

PELATIHAN  
POWER PLANT MANAGEMENT

# MANAJEMEN OPERASI PEMBANGKIT LISTRIK

HARTOYO

[hartoyo@uny.ac.id](mailto:hartoyo@uny.ac.id)

085640929467

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA



PT GAMA SEMESTA KONSULTINDO  
YOGYAKARTA , 29 NOVEMBER 2017



# OUTLINE

1. Perencanaan Operasi Pembangkit
2. Manajemen Operasi Pembangkit
3. Tanggung Jawab Operator
4. Proses Operasi Pembangkit

# 1. PERENCANAAN OPERASI PEMBANGKIT

- Perkiraan beban yang akan terjadi dalam sistem untuk jangka waktu tertentu
- Penjadwalan operasi unit-unit pembangkit yang optimum untuk menghadapi beban yang telah diperkirakan sebelumnya
- Pengaturan pembagian beban antara unit-unit pembangkit yang beroperasi dalam sistem agar didapat pembebanan umum

## 2. MANAJEMEN OPERASI PEMBANGKIT

- Koordinasi dengan pihak *customer*
- Penyediaan bahan bakar
- Pembuatan SOP tentang parameter-parameter yang harus dijaga
- Pemantauan implementasi SOP
- Pencatatan besaran-besaran saat melaksanakan operasi
  - Berhubungan dengan keamanan peralatan: arus, tegangan, daya, suhu, tekanan, dan getaran
  - Berhubungan dengan kinerja peralatan: energi (kWh) dan pemakaian bahan bakar
- Pelatihan operasi pembangkit

### **3. TANGGUNG JAWAB OPERATOR**

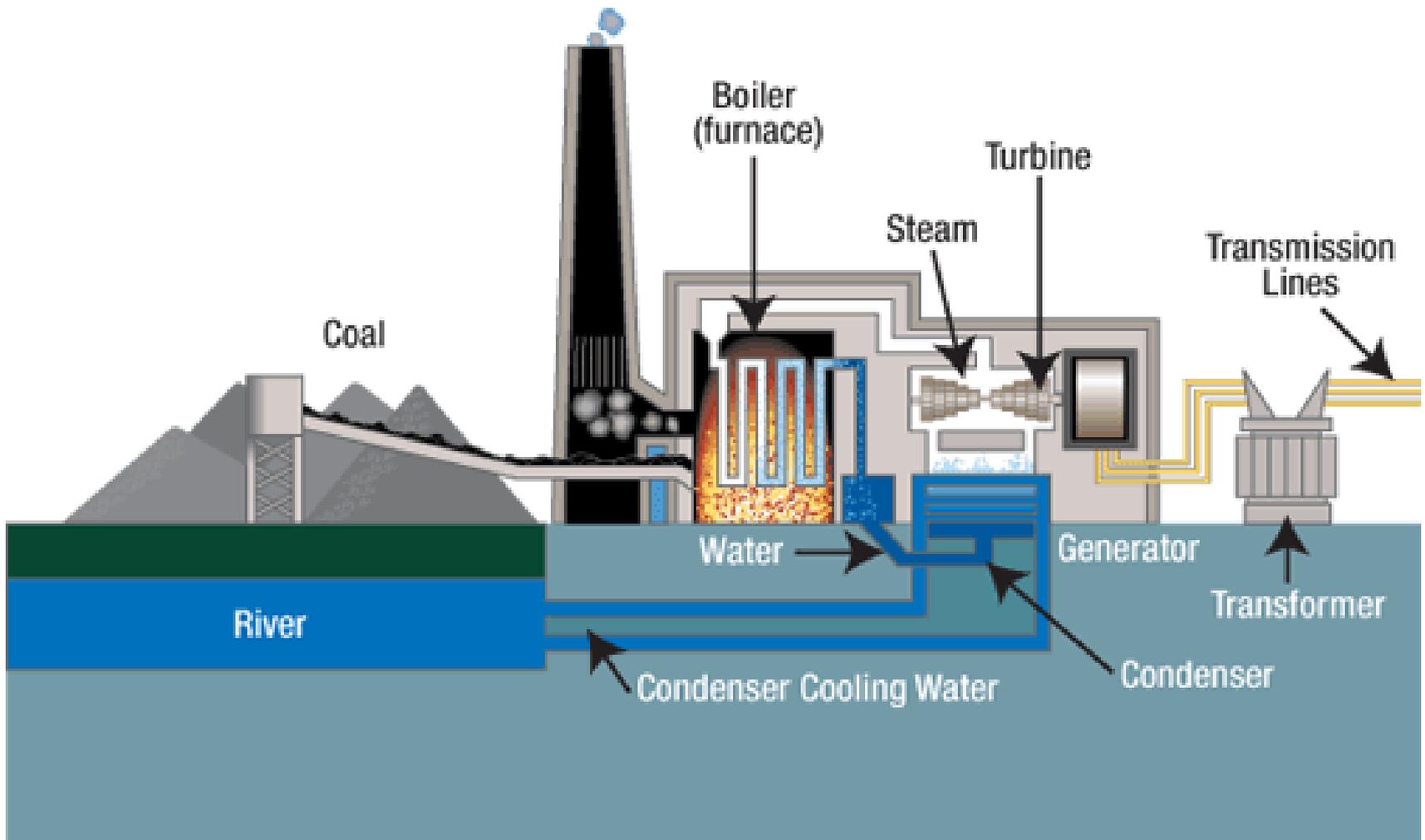
- Mengoperasikan pembangkit dengan memprioritaskan keselamatan kerja
- Memonitor peralatan operasi
- Melakukan penyetelan flow, temperatur, dan tekanan sesuai dengan kisaran yang telah ditentukan
- Mendeteksi masalah dan melakukan perbaikan ringan agar sistem operasi tidak terhenti
- Melakukan start-stop pada peralatan sesuai prosedur standar operasi
- Menjalin komunikasi dengan operator lain, pihak maintenance, serta pihak manajemen

## 4. PROSES OPERASI PEMBANGKIT

Umumnya pengoperasian pembangkit terbagi menjadi 4 hal yaitu:

- Start-up
- Operasi normal
- Operasi abnormal
- Shut-down

# PLTU



# PLTU (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP)

Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara adalah salah satu jenis instalasi pembangkit tenaga listrik dimana tenaga listrik didapat dari mesin turbin yang diputar oleh uap yang dihasilkan melalui pembakaran batubara





# Bagian Utama PLTU

- Turbin uap (steam turbine)
- Boiler (steam generator)
- Kondensor (condenser)
- Pompa-pompa (pumps)

# PLTU : PROSES KONVERSI ENERGI PANJANG



*Coal Yard PLTU Suralaya 4 x 400 MW dan 3 x 600 MW di Jawa Barat dimana tampak Conveyor Pengangkut Batu Bara dan Cerobong.*



*PLTU Paiton milik PLN 2 x 400 MW di Jawa Timur dimana tampak Intake Air, Conveyor Batu Bara, Ketel Uap, dan Cerobong.*

# PLTU

- Waktu start-up 6-8 jam (dari keadaan dingin sampai beban penuh)
- Perhatikan masalah pemuaian bagian-bagian turbin → mengalirkan uap secara bertahap
- PLTU tidak dioperasikan pada persentase perubahan-perubahan beban yang besar

# Startup PLTU

## Persiapan memulai operasi pada boiler

- ⇒ Mengecek peralatan penunjang dan penutupan katup-katup yang ada
- ⇒ Sistem udara pembakaran dan bahan bakar dipastikan sudah dapat beroperasi
- ⇒ Pembersihan Ruang bakar dari sisa pembakaran
- ⇒ Pembakaran bahan bakar bertahap
- ⇒ Pemberian air dengan bertahap

# Startup PLTU

## Persiapan operasi pada turbin

⇒ Pemberian uap harus bertahap pada turbin uap, hal ini bertujuan untuk menghindari termal stress pada sudu-sudu turbin dan poros akibat pemuaian yang berlebihan

