

# SIKLUS DISESEL

MEDAN

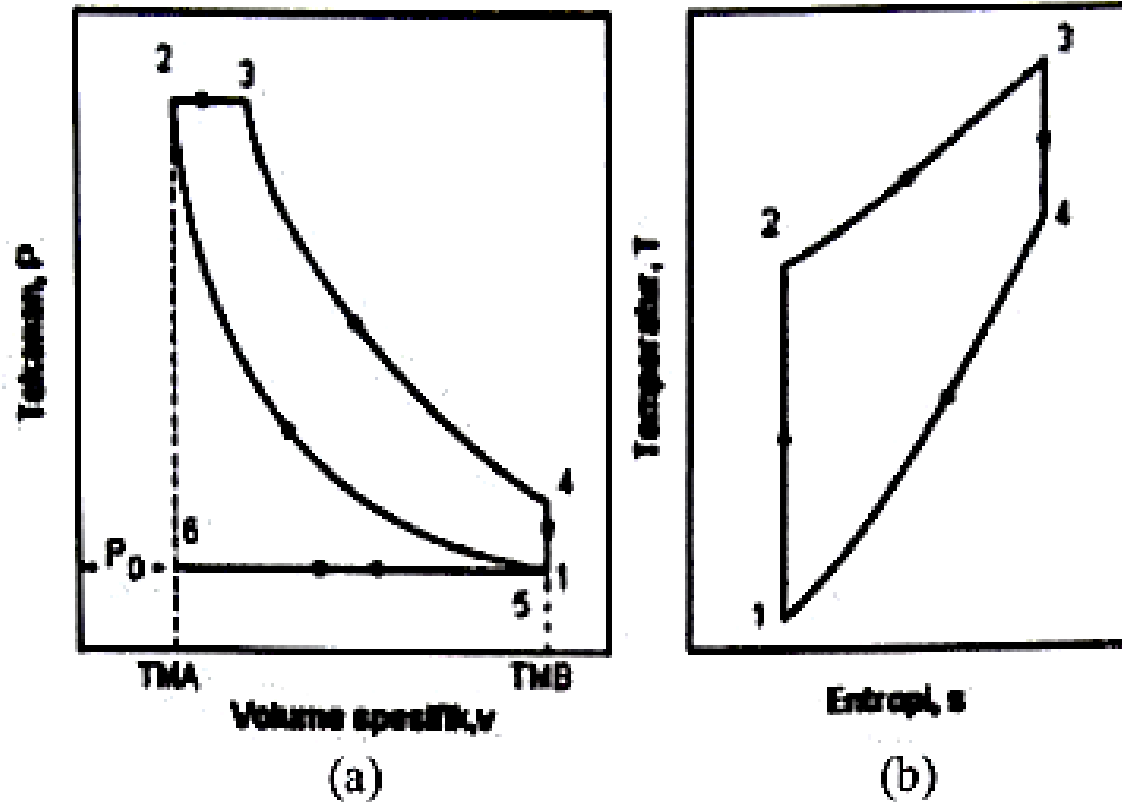
22 APRIL 2020

## 2.3.1 ANALISA SIKLUS DIESEL UDARA BAKU

Proses 6-1:

Udara masuk pada tekanan konstan  $P_0$ . Katup masuk terbuka dan katup buang tertutup:

$$\underline{w_{6 \rightarrow 1} = P_0 (v_1 - v_6)} \quad (2-38)$$



Gambar 2-5 Siklus diesel udara standar 6-1-1-3-4-5-6 (a) pada koordinat tekanan-volume, dan (b) pada koordinat temperatur-entropi

## Proses 1-2:

Langkah kompresi isentropis. Seluruh katup tertutup:

$$\underline{T_2 = T_1 \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} = T_1 (r_c)^{k-1}} \quad (2-39)$$

$$\underline{P_2 = P_1 \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^k = P_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^k = P_1 (r_c)^k} \quad (2-40)$$

$$\underline{V_2 = V_{TMA}} \quad (2-41)$$

$$\underline{q_{1 \rightarrow 2} = 0} \quad (2-42)$$

$$\underline{w_{1 \rightarrow 2} = \frac{(P_2 v_2 - P_1 v_1)}{(1-k)} = \frac{R(T_2 - T_1)}{(1-k)}} \quad (2-43)$$
$$\underline{= (u_1 - u_2) = c_v (T_1 - T_2)}$$

### Proses 2-3:

Pemasukan kalor (pembakaran) pada tekanan konstan. Seluruh katup tertutup:

$$\begin{aligned} \underline{Q_{2 \rightarrow 3} = Q_{in} = m_{bb} Q_{HV} \eta_c = m_{camp} c_p (T_3 - T_2)} \\ = (m_{ud} + m_{bb}) c_p (T_3 - T_2) \end{aligned} \quad (2-44)$$

$$\underline{Q_{HV} \eta_c = (AF + 1) c_p (T_3 - T_2)} \quad (2-45)$$

$$\underline{q_{2 \rightarrow 3} = q_{in} = c_p (T_3 - T_2) = (h_3 - h_2)} \quad (2-46)$$

$$\underline{w_{2 \rightarrow 3} = q_{2 \rightarrow 3} - (u_3 - u_2) = P_2 (v_3 - v_2)} \quad (2-47)$$

$$\underline{T_3 = T_{maks}} \quad (2-48)$$

Rasio *cutoff* didefinisikan sebagai perubahan volume yang terjadi selama pembakaran, dinyatakan dengan:

$$\underline{\beta = \frac{V_3}{V_2} = \frac{v_3}{v_2} = \frac{T_3}{T_2}} \quad (2-49)$$

