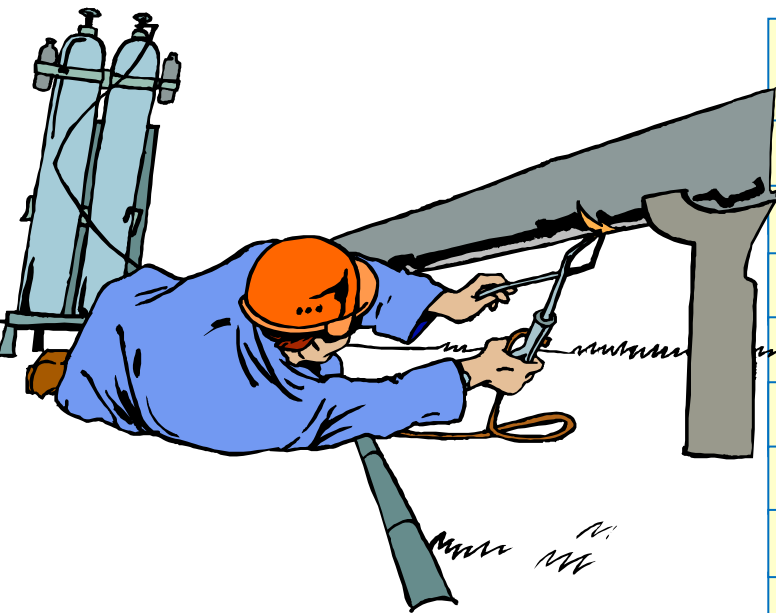
IT = 10.000 . G.

SUMBER MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET

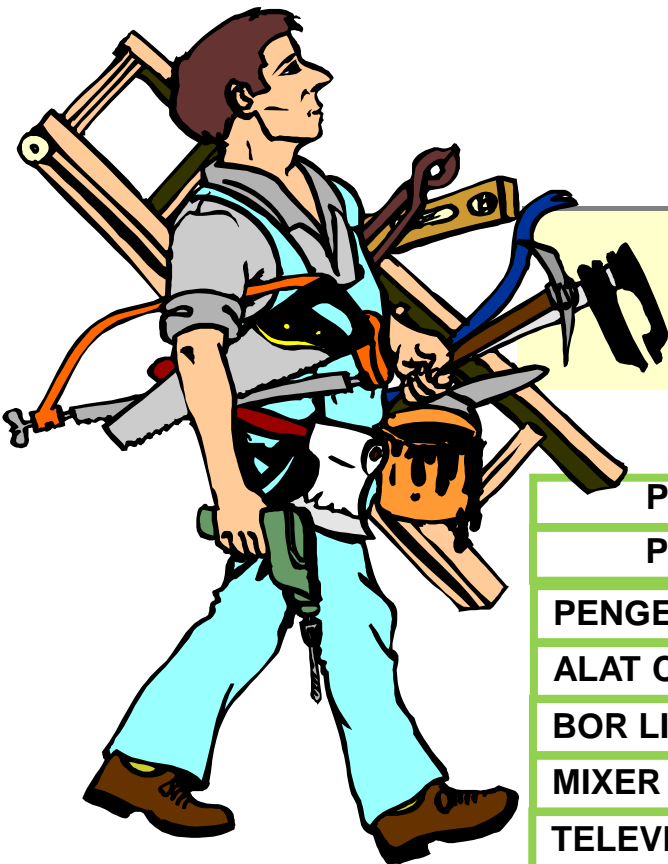
2. Medan Listrik dan Medan Magnet Buatan Manusia



MEDAN LISTRIK PADA PERALATAN LISTRIK



PERALATAN	MEDAN LISTRIK (VOLT / METER)
SELIMUT LISTRIK	250
STEREO SET	90
LEMARI PENDINGIN	60
SETRIKA LISTRIK	60
PENGERING RAMBUT	40
TV BERWARNA	30
PENYEDOT DEBU	16
LAMPU PIJAR	2

