

TURBIN GAS

Pada turbin gas, pertama-tama udara diperoleh dari udara dan di kompresi dengan menggunakan kompresor udara. Udara kompresi kemudian disalurkan ke ruang bakar, dimana udara dipanaskan. Udara panas kemudian dialirkan ke sudu bergerak sehingga menimbulkan gerak putar pada *runner*. Selama proses ini udara berekspansi dan akhirnya dibuang ke atmosfer. Bagian utama dari daya yang dihasilkan turbin digunakan oleh kompresor. Daya sisanya dimanfaatkan untuk kerja eksternal.

Perbandingan Antara Turbin Gas Dengan Turbin Uap

Berikut ini adalah perbandingan antara turbin gas dengan turbin uap.

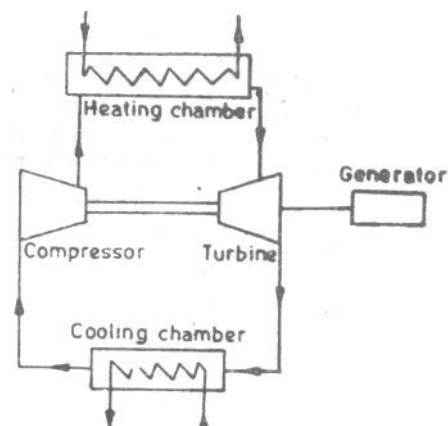
No.	Turbin Gas	Turbin Uap
1.	Komponen pentingnya adalah kompresor dan ruang bakar.	Komponen pentingnya adalah ketel uap dan asesoris.
2.	Berat turbin per daya kuda yang dihasilkan lebih kecil.	Berat turbin per daya kuda yang dihasilkan lebih besar.
3.	Memerlukan ruang yang sedikit untuk instalasi.	Memerlukan ruang yang lebih besar untuk instalasi.
4.	Biaya instalasi dan operasi lebih sedikit.	Biaya instalasi dan operasi lebih besar.
5.	Menghidupkan turbin lebih mudah dan cepat.	Menghidupkan turbin (start) lebih susah dan membutuhkan waktu yang lama.
6.	Pengontrolan, dengan kondisi beban yang berubah, lebih mudah.	Pengontrolan, dengan beban yang berubah, susah.
7.	Turbin gas tidak bergantung pada suplai air.	Turbin uap bergantung pada suplai air.
8.	Efisiensinya rendah.	Efisiensinya lebih tinggi.

Klasifikasi Gas Turbin

Turbin gas bisa diklasifikasikan dengan banyak cara, berikut ini beberapa klasifikasi turbin gas:

1. Berdasarkan lintasan fluida kerja:
 - (a) turbin gas siklus tertutup,
 - (b) turbin gas siklus terbuka, dan
 - (c) turbin gas setengah tertutup.
2. Berdasarkan proses penyerapan panas:
 - (a) turbin gas tekanan konstan dan
 - (b) turbin gas volume konstan.

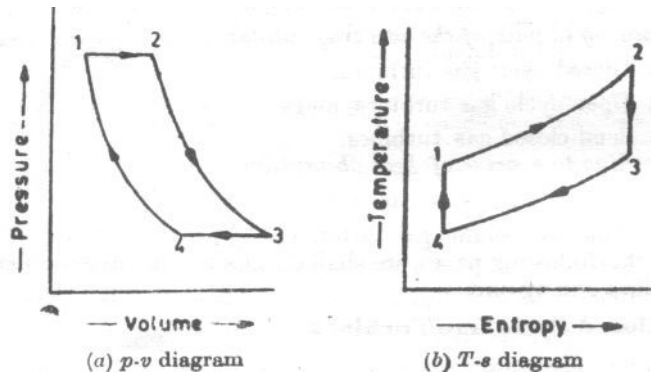
Turbin Gas Siklus Tertutup



Gambar 1. Skema susunan gas turbin siklus tertutup

Turbin gas siklus tertutup terdiri dari sebuah kompresor, ruang pemanas (heating chamber), turbin gas yang menggerakkan generator dan kompresor, dan ruang pendingin (cooling chamber). Gambar skematik turbin gas siklus tertutup diperlihatkan oleh gambar 1. Pada turbin ini, udara dikompresi secara adiabatik (umumnya dengan kompresor rotari) dan diteruskan ke ruang pemanas. Udara kompresi dipanaskan dengan bantuan sumber eksternal, dan dialirkan ke sudu turbin (biasanya jenis reaksi). Gas ketika mengalir di sudu akan berekspansi. Dari turbin, gas diteruskan ke ruang pendingin dimana didinginkan pada tekanan konstan dengan bantuan sirkulasi air sampai temperatur awal.

