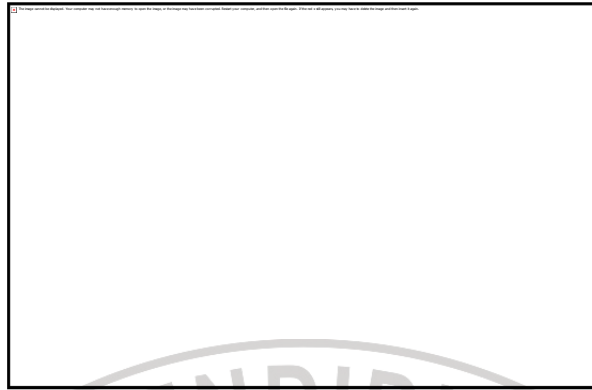


**BAB III**  
**ANALISIS PERAWATAN SISTEM PENDINGIN ENGINE 7K**  
**PADA TOYOTA KIJANG LSX KF80 TAHUN 1998**

**A. Spesifikasi Komponen Utama dan Sistem Pendingin**

Sistem pendingin *engine* 7K pada Toyota Kijang LSX merupakan bagian dari keseluruhan sistem yang terdapat pada *engine* Toyota Kijang. Sistem pendingin mempunyai peranan yang sangat penting untuk menurunkan panas pada *engine* yang terjadi akibat dari proses pembakaran. Sebelum membicarakan sistem pendingin *engine* 7K pada Toyota Kijang perlu diketahui pula ciri – ciri dan proses kerjanya. *Engine* 7K pada Toyota Kijang dengan proses kerja empat langkah mempunyai spesifikasi komponen utama sistem pendingin *engine* terdiri dari:

1. Pendingin : Sistem pendingin air sistem tekan
2. Radiator : Radiator aliran bawah
3. Pompa : Pompa air sentrifugal yang digerakkan oleh *V belt*
4. *Thermostat* : *Thermostat* jenis lilin (*wax*)
5. Pipa : Pipa fleksibel
6. Kipas : Digerakkan *V Belt*
7. Tutup radiator
8. Botol pelimpah (*reservoir tank*)



Gambar 3.1 Sistem Pendingin  
(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-83*)

Sirkulasi air pendingin *engine* pada Toyota Kijang berawal dari radiator kemudian air dihisap oleh pompa air dan dikirim ke kantong – kantong air pada silinder blok, pompa ini dipasang pada bagian depan dari *engine* dan digerakkan oleh poros engkol melalui perantara *V belt*. Air yang berada di kantong – kantong air berfungsi untuk mendinginkan *engine* tersebut. Setelah air digunakan untuk mendinginkan suhunya akan naik, sebelum air masuk ke radiator terlebih dahulu masuk ke saluran simpangan yang dilengkapi dengan *thermostat* yang akan mengatur aliran air yang menuju ke radiator pada saat air panas (di atas suhu kerja) atau ke saluran *by-pass* dan ke kantong-kantong air pada saat temperatur air pendingin masih di bawah suhu kerja. *Thermostat* akan *memby-pass* air apabila suhu air kurang dari suhu kerja *engine* yaitu sekitar 82 °C. Air yang masuk ke radiator dengan melalui pipa akan didinginkan dengan persinggungan udara yang diserap oleh sirip – sirip yang menyelubungi saluran air pada radiator. Apabila tekanan pada sistem pendingin *engine* berlebihan maka tutup radiator akan mengalirkan air ke botol pelimpah.

## B. Spesifikasi *Engine* 7K pada Toyota Kijang LSX KF80

Tabel 3.1 Data Spesifikasi *Engine* Toyota Kijang LSX KF 80

Engine	Toyota Kijang LSX KF 80
Jenis	Motor bensin 4 langkah
Jumlah silinder	4 silinder
Tipe ruang bakar	Setengah bulat
Sistem bahan bakar	Karburator
Diameter x langkah	80,5 x 87,5mm
Isi silinder	1,781cc
Daya maksimum	80 HP / 4600 rpm
Torsi maksimum	139 Nm/2800 rpm.
Perbandingan kompresi	9,7 : 1
Tekanan kompresi pada 250 rpm	9.5 kg/Cm <sup>2</sup>
Waktu pengapian	9° STMA
Putaran stasioner	800 rpm

(Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-87)

### C. Perhitungan Thermodynamika

#### 1. Perhitungan thermodynamika pada setiap siklus

##### a. Langkah persiapan (0 – 1)

Untuk menghitung besarnya volume udara pada akhir langkah kompresi ( $V_1$ ), maka perlu menghitung besarnya volume langkah ( $V_L$ ) dan volume sisa ( $V_2$ ) terlebih dahulu.

Besarnya volume langkah ( $V_L$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} V_L &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times S \times Z \\ &= \frac{3,14}{4} \times (80,5)^2 \times 87,5 \times 4 \\ &= 1780,448 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Besarnya volume sisa ( $V_2$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{V_L}{r - 1} \\ &= \frac{1780,448}{9,7 - 1} \\ &= 204,649 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Sehingga besarnya volume udara pada akhir langkah hisap ( $V_1$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} V_1 &= V_L + V_2 \\ &= 1780,448 + 204,649 \\ &= 1985,097 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Besarnya tekanan udara pada akhir langkah hisap ( $P_1$ ), yaitu:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 0,8 \times P_0 \\
 &= 0,8 \times 10330 \\
 &= 8246 \text{ kg/m}^2 \\
 &= \frac{8264}{10000} \\
 &= 0,8264 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \text{Tekanan udara luar (kg/cm}^2\text{)} \\
 &= 1 \text{ atm} = 10330 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{Wiranto Arismunandar, 1994: 106})
 \end{aligned}$$