⇒ Sistem pelumasan harus telah beroperasi dengan baik

# Operasi PLTU

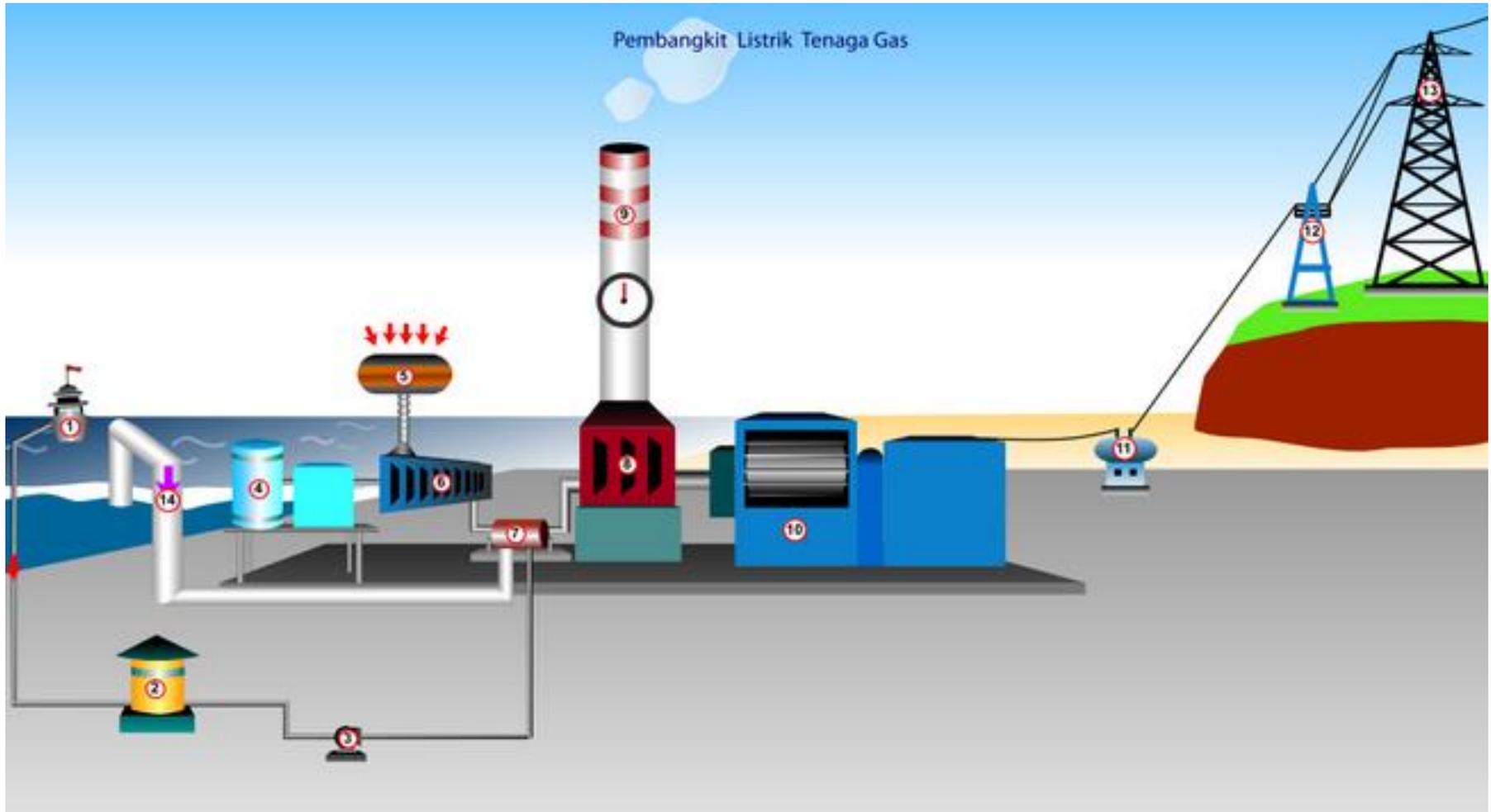
Pada keadaan normal, PLTU umumnya beroperasi pada beban yang relatif stabil, karena untuk menghasilkan uap bertekanan yang mampu menggerakkan turbin membutuhkan waktu yang cukup lama

# Shut-down PLTU

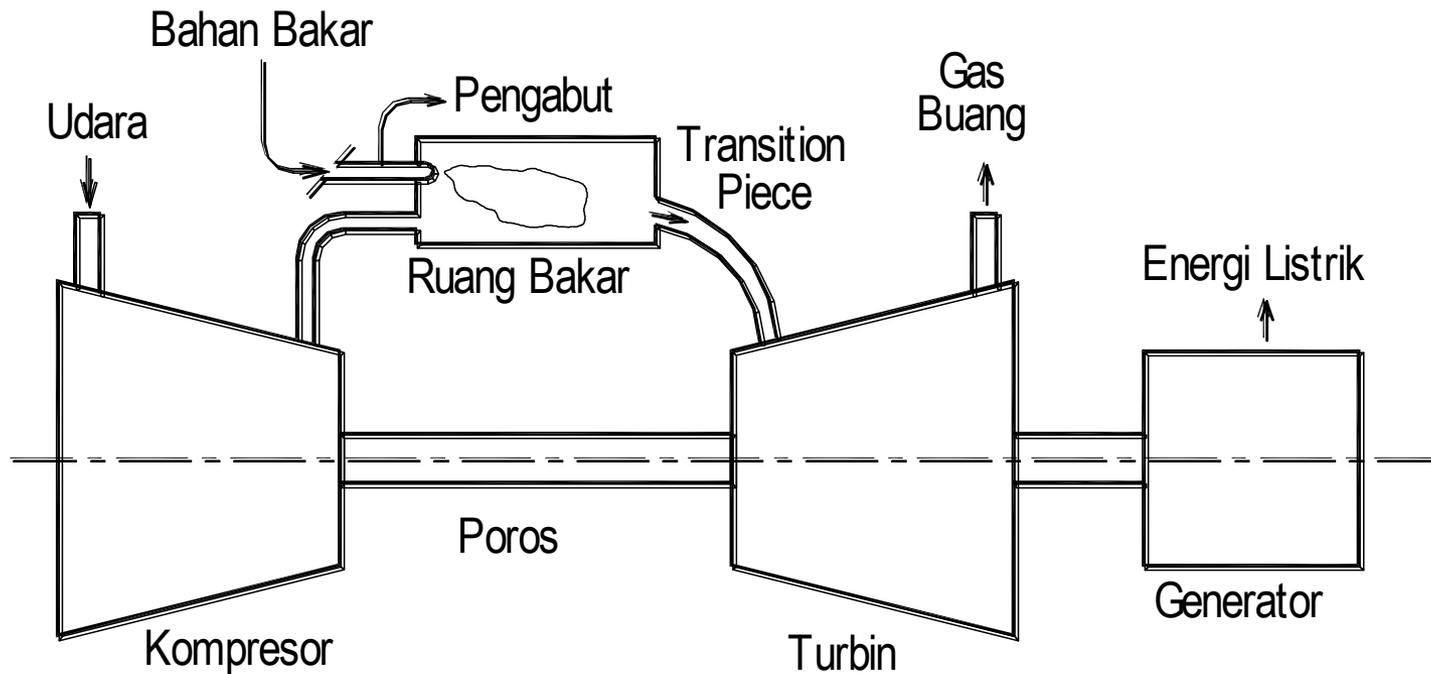
Jika terjadi masalah pada turbin atau generator:

→ Operasi boiler tidak perlu dihentikan (menjaga nyala api) → uap hasil pembakaran dibuang ke udara atau *bypass* ke kondenser

# Pembangkit Listrik Tenaga Gas



# PUSAT LISTRIK TENAGA GAS



*Transition piece:  
Tempat transisi / terjadinya perubahan.*

***Prinsip kerja Unit Pembangkit Turbin Gas***

# PLTG : TEKNOLOGI SUHU TINGGI



*Turbin Gas buatan Alstom tipe GTX 100 dengan daya keluar  $\pm$  100 MW dimana yang tampak di depan adalah sisi gas buang.*

# PLTG (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS)

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan sebuah pembangkit energi listrik yang menggunakan peralatan/mesin turbin gas sebagai penggerak generatornya



# PLTG

- Waktu startup pendek (15-30 menit)
- Selang waktu pemeliharaan pendek, 4000-5000 jam operasi
- Proses start-stop yang terlalu sering dapat mempercepat proses kerusakan (pemuaian-pengerutan) → ruang bakar, saluran gas panas, sudu turbin
- Peak operation → menambah keausan pada turbin gas → pemendekan selang waktu inspeksi

# Startup PLTG

Proses startup pada PLTG dilakukan dengan tahapan yaitu:

- Menghidupkan pompa oli pelumasan
- Motor starter memutar poros
- Ignitor menyala
- Bahan bakar dimasukkan dalam ruang bakar

# Startup PLTG

Setelah turbin gas dapat berputar dengan daya sendiri maka :