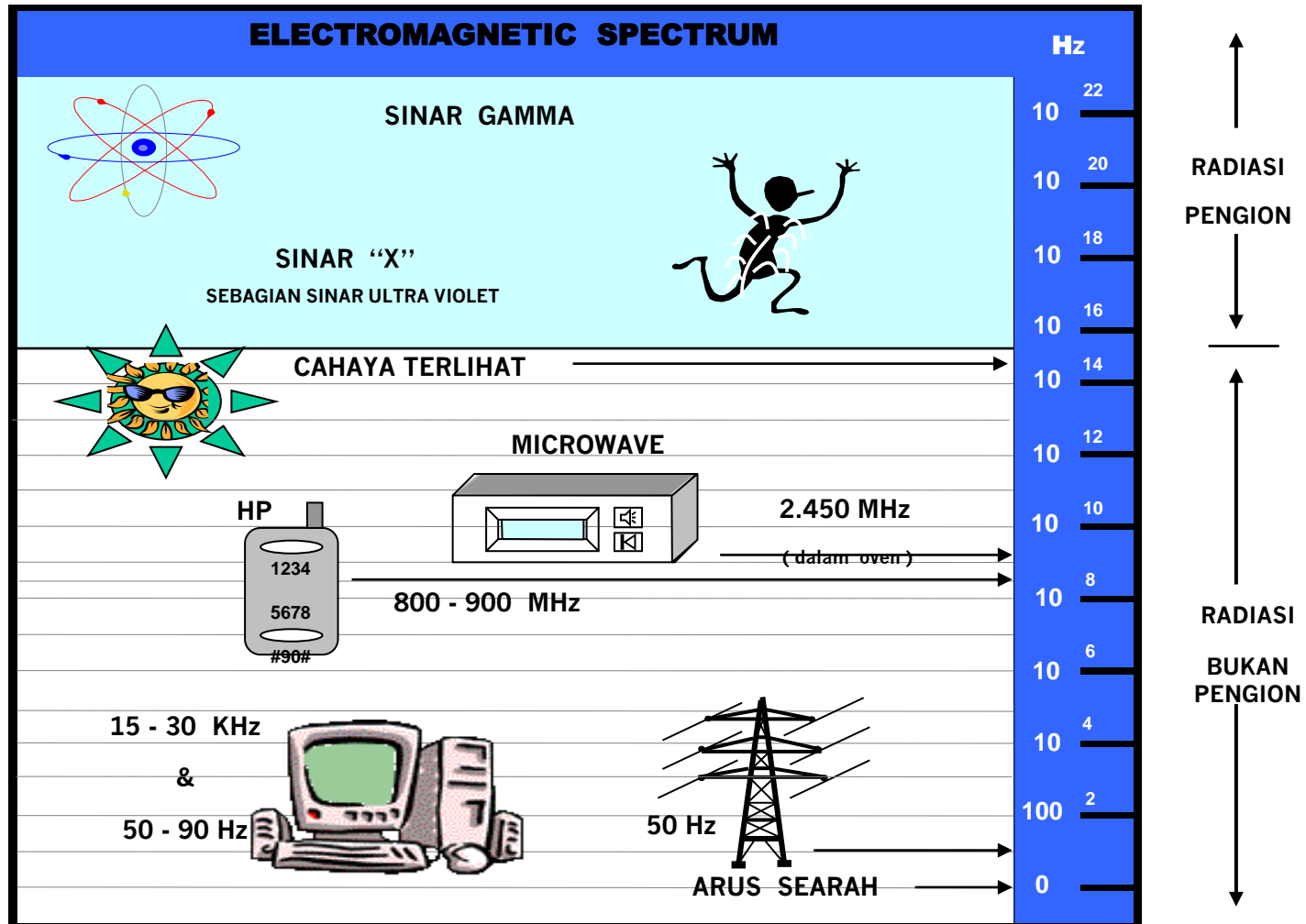


MEDAN MAGNET PADA PERALATAN LISTRIK

PERALATAN	MEDAN MAGNET (μ T)		
	3 CM	30 CM	100 CM
PENGERING RAMBUT	6 - 2000	0,01 - 7	0,01 - 0,3
ALAT CUKUR	15 - 1500	0,08 - 5	0,01 - 0,3
BOR LISTRIK	4000 - 800	2 - 3,5	0,08 - 0,2
MIXER	60 - 700	0,6 - 10	0,02 - 0,025
TELEVISI	2,5 - 50	0,04 - 2	0,01 - 0,15
SETRIKA LISTRIK	8 - 30	0,12 - 0,3	0,01 - 0,025
LEMARI PENDINGIN	0,5 - 1,7	0,01 - 0,25	< 0,01