Besarnya temperatur udara pada akhir langkah hisap ( $T_1$ ), yaitu:

$$\begin{aligned}
 T_1 &= \frac{(T_0 + \Delta tw) + (T_r \times \gamma_r)}{1 + \gamma_r} \\
 &= \frac{(298 + 15) + (750 \times 0,03)}{1 + 0,03} \\
 &= \frac{335,5}{1,03} \\
 &= 325,728 \text{ }^\circ\text{K} \\
 &= 52,728 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 T_0 &= \text{Temperatur atmosfer atau udara luar (}^\circ\text{K)} \\
 &= 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298 \text{ }^\circ\text{K} \quad (\text{Wiranto Arismunandar, 1994: 106})
 \end{aligned}$$

$\Delta t_w$  = Pengaruh suhu akibat persentuhan dengan silinder

$$= (15 - 20 \text{ }^\circ\text{K}), \text{ diambil } 15 \text{ }^\circ\text{K} \quad (\text{Kovakh, 1976: 95})$$

$T_r$  = Temperatur gas buang

$$= (700 - 800 \text{ }^\circ\text{K}), \text{ diambil } 750 \text{ }^\circ\text{K} \quad (\text{Petrovsky, 1968: 32})$$

$\gamma_r$  = Koefisien gas bekas

$$= (0,03 - 0,04), \text{ diambil } 0,03 \quad (\text{Petrovsky, 1968: 29})$$

Menurut Kovakh (1976: 68) hasil perhitungan ini dianggap memenuhi persyaratan, karena besarnya panas awal pemasukan ( $T_1$ ) berkisar antara 310 – 350  $^\circ\text{K}$ .

#### b. Langkah kompresi (1 – 2)

Besarnya tekanan pada akhir langkah kompresi ( $P_2$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} P_2 &= P_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^k \\ &= 0,8264 \times \left(\frac{1985,097}{204,649}\right)^{1,3079} \\ &= 0,8264 \times 9,7^{1,3079} \\ &= 16,136 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan:

$k$  = Nilai perbandingan kalor spesifik

$$= C_{pm} / C_{vm}$$

$$= 1,3079 \text{ (untuk bahan bakar bensin)}$$

(Sunarto H. Untung: 31)

Besarnya temperatur pada akhir langkah kompresi ( $T_2$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} T_2 &= T_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} \\ &= 325,75 \times \left(\frac{1985,097}{204,649}\right)^{1,3079-1} \\ &= 655,71 \text{ } ^\circ\text{K} \\ &= 382,71 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Keterangan:

$k$  = Nilai perbandingan kalor spesifik (1,3079) (Sunarto H. Untung: 31)

**c. Proses pembakaran (2 – 3)**

Besarnya tekanan gas pada akhir proses pembakaran ( $P_3$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} P_3 &= P_2 \\ &= 16,136 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Sebelum menghitung besarnya temperatur gas campuran (udara dan bahan bakar) pada proses pembakaran ( $T_3$ ), diperlukan parameter termodinamika berikut ini:

Nilai pemakaian bahan bakar tiap jam ( $G_{bb}$ ), yaitu:

$$G_{bb} = \frac{n_e \times 632}{\eta_{th} \times H_b}$$

$$n_e = 80 \text{ HP}$$

$$1 \text{ HP} = 1,08012 \text{ PS}$$

$$= 86,41 \text{ PS}$$

$$G_{bb} = \frac{86,41 \times 632}{0,39 \times 10100}$$

$$= \frac{54611,12}{3939}$$

$$= 13,864 \text{ kg/jam}$$

Keterangan:

$\eta_{th}$  = Efisiensi thermal (0,35 – 0,40), diambil 0,39 (Kovakh, 1976: 1730)

$H_b$  = Nilai bakar bahan bakar (10100 kkal / kg) (Petrovsky, 1968: 43)

Nilai pemakaian bahan bakar tiap siklus ( $G_{bb}'$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} G_{bb}' &= \frac{G_{bb}}{60} \\ &= \frac{13,864}{60} \\ &= 0,231 \text{ kg/menit} \end{aligned}$$

Nilai pemakaian bahan bakar tiap menit ( $G_{bb}''$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} G_{bb}'' &= \frac{G_{bb}}{n} \\ &= \frac{0,231}{800} \\ &= 2,8875 \times 10^{-4} \text{ kg/putaran} \end{aligned}$$



Nilai pemakaian bahan bakar tiap putaran ( $Gbb'''$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} Gbb''' &= 2 \times Gbb \\ &= 2 \times (2,8875 \times 10^{-4}) \\ &= 5,775 \times 10^{-4} \text{ kg/siklus} \end{aligned}$$

Besarnya pemasukan panas dari hasil pembakaran bahan bakar dan udara di dalam silinder ( $Q_m$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} Q_m &= Gbb'' \times H_b \\ &= (5,775 \times 10^{-4}) \times 10100 \\ &= 5,883 \text{ kkal/siklus} \end{aligned} \quad (\text{Petrovsky, 1968: 43})$$

Berat molekul udara yang diperlukan untuk pembakaran 1 kg bahan bakar secara teoritis ( $L_0$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} L_0 &= \frac{1}{0,21} \times \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} \right) \\ &= \frac{1}{0,21} \times \left( \frac{0,841}{12} + \frac{0,159}{4} \right) \\ &= 4,762 \times (0,070 + 0,040) \\ &= 0,523 \text{ mole/kgbb} \end{aligned}$$

Keterangan:

$$C = \frac{12 \times 16}{(12 \times 16) + (36 \times 1,008)}$$

$$= \frac{192}{192 + 36,288}$$

$$= \frac{192}{228,288}$$

$$= 0,841 \text{ mole}$$

$$H = \frac{36 \times 1,008}{(12 \times 16) + (36 \times 1,008)}$$

$$= \frac{36,288}{192 + 36,288}$$

$$= \frac{36,288}{228,288}$$

$$= 0,159 \text{ mole}$$

(Sunarto H. Untung: 29)

Berat udara yang diperlukan untuk membakar 1 kg bahan bakar yang sebenarnya ( $L_0'$ ), yaitu:

$$L_0' = a \times L_0$$

$$= 1,3 \times 0,523$$

$$= 0,68 \text{ mole/kgbb}$$

Keterangan:

$a$  = Koefisien kelebihan udara

$$= (1,3 - 1,7), \text{ diambil } 1,3$$

(Petrovsky, 1968: 43)