### Proses 3-4:

Langkah daya atau ekspansi isentropis. Seluruh katup tertutup:

$$\underline{\underline{q_{3 \rightarrow 4} = 0}} \quad (2-50)$$

$$\underline{\underline{T_4 = T_3 \left( \frac{v_3}{v_4} \right)^{k-1} = T_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1}}} \quad (2-51)$$

$$\underline{\underline{P_4 = P_3 \left( \frac{v_3}{v_4} \right)^k = P_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^k}} \quad (2-52)$$

$$\underline{\underline{w_{3 \rightarrow 4} = \frac{(P_4 v_4 - P_3 v_3)}{(1-k)} = \frac{R(T_4 - T_3)}{(1-k)}}} \quad (2-53)$$
$$\underline{\underline{= (u_3 - u_4) = c_v (T_3 - T_4)}}$$

**Proses 4-5:**

Pelepasan panas (pembuangan *blowdown*) pada volume konstan.

Katup buang terbuka dan katup masukan tertutup.

(2-54)

$$\underline{\underline{W_{4 \rightarrow 5} = 0}} \quad (2-55)$$

$$\underline{\underline{Q_{4 \rightarrow 5} = Q_{out} = m_{camp} c_v (T_4 - T_5) = m_{camp} c_v (T_1 - T_4)}} \quad (2-56)$$

$$\underline{\underline{q_{4 \rightarrow 5} = q_{out} = c_v (T_5 - T_4)}} \quad (2-57)$$
$$\underline{\underline{= (u_5 - u_4) = c_v (T_1 - T_4)}}$$

### Proses 5-6:

Langkah buang pada tekanan konstan  $P_0$ , katup buang terbuka dan katup hisap tertutup.

$$\underline{w_{5 \rightarrow 6} = P_0 (v_6 - v_5) = P_0 (v_6 - v_1)} \quad (2-58)$$

## 2.3.2 EFISIENSI TERMAL SIKLUS DIESEL

$$\underline{(\eta_t)_{diesel} = \frac{|W_{netto}|}{|Q_{in}|} = 1 - \left( \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \right)} \quad (2-59a)$$

atau

$$\underline{(\eta_t)_{diesel} = 1 - \left[ \frac{c_v (T_4 - T_1)}{c_p (T_3 - T_2)} \right]} \quad (2-59b)$$

atau

$$\underline{\underline{(\eta_t)_{diesel} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{[k(T_3 - T_2)]}}} \quad (2-59c)$$

Dengan penyusunan kembali, diperoleh hasil yang sama

$$\underline{\underline{(\eta_t)_{Diesel} = 1 - \left(\frac{1}{r_c}\right)^{k-1} \left[ \frac{(\beta^k - 1)}{\{k(\beta - 1)\}} \right]}} \quad (2-60)$$

di mana  $r_c$  = rasio kompresi,  $k = c_p / c_v$ ,  $\beta$  = rasio *cutoff*

Mesin diesel beroperasi dengan rasio kompresi lebih tinggi daripada mesin bensin (12 sampai 24 dibandingkan 8 sampai 11) yang dengan demikian mempunyai efisiensi termal yang lebih tinggi.

## Contoh Soal 2-2

Suatu mesin disel truk besar enam silinder sebaris pengangkut hasil panen beroperasi pada siklus diesel udara standar (Gambar 2-5) menggunakan bahan bakar diesel berat (*heavy diesel fuel*) dengan efisiensi pembakaran 98%. Mesin mempunyai rasio kompresi 16,5:1. Temperatur dan tekanan di dalam silinder pada awal langkah kompresi adalah  $55^{\circ}\text{C}$  dan 102 kPa, dan temperatur maksimum siklus adalah  $2410^{\circ}\text{C}$ . Hitunglah:

1. Temperatur, tekanan, dan volume spesifik pada setiap keadaan siklus.
2. Rasio udara-bahan bakar campuran gas di dalam silinder.
3. Temperatur silinder jika katup buang terbuka.
4. Efisiensi termal indikasi mesin.