Gas turbin siklus tertutup bekerja berdasarkan siklus Joule seperti yang diperlihatkan gambar 2.



Gambar 2. Gas turbin siklus tertutup tekanan konstan.

Proses 1-2 memperlihatkan pemanasan udara di dalam ruang pemanas pada tekanan konstan. Proses 2-3 memperlihatkan ekspansi isentropik udara di dalam turbin. Proses 3-4 memperlihatkan pendinginan udara pada tekanan konstan di ruang pendingin. Terakhir, proses 4-1 memperlihatkan kompresi isentropik udara di kompresor.

Kerja yang dilakukan turbin per kg udara:

$$W_t = C_p (T_2 - T_1) \quad (\text{i})$$

Dan kerja yang diperlukan kompresor per kg udara:

$$W_c = C_p (T_1 - T_4) \quad (\text{ii})$$

Kerja netto yang tersedia:

$$W = W_t - W_c$$

Contoh Soal

Pada sebuah instalasi turbin gas berbahan bakar minyak, udara diambil pada tekanan 1 bar dan temperatur 27°C dan dikompresi hingga tekanan 4 bar. Minyak dengan nilai kalor 42.000 kJ dibakar di dalam ruang bakar untuk menaikkan temperatur udara hingga 550°C . Jika udara mengalir dengan laju 1,2 kg/s, carilah daya netto dari instalasi tersebut. Cari juga rasio udara-bahan bakar. Ambil $C_p = 1,05$.

Jawab

Diketahui: $p_3 = p_4 = 1$ bar

$$T_4 = 27^{\circ}\text{C} = 300^{\circ}\text{K}$$

$$p_1 = p_2 = 4$$
 bar

Nilai kalor minyak = 42.000 kJ/kg

Temperatur udara setelah pemanasan di dalam ruang bakar:

$$T_2 = 550^0 \text{ C} = 823^0 \text{ K}$$

$$m = 1,2 \text{ kg/s}$$

$$C_p = 1,05$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{p_3}{p_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{T_3}{823} = \left(\frac{1}{4} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = (0,25)^{0,286} = 0,673$$

$$\therefore T_3 = 823 \times 0,673 = 553,9^0 \text{ K}$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \left(\frac{p_4}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{300}{T_1} = \left(\frac{1}{4} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 0,673$$

$$\therefore T_1 = 445,8^0 \text{ K}$$

Kerja yang dilakukan turbin:

$$W_t = m \cdot C_p (T_2 - T_3)$$

$$= 1,2 \times 1,05 (823 - 553,9) = 339,1 \text{ kJ/s}$$

dan kerja yang diberikan ke kompresor:

$$W_c = m \cdot C_p (T_1 - T_4)$$

$$= 1,2 \times 1,05 (445,8 - 300) = 183,7 \text{ kJ/s}$$

Maka daya netto instalasi:

$$= 339,1 - 183,7 = 154,4 \text{ kJ/s}$$

$$= 154,4 \text{ kW}$$

Rasio udara – bahan bakar:

Kalor yang diberikan oleh bahan bakar:

$$\begin{aligned}
 &= m \cdot C_p (T_2 - T_1) \\
 &= 1,2 \times 1,05 (823 - 445,8) \\
 &= 475,3 \text{ kJ/s}
 \end{aligned}$$

Berat bahan bakar terbakar/detik:

