

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORITIK DAN KERANGKA BERPIKIR**

#### **2.1 Kajian Teoritik**

##### **2.1.1 Pengaruh**

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) pengaruh adalah daya yang ada atau timbul dari sesuatu (orang atau benda) yang ikut membentuk watak, kepercayaan atau perbuatan seseorang. Dari pengertian diatas telah dikemukakan sebelumnya bahwa pengaruh adalah merupakan sesuatu daya yang dapat membentuk atau mengubah sesuatu yang lain.

Pengaruh adalah suatu keadaan ada hubungan timbal balik, atau hubungan sebab akibat antara apa yang mempengaruhi dengan apa yang dipengaruhi. Dua hal ini adalah yang akan dihubungkan dan dicari apa ada hal yang menghubungkannya. Di sisi lain pengaruh adalah berupa daya yang dapat memicu sesuatu, menjadikan sesuatu berubah. Maka jika salah satu yang disebut pengaruh tersebut berubah, maka akan ada akibat yang ditimbulkannya.

##### **2.1.2 Beban Listrik**

Listrik digunakan dengan luas di dalam aplikasi-aplikasi industri seperti elektronik dan tenaga listrik. Listrik menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan manusia sehari-hari<sup>1</sup>. Dalam suatu rangkaian listrik selalu dijumpai suatu sumber dan beban.

---

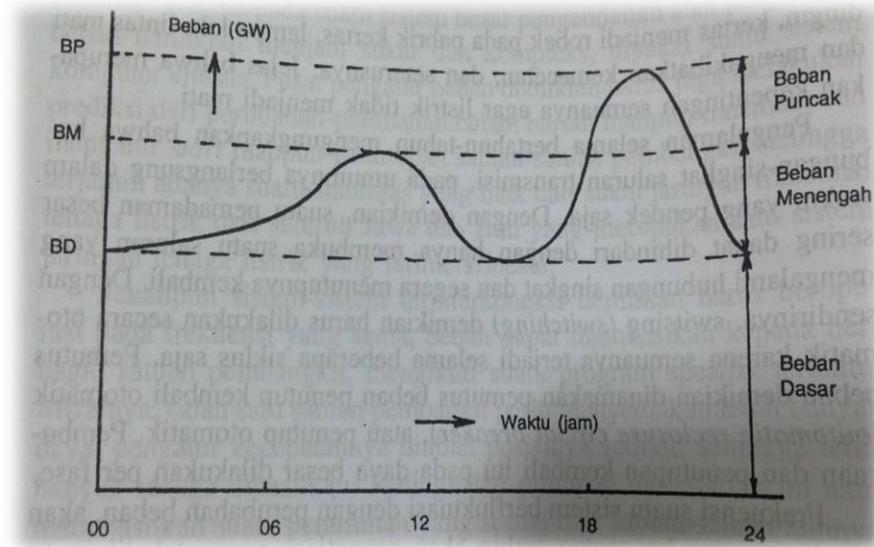
<sup>1</sup> Suyitno M, *Pembangkit Energi Listrik* (Jakarta : Rineka Cipta, 2011), h.122.

Salah satu bagian besar dari sistem tenaga listrik adalah stasiun pembangkit tenaga listrik. Stasiun pembangkit tenaga listrik tersebut dapat berupa generator yang digerakkan dengan tenaga gas, tenaga air, tenaga diesel dan lain sebagainya. Pokok utama dalam pengadaan sistem tenaga listrik adalah bagian dari pembangkitnya atau dalam hal ini generatornya. Apabila suatu sistem pembangkit terganggu, maka seluruh sistem tenaga listrik akan terhenti pengoperasiannya. Aliran beban adalah bahasa sistem daya untuk cara penyelesaian keadaan tunak suatu jaringan<sup>2</sup>.

Beban sistem keseluruhan yang dipakai semua konsumen suatu perusahaan listrik besar, tergantung dari waktu sehari (gambar 2.1). Pada umumnya terdapat dua beban puncak, yaitu siang hari yang disebabkan oleh industri, dan malam hari, yang disebabkan rumah tangga. Di Negara-negara industri beban puncak siang hari adalah lebih besar dari yang malam hari. Di Indonesia adalah kebalikannya, kecuali di Jakarta dan sekitarnya, dimana beban puncak siang hari mulai melampaui dari yang malam hari. Di Negara dingin terdapat pula perbedaan antara beban harian di musim dingin dan musim panas. Bilamana lengkung beban harian diperhatikan, maka dapat dilihat bahwa beban minimal adalah sebesar BD, yang dinamakan beban dasar. Sedangkan BP merupakan beban puncak tertinggi yang terjadi selama satu hari. Di antara BD dan BP terdapat BM, yaitu beban menengah. Bilamana lama dari tiap beban yang terjadi secara tahunan, dapat disusun suatu lengkung lama beban (*load duration curve*).

---

<sup>2</sup>Weedy B. *Sistem Tenaga Listrik* (Jakarta: Aksara Persada Indonesia, 1988), h.255.



Gambar 2.1. Lengkung Beban Harian  
(sumber : Weedy B, Sistem Tenaga Listrik (Jakarta:Aksara Persada Indonesia,1988)

Sebagaimana terlihat pada gambar 2.1, yang dibagi dalam tiga bagian, yaitu beban dasar, beban menengah dan beban puncak. Beban dasar, sebesar 8 GW, harus dipikul sepanjang hari, beban menengah sebesar 6 GW selama beberapa jam sehari, sedangkan beban puncak sebesar 4 GW, hanya perlu dipikul selama waktu yang singkat saja.

Bertalian dari hal itu, dapat dikenal tiga jenis pusat tenaga listrik, yaitu:

- a. Pusat tenaga listrik beban dasar, yang bekerja secara penuh sepanjang hari dan sepanjang tahun. Pusat listrik tenaga nuklir, pusat listrik tenaga uap, dan pusat listrik tenaga air dengan waduk besar cocok untuk peranan ini.

- b. pusat tenaga listrik beban menengah yang dapat dengan mudah mengikuti perubahan-perubahan beban, dengan menambah atau mengurangi salah satu unit pembangkit. Pusat listrik tenaga air secara umum cocok untuk keperluan demikian.
- c. pusat tenaga listrik beban puncak membangkit tenaga listrik hanya sebentar saja, yaitu selama terjadi beban puncak. Sebuah pusat listrik tenaga gas atau pusat listrik tenaga air pompa cocok untuk keperluan ini karena memerlukan waktu yang singkat untuk *start* dan *stop*.

Bilamana mengambil contoh gambar 2.2, beban dasar memerlukan energi tahunan sebanyak 70 persen, beban menengah 20 persen, dan beban puncak hanya 5 persen. Dengan demikian secara umum dapat dikatakan, bahwa pusat-pusat tenaga listrik beban puncak mestinya menghasilkan energi yang paling “murah”, sedangkan yang menghasilkan beban puncak, “ boleh lebih mahal” biaya pembangkitan energi listriknya<sup>3</sup>.

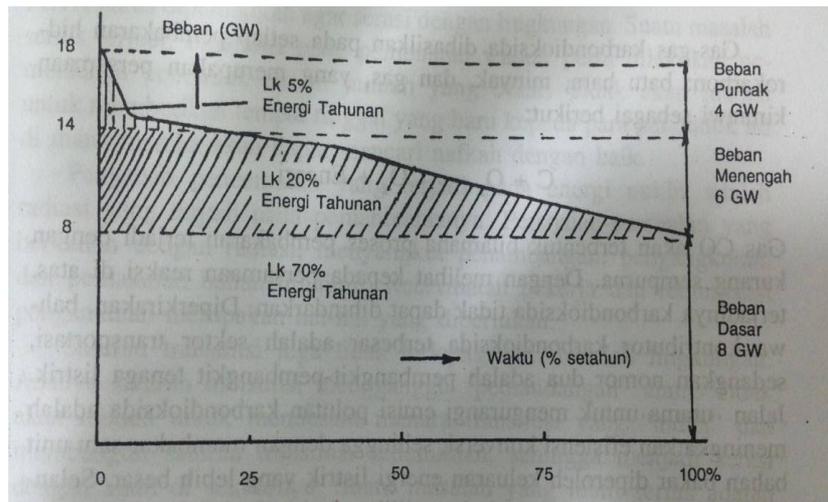
Pengelolaan energi dan demikian juga penyediaan tenaga listrik berpengaruh pada lingkungan hidup, dan pada gilirannya berpengaruh negatif pada mutu kehidupan. Di lain pihak, energi listrik diperlukan untuk meningkatkan taraf kemakmuran masyarakat. Tergantung dari energi primer yang dipakai, unsur-unsur pencemaran lingkungan hidup yang diproduksi adalah karbondioksida (CO<sub>2</sub>), karbonmonoksida (CO), sulfurdioksida (SO<sub>2</sub>), berbagai nitrogenoksida (NO<sub>x</sub>), dan radiasi nuklir. Pencemaran- pencemaran karbondioksida dan nitridenoksida sering dinamakan gas-gas rumah kaca (*greenhouse gases*) karena

---

<sup>3</sup> Kadir Abdul, *Pembangkit Tenaga Listrik* (Jakarta: Universitas Indonesia, 2010), h.11

member kontribusi kepada efek rumah kaca (*greenhouse effect*) yang merupakan penyebab dari apa yang disebut dari pemanasan global (*global warming*).