FREKUENSI MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET

1. Spektrum Frekuensi Medan Listrik & Medan Magnet





FREKUENSI MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET

2. Radiasi bukan Pengion

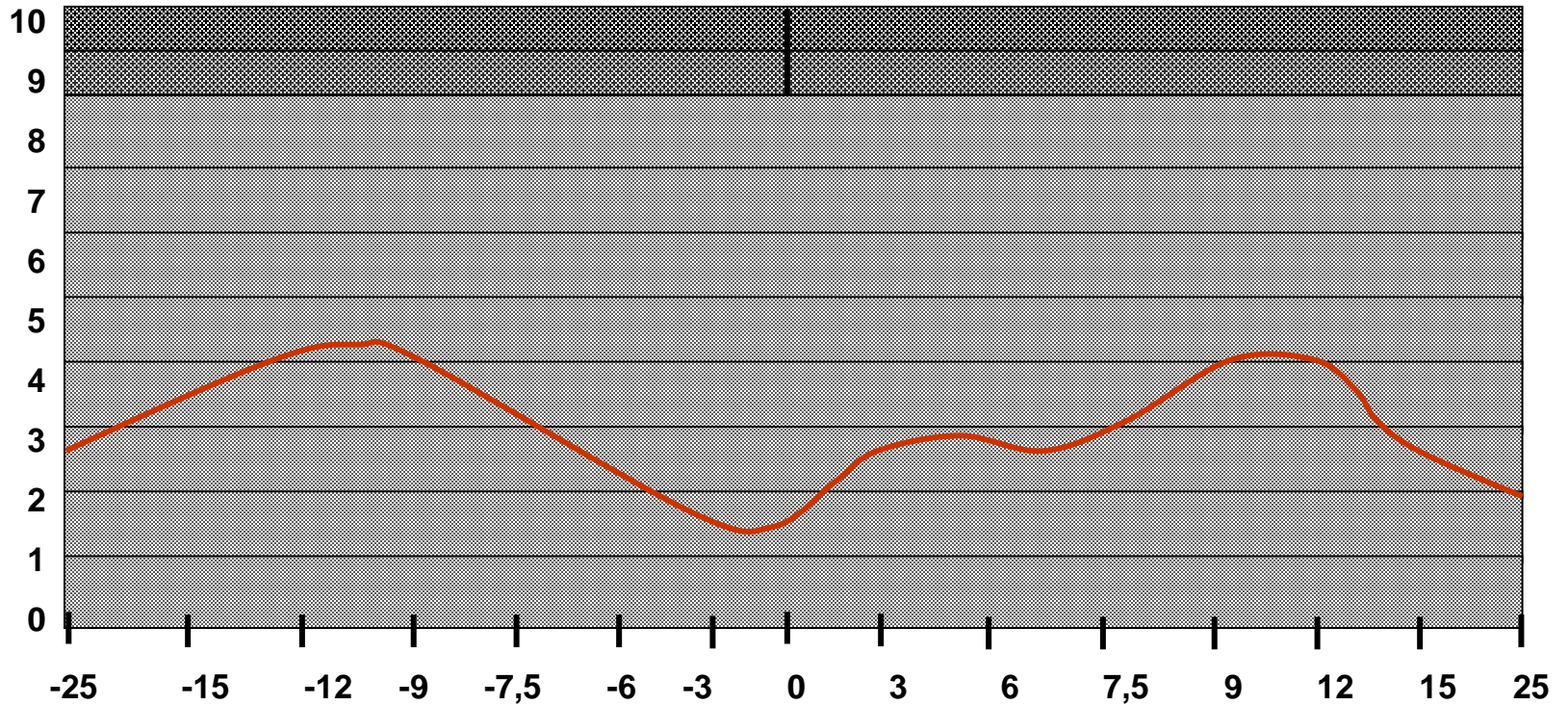
3. Radiasi Medan Listrik & Medan Magnet dari SUTT / SUTET



HASIL PENGUKURAN KUAT MEDAN MAGNET DI BAWAH SUTET 500 KV KRIAN- PAITON OLEH ITS

Ambang batas WHO = 1000 mG

AS TENGAH TOWER



MEDAN MAGNET

Jarak Mendatar (m)