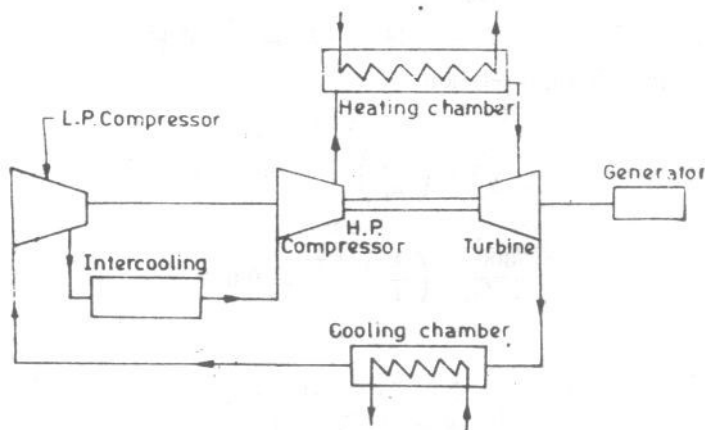
$$= \frac{\text{Kalor yang diberikan}}{\text{Nilai kalor}} = \frac{475,3}{42.000} = 0,011 \text{ kg}$$

dan rasio udara – bahan bakar:

$$= \frac{\text{Berat udara}}{\text{Berat bahan bakar}} = \frac{1,2}{0,011} = 109,1$$

Intercooling

Daya yang dihasilkan turbin sebagian besar digunakan oleh kompresor. Daya ini bisa diturunkan dengan mengkompresi udara secara dua tingkat dan menggunakan *intercooler* diantara kedua tingkat tersebut. Pengaturan secara skematik untuk *intercooler* diperlihatkan oleh gambar 3.



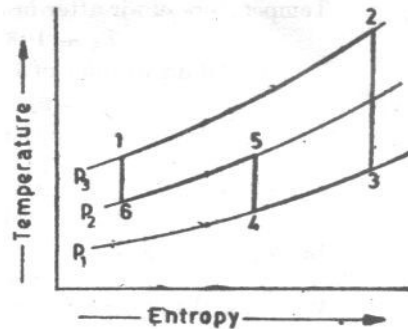
Gambar 3. Skema susunan intercooling pada turbin gas siklus tertutup.

Pertama-tama udara dikompresi di kompresor pertama, yang disebut “kompresor tekanan rendah” (LP kompresor). Karena kompresi ini, tekanan dan temperatur udara meningkat. Sekarang udara diteruskan ke *intercooler* (pendingin antara) yang akan menurunkan temperatur udara kompresi ke temperatur awal, tetapi tekanan tetap konstan. Setelah itu, udara kompresi

sekali lagi dikompresi di kompresor kedua yang disebut sebagai “kompresor tekanan tinggi” (HP kompresor).

Sekarang udara kompresi diteruskan ke ruang pemanas dan kemudian ke turbin. Akhirnya udara didinginkan di ruang pendingin dan kembali di kompresi ke kompresor tekanan rendah.

Proses *intercooling* udara pada dua tingkat kompresi diperlihatkan dengan diagram $T-s$ pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram $T-s$ untuk intercooling.

Proses 1-2 menunjukkan pemanasan udara di ruang pemanas pada tekanan konstan. Proses 2-3 memperlihatkan ekspansi isentropik udara pada turbin. Proses 3-4 adalah pendinginan udara di ruang pendingin pada tekanan konstan. Proses 4-5 adalah kompresi udara di LP kompresor. Proses 5-6 adalah pendinginan udara pada intercooler pada tekanan konstan. Terakhir, proses 6-1 adalah kompresi udara pada HP kompresor.

Kerja yang dilakukan turbin per kg udara:

$$W_t = C_p (T_2 - T_3) \quad (i)$$

Dan kerja yang dilakukan kompresor per kg udara:

$$W_c = C_p [(T_1 - T_6) + (T_5 - T_4)] \quad (ii)$$

Kerja netto yang tersedia:

$$W = W_t - W_c$$

Untuk pendinginan yang sempurna, tekanan antara bisa dicari dengan persamaan:

$$p_6 = p_5 = \sqrt{(p_1 \times p_4)} = \sqrt{(p_2 \times p_3)}$$

Contoh soal

Sebuah pembangkit turbin gas terdiri dari kompresor dua tingkat dengan pendinginan antara sempurna dan sebuah turbin satu tingkat. Jika pembangkit bekerja antara batas temperatur 300^0 K dan 1000^0 K dan tekanan 1 kg/cm^2 dan 16 kg/cm^2 , carilah daya netto pembangkit per kg udara. Ambil harga kalor spesifik pada tekanan konstan sebesar 0,24.