- Ignitor dimatikan
- Motor starter lepas



- Motor Starter
  - Motor Listrik
  - Motor Diesel
  - Pneumatics motor

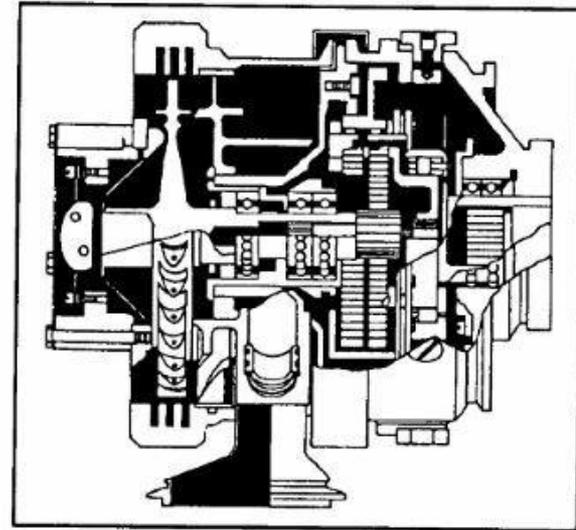


Figure 8-7. Air Turbine Starter

# Shut Down PLTG

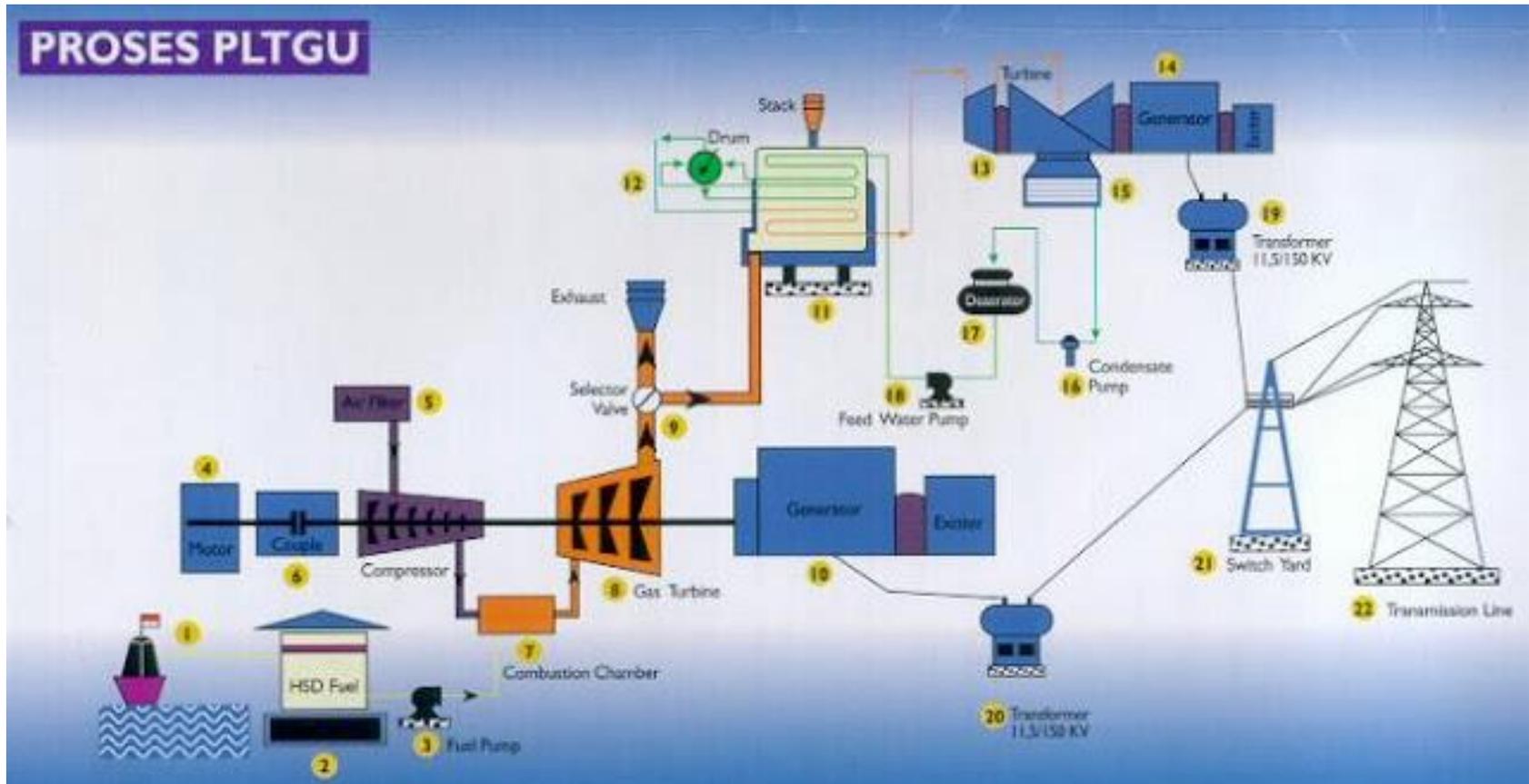
Untuk melakukan pemberhentian mengikuti beberapa tahapan seperti:

- Pengurangan pemberian fuel dan udara pada ruang bakar
- Pengereman untuk mengurangi kecepatan

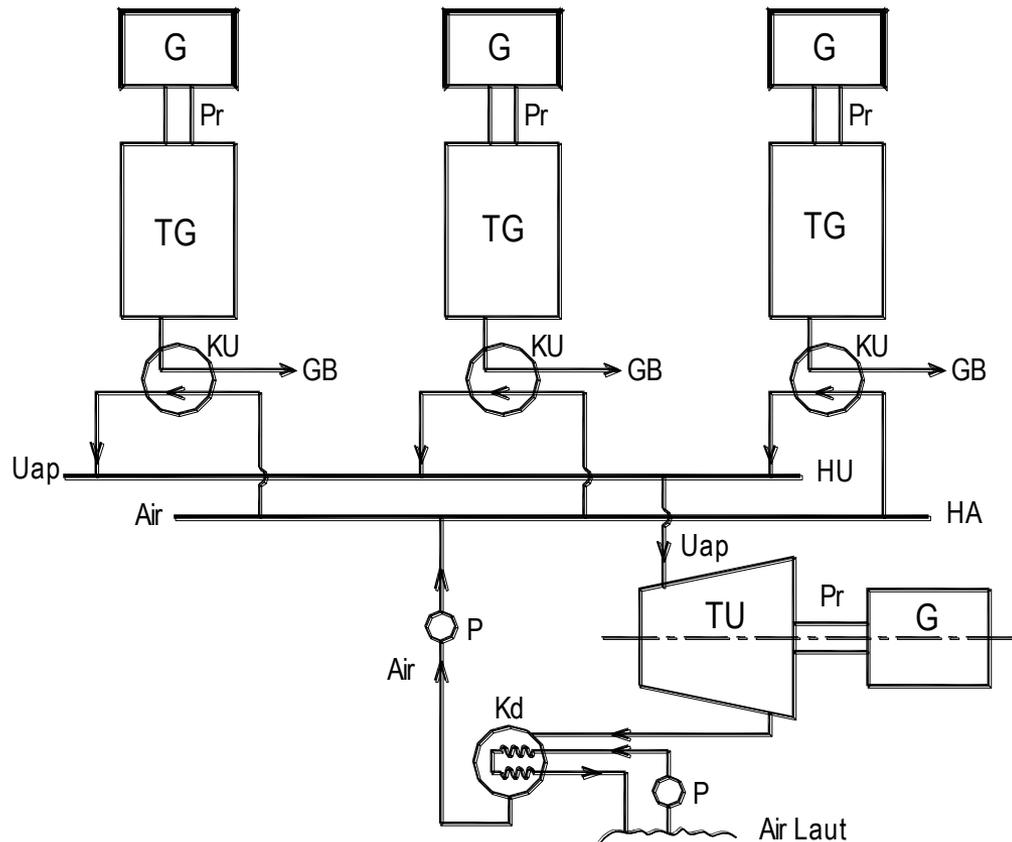
# Shut Down PLTG

- Seluruh sistem pembakaran dinonaktifkan lalu penyalaan auxiliary lube oil atau DC emergency pump.
- Seluruh fuel system valve diatur pada kondisi aman.
- Jika temperatur turbin telah dikondisi menurun dan berhenti, lube oil dapat dimatikan.