Gas-gas karbondioksida dihasilkan pada setiap pembakaran hidrokarbon<sup>4</sup>: batubara, minyak, dan gas, yang merupakan persamaan kimiawi sebagai berikut:



catatan: 100% setahun  $\neq$  8760 jam

### Gambar 2.2 Lengkung Lama Beban

(sumber : Weedy B, Sistem Tenaga Listrik (Jakarta:Aksara Persada Indonesia,1988)

Penentuan karakteristik beban listrik suatu gardu distribusi sangat penting artinya untuk mengevaluasi pembebanan gardu distribusi tersebut, ataupun dalam merencanakan suatu gardu distribusi yang baru. Karakteristik beban ini sangat memegang peranan penting dalam memilih kapasitas transformator secara tepat

<sup>4</sup> Kadir Abdul, *Pembangkit Tenaga Listrik* (Jakarta: Universitas Indonesia ,2010), hal.12

dan ekonomis. Di lain pihak sangat penting artinya dalam menentukan rating peralatan pemutus rangkaian, analisa rugi-rugi dan menentukan kapasitas pembebanan dan cadangan tersedia dan suatu gardu.

Karakteristik beban listrik suatu gardu sangat tergantung pada jenis beban yang dilayaninya. Hal ini akan jelas terlihat dan hasil pencatatan kurva beban suatu interval waktu. Berikut ini beberapa faktor yang menentukan karakteristik beban :

1. Faktor Beban (load factor) Faktor beban adalah perbandingan antara beban rata-rata terhadap beban puncak yang diukur dalam suatu periode tertentu. Beban rata-rata dan beban puncak dapat dinyatakan dalam kilowatt, kilovolt ampere, ampere dan sebagainya, tetapi satuan dari keduanya harus sama. Faktor beban dapat dihitung untuk periode tertentu biasanya dipakai harian, bulanan atau tahunan. Beban puncak yang dimaksud disini adalah beban puncak sesaat atau beban puncak rata-rata dalam interval tertentu (demand maksimum), pada umumnya dipakai demand maksimum 15 menit atau 30 menit. Definisi dari faktor beban ini dapat dituliskan dalam persamaan berikut ini: Faktor beban dapat diketahui dari kurva bebannya. Sedangkan untuk perkiraan besaran faktor beban di masa yang akan datang dapat didekati dengan kata data statistik yang ada berdasarkan jenis bebannya.

Faktor Beban (Fb) =

$$\frac{\text{beban rata-rata dalam periode tertentu}}{\text{beban puncak dalam periode tersebut}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 1)}$$

Bila diterapkan pada pusat pembangkit maka di dapat, menurut definisi :

$$\frac{\text{Frata -rata}}{F_{\text{puncak}}} = \frac{\text{Frata -rata}}{F_p} = \frac{T}{T} \dots\dots\dots \text{Persamaan 3)}$$

Dengan :

T = periode waktu

Prata-rata = Beban rata – rata dalam periode T

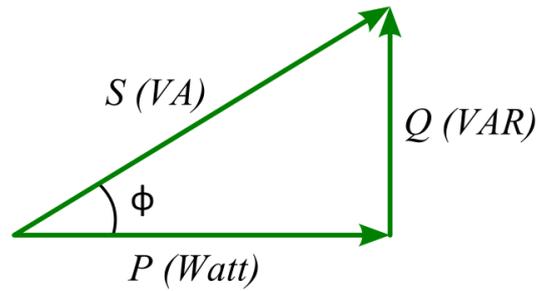
Pp= beban puncak yang terjadi dalam periode T pada selang waktu tertentu (15 menit atau 30 menit).

Bila Prata dan Pp dalam kW dan T dalam jam. Bila T dalam setahun, maka didapat faktor beban tahunan, bila dalam satu bulan didapat faktor beban bulanan dan bila harian, faktor beban harian.

- 2. Beban Harian Faktor beban harian, bervariasi menurut karakteristik dari daerah beban tersebut, apakah daerah pemukiman, daerah industry, perdagangan ataupun gabungan dari bermacam pemakai/pelanggan, juga bagaimana keadaan cuaca atau juga apakah hari libur dan sebagainya.

**2.1.3. Daya Listrik**

Daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik terbagi menjadi tiga jenis, yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya nyata, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar segitiga daya dibawah ini:



Gambar 2.3 Segitiga Daya

<https://mastermepengineering.wordpress.com/2015/02/ilustrasi-segitiga-daya1.png>

Keterangan :

S= Daya Nyata (VA)

P= Daya Aktif (Watt)

Q= Daya Reaktif (V AR)

### 2.1.3.1. Daya Aktif

Daya yang berupa daya kerja seperti daya mekanik, daya panas, daya cahaya dan sebagainya. Daya ini diperlukan supaya mesin dapat melakukan kerja nyata sesuai dengan kapasitas dayanya. Daya aktif dinyatakan dalam satuan Watt (W).

$$P= V \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots\Persamaan 4)$$

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\cos\phi$  = Faktor Daya (0,85)

### 2.1.3.2. Daya Reaktif

Daya yang diperlukan oleh peralatan listrik yang bekerja dengan sistem electromagnet. Daya ini dibutuhkan oleh mesin untuk mempertahankan medan magnetnya agar mesin dapat beroperasi dengan baik. Daya reaktif dinyatakan dalam VAR.

$$Q = V \times I \times \sin \phi \dots\dots\dots \text{Persamaan 5)}$$

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\sin \phi$  = Faktor Daya

### 2.1.3.3. Daya Nyata

Daya nyata (Apparent Power) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya nyata adalah VA.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots \text{Persamaan 6)}$$

Sedangkan energi total dalam arus bolak-balik, baik dihamburkan, diserap ataupun yang kembali disebut sebagai daya semu. Daya semu dilambangkan dengan huruf S dan diukur dalam satuan VA (Volt-Amps)

$$S = V \times I \dots\dots\dots \text{Persamaan 7)}$$

#### 2.1.4 Konsumsi Gas

Gas adalah suatu zat yang paling mudah berubah bentuk dan volumenya sesuai dengan bentuk tempat dan kondisi sekelilingnya. Sifat gas yang dapat diamati adalah : berat, volume, tekanan dan suhunya. Gas ideal adalah gas yang mengikuti teori kinetik molekul gas, sedang yang tidak mengikuti teori gas ini di sebut gas nyata. Teori Kinetik Molekul Gas:<sup>5</sup>

1. Gas terdiri dari melekul-molekul yang sangat kecil. Jarak antara molekul berjauhan. Volume melekul diabaikan terhadap volume tempatnya. Gaya tarik menarik diantara molekul diabaikan.
2. Melekuk-molekul gas bergerak menurut lurus dengan kecepatan tetap selama suhunya tidak berubah.
3. Tenaga kinetik molekul gas berubah sebanding dengan suhu absolutnya. Gas sangat peka terhadap tekanan dan suhu. Tekanan berubah maka volume dan kerapatannya berubah. Karena kerapatan gas sangat kecil maka gas mudah dimampatkan.

Natural Gas atau gas alam merupakan salah satu jenis bahan bakar yang digunakan di pembangkit listrik. Pemakaian Natural Gas saat ini mulai ditingkatkan sebagai salah satu usaha diversifikasi energi pada pembangkit di Indonesia, hal ini juga terjadi di UBP Priok. Mulai tahun 2009 PLTGU Priok mulai memakai bahan bakar Natural Gas sebagai ganti HSD untuk mengoperasikan Gas Turbine. Natural Gas atau gas alam merupakan salah satu bahan bakar fosil yang tidak terbarukan. Natural Gas termasuk dalam bagian Hydrocarbon sebagaimana HSD dan Batubara karena dalam rangkaian

---

<sup>5</sup> Wibowo Heri, *Gas, Larutan dan Penerapan Kimia Praktis* (Yogyakarta: UNY, 2005) h.11

kimia mengandung Hydrogen ( H ) dan Carbon ( C ). Sebagian besar komposisi penyusun natural gas yaitu gas metana (  $\text{CH}_4$  ) ada sebagian etana (  $\text{C}_2\text{H}_6$  ), propana (  $\text{C}_3\text{H}_8$  ) dan beberapa komposisi lainnya.

LNG sering disebut juga dengan gas alam cair. LNG merupakan salah satu proses untuk melakukan penyimpanan natural gas ( gas ) dengan tujuan gas bisa dimanfaatkan di tempat lain tanpa harus membuat jaringan pipa dari sumber gas ke tempat pemakai ( ex. pembangkit ). LNG ini diproses dengan menurunkan temperature gas sampai -  $161^\circ\text{C}$ , sehingga gas mengalami perubahan fase menjadi cair. Gas dalam fase cair (LNG) ini memiliki volume 600 kali lebih besar apabila dibandingkan dengan gas ketika dalam fase gas. LNG ini tidak bisa langsung digunakan, tetapi ketika akan digunakan LNG harus di ubah menjadi fase gas kembali. Sehingga diperlukan unit regasifikasi untuk pemanfaatannya kembali.