Jawab

Diketahui: $T_4 = 300^0\text{ K}$

$$T_2 = 1000^0\text{ K}$$

$$p_3 = p_4 = 1\text{ kg/cm}^2$$

$$p_1 = p_2 = 16\text{ kg/cm}^2$$

$$C_p = 0,24$$

Pada pendinginan sempurna, tekanan antara:

$$p_6 = p_5 = \sqrt{(p_1 \times p_4)} = \sqrt{(16 \times 1)} = 4\text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{p_3}{p_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{T_3}{1000} = \left(\frac{1}{16}\right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 0,453$$

$$T_3 = 1000 \times 0,453 = 453^0\text{ K}$$

$$\frac{T_4}{T_5} = \left(\frac{p_4}{p_5}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{300}{T_5} = \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 0,673$$

$$T_5 = 446^0\text{ K}$$

Pada pendinginan sempurna :

$$T_1 = T_5 = 446^0 \text{ K}$$

sehingga:

$$\frac{T_6}{T_1} = \left(\frac{p_6}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{T_6}{446} = \left(\frac{4}{16} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 0,673$$

$$T_6 = 446 \times 0,673 = 300^0 \text{ K}$$

Kerja yang dilakukan turbin per kg udara:

$$\begin{aligned} W_t &= C_p (T_2 - T_3) = 0,24 (1000 - 453) \\ &= 131,3 \text{ kcal/sec} \end{aligned}$$

Dan kerja yang diserap oleh kompresor per kg udara:

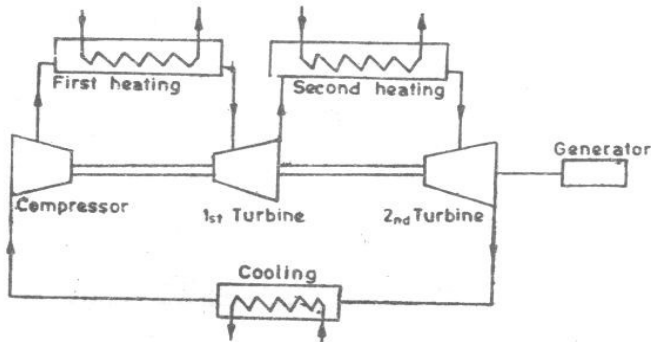
$$\begin{aligned} W_c &= C_p [(T_1 - T_6) + (T_5 - T_4)] \\ &= 0,24 [(446 - 300) + (446 - 300)] \\ &= 70,1 \text{ kcal/sec} \end{aligned}$$

Kerja netto yang dilakukan pembangkit per kg udara:

$$\begin{aligned} W &= 131,3 - 70,1 = 61,2 \text{ kcal/s} \\ &= 61,2 \times 427 = 26.130 \text{ kg.m/s} \\ &= \frac{26.130}{75} = 348,4 \text{ hp} \end{aligned}$$

Reheating

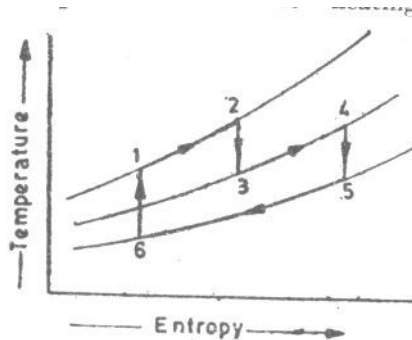
Output turbin gas bisa ditingkatkan secara berarti dengan mengekspansikan udara panas dalam dua tingkat dengan *reheater* diantara dua tingkat. Gambar skematik untuk *reheat* diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Skema susunan turbin gas siklus tertutup dengan reheating.