# Gambar Prinsip Kerja PLTGU



# PUSAT LISTRIK TENAGA GAS DAN UAP



**Skema sebuah Blok PLTGU yang terdiri dari 3 Unit PLTG dan sebuah Unit PLTU**

HU : Header Uap, Kd : Kondensor, Pr : Poros, HA : Header Air, G : Turbin Gas, TU : Turbin Uap,  
KU : Ketel Uap, G : Generator, GB : Gas Buang, P : Pompa

# PLTGU : EFISIENSI TERMAL PALING TINGGI

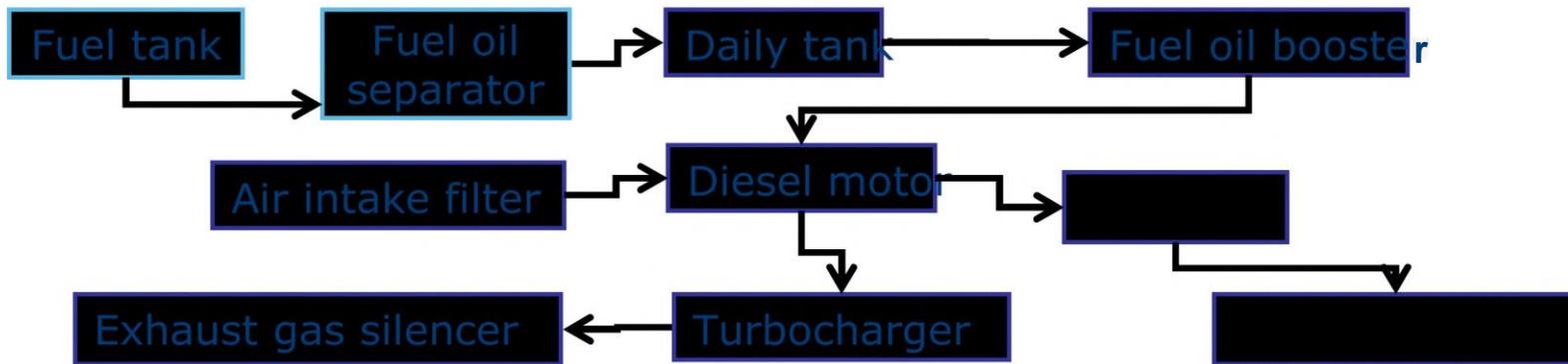
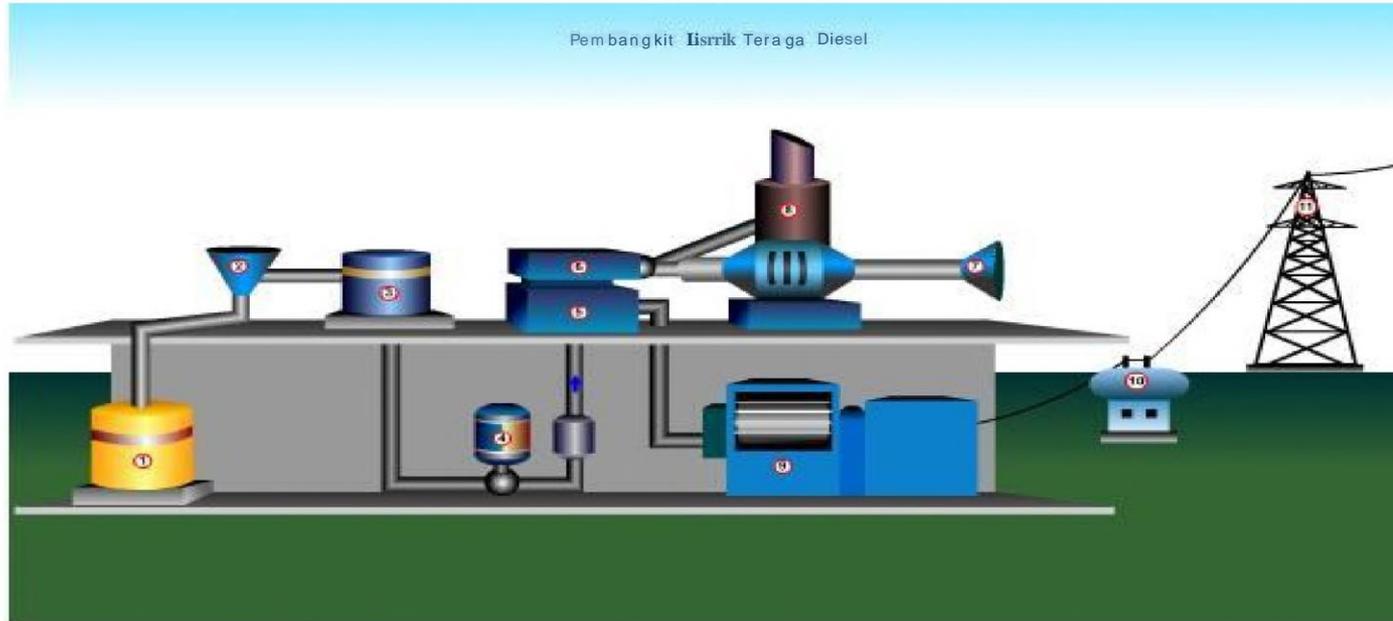


*Heat-Recovery Steam Generator  
PLTGU Tambak Lorok Semarang  
dari Unit PLTG 115 MW.*



*PLTGU Grati di Jawa Timur (Pasuruan)*

# 3. PROSES PLTD



# PLTD

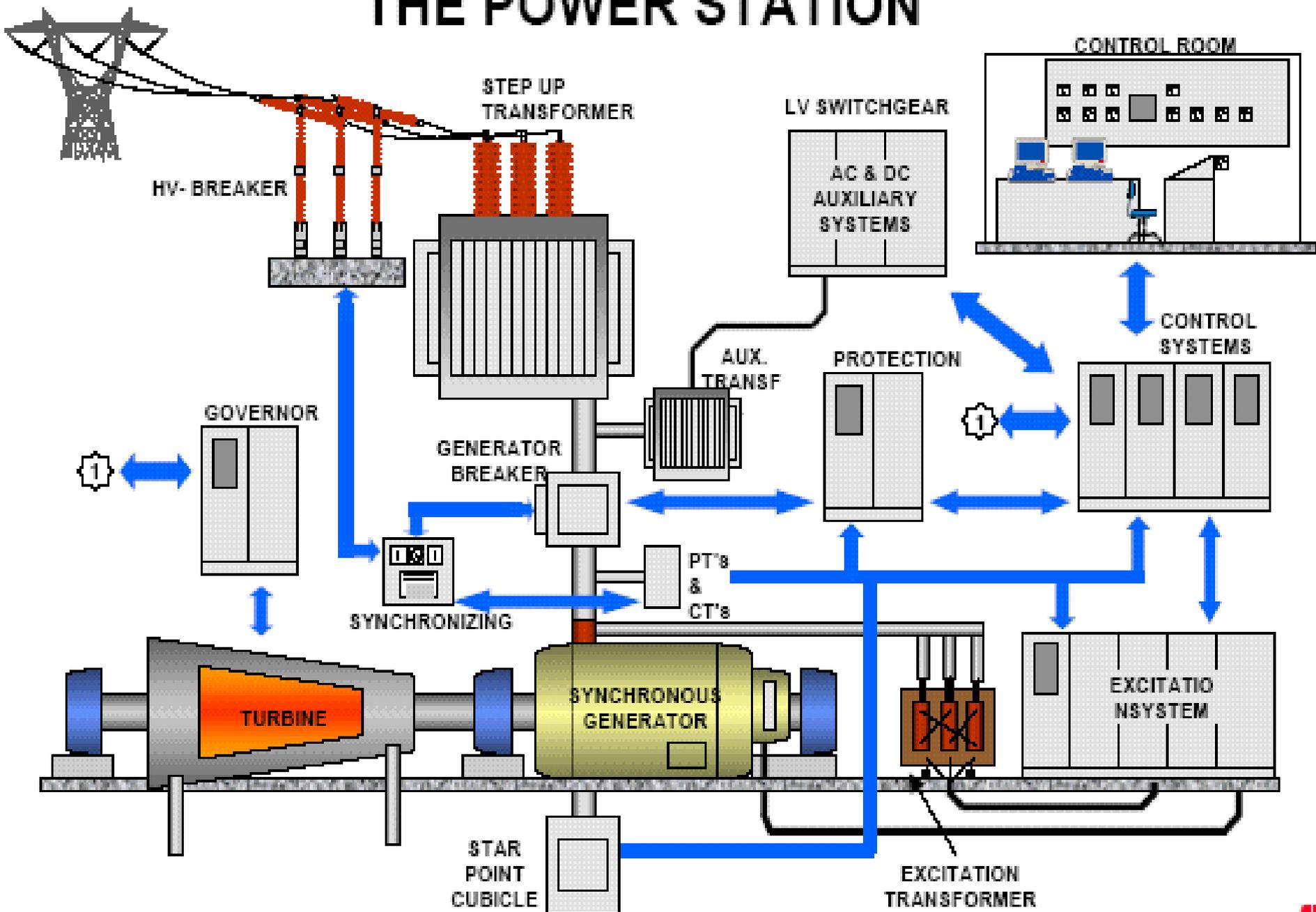
- Startup tanpa sumber tenaga listrik dari luar (black start) → dengan tangan melalui engkol, baterai aki, dan udara tekan.
- Pada saat beroperasi, banyak bagian-bagian yang bergerak dan bergesek satu sama lain sehingga menjadi aus dan memerlukan penggantian secara periodik