### **2.1.5 PLTG**

Turbin gas pertama kali berhasil dioperasikan pada pameran nasional Swiss (Swiss National Exhibition) tahun 1939 di Zurich. Turbin gas yang dibangun antara tahun 1940-an hingga tahun 1950-an efisiensinya hanya sekitar 17 persen; hal ini disebabkan oleh rendahnya efisiensi kompresor dan turbin dan suhu masuk turbin yang rendah karena keterbatasan teknologi metalurgi pada saat itu. Turbin gas terpadu yang pertama kali dipasang pada tahun 1949 di Oklahoma oleh General Electric, bahwa 1 MMBTU menghasilkan daya 4 MW.

#### **2.1.5.1. Komponen PLTG**

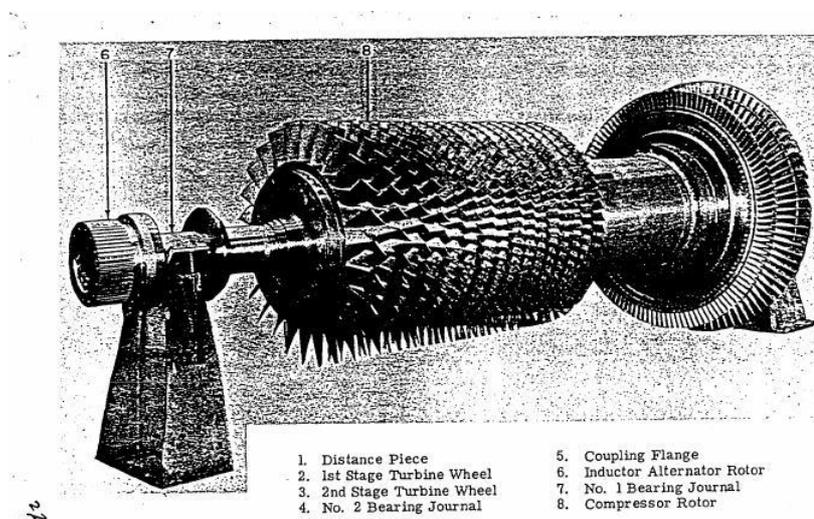
##### **1) Compressor Section**

Komponen utama pada bagian ini adalah aksial flow compressor, berfungsi

untuk mengkompresikan udara yang berasal dari inlet air section hingga bertekanan tinggi sehingga pada saat terjadi pembakaran dapat menghasilkan gas panas berkecepatan tinggi yang dapat menimbulkan daya output turbin yang besar. Aksial flow compressor terdiri dari dua bagian yaitu:

**a. Compressor Rotor Assembly**

Merupakan bagian dari kompresor aksial yang berputar pada porosnya. Rotor ini memiliki 17 tingkat sudu yang mengompresikan aliran udara secara aksial dari 1 atm menjadi 17 kalinya sehingga diperoleh udara yang bertekanan tinggi. Bagian ini tersusun dari wheels, stubshaft, tie bolt dan sudu-sudu yang disusun kosentris di sekeliling sumbu rotor.



Gambar 2.4 Compressor Rotor Assembly  
(sumber: PT.Indonesia Power UBP Priok)

**b. Compressor Stator**

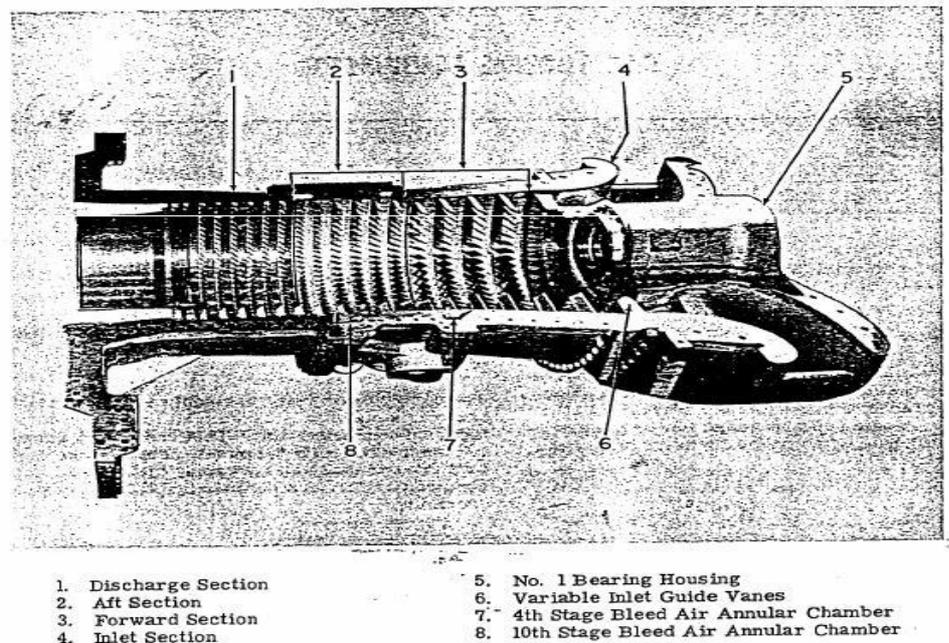
Merupakan bagian dari casing gas turbin yang terdiri dari:

1. *Inlet Casing*, merupakan bagian dari casing yang mengarahkan udara masuk ke inlet bellmouth dan selanjutnya masuk ke inlet guide vane.
2. *Forward Compressor Casing*, bagian casing yang didalamnya terdapat

empat stage kompresor blade.

3. *Aft Casing*, bagian casing yang didalamnya terdapat compressor blade tingkat 5-10.

4. *Discharge Casing*, merupakan bagian casing yang berfungsi sebagai tempat keluarnya udara yang telah dikompresi. Pada bagian ini terdapat compressor blade tingkat 11 sampai 17.



Gambar 2.5 Compressor Stator  
(sumber: PT.Indonesia Power UBP Priok)

## 2) Ruang Bakar

Pada bagian ini terjadi proses pembakaran antara bahan bakar dengan fluida kerja yang berupa udara bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi. Hasil pembakaran ini berupa energi panas yang diubah menjadi energi kinetik dengan mengarahkan udara panas tersebut ke transition pieces yang juga berfungsi

sebagai nozzle. Fungsi dari keseluruhan sistem adalah untuk mensuplai energi panas ke siklus turbin. Sistem pembakaran ini terdiri dari komponen-komponen berikut yang jumlahnya bervariasi tergantung besar frame dan penggunaan turbin gas. Komponen-komponen itu adalah:

1. Combustion Chamber, berfungsi sebagai tempat terjadinya pencampuran antara udara yang telah dikompresi dengan bahan bakar yang masuk.
2. Combustion Liners, terdapat didalam combustion chamber yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya pembakaran.
3. Fuel Nozzle, berfungsi sebagai tempat masuknya bahan bakar ke dalam combustion liner.
4. Ignitors (Spark Plug), berfungsi untuk memercikkan bunga api ke dalam combustion chamber sehingga campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar.
5. Transition Pieces, berfungsi untuk mengarahkan dan membentuk aliran gas panas agar sesuai dengan ukuran nozzle dan sudu-sudu turbin gas.
6. Cross Fire Tubes, berfungsi untuk meratakan nyala api pada semua combustion chamber.
7. Flame Detector, merupakan alat yang dipasang untuk mendeteksi proses pembakaran terjadi.

### **3) Turbin Gas**

Turbin Gas berfungsi untuk membangkitkan energi mekanis dari sumber energi panas yang dihasilkan pada proses pembakaran. Selanjutnya energi mekanis ini akan digunakan untuk memutar generator baik melalui perantara Load Gear ataupun tidak, sehingga diperoleh energy listrik.

Turbin Gas adalah mesin penggerak di mana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar roda turbin<sup>6</sup>. Turbin gas hanyalah merupakan komponen dari suatu sistem turbin gas. Sistem turbin gas yang paling sederhana terdiri dari tiga komponen utama, yaitu: kompresor, ruang bakar, dan turbin.

Udara atmosfer yang masuk kedalam kompresor yang berfungsi mengisap dan menaikkan tekanan udara sehingga temperaturnya akan naik. Kemudian udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi itu masuk kedalam ruang bakar. Didalam ruang bakar disemprotkan bahan bakar kedalam arus udara tersebut sehingga terjadi proses pembakaran.

Pada roda turbin terdapat sudu dan fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut. Apabila kemudian ternyata bahwa roda turbin dapat berputar, maka tentu ada gaya yang bekerja pada sudu. Gaya tersebut timbul karena terjadinya perubahan momentum dari fluida kerja yang mengalir diantara sudu. Jadi sudu haruslah dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja tersebut.

Secara umum turbin terbagi menjadi dua golongan utama: (a) Turbin impuls adalah turbin yang mana proses ekspansi dari fluida kerja hanya terjadi didalam sudu-sudu tetapnya saja. Jadi dalam hal ini diharapkan tidak terjadi penurunan tekanan didalam sudu gerak; (b) turbin reaksi adalah turbin yang mana proses ekspansi dari fluida kerja terjadi baik didalam sudu tetap maupun sudu gerak<sup>7</sup>.