Berat udara yang diperlukan untuk membakar bahan bakar tiap siklus ( $L_0''$ ), yaitu:

$$L_0'' = L_0' \times G_{bb}$$

$$= 0,68 \times (5,775 \times 10^{-4})$$

$$= 3,93 \times 10^{-4} \text{ mole/putaran}$$

Berat udara tiap siklus ( $G_u$ ), yaitu:

$$G_u = 28,95 \times L_o''$$

$$= 28,95 \times (3,93 \times 10^{-4})$$

$$= 0,01 \text{ mole/putaran}$$

Panas jenis tekanan konstan gas campuran ( $C_{pm}$ ), yaitu:

$$C_{pm} = \frac{G_u}{G} \times C_{pa} + \frac{G_{bb}}{G} \times C_{pb} + \dots$$

$$= \left(\frac{0,01}{0,241}\right) \times 0,2404 + \left(\frac{0,231}{0,241}\right) \times 1,2050$$

$$= 1,165 \text{ kkal/kg } ^\circ K$$

Keterangan:

$C_{pa}$  = Panas jenis tekanan konstan untuk udara

$$= 0,2404 \text{ kkal / kg } ^\circ K \quad (\text{Obert Edward F, 1968: 722})$$

$C_{pb}$  = Panas jenis tekanan konstan untuk bahan bakar

$$= 1,2050 \text{ kkal / kg } ^\circ K \quad (\text{V. L. Maleev, 1945: 27})$$

Sehingga besarnya temperatur gas campuran (udara dan bahan bakar) pada proses pembakaran ( $T_3$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} T_3 &= \frac{Qm}{G \times C_{pm}} + T_2 \\ &= \frac{5,833}{0,241 \times 1,165} + 655,71 \\ &= 676,49 \text{ }^\circ\text{K} \\ &= 403,49 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Besarnya volume gas campuran pada akhir proses pembakaran ( $V_3$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} V_3 &= V_2 \times \frac{T_3}{T_2} \\ &= 204,649 \times \frac{676,49}{655,71} \\ &= 211,135 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

**d. Langkah kerja (3 – 4)**

Besarnya tekanan gas pada akhir langkah kerja ( $P_4$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} P_4 &= P_2 \times \left( \frac{V_3}{V_1} \right)^k \\ &= 16,136 \times \left( \frac{211,135}{1985,097} \right)^{1,3079} \\ &= 16,136 \times (0,106)^{1,3079} \\ &= 16,136 \times 0,053 \\ &= 0,860 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan:

$k$  = Nilai perbandingan kalor spesifik (1,3079)

Besarnya volume gas buang pada akhir langkah pembakaran ( $V_4$ ), yaitu:

$$\begin{aligned}
 T_4 &= T_3 \times \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} \\
 &= 676,49 \times \left(\frac{211,135}{1985,097}\right)^{1,3079-1} \\
 &= 676,49 \times (0,106)^{0,3079} \\
 &= 676,49 \times 0,501 \\
 &= 338,92 \text{ }^\circ\text{K} \\
 &= 65,92 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$k$  = Nilai perbandingan kalor spesifik (1,3079) (Sunarto H. Untung: 31)

#### e. Proses pengeluaran kalor (4 – 1)

Besarnya panas jenis volume konstan gas campuran ( $C_{vm}$ ), yaitu:

$$\begin{aligned}
 C_{vm} &= \frac{Gu}{G} \times C_{va} + \frac{Gbb}{G} \times C_{vb} \\
 &= \left(\frac{0,01}{0,241}\right) \times 0,1718 + \left(\frac{0,231}{0,241}\right) \times 1,1961 \\
 &= 1,154 \text{ kkal/kg }^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$C_{va}$  = Panas jenis volume konstan untuk udara

$$= 0,1718 \text{ kkal / kg } ^\circ\text{K} \quad (\text{Obert Edward F, 1968: 722})$$

$C_{vb}$  = Panas jenis volume konstan untuk bahan bakar

$$= 1,1961 \text{ kkal / kg } ^\circ\text{K} \quad (\text{V. L. Maleev, 1945: 27})$$

Jumlah kalor yang harus dikeluarkan yaitu:

$$\begin{aligned} Q_k &= G \times C_{vm} \times (T_4 - T_1) \\ &= 0,241 \times 1,154 \times (338,92 - 325,728) \\ &= 0,241 \times 1,154 \times 13,192 \\ &= 3,669 \text{ kkal/kg} \\ &= 3,669 \times 3,969 \\ &= 14,562 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan perpindahan panas

### a. Perpindahan pada blok silinder

Sebelum dapat menghitung besarnya perpindahan panas pada blok silinder ( bagian dalam dan bagian luar), maka terlebih dahulu diperlukan data parameter termodinamika berikut ini:

Mengkonversi daya efektif engine ( $Q_s$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} Q_s &= n_e \times 632,4 \\ &= 86,41 \times 632,4 \\ &= 54.645,684 \text{ kkal} \\ &= 54.645,684 \times 3,969 \\ &= 216.888,72 \text{ BTU} \end{aligned}$$

Menghitung nilai panas yang terjadi pada setiap silinder ( $Q'$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} Q' &= \frac{Q_s}{4} \\ &= \frac{54.645,684}{4} \\ &= 13.661,42 \text{ kkal} \\ &= 54.222,18 \text{ BTU} \end{aligned}$$

Menghitung besar perpindahan panas yang melalui dinding blok silinder ( $Q_{ds}$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} Q_{ds} &= \frac{Q_s}{z} \\ &= \frac{54.645,684}{13.661,42} \\ &= 4,00 \text{ kkal} \\ &= 15876 \text{ BTU} \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai temperatur pada dinding blok silinder (bagian dalam dan bagian luar), diperoleh dengan urutan sebagai berikut:

Menghitung besar temperatur rata – rata gas pada proses pembakaran ( $t_1$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{T_2 + T_3}{2} \\ &= \frac{655,71 + 676,49}{2} \end{aligned}$$

$$= 666,1 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$= 393,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= (1,8 \times 393,1) + 32$$

$$= 739,58 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menghitung tebal dinding dalam blok silinder ( $L$ ), yaitu:

$$L = (0,045 \times D) + 1,588$$

$$= (0,045 \times 80,5) + 1,588$$

$$= 5,211 \text{ mm}$$

$$= \frac{5,211}{304,8}$$

$$= 0,017 \text{ ft}$$

$$= 0,518 \text{ cm}$$

Menghitung tebal dinding luar blok silinder ( $x$ ), yaitu:

$$x = L$$

$$= 0,017 \text{ ft}$$

$$= 0,518 \text{ cm}$$

Menghitung diameter dinding luar silinder ( $D_0$ ), yaitu:

$$D_0 = D + 2L$$

$$= 0,264 + (2 \times 0,017)$$

$$= 0,298 \text{ ft}$$

$$= 9,083 \text{ cm}$$



Menghitung luas bidang perpindahan panas pada bagian dalam silinder

( $A_1$ ), yaitu:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= (\pi \times D \times S \times 0,5) + \left( \pi \times D \times \frac{S}{r-1} \right) + \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times 2 \right) \\
 &= (3,14 \times 0,264 \times 0,287 \times 0,5) + \left( 3,14 \times 0,264 \times \frac{0,287}{9,7-1} \right) + \left( \frac{1}{4} \times 3,14 \times \right. \\
 &\quad \left. 0,264^2 \times 2 \right) \\
 &= 0,119 + 0,027 + 0,109 \\
 &= 0,255 \text{ ft}^2 \\
 &= 0,255 \times 923,94 \\
 &= 235,605 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung luas bidang perpindahan panas bagian luar silinder ( $A_0$ ), yaitu:

$$\begin{aligned}
 A_0 &= (\pi \times D_0 \times S \times 0,5) + \left( \pi \times D_0 \times \frac{S}{r-1} \right) + \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D_0^2 \times 2 \right) \\
 &= (3,14 \times 0,298 \times 0,287 \times 0,5) + \left( 3,14 \times 0,298 \times \frac{0,287}{9,7-1} \right) \\
 &\quad + \left( \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,298^2 \times 2 \right) \\
 &= 0,134 + 0,031 + 0,139 \\
 &= 0,304 \text{ ft}^2 \\
 &= 280,88 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung luas bidang perpindahan panas rata – rata pada silinder ( $A$ ),

yaitu:

$$\begin{aligned} A &= \frac{A_0 + A_1}{2} \\ &= \frac{0,304 + 0,255}{2} \\ &= 0,2795 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Sehingga besar temperatur dinding silinder bagian dalam ( $t_{2ds}$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} t_{2ds} &= t_1 - \frac{Q_{ds}}{U \cdot A} \\ &= 739,58 - \frac{10.302,21}{40,48 \times 0,2795} \\ &= 170,98 \text{ }^\circ\text{F} \\ &= \frac{170,98 - 32}{1,8} \\ &= 77,21 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 350,21 \text{ }^\circ\text{K} \end{aligned}$$

Keterangan:

$U$  = Koefisien perpindahan panas total

$$= 40,48 \text{ BTU / ft}^2 \text{ }^\circ\text{F.hr}$$

Besarnya temperatur dinding silinder bagian luar ( $t_{3ds}$ ), yaitu:

$$\begin{aligned}
 t_{3ds} &= \frac{\left(\frac{h_1}{x} \times A_0 \times t_{2ds}\right)}{\frac{h_1}{x} \times A_0} \\
 &= \frac{\left(\frac{27}{0,017} \times 0,304 \times 170,98\right)}{\frac{27}{0,017} \times 0,304} \\
 &= \frac{82.553,167}{482,824} \\
 &= 170,98 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 &= \frac{170,98 - 32}{1,8} \\
 &= 77,21 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 &= 350,21 \text{ } ^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$h_1$  = Konduktifitas bahan silinder

$$= 27 \text{ BTU/ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F. hr}$$

(V. L. Maleev, 1945: 426)

#### b. Perpindahan panas pada kepala silinder

Besarnya perpindahan panas yang melalui kepala silinder ( $Q_{ks}$ ), yaitu:

$$\begin{aligned}
 Q_{ks} &= 13\% \times Q \\
 &= 0,13 \times 13.661,42 \\
 &= 1.775,99 \text{ kkal} \\
 &= 7.047,128 \text{ BTU}
 \end{aligned}$$

Nilai temperatur pada dinding dalam kepala silinder ( $t_{2ks}$ ), yaitu:

$$\begin{aligned}
 t_{2ks} &= t_1 - \frac{Q_{ks}}{U \cdot A} \\
 &= 739,58 - \frac{7.047,128}{40,48 \times 0,2795} \\
 &= 116,72 \text{ }^\circ\text{F} \\
 &= \frac{116,72 - 32}{1,8} \\
 &= 47,07 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 320,07 \text{ }^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Nilai temperatur dinding luar kepala silinder ( $t_{3ks}$ ), yaitu:

$$\begin{aligned}
 t_{3ks} &= \frac{\left(\frac{h_1}{x} \times A_0 \times t_{2ks} - Q_{ks}\right)}{\frac{h_1}{x} \times A_0} \\
 &= \frac{\left(\frac{27}{0,017} \times 0,304 \times 116,72 - 7.047,128\right)}{\frac{27}{0,017} \times 0,304} \\
 &= \frac{49.308,024}{482,824} \\
 &= 102,124 \text{ }^\circ\text{F} \\
 &= \frac{102,124 - 32}{1,8} \\
 &= 38,958 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 311,958 \text{ }^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Besarnya temperatur rata – rata kepala silinder ( $t_r$ ), yaitu:

$$t_r = \frac{t_{3ds} + t_{3ks}}{2}$$

$$= \frac{170,98 + 102,124}{2}$$

$$= 136,552 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$= 58,084 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 331,084 \text{ } ^\circ\text{K}$$