Udara pertama-tama dikompresi dengan kompresor, dan diteruskan ke ruang pemanas, dan kemudian ke turbin pertama. Kemudian udara sekali lagi dilewatkan ke ruang pemanas yang lainnya dan kemudian dialirkan ke turbin kedua. Terakhir turbin didinginkan di ruang pendingin dan setelah itu diteruskan ke kompresor.

Proses pemanasan dua turbin diperlihatkan oleh diagram $T-s$ pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram $T-s$ untuk reheating.

Proses 1-2 : pemanasan udara di ruang pemanas pertama pada tekanan konstan.

Proses 2-3 : ekspansi isentropik udara pada turbin pertama.

Proses 3-4 : pemanasan udara pada ruang pemanas kedua. Pada tekanan konstan.

Proses 4-5 : ekspansi isentropik udara pada turbin kedua.

Proses 5-6 : pendinginan udara pada *intercooler* pada tekanan konstan.

Proses 6-1 : kompresi udara pada kompresor.

Kerja yang dihasilkan turbin per kg udara:

$$W_t = C_p [(T_2 - T_3) + (T_4 - T_5)] \quad (\text{i})$$

Kerja yang diperlukan kompresor per kg udara:

$$W_c = C_p (T_1 - T_6) \quad (\text{ii})$$

Kerja netto yang tersedia:

$$W = W_t - W_c$$

Untuk kerja maksimum, pemanasan harus dilakukan pada tekanan antara/intermediate :

$$p_3 = p_4 = \sqrt{(p_2 \times p_5)} = \sqrt{(p_1 \times p_6)}$$

Contoh soal

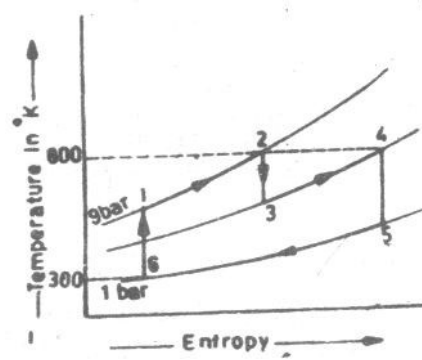
Pada sebuah pembangkit turbin gas, udara di kompresi oleh sebuah kompresor satu tingkat dari 1 bar hingga 9 bar dan dari temperatur awal 300⁰ K. Udara yang sama kemudian dipanaskan hingga temperatur 800⁰ K dan kemudian diekspansikan pada turbin. Udara kemudian dipanaskan kembali ke temperatur 800⁰ K dan kemudian diekspansikan pada turbin kedua. Carilah daya maksimum yang didapatkan dari pembangkit, jika massa udara yang disirkulasikan per detiknya adalah 2 kg.

Jawab

Diketahui: $p_6 = p_5 = 1$ bar

$$p_1 = p_2 = 9 \text{ bar}$$

$$T_6 = 300^0 \text{ K}$$



$$T_2 = T_4 = 800^{\circ} \text{K}$$

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$C_p = 1,0$$

$$p_3 = p_4 = \sqrt{p_1 \times p_6} = \sqrt{9 \times 1} = 3 \text{ bar}$$

$$\frac{T_1}{T_6} = \left(\frac{p_1}{p_6} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{T_1}{300} = \left(\frac{9}{1} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 1,873$$

$$T_1 = 300 \times 1,873 = 562^{\circ} \text{K}$$

kemudian:

$$\frac{T_2}{T_3} = \left(\frac{p_2}{p_3} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{800}{T_3} = \left(\frac{9}{3} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 1,369$$

$$T_3 = 584^{\circ} \text{K}$$

$$\frac{T_4}{T_5} = \left(\frac{P_4}{P_5} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{800}{T_5} = \left(\frac{3}{1} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 1,369$$

$$T_5 = 584^0 \text{ K}$$

kerja yang dilakukan oleh turbin:

$$\begin{aligned} W_t &= m \cdot C_p [(T_2 - T_3) + (T_4 - T_5)] \\ &= 2 \times 1,0 [(800 - 584) + (800 - 584)] \\ &= 864 \text{ kJ/sec} \end{aligned}$$

dan kerja yang diserap oleh kompresor:

$$\begin{aligned} W_c &= m \cdot C_p (T_1 - T_6) \\ &= 2 \times 1,0 (562 - 300) \\ &= 526 \text{ kJ/sec} \end{aligned}$$