Air, uap dan gas dapat digunakan sebagai fluida kerja turbin. Maka turbin diberi nama sesuai dengan jenis fluida kerjanya. Dengan demikian, turbin uap,

---

<sup>6</sup> Wiranto Arismunandar. *Penggerak Mula Turbin* (Bandung: ITB, 1997)h. 2

<sup>7</sup> Ibid, h. 13

turbin gas, dan turbin air berturut-turut adalah turbin dengan uap, gas, dan air sebagai fluida kerja. Oleh karena karakteristik uap, gas dan air tidak sama, maka kondisi operasi dan karakteristik turbin uap, turbin gas dan turbin air juga berbeda, masing-masing mempunyai ciri, keuntungan, kerugian serta kegunaan yang berbeda.

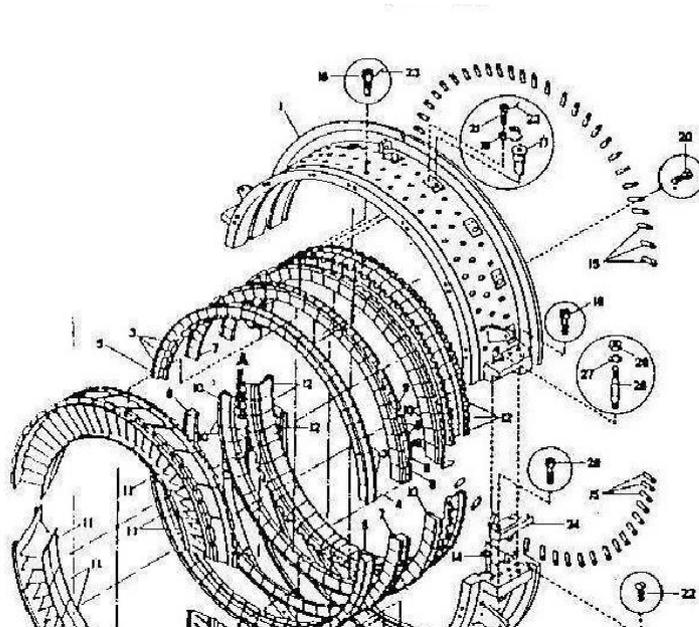
Turbin gas adalah sebuah mesin panas pembakaran dalam. Proses kerjanya seperti motor bakar, yaitu udara atmosfer dihisap masuk kompresor dan dikompresi. Kemudian udara mampat masuk ruang bakar dan dipakai untuk proses pembakaran, sehingga diperoleh suatu energi panas yang besar. Energi panas tersebut diekspansi pada turbin dan menghasilkan energi mekanik pada poros, sisa gas pembakaran yang keluar dari turbin menjadi energi dorong (turbin gas pesawat terbang). Jadi jelas bahwa turbin gas adalah mesin yang bisa mengubah energi panas menjadi energi mekanik atau dorong. Bagian-bagian Turbin Gas :

#### **a. Sudu Tetap**

Turbine Casing atau Turbine Cylinder dapat dilepas melalui sambungan horisontal dan sambungan vertikal. Sambungan horisontal membagi casing menjadi Lower Casing (belahan bawah) dan Upper Casing (belahan atas). Upper Casing dapat diangkat pada waktu melaksanakan Overhaul. Sambungan vertikal membagi casing menjadi Turbine Cylinder (Power Turbin), Exhaust Cylinder dan Exhaust manifold. Pada casing terpasang Sudu Tetap (Fixed Blades, Stationary Vanes) dalam bentuk diaphragma (Blade Ring). Setiap diaphragma terdiri dari vane segment dan ring segment. Fixed Blades (Vanes) akan dialiri

oleh gas panas hasil pembakaran yang bertemperatur sekitar 11000C oleh karenanya perlu mendapat pendinginan. Setiap diaphragma dipasang pada alur yang tersedia pada casing, sehingga pada saat overhaul dapat dilepas. Jumlah tingkat diaphragma sesuai dengan jumlah tingkat Moving Blades yaitu antara 2 sampai 4 tingkat.

Setelah melewati bagian turbin, gas panas akan memasuki bagian exhaust cylinder. Disini tempeeratur dan tekanan gas sudah berkurang. Selanjutnya gas hasil pembakaran dibuang kecerobong melalui Exhaust manifold. Exhaust manifold, Exhaust acylinder, Turbin Cylinder, Combustion Chamber dan Kompresor Casing dibaut saling bersambungan menjadi satu. Antara Exhaust Manifold dengan Transition Duct atau sambungan ke cerobong dipasang Expantion joint agar Casing dapat memuai dengan bebas.



Gambar 2.6 Sudu Tetap  
(Sumber: PT.Indonesia Power UBP Priok)

### **b. Sudu Jalan.**

Rotor Turbin dan rotor kompresor dibaut menjadi satu. Setelah kedua rotor ini dipasang Sudu Jalan (Moving Blades) akan terbentuklah satu unit rotor lengkap. Pada rotor turbin dipasang Moving Blades yang jumlah tingkatnya antara 2 sampai dengan 4. Spindle turbin terdiri dari Torque Tubes dan beberapa buah disc (jumlah disc sama dengan jumlah tingkat blades) Torque Tubes beserta disc dibaut menjadi satu. Torque Tube berupa cylinder berfungsi untuk menyambungkan rotor turbin terhadap rotor kompresor. Disc terbuat dari baja paduan. Satu disc terhadap disc lainnya dihubungkan dengan Curvic Coupling (sambungan bergerigi). Moving Blades dipasang pada disc membentuk satu lingkaran penuh. Blades tingkat pertama dan tingkat kedua umumnya dibuat dari baja paduan tahan panas yang dicor, sedangkan blades tingkat selanjutnya dibuat dari baja paduan tahan panas yang ditempa. Kaki blades dan alur tempat pemasangannya berbentuk gerigi, dikenal dengan istilah Christmast Tree Roots. Semua blades dapat dilepas dari disc tanpa harus melepas blades lainnya. Cukup dengan mengangkat. Upper Casing, tanpa mengangkat rotor, blades dapat dilepas dan diganti apabila diperlukan.



Gambar 2.7 Sudu Jalan

(Sumber: PT.Indonesia Power UBP Priok)

### c. Saluran Gas Buang.

Setelah melalui turbin , gas akan melalui bagian Exhaust Cylinder. Disini temperatur dan tekanan gas sudah berkurang. Selanjutnya gas panas akan dibuang kecerobong melalui Exhaust Manifold , Exhaust Duct dan Exhaust Silencer. Exhaust Manifold, Exhaust Cylinder, Turbin Cylinder, Combustion Chamber, dan Kompresor Casing dibaut / dirangkai saling berhubungan menjadi satu. Antara Exhaust Manifold dengan Transition Duct atau sambungan ke cerobong dipasang Expansion Joint agar Casing dapat memuai dengan bebas kearah cerobong . Untuk mengurangi kebisingan akibat gas buangan dari turbin yang keluar ke cerobong, didalam cerobong dipasang Exhaust Silencer.

Gas buang merupakan hasil pembakaran sempurna yang terjadi didalam ruang bakar yang telah terpakai untuk menggerakkan turbin gas pada sistem turbin gas. Umumnya komponen gas buang terdiri dari CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O dan komponen yang masih dapat terbakar (combustable gas) seperti CH<sub>4</sub> (methan). Nilai kalor tertinggi diperoleh dari bahan bakar, bila pembakaran sempurna. Pada pembakaran sempurna semua komponen yang dapat terbakar habis terbakar. Untuk mendapatkan pembakaran sempurna dibutuhkan kelebihan udara, tetapi semakin banyak udara semakin besar kehilangan panas<sup>8</sup>.

Gas buang yang keluar dari turbin, temperaturnya bervariasi antara 400°C – 700°C, disamping itu gas buang dari sistem turbin gas masih mengandung banyak oksigen karena sistem turbin gas menggunakan

---

<sup>8</sup> SPLN. *Pedoman Penerapan Metode Asme Untuk Analisa Gas Buang* (Jakarta: Deptamben-PLN,1981), h.1

campuran bahan bakar dan udara. Dalam hal ini rendemen Efisiensi kompresor dan Efisiensi Turbin mempunyai pengaruh terhadap besarnya temperature gas buang. Apabila suhu gas buang dibatasi, maka suhu pada ruang bakar meningkat dan perbandingan ekspansinya makin besar<sup>9</sup>. Temperatur gas buang juga dipengaruhi oleh jenis-jenis turbin gas yang dibuat dari pabrikan.

#### **d. Saluran Udara Pendingin**

Rotor dan stator turbin (moving blades dan fixed blades) harus didinginkan untuk menghindari kerusakan karena komponen ini bekerja dengan temperatur gas yang tinggi. Udara pendingin diperoleh dari kompresor aksial. Untuk mendinginkan fixed blades tingkat pertama, udara pendingin diambil dari sisi discharge kompresor aksial dengan terlebih dahulu diturunkan temperaturnya pada Cooler. Pendingin tingkat berikutnya diambil dari bleeding kompresor pada tingkat yang sesuai. Untuk mendinginkan rotor berikut Moving Blades, udara pendingin dari sisi discharge kompresor setelah melalui cooler, dimasukkan ke dalam rongga pada rotor. Dari dalam rongga, udara masuk ke bagian kaki Moving Blades, lalu keluar diujung dan dipermukaan blades.