**c. Perpindahan panas yang diserap oleh air pendingin**

Besarnya panas yang diserap air pendingin pada tiap silinder ( $Q_a$ ), yaitu:

$$Q_a = h_m \times A \times (t_4 - t_5) \times \gamma$$

$$= 180 \times 0,2795 \times (136,552 - 125) \times 25\%$$

$$= 180 \times 0,2795 \times 11,552 \times 0,25$$

$$= 145,295 \text{ BTU/hr}$$

$$= 50,874 \text{ kkal/jam}$$

#### D. Macam Gangguan pada Sistem Pendinginan

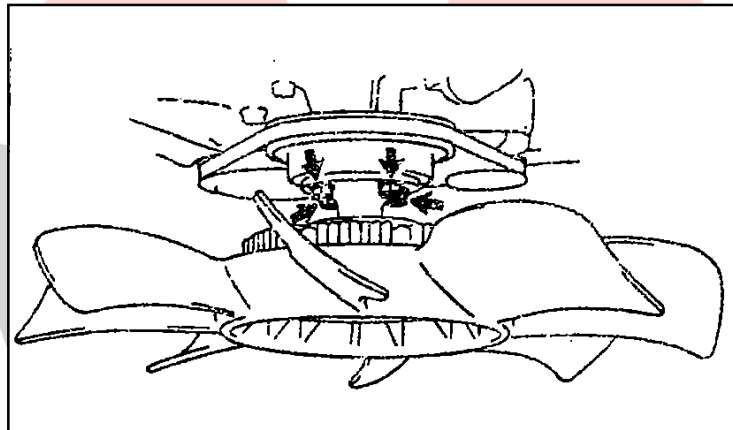
Gangguan yang sering terjadi pada sistem pendingin *engine* 7K pada Toyota Kijang LSX harus diatasi dengan cepat agar tidak merusak komponen motor yang lain. Adapun gangguan sistem pendingin pada *engine* 7K pada Toyota Kijang LSX yaitu:

1. Air pendingin kurang karena sistem bocor.
2. Radiator tersumbat oleh kotoran.
3. Katup termostat sudah rusak.
4. Pipa karet tertutup atau tersumbat.
5. Saluran pembagi air dalam radiator rusak.
6. Pompa air tidak dapat bekerja secara baik sehingga tidak mampu menghasilkan aliran yang cukup.
7. Selubung air dari mesin tersumbat kotoran air.
8. Tutup radiator tidak berlubang atau pipa peluapan tertutup atau tersumbat oleh kotoran.
9. Sirkulasi air tidak mengalir secara normal.
10. Bidang pendinginan terlalu sempit.
11. Rusuk-rusuk pendinginan dari radiator penuh dengan debu atau kotoran udara.
12. Bocor pada sistem pendingin.

## E. Langkah Pembongkaran sistem pendingin

### 1. Melepas pompa air

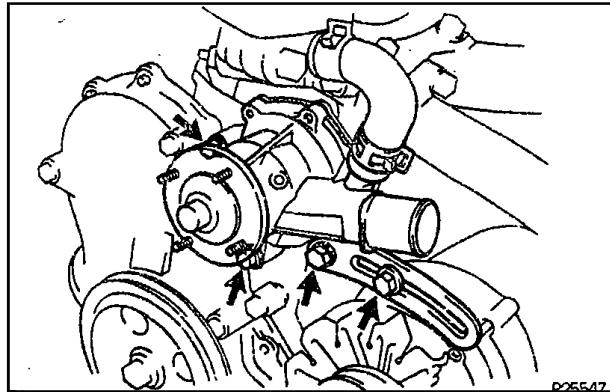
- a. Keluarkan media pendingin motor.
- b. Lepas tali kipas, kipas, kopling fluida dan puli pompa air.
  - Rentangkan tali kipas dan kendurkan mur pengikat tali kipas.
  - Kendurkan pivot dan baut penyetel, alternator, kemudian lepas tali kipas.
  - Lepas 4 mur, kipas dengan kopling fluida dan puli.
  - Lepas 4 mur dan kipas dari kopling fluida.



Gambar 3.2 Melepas Tali Kipas, Kipas, Kopling Fluida dan Puli Pompa Air

(Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-83)

- c. Lepas pompa air.
  - Lepas selang bypass air dari pompa air.
  - Lepas 4 baut, batang penyetel, pompa air dan gasket.



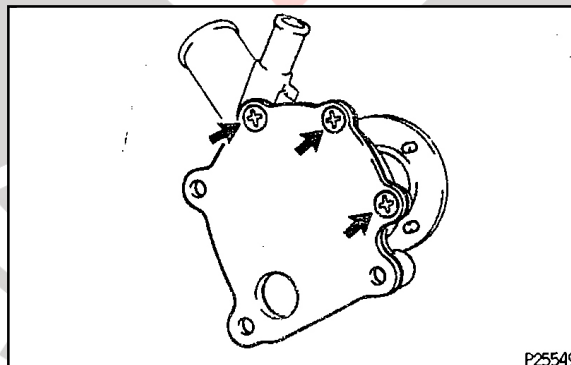
Gambar 3.3 Melepas Pompa Air

(Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-81)

## 2. Membongkar pompa air

### a. Lepas plat pompa air.

Lepas 3 sekrup, plat pompa dan gasket.



Gambar 3.4 Melepas Plat Pompa

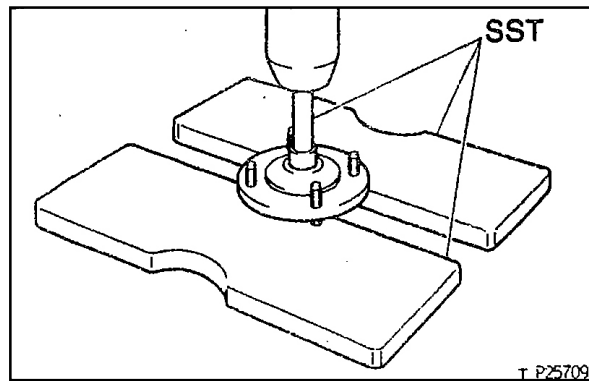
(Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-83)

### b. Lepas dudukan puli.

Menggunakan SST dan pres, tekanlah poros bearing dan lepaskan dudukan puli.