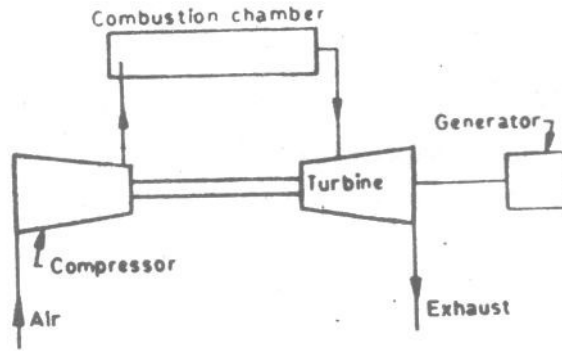
Daya yang diperoleh oleh pembangkit :

$$P = 864 - 526 = 338 \text{ kJ/s} = 338 \text{ kW}$$

Turbin Gas Siklus Terbuka

Turbin gas siklus terbuka, dalam bentuk yang paling sederhana, terdiri dari kompresor, ruang bakar (combustion chamber), dan sebuah turbin gas yang menggerakkan generator dan kompresor. Skema siklus ini bisa dilihat pada gambar 7.

Pertama-tama udara dihisap dari atmosfer dan dikompresi secara adiabatik (biasanya dengan kompresor rotari) dan diteruskan ke ruang bakar. Udara tekan dipanaskan dengan pembakaran bahan bakar dan hasil pembakaran (yaitu gas panas hasil pembakaran bahan bakar) akan bercampur dengan udara tekan, sehingga akan menaikkan massa udara tekan. Gas panas kemudian mengalir ke sudu turbin (biasanya jenis turbin reaksi). Gas ketika mengalir pada sudu mengalami ekspansi dan kemudian dibuang ke atmosfer.



Gambar 7. Skema susunan turbin gas siklus terbuka.

Turbin gas siklus terbuka disebut juga gas turbin pembakaran kontinyu karena pembakaran bahan bakar terjadi secara kontinyu. Turbin ini juga bekerja berdasarkan siklus Joule. Rumus kerja kompresor, kerja turbin sama dengan rumus pada turbin siklus tertutup.

Perbandingan Antara Gas Turbin Siklus Tertutup Dengan Siklus Terbuka

Berikut ini adalah perbandingan antara turbin gas siklus tertutup dengan siklus terbuka.

No.	Turbin Gas Siklus Tertutup	Turbin Gas Siklus Terbuka
1.	Udara tekan dipanaskan di ruang bakar. Karena gas dipanaskan oleh sumber eksternal, jumlah gas tetap sama.	Udara tekan dipanaskan di ruang bakar. Produk pembakaran bercampur dengan udara panas.
2.	Gas dari turbin diteruskan ke ruang pendinginan.	Gas dari turbin dibuang ke atmosfer.
3.	Fluida kerja bersirkulasi secara kontinyu.	Fluida kerja diganti secara kontinyu.
4.	Fluida jenis apa saja dengan sifat termodinamika yang baik bisa	Hanya udara yang bisa digunakan sebagai fluida kerja.

	digunakan.	
5.	Sudu turbin tidak cepat aus karena gas tidak terkontaminasi ketika melewati ruang bakar.	Sudu turbin cepat aus, karena udara dari atmosfer terkontaminasi ketika melewati ruang bakar.
6.	Karena udara didinginkan dengan sirkulasi air, cocok digunakan untuk jenis instalasi stasioner atau di kapal.	Karena udara dari turbin dibuang ke atmosfer, cocok digunakan untuk kendaraan yang bergerak.
7.	Biaya perawatan tinggi.	Biaya perawatan rendah.
8.	Berat instalasi per daya (hp) lebih besar.	Berat instalasi per daya (hp) lebih kecil.