---

<sup>9</sup> Fritz Dietzel. *Turbin, Pompa, Kompresor*, (Jakarta: Erlangga, 1990), h.160

**e. Bantalan (Bearing).**

Rotor turbin dan rotor kompresor ditopang oleh dua Bantalan Journal (Journal Bearing) dan satu Bantalan Aksial (Thrust Bearing). Seperti yang sudah dijelaskan terdahulu, salah satu journal bearing dipasang disisi udara masuk kompresor. Satu bearing lainnya dipasang di dalam bagian Exhaust Cylinder yaitu disisi Exhaust turbin gas. Bearing housing pada turbin exhaust ditopang oleh rangka berbentuk jari-jari yang dikenal dengan nama Tangential Struts. Cara menopang seperti ini akan memberi kebebasan pada penopang untuk memuai akibat temperatur tinggi, akan tetapi tetap menjaga agar posisi bearing tidak menjadi misalignment.

**f. Auxiliary Gear.**

Auxiliary Gear adalah roda gigi yang menghubungkan poros Turbin Gas terhadap Starting Device, atau terhadap peralatan bantu seperti pompa Bahan Bakar dan Pompa Minyak Pelumas.

**4) Generator**

Generator berfungsi untuk merubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Generator ini sering disebut juga sebagai alternator, generator AC (alternating current), atau generator sinkron.

Generator arus bolak-balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

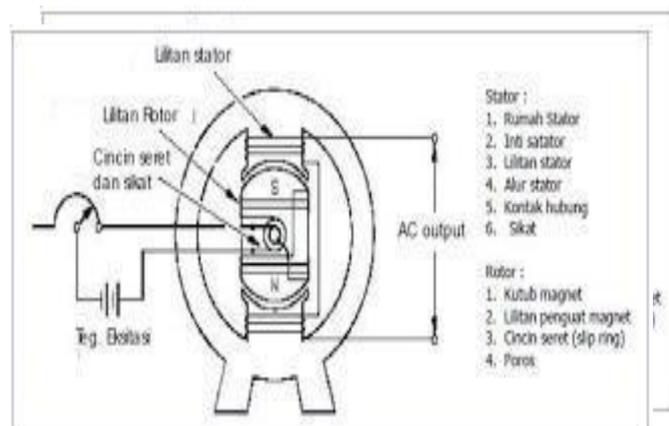
- Generator arus bolak-balik 1 fasa
- Generator arus bolak-balik 3 fasa

### a. Konstruksi Generator Arus Bolak-balik

Konstruksi generator arus bolak-balik ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu:

- 1) stator, yakni bagian diam yang mengeluarkan tegangan bolak balik, dan
- 2) rotor, yakni bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator.

Stator terdiri dari badan generator yang terbuat dari baja yang berfungsi melindungi bagian dalam generator, kotak terminal dan name plate pada generator. Inti Stator yang terbuat dari bahan ferromagnetik yang berlapis-lapis dan terdapat alur-alur tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator yang merupakan tempat untuk menghasilkan tegangan. Sedangkan, rotor berbentuk kutub sepatu (salient) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder).

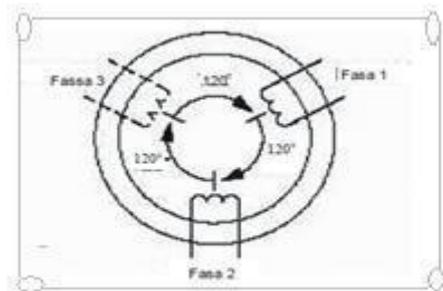


Gambar 2.8 Stator dan Rotor pada Generator  
(Sumber: PT.Indonesia Power UBP Priok)

## b. Prinsip Kerja Generator Arus Bolak-balik

Prinsip dasar generator arus bolak-balik menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik.

Prinsip kerja generator arus bolak-balik tiga fasa (alternator) pada dasarnya sama dengan generator arus bolak-balik satu fasa, akan tetapi pada generator tiga fasa memiliki tiga lilitan yang sama dan tiga tegangan outputnya berbeda fasa  $120^\circ$  pada masing-masing fasa.



Gambar 2.9. Generator  
(Sumber: PT.Indonesia Power UBP Priok)

Besar tegangan generator bergantung pada :

- Kecepatan putaran (N)
- Jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluk (Z)
- Banyaknya fluk magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet (f)
- Jumlah Kutub

Jumlah kutub generator arus bolak-balik tergantung dari

kecepatan rotor dan frekuensi dari ggl yang dibangkitkan.

Hubungan tersebut dapat ditentukan dengan persamaan :

$$F = pn/120 \dots \dots \dots \text{Persamaan 8)}$$

dimana:

f = frekuensi tegangan (Hz)

p = Jumlah kutub pada rotor

n = kecepatan rotor (rpm)

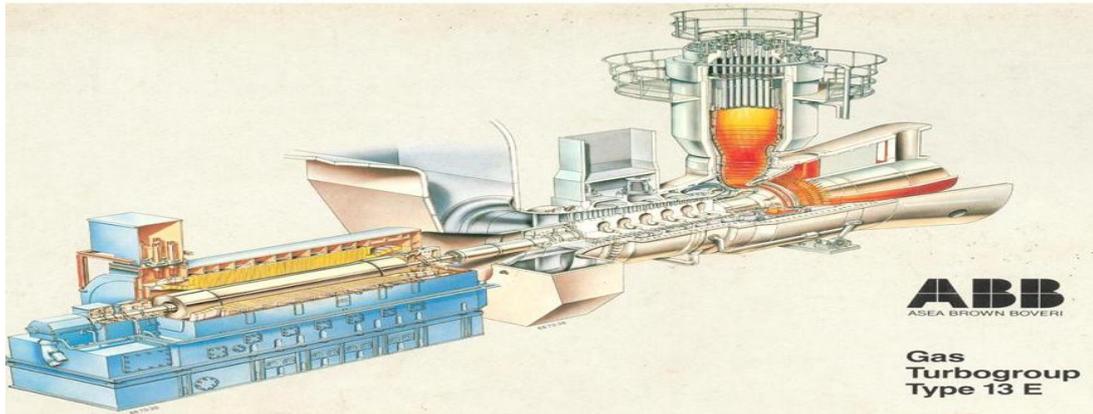
### 5) Penggerak Mula

Berfungsi untuk melakukan start up sebelum turbin bekerja. Jenis-jenis starting equipment yang digunakan di unit-unit turbin gas pada umumnya adalah :

- a. Diesel Engine, (PG –9001A/B)
- b. Induction Motor, (PG-9001C/H dan KGT 4X01, 4X02 dan 4X03)

Generator Reverse Power

Berikut diberikan gambar mengenai unit turbin gas PT. Indonesia Power UBP Priok ditunjukkan oleh gambar 2.4 beserta tabel data instalasi generator GT 21 ditunjukkan oleh tabel 2.2.



Gambar 2.10 Turbin Gas  
(Sumber : PT.Indonesia Power UBP Priok)

Tabel 2.1 Data Instalasi Generator GT 2.1

<b>Generator GT 2.1</b>	
Manufaktur	ABB
Type	13
Tahun Pembuatan	1994
Frekuensi	50Hz
Tegangan	15,75 Kv
Daya Aktif	130 MW
Sistem Ilokasi	Micadur
Sistem Pendingin	Udara

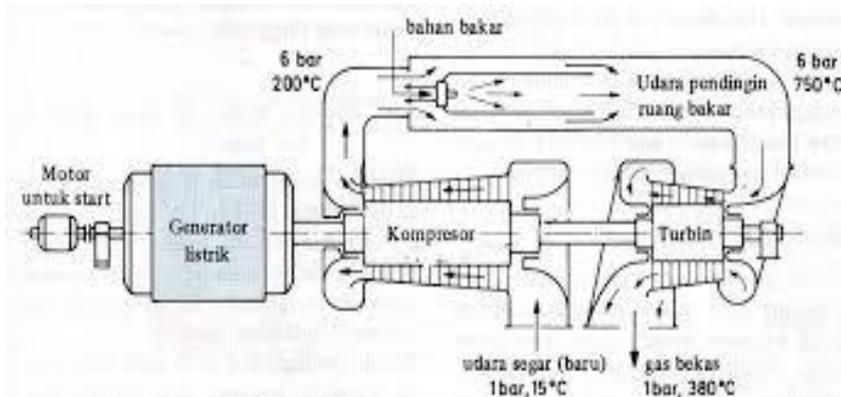
Persamaan turbin gas dengan motor bakar adalah pada proses pembakarannya yang terjadi didalam mesin itu sendiri. Disamping itu, proses kerjanya adalah sama yaitu hisap, kompresi, pembakaran, ekspansi, dan buang. Perbedaannya adalah turbin gas bekerja secara kontinu tidak

bertahap. Semua proses yaitu hisap, kompresi, pembakaran, dan buang adalah berlangsung bersamaan. Pada motor bakar prosesnya bertahap dinamakan langkah, yaitu langkah hisap, kompresi, pembakaran dan buang. Antara langkah satu dengan yang lainnya saling bergantung dan bekerja bergantian. Pada proses ekspansi turbin gas, terjadi perubahan energi dari energi panas menjadi energi mekanik putaran poros turbin, sedangkan pada motor bakar pada langkah ekspansi terjadi perubahan energi panas menjadi energi mekanik gerak bolak balik torak. Dengan kondisi tersebut, turbin bekerja lebih halus dan tidak banyak getaran. Keunggulan dari turbin gas adalah mesinnya yang ringan dan ukuran yang kecil bisa menghasilkan daya yang besar.