SST 09236 – 00101 (09237 – 00010, 09237 – 00060).





Gambar 3.5 Melepas Dudukan Puli  
(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-83*)

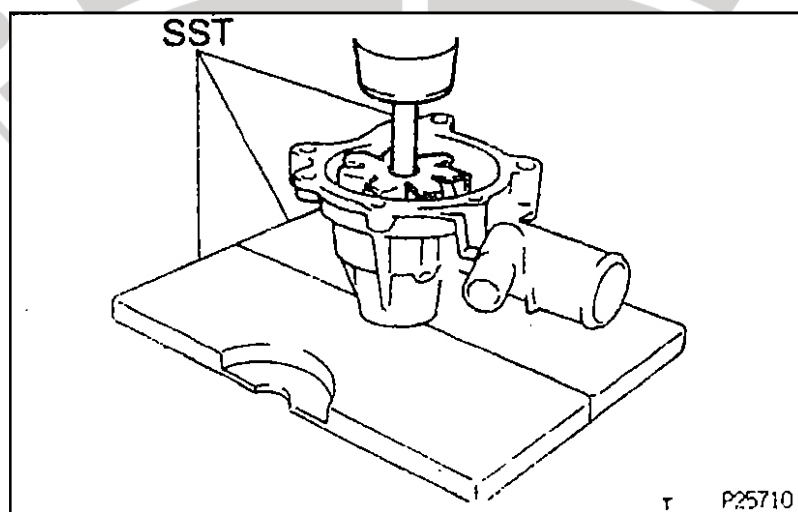
c. Lepas bearing pompa air dan rotor.

- Secara bertahap, panaskan bodi sampai temperatur.

75 – 85 °C (167° – 185°F).

- Menggunakan SST dan pres, tekan poros bearing dan lepas bearing dan rotor.

SST 09236 – 00101 (09236 – 15010).

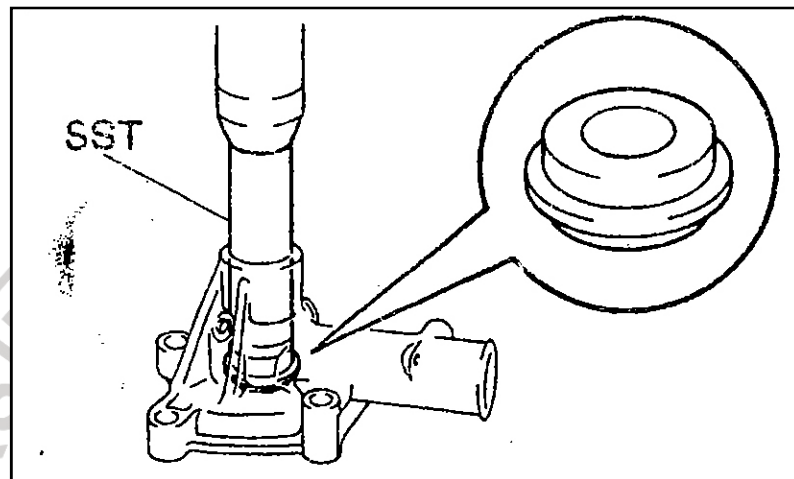


Gambar 3.6 Melepas Bearing Pompa Air dan Rotor

(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-83*)

- d. Lepas rakitan seal
- e. Menggunakan SST dan pres, lepas rakitan seal.

SST 09236 – 00101 (09236 – 15010).



Gambar 3.7 Melepas Rakitan Seal  
(Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-83)

### 3. Melepas thermostat

PETUNJUK: Pelepasan thermostat akan menghasilkan efek kebalikannya, yaitu efisiensi pendinginan menurun. Jangan melepas thermostat meskipun *engine* cenderung menjadi panas.

- a. Keluarkan media pendingin
- b. Lepaskan saluran air keluar dan thermostat.
  - Lepas 2 baut dan saluran air keluar dari rumah thermostat.
  - Lepas thermostat dan gasket.



Gambar 3.8 Melepas Thermostat  
(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-86*)

## F. Analisis Gangguan pada Komponen Sistem Pendingin

### 1. Radiator tersumbat

Kerak di dalam pipa air radiator dapat menyumbat saluran air, sehingga kemampuan membuang panas menjadi turun. Temperatur yang tinggi akan merusak komponen-komponen *engine* yang lainnya.

#### 1) Mulut pipa – pipa air

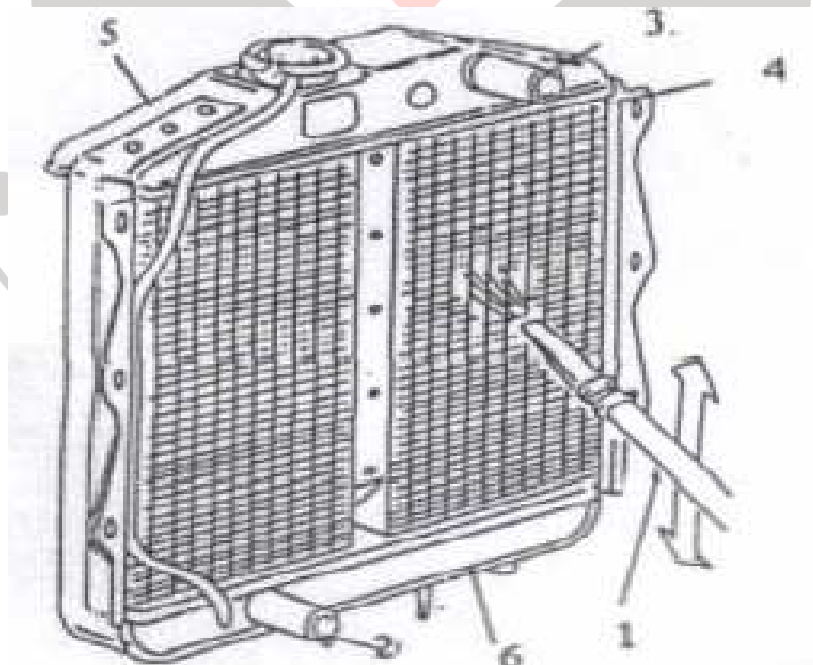
Bagian mulut pipa-pipa air sering terjadi adanya kerak-kerak yang menempel pada setiap bagian lubang sehingga air tidak dapat masuk melalui pipa yang tersumbat kotoran tadi. Untuk membersihkan kotoran tersebut pada bagian ujung pipa dapat dibersihkan dengan alat penggores besi atau baja yang dibentuk seperti skrap.