# Power Generator



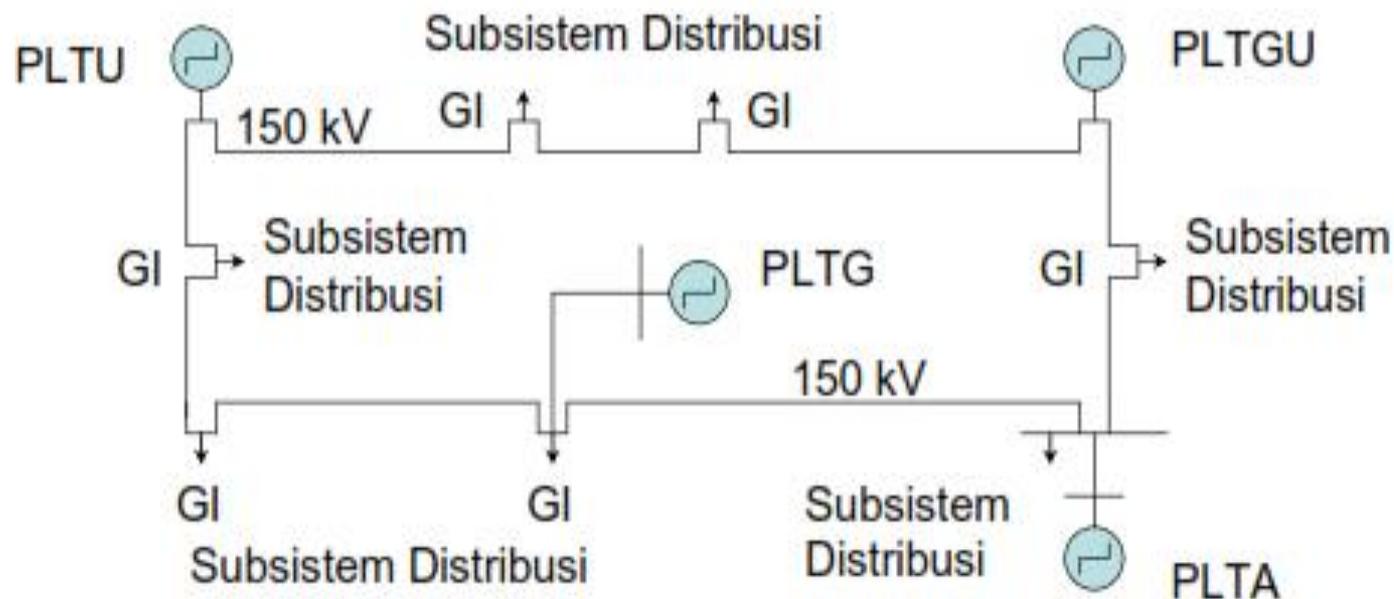
HV SYSTEM

# THE POWER STATION

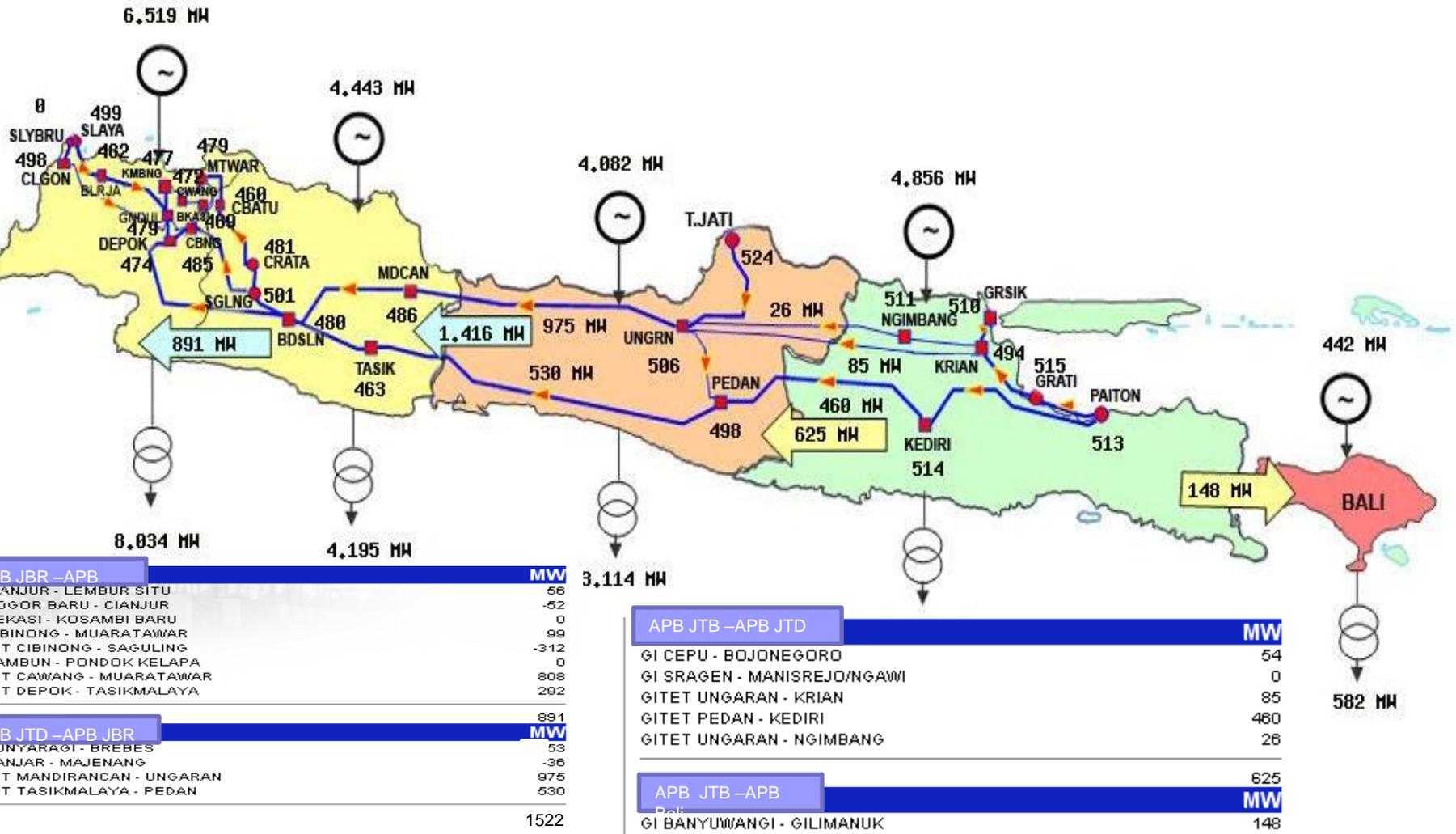


# Apa yang Dimaksud dengan Sistem Interkoneksi?

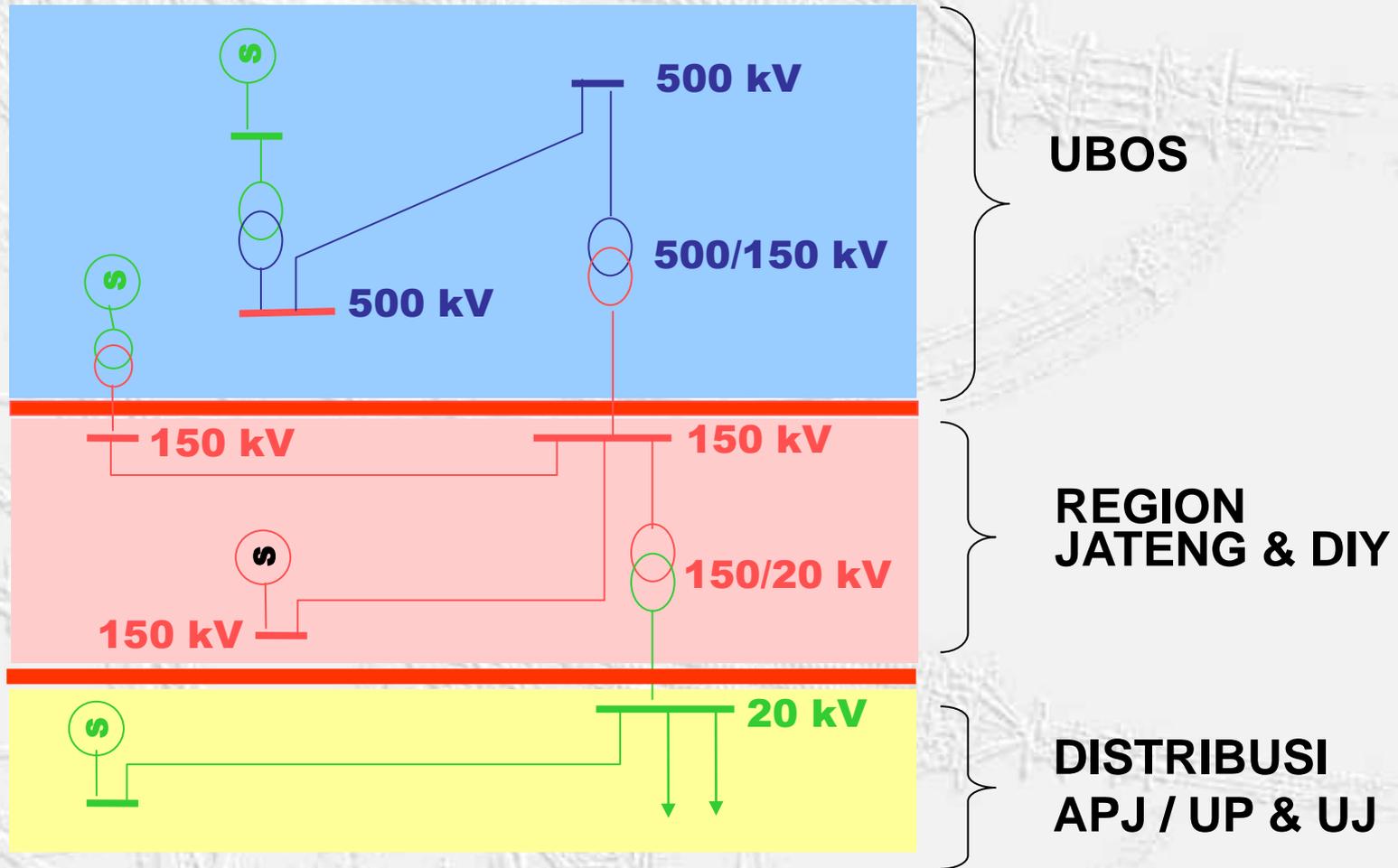
**Sistem Interkoneksi** : sistem tenaga listrik yang terdiri dari beberapa pusat listrik dan gardu induk (GI) yang dihubungkan satu sama lain melalui saluran transmisi dan melayani beban yang ada pada seluruh gardu induk (GI).



# Gambaran : Load Flow saat Beban Puncak malam



# Contoh: BATAS WEWENANG OPERASI



# **KARAKTERISTIK PEMBANGKIT**

## **Karakteristik Operasi Unit Pembangkit**

- **Speed Droop**
- **Frequency Deadband**