Proses pembakaran berlangsung dengan tekanan konstan, sehingga ruang bakar hanyalah berfungsi untuk menaikkan temperatur udara. Gas pembakaran yang bertemperatur tinggi itu masuk kedalam turbin dan energinya digunakan untuk melakukan kerja memutar roda turbin. Sebanyak  $\pm 60\%$  daya yang dihasilkan turbin digunakan untuk memutar kompressornya sendiri dan sisanya baru dapat digunakan untuk memutar beban (generator listrik, pompa dan lain sebagainya)<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Wiranto Arismunandar. *Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi*. (Bandung : ITB, 2002) h.47



Gambar 2.11. Skema suatu instalasi dari sistem turbin gas  
 (Sumber: Fritz Dietzel. Turbin, Pompa dan Kompresor.  
 Jakarta : Erlangga)

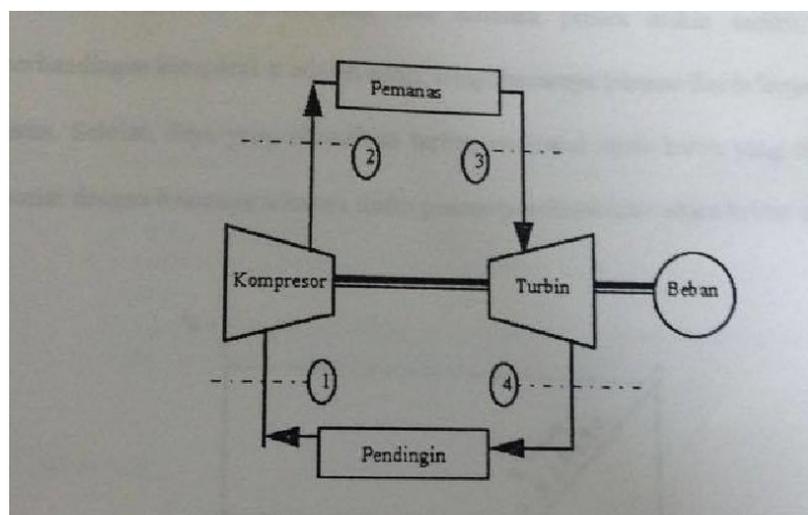
Secara umum, siklus turbin gas terdiri sistem terbuka dan sistem tertutup. Di dalam sebuah turbin gas sistem terbuka, udara atmosfer di kompresikan dengan sebuah kompresor rotary dari tekanan  $p_1$  mencapai tekanan  $p_2$ , dan kemudian mengalir nya masuk keruang bakar atau pembakaran, dimana bahan bakar kemudian diinjeksikan terbakar. Pembakaran berlangsung dengan tekanan konstan  $p_2$ . Suhu akhir gas setelah pembakaran menjadi  $T_3$ . gas hasil pembakaran pada suhu  $T_3$  berekspansi didalam.

Pemindahan kalor yang mendinginkan fluida kerja tersebut mencapai  $T_1$ . kompresor dan turbin dikopel satu sama lain, sehingga kompresor dapat menerima daya langsung dari turbin.

Ciri-ciri khas suatu sistem terbuka <sup>11</sup> adalah :

1. suatu kompresor udara mengkompresi udara, hingga suatu tekanan 3-4 atm.
2. suatu ruang pembakaran dimana bahan-bahan dibakar dan udara dinaikkan, hingga suatu temperatur yang tinggi pada tekanan konstan.
3. suatu turbin, dimana gas diekspansikan turun hingga mendekati tekanan atmosfer.

Pada turbin gas dengan sistem tertutup, sejumlah fluida kerja tetap dipergunakan terus menerus. Berbeda dengan sistem terbuka, fluida kerja melewati sebuah alat pemindah kalor yang mendinginkan fluida kerja tersebut mencapai  $T_1$ . Kompresor dan turbin dikopel satu sama lain, sehingga kompresor dapat menerima daya langsung dari turbin.



Gambar 2.12 Turbin Gas sistem Tertutup  
(Sumber : Wiranto Arismunandar, Penggerak Mula Turbin, Bandung: ITB,1997)

<sup>11</sup> Sulasno, *Pusat Pembangkit Tenaga Listrik* (Semarang : Setya Wacana, 1991), h. 58

Jalannya proses turbin gas dengan sistem tertutup dibahas dalam diagram T- s.

Didalam diagram T- s terdapat beberapa luasan yang artinya sebagai berikut :

$$\text{Panas masuk } q_{\text{masuk}} = a - 2 - 3 - 4 - b$$

$$\text{Panas keluar } q_{\text{keluar}} = 5 - 6 - 1 - a - b$$

$$\text{Daya yang berguna (Daya efektif) } w = 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 1$$

Dalam hal ini perpindahan panas terjadi dengan sempurna tanpa kerugian sehingga  $T_3 = T_5$  dan  $T_6 = T_2$ .

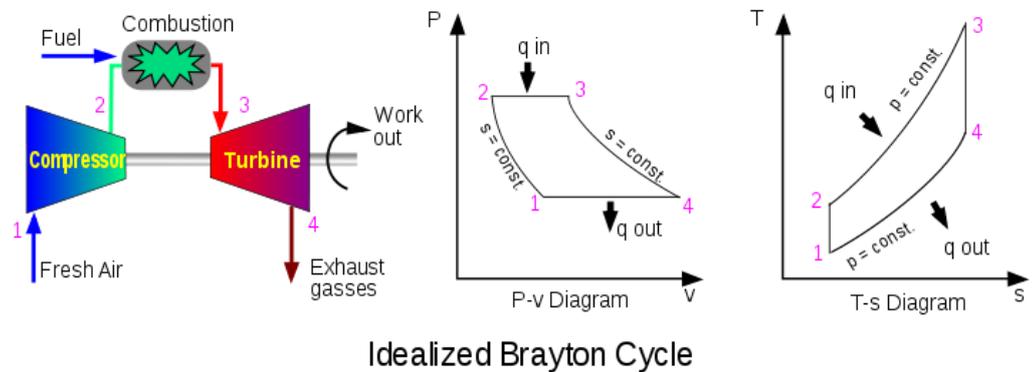
Pengaturan proses siklus turbin gas sistem tertutup dilakukan dengan jalan mengubah-ubah banyaknya kapasitas fluida kerja. Bila daya yang dihasilkan turbin harus diperkecil, maka fluida kerja atau udara sesudah kompresor dikeluarkan dengan demikian dengan kapasitas yang ikut didalam proses makin sedikit. Besarnya perbandingan kompresi  $\Omega$  adalah tetap, tetapi besarnya tekanan fluida kerja atau udara turun. Setelah daya yang dihasilkan turbin mencapai suatu harga yang tertentu yang sesuai dengan besarnya tekanan, maka proses penghembusan udara keluar dihentikan.

#### **2.1.5.2. Siklus Turbin Gas/ Siklus Brayton**

Siklus untuk turbin gas, dikenal dengan siklus brayton, yang merupakan siklus fundamental bagi pengembangan siklus brayton, yang merupakan siklus fundamental bagi pengembangan turbin gas.

Siklus ini terdiri dari; (1) proses kompresi udara oleh kompresor, (2) proses pembakaran didalam ruang bakar, (3) proses ekspansi gas di dalam turbin, (4) proses pembuangan gas bekas<sup>12</sup>.

Pemaparan mengenai bagaimana proses terjadinya siklus brayton dalam turbin gas ditunjukkan melalui gambar 2.12 .



Gambar 2.13 Siklus Brayton  
(Sumber : braytonenergy.net)

Mengacu pada gambar 2.13 dijelaskan bahwa udara lingkungan sebagai fluida kerja dengan tekanan atmosfer pada titik 1 dihisap kompresor dan ditekan sampai titik 2. Pada proses ini tidak ada penambahan kalor, tetapi akibat proses kompresi suhu udara dan tekanannya akan naik menjadi sekitar 603 K/12 bar. Pada saat udara meninggalkan kompresor, udara masuk pada titik 2 dimana saat ini bahan bakar diinjeksikan dan proses pembakaran terjadi. Proses pembakaran terjadi pada tekanan konstan. Sistem pembakaran dirancang untuk pencampuran udara dan bahan bakar

<sup>12</sup> Tulus Ruseno. *Analisa performance & Effisiensi Thermal Turbin Gas Untuk Pembangkit Tenaga Listrik* (Jakarta : PT. Indonesia Power, 2013), h.5.

secara sempurna. Kemudian hasil pembakaran saat meninggalkan ruang bakar titik 3 merupakan suhu rata-rata sekitar 1343 K.