## 2) Pipa – pipa air

Langkah untuk mengatasi gangguan pada pipa-pipa yang tersumbat oleh kotoran air atau kerak – kerak dengan menggunakan alat kerok ke dalam pipa-pipa tersebut, sehingga kerak-kerak yang menempel bisa dikeluarkan. Perlu diperhatikan bahwa pipa – pipa tersebut terbuat dari bahan yang mudah rusak, Maka di dalam membersihkan perlu hati – hati jangan sampai terjadi kebocoran.

## 3) Inti radiator

Bentuk sirip – sirip pada radiator ada dua jenis, yaitu berbentuk plat dan berbentuk zig – zag. Pada *engine* 7K Toyota Kijang LSX menggunakan sirip jenis zig – zag. Untuk membersihkan kotoran pada sirip – sirip radiator ini dengan cara menyemprotkan udara dari kompresor ke dalam sirip sampai kotoran keluar.



Gambar 3.9 Membersihkan Inti Radiator

(*Pemeliharaan Sistem Pendingin dan Komponen – Komponennya, 2004:17*)

#### 4) Bak air atas

Bak bagian atas berfungsi sebagai penampung air panas yang masuk dari pipa, bak penampung atas ini dilengkapi dengan tutup radiator. Kotoran yang menempel pada dinding bak penampung atas dapat dihilangkan dengan cara menguras radiator. *engine* dihidupkan, pipa bagian bawah dibuka dan dialirkan dari tutup radiator. Setelah bersih radiator dipasang kembali, diisi air pendingin dan bila perlu ditambah zat anti karat.

#### 5) Bak air bawah

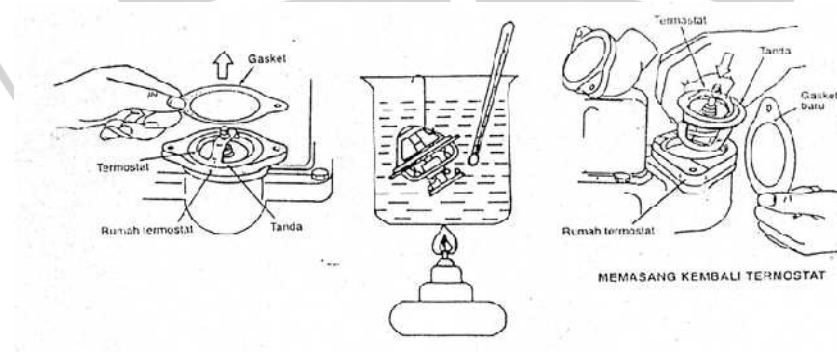
Bak ini berfungsi untuk menampung air yang telah didinginkan oleh sirip – sirip yang menyerupai pipa – pipa kecil sebagai alat pendingin. Penampung bawah ini dilengkapi kran pembuangan air. Saluran pipa – pipa kecil pada sistem pendingin harus selalu baik dan tidak ada endapan kotoran yang dapat menyebabkan terjadi kerusakan pada bagian lainnya. Pipa – pipa kecil sangat mudah ditemplei kotoran yang makin lama semakin tebal sehingga fungsi pendinginannya berkurang.

## 2. Thermostat tidak bekerja atau macet

Thermostat berfungsi mengatur sirkulasi air agar kerja *engine* maksimal pada temperatur yang sesuai. Thermostat yang macet pada saat tertutup dapat menyebabkan *engine* menjadi *over heating* dan thermostat yang macet pada saat terbuka dapat menyebabkan *engine* menjadi *over cooling*. Kedua gejala tersebut dapat menimbulkan keausan pada bagian dari *engine* dan tenaga yang dihasilkan

menjadi turun. Kondisi pada suhu *engine* masih dingin, sudah ada sirkulasi air ke radiator, maka kemungkinan thermostat macet dalam keadaan terbuka. Tetapi bila pada saat temperatur *engine* sudah mencapai suhu kerja tetapi ada sirkulasi air ke radiator, ada kemungkinan thermostat macet dalam posisi tertutup. Saat temperatur mencapai 60°C, maka katup thermostat akan mulai membuka dan pada 82°C, katup tersebut terbuka penuh dan memungkinkan air pendingin bersirkulasi ke radiator dalam keadaan baik. Untuk mengetahui kondisi dari *thermostat* maka perlu dilakukan pengujian. Yaitu dengan cara:

- a. Rendam thermostat dalam air.
- b. Panaskan air, biarkan panas air konstan, dan hindari pemanasan langsung thermostat.
- c. Periksa pertama terbukanya katup pada temperatur 60 °C.
- d. Periksa saat terbukanya thermostat pada temperatur 82 °C.
- e.



Gambar 3.10 Menguji Thermostat

(*Pemeliharaan Sistem Pendingin dan Komponen – Komponennya*, 2004:27)

### 3. Pompa air rusak

Pompa air berfungsi mensirkulasikan air ke dalam sistem pendinginan. Apabila pompa air macet atau tidak berfungsi, maka sirkulasi pendingin akan terganggu, sehingga air dari radiator tidak dapat bersirkulasi dengan sempurna. Adanya karat di dalam sistem pendingin dapat merusakkan *seal* pompa yang akhirnya dapat menimbulkan kerusakan pada poros dan bantalan.

Pemasangan tali kipas yang terlalu kencang juga dapat menyebabkan kerusakan pada bantalan dari pompa air pendingin karena akan timbul beban yang terlalu berat dan penekanan ke satu sisi. *Seal* dari poros pompa yang rusak dapat menimbulkan kebocoran. Kebocoran ini akan tampak bila sistem diberi tekanan, maka *seal* pada poros pompa yang rusak harus diganti.