- **Efisiensi**
- **Daya Mampu dan Daya Minimum**
- **Ramp Rate**
- **Start - Stop**
- **Minimum Up-time**
- **Minimum Down-time**

# **KARAKTERISTIK PEMBANGKIT**

## **Speed Droop**

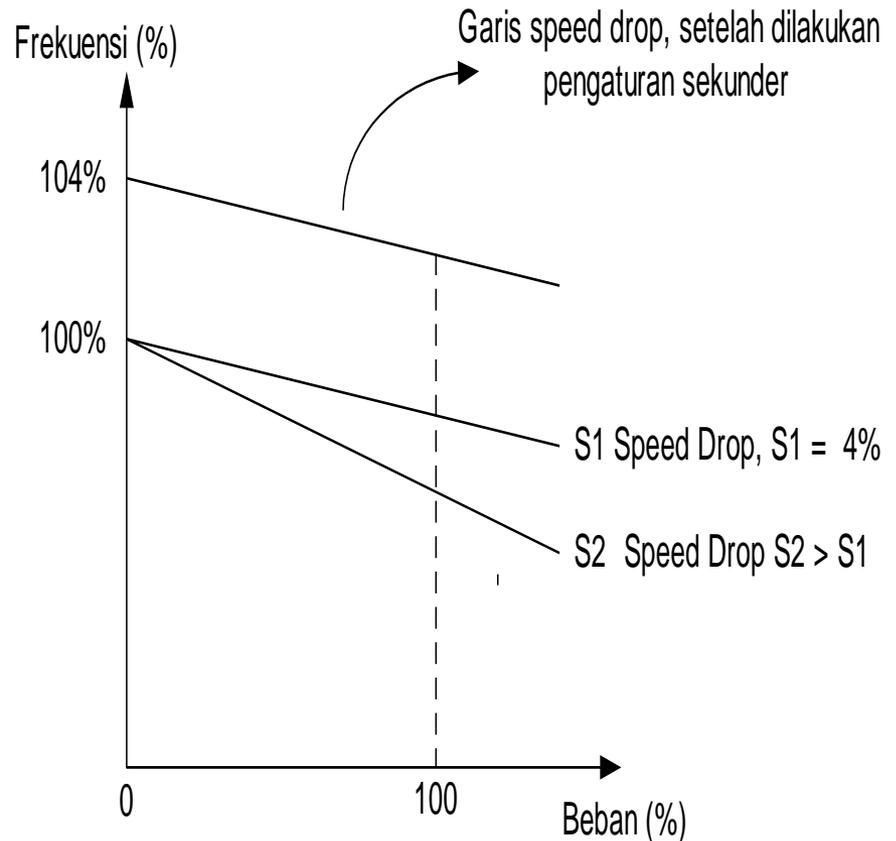
**Prinsip dasar kontrol Speed Droop adalah bagaimana mempertahankan putaran Generator yang terkoneksi dengan Sistem (Jaringan) pada Frekuensi yang sesuai atau sama dengan Frekuensi Sistem (menyesuaikan frekuensi generator dengan frekuensi sistem). Tujuannya supaya tidak terjadi trip. Semakin rendah speed drop maka generator akan semakin cepat**

# KARAKTERISTIK PEMBANGKIT

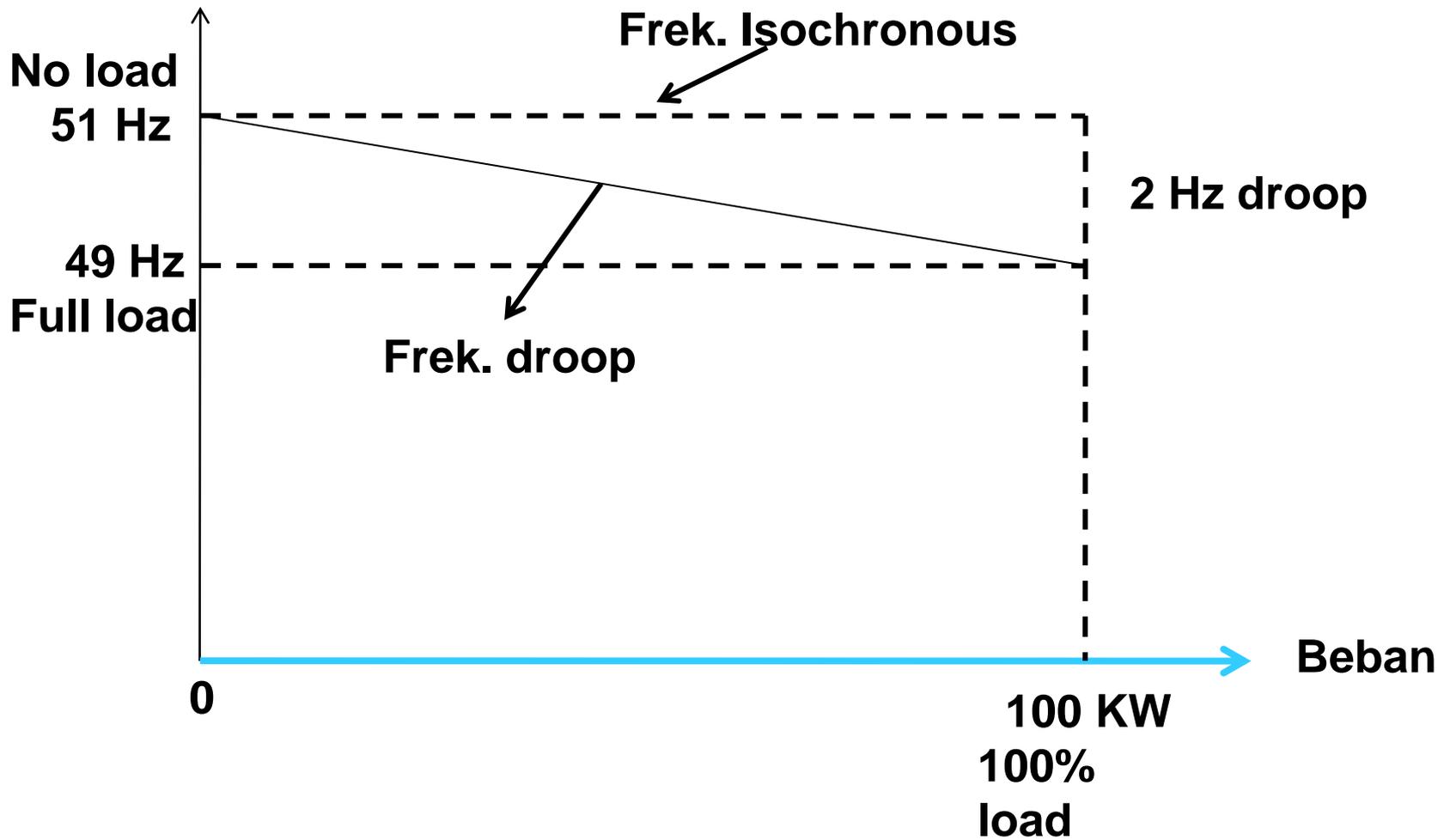
## Jenis Pengaturan Speed Droop :