Pada bagian turbin yaitu proses 3 ke 4 energi dari hasil pembakaran diubah menjadi kerja. Pengubahan ini dilakukan dengan dua tahap, yaitu pada setiap tahap awal gas diexpansikan dan energi termis diubah menjadi energi kinetik, yang dilakukan pada setiap suhu tetap, sedangkan pada suhu jalan energi kinetik diubah menjadi energi mekanik dan selanjutnya diubah menjadi kerja. Besar suhu gas pada titik 4 sekitar 802 K dibuang ke lingkungan untuk jenis siklus terbuka, sedangkan pada siklus ganda dimanfaatkan pada proses pemanasan air dalam HRSG. Sehingga nilai Efisiensi siklus brayton adalah sebagai berikut;

$$\eta = 1 - \frac{T_1 - T_4}{T_3 - T_2} \dots\dots\dots \text{Persamaan 9)}^{13}$$

Kerja yang dihasilkan adalah jumlah panas masuk:

$Q_{in}$  dikurangi panas yang dibuang :  $Q_{out}$ , atau kerja =  $Q_{in}$  dikurangi panas yang menggerakkan kompresor yang besarnya sekitar 55-60 % dari total hasil ekspansi turbin. Sisa kerja poros siap diubah menjadi energi listrik pada generator.

---

<sup>13</sup> Ibid,h.27

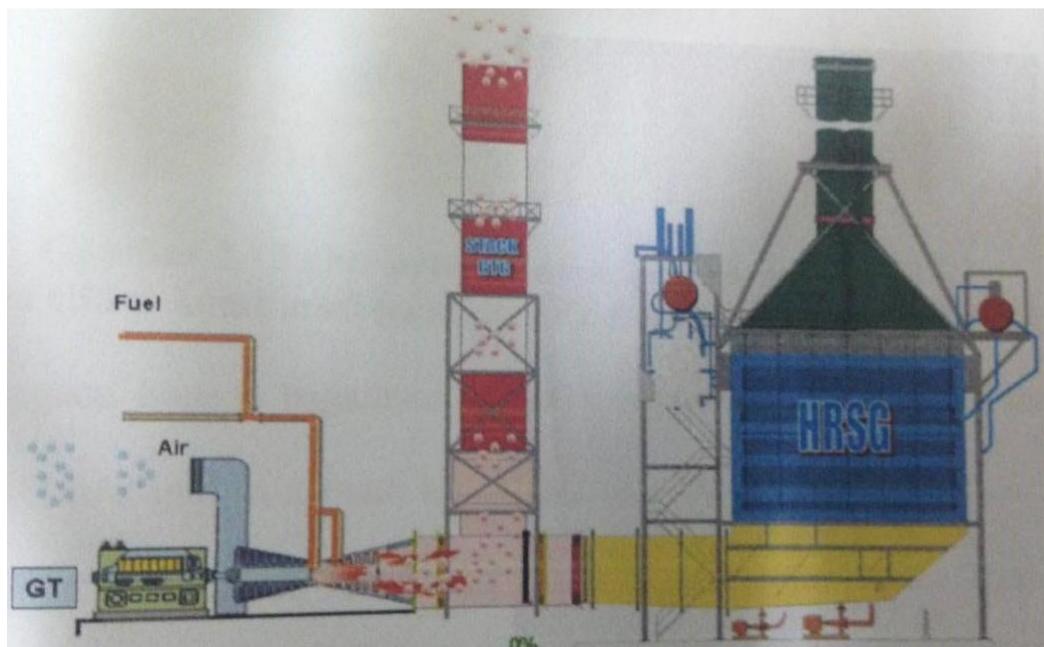
### 2.1.6. HRSG ( Heat Recovery Steam Generator )



- **Type** : Unfire, energi panas dari Exhaust gas GT, Natural Circulation Type (Vertical Flow)
- **Kapasitas** : 2 x 240 MW ( temp HRSG inlet 600° C )
- **Pabrikasi** : MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES

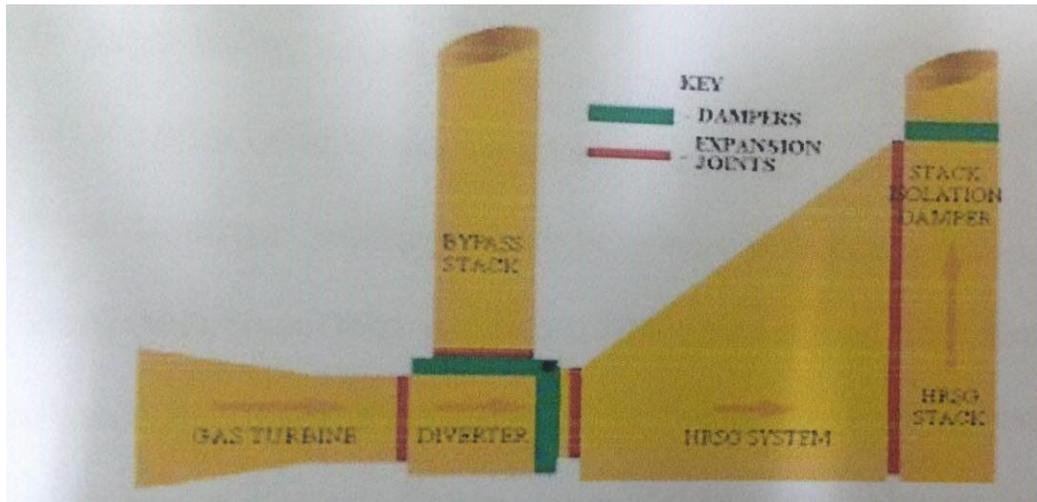
Gambar 2.14 HRSG (Heat Recovery Steam Generator)  
(Sumber: PT. Indonesia Power UBP Priok)

Heat Recovery Steam Generator (HRSG) merupakan peralatan yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap pada temperatur dan tekanan tertentu dengan memanfaatkan energi kalor dari gas buang dari Gas Turbin Generator (GTG) yang masih tinggi dengan temperature  $\pm 550^{\circ}\text{C}$ . Peralatan ini terdapat pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) yang menggunakan siklus kombinasi (Combined Cycle). HRSG bertujuan untuk memanfaatkan panas dari aliran gas panas. HRSG memproduksi uap untuk menggerakkan steam turbin dan kemudian steam turbin dapat membangkitkan energi listrik maka HRSG adalah merupakan bagian terpenting dari sistem pembangkitan listrik pada PLTGU. Ilustrasi fungsi pemanfaatan kalor energi gas buang gas turbin oleh HRSG ditunjukkan oleh gambar 2.15.



Gambar 2.15 Proses Pemanfaatan Gas Buang Oleh HRSG.  
(Sumber: PT. Indonesia Power UBP Priok)

Karena boiler HRSG PLTGU memanfaatkan energi kalor dari gas buang turbin gas, maka pada jenis sistem pembangkit listrik ini HRSG tidak dilengkapi dengan pembangkar dan tidak mengonsumsi bahan bakar, sehingga tidak terjadi proses perpindahan atau penyerapan panas radiasi. Tentunya dengan kata lain HRSG hanya beroperasi pada saat pengoperasian PLTGU dengan siklus kombinasi. Proses perpindahan atau penyerapan yang terjadi hanyalah proses konveksi dan konduksi dari gas buang turbin gas kedalam air yang akan diproses menjadi uap melalui elemen-elemen pemanas didalam air yang akan diproses menjadi uap melalui elemen-elemen pemanas didalam ruang boiler HRSG. Berikut digambarkan bagaimana gas buang sebagai exhaust turbin gas dimanfaatkan oleh HRSG melalui gambar 2.16.



Gambar 2.16 Alur pemanfaatan gas buang oleh HRSG pada siklus kombinasi  
(Sumber: PT.Indonesia Power UBP Priok)

Mengacu kepada bagaimana proses penggabungan turbin gas dan turbin uap, PLTGU merupakan sebuah kombinasi dari karakteristik siklus dari masing-masing turbin yang mana kombinasi ini menggabungkan siklus Brayton dari turbin gas dan siklus Rankine dari turbin uap. Kapasitas produksi uap yang dihasilkan HRSG bergantung pada kapasitas energi panas yang masih dikandung gas buang dari unit turbin gas, yang berarti bergantung pada beban unit turbin gas.

Rumus efisiensi HRSG adalah sebagai berikut<sup>14</sup>:

$$\eta = \frac{\text{kalor yang berguna untuk penguapan}}{\text{kalor yang diberikan pada ketel}}$$

$$\eta = \frac{B (H_1 - H')}{G \times LHV} \dots \dots \dots \text{Persamaan 10)}^{15}$$

<sup>14</sup> Pudjanarsa, Astu . *Mesin konversi Energi* (Yogyakarta: Andi, 2006).h.96

<sup>15</sup> Opcit, Tulus Ruseno, h.30

Yang mana:

B : Produksi Uap tiap jam (kg)

H' : Entalpi air

HI : Entalpi uap

G : Berat Bahan bakar/jam

LHV : nilai

Pada dasarnya turbin gas yang beroperasi pada putaran tetap, aliran udara masuk kompresor juga tetap, perubahan beban turbin yang tidak konstan dengan aliran bahan bakar tetap, sehingga suhu gas buang juga berubah-ubah mengikuti perubahan beban turbin gas. Dalam proses pemanfaatan gas buang dari turbin gas, HRSG bekerja dengan membagikan uap pada sisi tekanan yang berbeda-beda, yaitu dipisahkan berdasarkan uap bertekanan rendah (*LP*) dan uap bertekanan tinggi (*HP*).