Contoh Soal

Sebuah pembangkit turbin gas siklus terbuka tekanan konstan bekerja antara temperatur 15°C dan 700°C dan rasio tekanan 6. Carilah massa udara yang bersirkulasi pada pembangkit, jika pembangkit tersebut menghasilkan daya 1.500 hp. Cari juga kalor yang diberikan pada ruang pemanas.

Jawab

Diketahui: $T_4 = 15^{\circ}\text{C} = 288^{\circ}\text{K}$

$$T_2 = 700^{\circ}\text{C} = 973^{\circ}\text{K}$$

rasio tekanan, $p_2/p_3 = p_1/p_4 = 6$

$$P = 1.500 \text{ hp}$$

Massa udara yang bersirkulasi pada pembangkit

$$\frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{p_3}{p_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{T_3}{973} = \left(\frac{1}{6}\right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = \left(\frac{1}{6}\right)^{0,286} = 0,599$$

$$T_3 = 973 \times 0,599 = 583^{\circ}\text{K}$$

selanjutnya:

$$\frac{T_4}{T_1} = \left(\frac{p_4}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{288}{T_1} = \left(\frac{1}{6} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = \left(\frac{1}{6} \right)^{0,286} = 0,599$$

$$T_1 = 481^0 \text{ K}$$

kerja turbin per kg udara:

$$\begin{aligned} W_t &= C_p (T_2 - T_3) = 0,24 (9733 - 583) \text{ kcal/s} \\ &= 93,6 \text{ kcal/s} \end{aligned}$$

kerja yang diserap kompresor per kg udara:

$$\begin{aligned} W_c &= C_p (T_1 - T_4) = 0,24 (481 - 288) \text{ kcal/s} \\ &= 46,3 \text{ kcal/s} \end{aligned}$$

kerja netto turbin per kg udara:

$$\begin{aligned} &= 93,6 - 46,3 = 47,3 \text{ kcal/s} \\ &= 47,3 \times 427 = 20.197 \text{ kg-m/s} \end{aligned}$$

dan daya yang dihasilkan oleh pembangkit:

$$1500 = \frac{m(20.197)}{75} = 269,3 m$$

$$m = 5,57 \text{ kg}$$

Kalor yang disuplai ke ruang pemanasan

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot C_p (T_2 - T_1) \\ &= 5,57 \times 0,24 (973 - 481) \text{ kcal/s} \\ &= 657,7 \text{ kcal/s} \end{aligned}$$

Efisiensi Turbin

Efisiensi Keseluruhan (termal) :

η_{th} = efisiensi termal

$$\eta_{th} = 1 - \left(\frac{1}{r} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

dimana : r = rasio tekanan

$$= p_1/p_4 = p_2/p_3$$

Contoh soal

Pada sebuah instalasi turbin gas, udara diambil pada tekanan 1 bar dan temperatur 30°C . Udara dikompresi hingga 4 bar dan kemudian dipanaskan dengan membakar minyak hingga temperatur 500°C . Jika udara mengalir dengan laju 90 kg/min, carilah daya dan efisiensi keseluruhan yang dihasilkan oleh pembangkit. Ambil γ udara 1,4 dan $C_p = 1,0$, Nilai kalor bahan bakar = 40.000 kJ/kg

Jawab

Diketahui: $p_4 = p_3 = 1$ bar

$$T_4 = 30^{\circ}\text{C} = 303^{\circ}\text{K}$$

$$p_1 = p_2 = 4$$
 bar

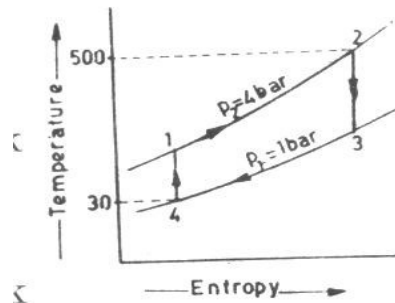
$$T_2 = 500^{\circ}\text{C} = 773^{\circ}\text{K}$$