## Penyelesaian:

### 1. Keadaan 1:

$T_1 = 55^\circ\text{C} = 328\text{ K}$  diberikan dalam pernyataan soal

$P_1 = 102\text{ kPa}$  diberikan

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{(0,287\text{ kJ/kg}\cdot\text{K})(328\text{ K})}{102\text{ kPa}} = 0,9229\text{ m}^3/\text{kg}$$

### Keadaan 2:

Persamaan (2-55) dan (2-56) memberikan temperatur dan tekanan setelah kompresi isentropik.

$$T_2 = T_1 (r_c)^{k-1} = (328\text{ K})(16,5)^{1,35-1} = \underline{875\text{ K} = 602^\circ\text{C}}$$

$$P_2 = P_1 (r_c)^k = (102\text{ kPa})(16,5)^{1,35} = \underline{4490\text{ kPa}}$$

$$v_2 = \frac{RT_2}{P_2} = \frac{(0,287\text{ kJ/kg}\cdot\text{K})(875\text{ K})}{4490\text{ kPa}} = 0,0559\text{ m}^3/\text{kg}$$



Atau, menggunakan persamaan

$$v_2 = \frac{v_1}{r_c} = \frac{(0,9229 \text{ m}^3/\text{kg})}{16,5} = \underline{0,0559 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

**Keadaan 3:**

$$\underline{T_3 = T_{maks} = 2410^\circ\text{C} = 2683 \text{ K}} \text{ diberikan dalam soal}$$

$$P_3 = P_2 = \underline{4490 \text{ kPa}}$$

$$v_3 = \frac{RT_3}{P_3} = \frac{(0,287 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K})(2683 \text{ K})}{4490 \text{ kPa}} = \underline{1715 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

Gunakan persamaan rasio *cutoff*

$$\beta = \frac{v_3}{v_2} = \frac{0,1715}{0,0559} = 3,08$$

**Keadaan 4:**

$$v_4 = v_1 = \underline{0,9229 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

$$P_4 = P_3 \left( \frac{v_3}{v_4} \right)^k = (4490) \left( \frac{0,1715}{0,9229} \right)^{1,35} = 463 \text{ kPa}$$

$$T_4 = T_3 \left( \frac{v_3}{v_4} \right)^{k-1} = (2683 \text{ K}) \left( \frac{0,1715}{0,9229} \right)^{1,35-1} = \underline{1489 \text{ K} = 1216^\circ\text{C}}$$

2. Untuk mendapatkan rasio udara-bahan bakar digunakan persamaan

$$Q_{LHV}\eta_c = (AF + 1)c_p (T_3 - T_2)$$

$$(41.400 \text{ kJ/kg})(0,98) = (AF + 1)(1,108 \text{ kJ/kg-K})(2683 - 875)K$$

$$\underline{AF = 19,25}$$

3. Pada siklus diesel udara standar, katup buang terbuka pada keadaan 4:

$$\underline{T_{EVO} = T_4 = 1489 K = 1216^\circ C}$$

4. Kerja yang dihasilkan selama langkah kompresi didapatkan dengan persamaan:

$$w_{1-2} = \frac{R(T_2 - T_1)}{(1-k)} = \frac{(0,287 \text{ kJ/kg-K})(875 - 328) \text{ K}}{(1-1,35)} = \underline{-448,5 \text{ kJ/kg}}$$

Kerja yang dihasilkan selama pembakaran didapatkan dengan persamaan

$$w_{2-3} = P_2 (v_3 - v_2) = (4490 \text{ kPa})(0,1715 - 0,0559) \text{ m}^3/\text{kg} = +519,0 \text{ kJ/kg}$$

Kerja selama langkah daya dihitung menggunakan persamaan:

$$w_{3-4} = \frac{R(T_4 - T_3)}{(1-k)} = \frac{(0,287 \text{ kJ/kg-K})(1489 - 2683) \text{ K}}{(1-1,35)} = \underline{+979,1 \text{ kJ/kg}}$$

Kerja selama *blowdown* pada volume konstan adalah:

$$w_{4-1} = 0$$

Kerja netto per satuan massa gas di dalam silinder untuk satu siklus:

$$\begin{aligned} w_{net} &= w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} \\ &= (-448,5) + (+519,0) + (+979,1) = +1049,6 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Kalor yang ditambahkan per satuan massa untuk satu siklus:

$$q_{in} = q_{2-3} = c_p (T_3 - T_2) = (1,108 \text{ kJ/kg-K})(2683 - 875) \text{ K} = 2033,3 \text{ kJ/kg}$$

Efisiensi termal indikasi dihitung dengan persamaan.

$$\eta_r = \frac{w_{net}}{q_{in}} = \frac{1049,6}{2033,3} = \underline{0,524 = 52,4\%}$$

Efisiensi termal juga dapat dihitung melalui persamaan (2-59) atau (2-60):

$$\eta_r = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{[k(T_3 - T_2)]} = 1 - \frac{(1489 - 328)}{[1,35(2683 - 875)]} = \underline{0,524}$$

$$\begin{aligned} \eta_r &= 1 - \left(\frac{1}{r_c}\right)^{1-k} \left\{ \frac{(\beta^k - 1)}{[k(\beta - 1)]} \right\} \\ &= 1 - \left(\frac{1}{16,5}\right)^{1-1,35} \left\{ \frac{(3,08)^{1,35} - 1}{1,35(3,08 - 1)} \right\} = \underline{0,524} \end{aligned}$$

SELESAI