a. **Primier** → Pengaturan besaran Speed Droop yang dimiliki Governoor secara langsung baik diperbesar atau diperkecil → perubahan S1 ke S2 pada gambar. Semakin kecil Speed Droop yang dimiliki Governoor semakin peka terhadap perubahan beban dan begitu sebaliknya semakin besar Speed Droop semakin malas ( kurang peka ) terhadap perubahan beban.

b. **Sekunder** → Pengaturan tanpa mengubah besaran, melainkan hanya mengembalikan Frekwensi ke 100 %, biasanya dilakukan oleh Operator

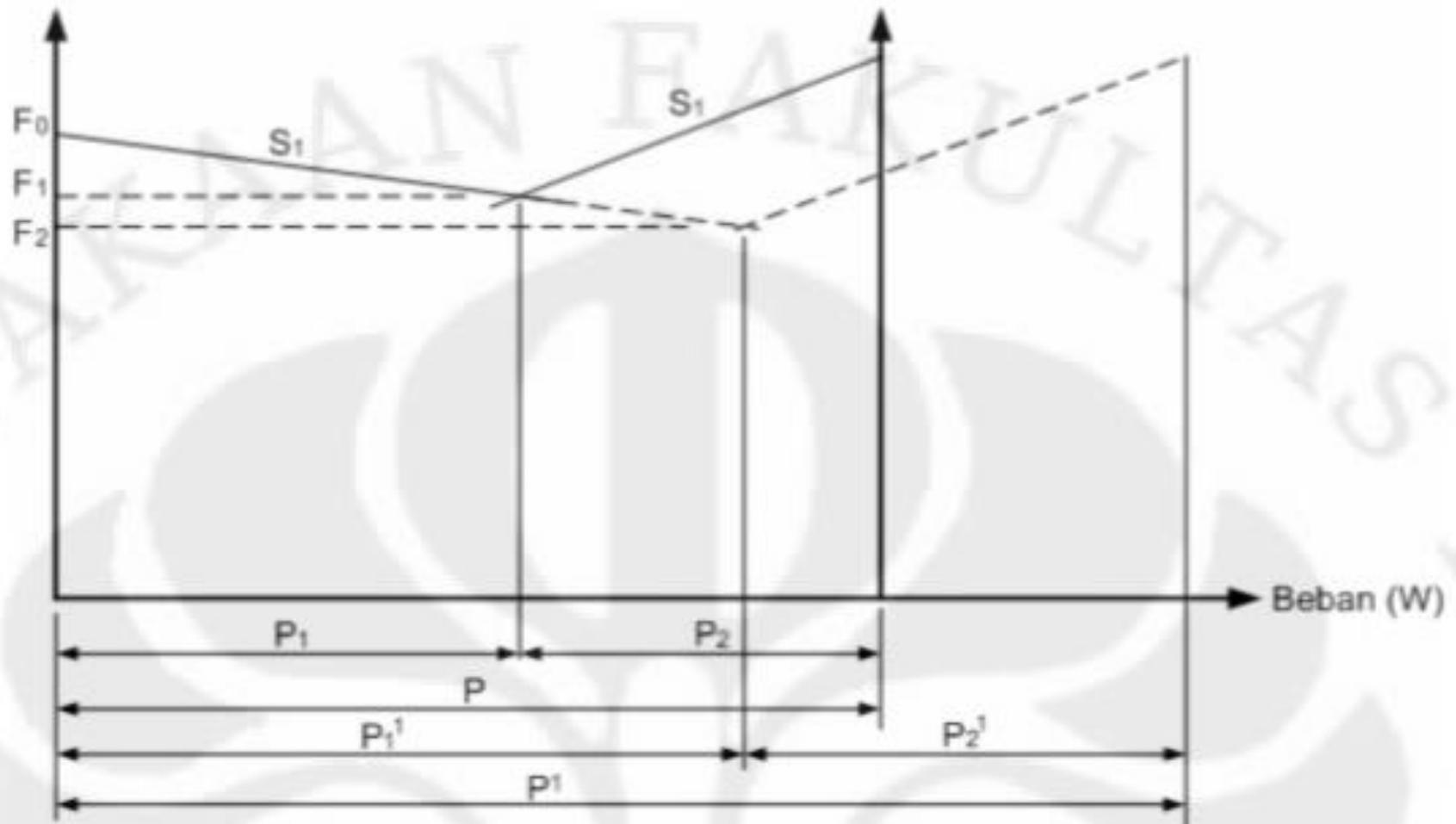


# DIAGRAM FREKWENSI DAN BEBAN (KW) PADA PENGATURAN GOVERNOR DISET 4% DROOP



Pengaturan Frekwensi menggunakan unit governor diset 4 %

# Pengaruh Speed Droop Terhadap Pembagian Beban



Gambar 2.19 Pengaruh *speed droop* terhadap pembagian beban

# Pengaruh Speed Droop terhadap Pembagian Beban

Terdapat dua buah unit pembangkit yang bekerja secara paralel dan melayani beban sebesar  $P$ , hanya saja untuk pembangkit 2, garis beban berarah ke kiri dan sumbu frekwensinya ada di kanan untuk memudahkan penggambaran bahwa beban  $P$  selau sama dengan jumlah daya yang dibangkitkan yakni  $P_1$  ditambah  $P_2$ . Unit pembangkit 1 mempunyai *speed droop*  $S_1$  sedangkan pembangkit 2 *speed droop*-nya  $S_2$ .

Mula-mula masing-masing unit mempunyai beban  $P_1$  dan  $P_2$  sedangkan frekwensinya  $F_1$  dan jumlah beban adalah  $P$ . Kemudian terjadi kenaikan beban menjadi  $P^1$  sehingga beban masing-masing unit pembangkit menjadi  $P_1^1$  dan  $P_2^1$  dimana penjumlahan keduanya adalah  $P_1$  dan frekwensinya turun menjadi  $F_2$ . Terlihat bahwa unit pembangkit 1 yang mempunyai *speed droop*  $S_1$  lebih kecil daripada  $S_2$  mengalami penambahan beban yang lebih besar daripada penambahan beban pada unit pembangkit 2 yang sebesar  $P_2^1 - P_2$ .