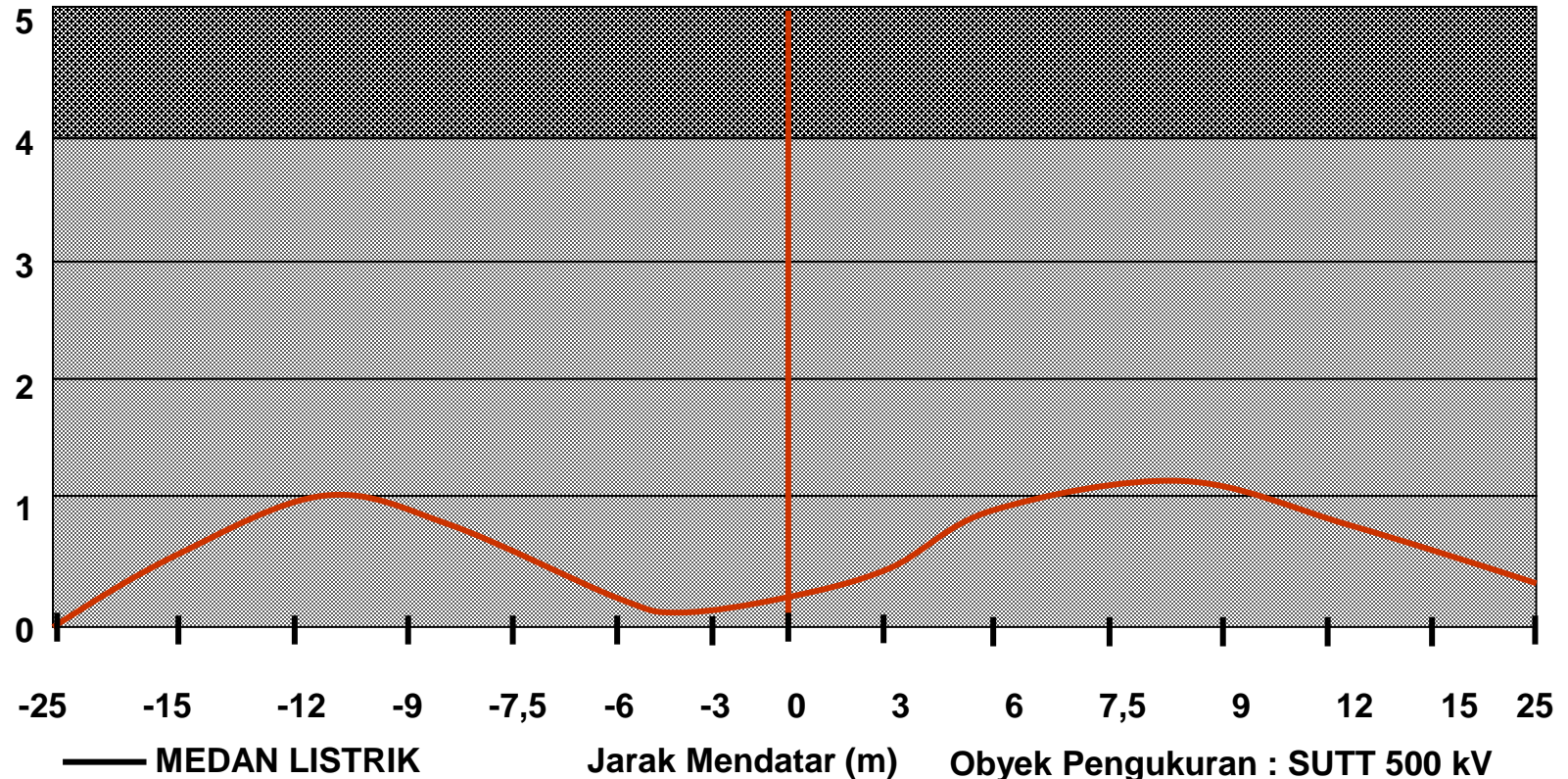
Obyek Pengukuran : SUTT 500 kV
lokasi Ds. Semambung Krian
Tgl. 13 Juli 1997
waktu : Pkl. 15.30-16.30