$$m_a = 90 \text{ kg/min} = 1,5 \text{ kg/s}$$

$$\gamma = 1,4 \text{ dan } C_p = 1,0$$

$$\text{massa bahan bakar} = m_f = 2,4 \text{ kg/min} = 0,04 \text{ kg/s}$$

$$\text{Nilai kalor bahan bakar} = CV = 40.000 \text{ kJ/kg}$$



Daya yang dihasilkan pembangkit

$$\frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{p_3}{p_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{T_3}{773} = \left(\frac{1}{4} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = \left(\frac{1}{4} \right)^{0,286} = 0,673$$

$$T_3 = 773 \times 0,673 = 520^0 \text{ K}$$

selanjutnya:

$$\frac{T_4}{T_1} = \left(\frac{p_4}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\frac{303}{T_1} = \left(\frac{1}{4} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = \left(\frac{1}{4} \right)^{0,286} = 0,673$$

$$T_1 = 450^0 \text{ K}$$

Kerja yang dibangkitkan turbin:

$$W_t = m \cdot C_p (T_2 - T_3) = 1,5 \times 1,0 (773 - 520) \text{ kcal/s}$$

$$= 379,5 \text{ kJ/s}$$

kerja yang diperlukan oleh kompresor:

$$W_c = m \cdot C_p (T_1 - T_4) = 1,5 \times 1,0 (450 - 303) \text{ kcal/s}$$

$$= 220,5 \text{ kJ/s}$$

kerja netto turbin per kg udara:

$$P = 379,5 - 220,5 = 159 \text{ kJ/s}$$

$$= 159 \text{ kW}$$

Efisiensi keseluruhan pembangkit

kalor yang disuplai per detik:

$$= m_f \cdot CV$$

$$= 0,04 \times 40.000$$

$$= 1.600 \text{ kJ/s}$$

efisiensi keseluruhan:

$$\begin{aligned}\eta_o &= \frac{159}{1600} = 0,099 \\ &= 9,9 \%\end{aligned}$$

Soal-soal

1. Sebutkan perbedaan antara turbin gas dan turbin uap.
2. Coba sebutkan klasifikasi dari turbin gas.
3. Jelaskan perbedaan antara turbin gas siklus terbuka dengan turbin gas siklus tertutup.
4. Sebuah turbin gas siklus tertutup sederhana menerima udara pada 1 kg/cm² abs dan 15⁰ C; dan mengkompresinya ke tekanan 5 kg/cm² abs dan kemudian di panaskan hingga temperatur 800⁰ C di ruang bakar. Udara panas berekspansi ke turbin hingga tekanan kembali ke 1 kg/cm² abs. Hitunglah daya yang dihasilkan per kg udara yang disuplai per detik. Ambil C_p untuk udara 0,24.
5. Sebuah instalasi turbin gas siklus tertutup sederhana bekerja antara batas temperatur 300⁰ dan 1000⁰ K dan batas tekanan adalah 1 kg/cm² dan 5 kg/cm². Jika 1,25 kg udara bersirkulasi per detik, hitunglah daya yang dihasilkan turbin. Ambil $C_p = 0,24$ dan $\gamma = 1,4$.
6. Sebuah pembangkit gas turbin terdiri dari 2 tingkat kompresor (dengan pendingin antara sempurna) dan sebuah turbin. Pembangkit menerima udara pada 1 bar dan 290⁰ K. Jika tekanan dan temperatur maksimum adalah 12,25 bar dan 950⁰ K, carilah daya yang dihasilkan oleh pembangkit per kg udara. Ambil harga kalor spesifik pada tekanan konstan 1,0.
7. Pada instalasi gas turbin, udara di kompresi oleh kompresor satu tingkat dari 1 kg/cm² ke 6,25 kg/cm² dan dari temperatur awal 20⁰ C. Udara setelah kompresi dipanaskan di ruang bakar hingga temperatur 750⁰ C. Udara panas berekspansi pada turbin dan kemudian dipanaskan kembali (reheat) hingga temperatur 750⁰ C. Udara panas kembali berekspansi di turbin kedua. Carilah daya yang dihasilkan per kg udara.
8. Sebuah turbin gas menerima udara pada 1 bar dan 20⁰ C. Carilah efisiensi termal pembangkit, jika rasio kompresi 4 dan kalor spesifik pada tekanan konstan dari fluida kerjanya adalah 1,4.