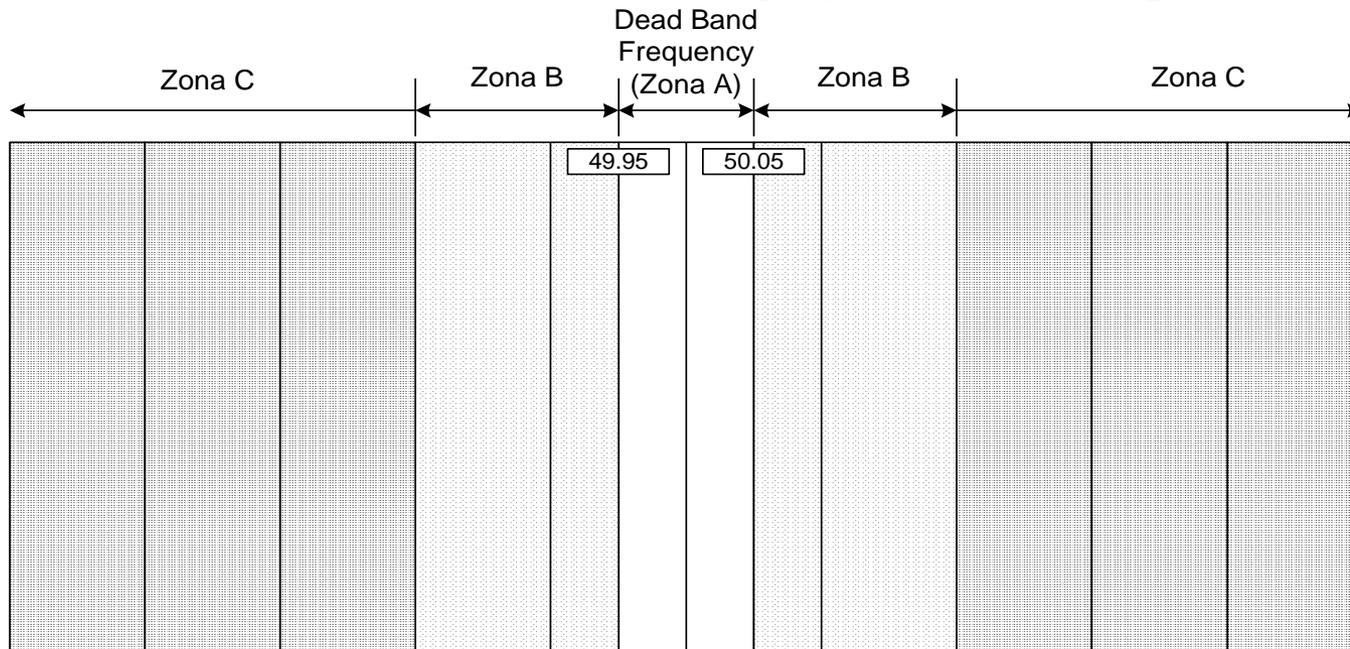
Sistem yang terdiri dari banyak unit pembangkit sesungguhnya dapat dianalogikan dengan sebuah unit pembangkit besar yang memiliki *speed droop* tertentu.

# KARAKTERISTIK PEMBANGKIT

## FREQUENCY DEADBAND

Frequency Deadband adalah suatu rentang Frekuensi yang diijinkan dimana Turbin Generator dapat beroperasi sesuai dengan karakteristiknya.

Turbin Uap yang beroperasi diluar Frquency Deadband akan menyebabkan terjadinya Resonansi dan Disharmoni Gaya pada sudu tingkat akhir



# KARAKTERISTIK PEMBANGKIT

## FREQUENCY DEADBAND

| Rentang frekuensi      | Durasi Penyimpangan         |
|------------------------|-----------------------------|
| A. 48,5 sampai 51,5 Hz | Pengoperasian terus-menerus |
| B. < 48,5 Hz           | Pemutusan seketika          |
| C. > 51,5 Hz           | Pemutusan seketika          |

**GE Steam Turbine Off-Frequency Limits  
for all Modern 1500 and 3000 RPM Units**

### 50 HZ Units

| Lifetime Limit | Frequency Range |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| Unlimited      | 47.0 to 52.5 Hz |                 |
| 90 minutes     | 46.5 to 47.0 Hz | 52.5 to 53.0 Hz |
| 12 minutes     | 46.0 to 46.5 Hz | 53.0 to 53.5 Hz |
| 1 minute       | 45.0 to 46.0 Hz | 53.5 to 55.0 Hz |

# KARAKTERISTIK PEMBANGKIT

## EFISIENSI

**Effisiensi adalah suatu parameter yang menyatakan tingkat unjuk kerja dari Unit Pembangkit**

**Prinsip dasar Effisiensi adalah Perbandingan antara Kerja/Energi yang dihasilkan dengan Usaha/Energi yang digunakan.**

**Pada Unit Pembangkit Listrik dikenal istilah Effisiensi Thermal yaitu perbandingan antara Daya Output Generator dengan Pemakaian Energi Kalor Bahan Bakar ( Specific Fuel Consumption → SFC )**

# **KARAKTERISTIK PEMBANGKIT**

## **DAYA MAMPU**

**DAYA MAMPU BRUTTO** merupakan Daya ( Kapasitas ) yang dihasilkan Generator pada periode tertentu dengan tidak dipengaruhi oleh Musim atau Derating lainnya.

**DAYA MAMPU NETTO** merupakan Daya Mampu Brutto dikurangi dengan Pemakaian Sendiri (alat bantu operasional).

**DAYA MAMPU MINIMUM** merupakan Daya (Kapasitas) Minimum yang dihasilkan Generator dengan tidak mempengaruhi beroperasinya peralatan bantu Unit Pembangkit.

# **KARAKTERISTIK PEMBANGKIT**

## **RAMP RATE**

**Ramp Rate adalah suatu besaran yang membawa Turbin pada titik Temperatur Operasi, satuan 0C/Jam dengan berpatokan pada kenaikan First Stage Metal Turbine Temperature, tujuannya adalah menghindari Thermal Stress pada Turbin.**

**Secara umum ramp rate juga dikenal dengan tingkat kecepatan maksimum naik atau turunnya beban.**

**Contoh :**

**Turbin Gas (PLTG) dengan kapasitas 100 MW ramp rate 6 MW/menit.**

**Turbin Uap (PLTU) dengan kapasitas 100 – 600 MW ramp rate 5 MW/menit.**

# KARAKTERISTIK PEMBANGKIT

## START STOP

**Start-stop Unit adalah suatu kondisi dimana Unit Pembangkit dilakukan Start atau Stop dalam suatu waktu dan kondisi tertentu**

**Tahapan Proses Start Unit Pembangkit :**

- **Proses Start alat-alat bantu ( Auxiliary ) → sistem bahan bakar, Air, Udara dll.**
- **Proses Pembakaran ( Firing ) → terjadinya reaksi pembakaran bahan bakar ( BBM, Gas, Batu bara dll. )**
- **Proses Rolling Turbin sampai dengan Full Speed No Load ( FSNL )**
- **Proses Paralel Generator dengan Jaringan.**

# KARAKTERISTIK PEMBANGKIT

## START STOP

Jenis Start pada PLTU ( tergantung kapasitasnya ) :

- Start Dingin ( Cold Start ) → Unit Stop > 48 Jam
- Start Hangat ( Warm Start ) → Unit Stop 8 s/d 48 Jam
- Start Panas ( Hot Start ) → unit Stop < 8 Jam

Tahapan Proses Stop Unit Pembangkit :

- Penurunan beban secara bertahap
- Pelepasan Generator dari Jaringan
- Penutupan Katup Utama
- Penurunan Putaran Turbin ( natural )
- Pendinginan ( Cooling ) → Forced Cooling  
Natural Cooling

# KARAKTERISTIK PEMBANGKIT

## Minimum Up-time

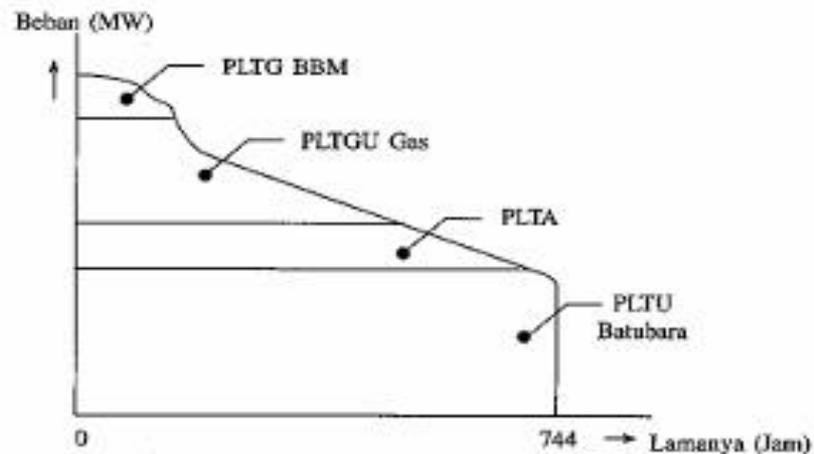
Minimum Up Time adalah waktu yang diperlukan Unit Pembangkit untuk tetap dalam kondisi terhubung dengan Jaringan ( on-line ) setelah Start-up dan Unit dibebani dengan beban minimum atau lebih sebelum diperintahkan untuk Shutdown kembali

## Minimum Down-time

Minimum Down Time adalah waktu yang diperlukan Unit Pembangkit untuk tetap dalam kondisi tidak terhubung dengan Jaringan dan Mesin tersebut tidak beroperasi setelah Shutdown untuk Stand-by atau gangguan. Minimum down time biasanya lebih lama dari minimum up time

# 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.

TERIMA KASIH



TERIMAKASIH.....!