HASIL PENGUKURAN KUAT MEDAN LISTRIK SUTET 500 KV KRIAN- PAITON OLEH ITS

DI BAWAH

Ambang batas WHO = 5 kV/m

AS TENGAH TOWER

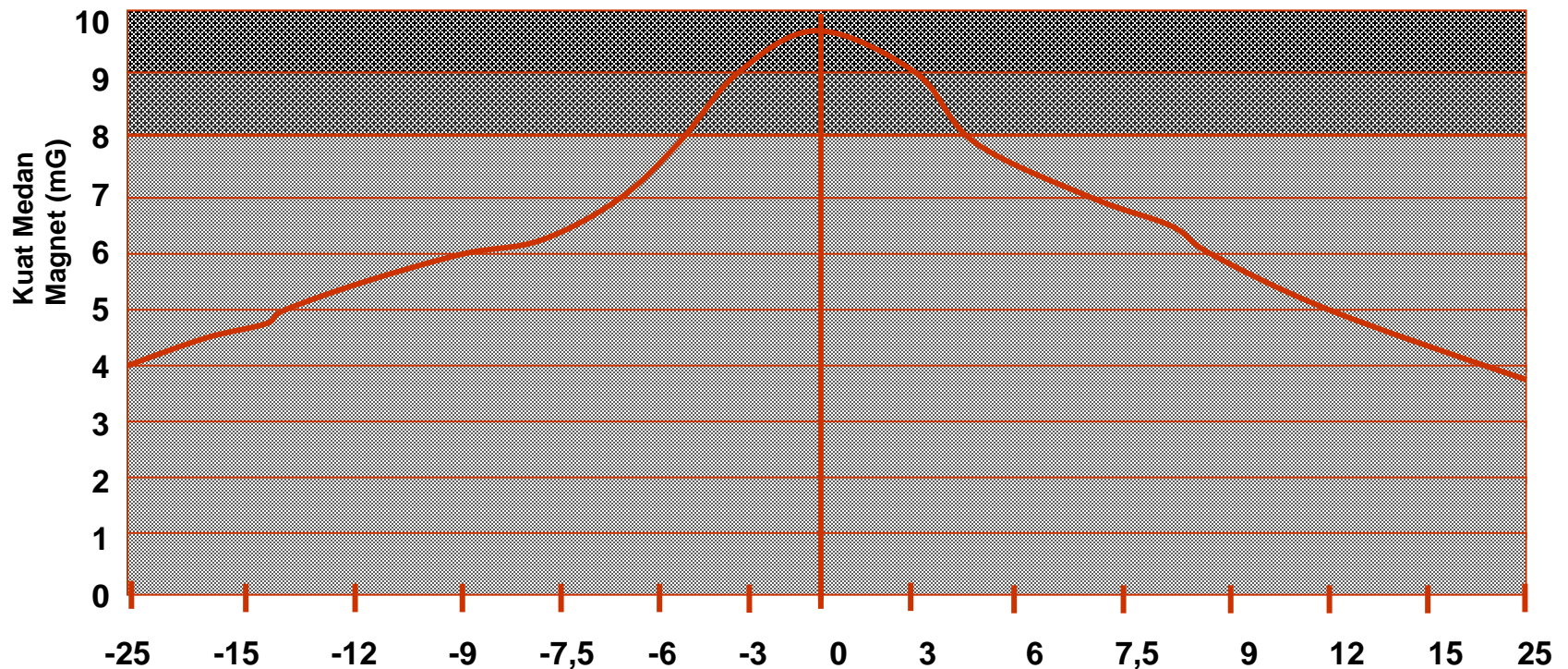


Obyek Pengukuran : SUTT 500 kV
lokasi Ds. Semambung Krian
Tgl. 13 Juli 1997
waktu : Pkl. 15.30-16.30

HASIL PENGUKURAN KUAT MEDAN MAGNET DI BAWAH SUTT 150 KV SAWAHAN BARAT OLEH ITS

Ambang batas WHO = 1000 mG

AS TENGAH TOWER



MEDAN MAGNET

Jarak Mendatar (m)

Obyek Pengukuran : SUTT 150 kV
lokasi Jl. Raya Darmo II Surabaya
Tgl. 13 Juli 1997
waktu : Pkl. 17.00 - 17.30

**PEDOMAN NILAI AMBANG BATAS
KUAT MEDAN LISTRIK DAN KUAT MEDAN MAGNET YANG
DIPAKAI PLN**

PERATURAN	MEDAN LISTRIK	MEDAN MAGNET
<p>STANDAR PLN (SPLN NO. 112/1994)</p> <p>INIRC MENGENAI PETUNJUK BATAS-BATAS PEMAPARAN TERHADAP MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET (EMF) 50/60 HZ/REKOMENDASI WHO IRPS 1990</p>	<p>WORKING HOUR E (MAX) : 10 kV/m</p> <p>CONTINUOUSLY E (MAX) : 5 Kv/m</p>	<p>WORKING HOUR B (MAX) : 0,5 mT</p> <p>CONTINUOUSLY B (MAX) : 0,1 mT</p>

REFERENSI : KEPUTUSAN DIREKSI PT PLN (Persero) NO. 031.K/008/DIR/1997 TANGGAL 14 APRIL 1997