#### **2.1.7. Turbin Uap**

Turbin uap adalah pesawat dengan aliran tetap (*steady flow machine*) yang mana uap melalui nosel diekspansikan ke sudu-sudu turbin dengan penurunan yang drastis sehingga terjadi perubahan energi kinetik pada uap. Energi kinetik uap yang keluar dari nosel diberikan pada sudu-sudu turbin.

Mesin tenaga uap merupakan jenis mesin pembakaran luar, fluida kerja dengan sumber energi terpisah. Sumber energi kalor dari proses pembakaran digunakan untuk membangkitkan uap panas didalam HRSG.

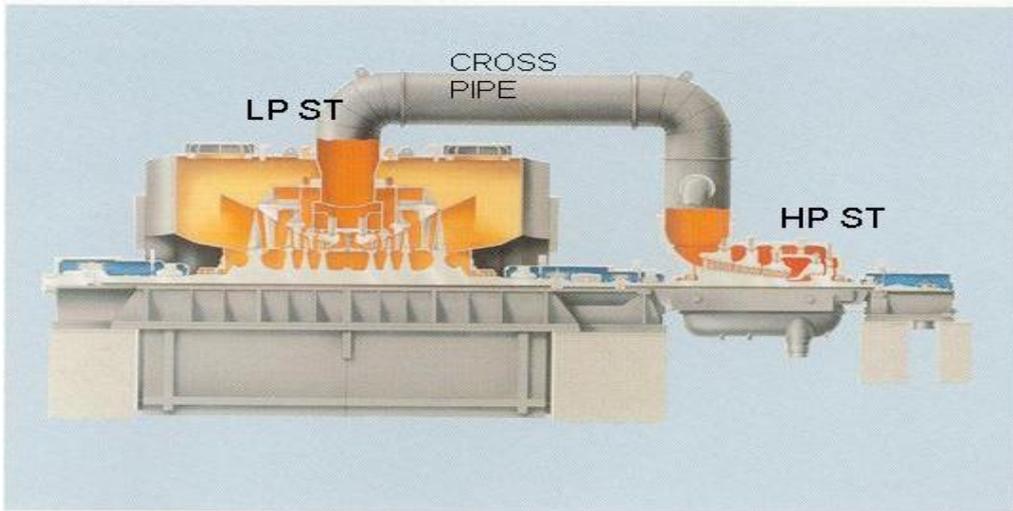
Maka dari itu turbin uap adalah suatu penggerak mula yang merubah energi potensial uap menjadi energi kinetik lalu diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Sebagai perbandingan dengan mesin torak yang bekerja karena ekspansi energi panas gas atau uap didalam silinder yang mendorong torak untuk bergerak bolak balik, turbin uap pun mempunyai energi kinetik tinggi yang akan mendorong torak atau sudu kemudian bergerak. Berikut ditunjukkan ilustrasi turbin uap pada gambar 2.17.

Dalam turbin uap, energi primer dikonversikan menjadi energi listrik adalah bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan dapat berupa batubara (padat), minyak (cair), atau gas<sup>16</sup>. Ada kalanya PLTU menggunakan kombinasi beberapa macam bahan bakar.

Konversi energi tingkat pertama yang berlangsung dalam PLTU adalah konversi energi primer menjadi energi panas (kalor). Hal ini dilakukan dalam ruang bakar dari ketel uap PLTU. Energi panas ini kemudian dipindahkan kedalam air yang ada dalam pipa ketel untuk menghasilkan uap yang dikumpulkan dalam drum dari ketel. Uap dari ketel dialirkan ke turbin uap. Dalam turbin uap, energi (enthalpy) uap dikonversikan menjadi energi mekanis penggerak generator, dan akhirnya energi mekanik dari turbin uap ini dikonversikan menjadi energi listrik oleh generator.

---

<sup>16</sup> Marsudi, Djiteng. *Pembangkitan Energi Listrik*. (Jakarta: Erlangga, 2005). h. 100



Gambar 2.17 Turbin Uap  
(Sumber : PT.Indonesia Power UBP Priok) Turbin Uap.

#### 2.1.8. Gambaran Umum PLTGU Priok

Perubahan energi PLTGU yaitu dari energi gas alam menjadi energi kalor, kemudian menjadi kinetik, dan akhirnya menjadi energi listrik. PLTGU merupakan salah satu sistem pembangkit listrik yang mampu mencapai efisiensi yang cukup tinggi sebagai keunggulannya dengan alasan pokok bahasan berikut: (1) PLTGU memiliki spesifik biaya investasi yang rendah; (2) PLTGU memiliki efisiensi yang paling tinggi; (3) Dapat memakai bahan bakar gas, minyak ataupun keduanya; (4) Masuk dan keluar jaringan dengan cepat<sup>17</sup>.

Unit Bisnis Pembangkitan Priok ini menempati areal seluas 28 ha di tepi pantai Jakarta Utara, mengelola sejumlah pusat listrik tenaga thermal yang

---

<sup>17</sup> PT.Indonesia Power. *Pengenalan PLTGU Indonesia Power* (Jakarta: PT. Indonesia Power, 2014), h.12

menggunakan bahan bakar gas alam, minyak residu (MFO) dan minyak solar (HSD) dengan kapasitas terpasang sebesar 1.455,68 MW

Tabel 2.2 Unit Bisnis Pembangkitan Priok

Mesin Pembangkit	Daya Terpasang	Merek Turbin	Tahun Operasi
PLTU 4	50 MW	Mitsubishi	1972
PLTU 3	50 MW	Mitsubishi	1972
PLTG 1	26 MW	WH	1976
PLTG 2	26 MW	WH	1976
PLTG 3	48,8 MW	GE	1977
PLTG 4	48,8 MW	GE	1977
PLTGU GT 1-1	130 MW	ABB	1993
PLTGU GT 1-2	130 MW	ABB	1993
PLTGU GT 1-3	130 MW	ABB	1993
PLTGU ST 1-0	200 MW	ABB	1994
PLTGU GT 2-1	130 MW	ABB	1994
PLTGU GT 2-2	130 MW	ABB	1994
PLTGU GT 2-3	130 MW	ABB	1994
PLTGU ST 2-0	200 MW	ABB	1994
PLTD 1	2,25 MW	MAN	1961
PLTD 2	3,0 MW	RUSTON	1990
PLTD 3	2,25 MW	MAN	1961
PLTD 4	2,25 MW	MAN	1961
PLTD 5	2,25 MW	MAN	1961
PLTD 6	3,0 MW	RUSTON	1990

Unit bisnis Pembangkitan Priok merupakan salah satu Unit Bisnis Pembangkitan besar yang dimiliki oleh PT. Indonesia Power. Saat ini terpasang 16 unit pembangkit terdiri dari dua unit PLTG siklus terbuka, enam unit PLTD, dua blok PLTGU yang setiap bloknya terdiri dari 3 unit turbin gas dan 1 unit PLTU<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> [www.indonesiapower.co.id](http://www.indonesiapower.co.id) (diakses pada tanggal 04 Oktober 2015)

## 2.2. Kerangka Berfikir

Pengaruh adalah suatu keadaan ada hubungan timbal balik, atau hubungan sebab akibat antara apa yang mempengaruhi dengan apa yang dipengaruhi. Tenaga listrik berperan besar bagi kehidupan manusia. Kebutuhan listrik yang kian meningkat serta berkurangnya sumber energi menuntut pemerintah serta perusahaan swasta untuk membangun pembangkit dan mengoptimalkan kinerja pembangkit. Namun, seringkali terjadi permasalahan selama pembangkit beroperasi.

Turbin gas adalah suatu penggerak mula yang memanfaatkan gas sebagai fluida kerja. Dalam turbin gas, energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik berupa putaran yang menggerakkan roda turbin sehingga menghasilkan daya. Kebutuhan gas alam untuk pembangkitan tenaga listrik di Indonesia tidak selalu tercukupi. PLN menghadapi persoalan kecukupan pasokan gas di beberapa pembangkit skala kecil maupun skala besar. Pasokan gas ke pusat pembangkit PLN pada kenyataannya mengalami penurunan.

Permintaan daya listrik untuk kebutuhan rumah tangga; bisnis; sosial; umum dan kebutuhan pengembangan industri setiap saat selalu menunjukkan peningkatan yang sangat pesat. Hal tersebut berpotensi terjadinya pemadaman pada waktu beban puncak karena kurang tersedianya daya listrik.

Kerangka berpikir ini dimaksudkan untuk memberikan pengetahuan mengenai pengaruh beban terhadap konsumsi jumlah gas PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap). Sebagai upaya untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh beban terhadap konsumsi jumlah gas, mengingat beban semakin

bertambah. Maka, perlu dilakukan analisis pada unit pembangkit melalui data-data yang terdapat pada PLTGU Priok. Analisis dilakukan dengan membandingkan antara data beban dan data gas *monitoring*.