Gambar 3.11 Memeriksa Pompa Air  
(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-82*)

#### 4. Water jacket tersumbat

*Water jacket* (mantel pendingin) di sekeliling silinder-silinder *engine* dan kepala silinder. Fungsi *water jacket* ini adalah untuk mendinginkan bagian-bagian dinding silinder dan ruang bakar, mantel pendingin pada kepala silinder berhubungan langsung dengan bak penampung atas radiator dan bagian blok silinder berhubungan dengan bak penampung bawah radiator. Aliran air yang melewati mantel pendingin akan meninggalkan kotoran atau karat yang akan mengendap dan menghambat sirkulasi air pendingin di dalam mantel pendingin. Endapan kotoran radiator harus dibersihkan dengan cara meniupkan udara yang bertekanan dari kompresor ke lubang – lubang yang tersumbat, sehingga kotoran diharapkan keluar dari *water jacket*.

#### 5. Tutup radiator bocor

Salah satu cara untuk mengetahui tutup radiator masih baik atau tidak adalah dengan cara memeriksa tutup radiator dengan alat “Analiser Sistem Pendingin atau radiator cap tester”. Selain untuk memeriksa tutup radiator, alat Analiser Sistem Pendingin ini juga bisa digunakan untuk memeriksa kebocoran eksternal sistem pendingin.

Salah satu fungsi tutup radiator adalah untuk mengurangi tekanan apabila tekanan di dalam sistem berlebihan sehingga dapat mencegah kerusakan bagian – bagian sistem. Kebocoran yang tidak ditemukan di dalam sistem pendingin dan radiator tidak terganggu, tetapi motor mengalami gejala *over heating*, maka dapat juga disebabkan karena tutup radiator yang kurang baik sehingga tekanan di dalam



sistem terlalu dingin. Pemeriksaan tutup radiator dilakukan untuk mengetahui keadaan katup tekan dan katup hisapnya dengan menggunakan analiser seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.12 Pemeriksaan Tutup Radiator  
(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-87*)

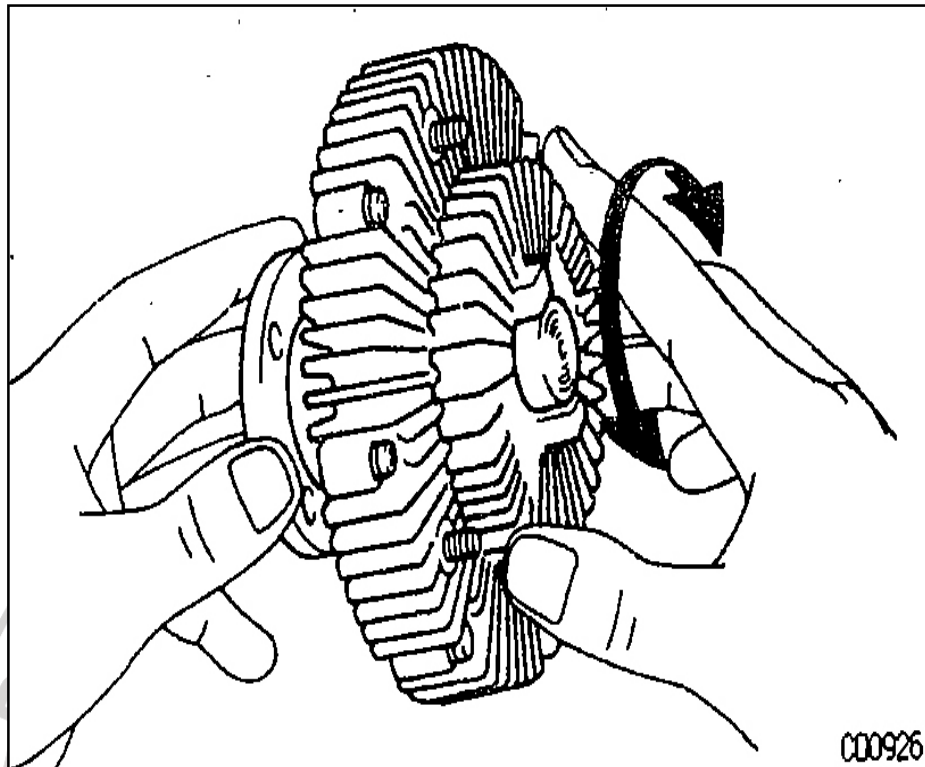
Keterangan:

1. Tutup Radiator
2. Pengukuran

Pemeriksaan dengan alat tersebut dapat diketahui tekanan pembukaan katup tekan dan katup vakumnya, serta diketahui apakah ada kebocoran pada tutup radiator atau tidak. Apabila tutup radiator rusak maka harus diganti.

## **6. Kipas tidak berputar**

Kipas tidak berputar bisa diakibatkan oleh kupling fluida rusak. Kerusakan dapat berupa bocornya fluida dari kupling.



Gambar 3.13 Memeriksa Kupling Fluida  
(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-83*)

## G. Langkah Pemasangan dan Perakitan

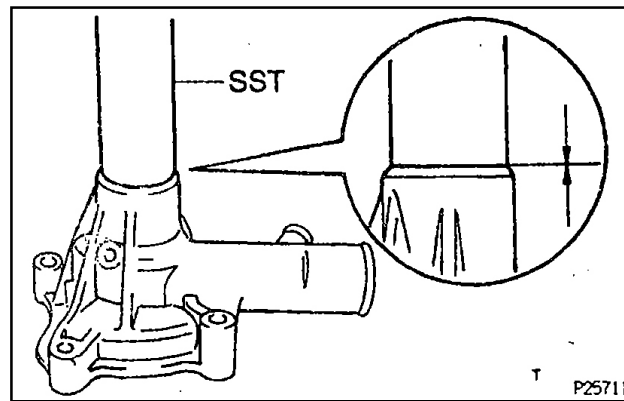
### 1. Merakit pompa air

PETUNJUK: Rakitlah selalu pompa air dengan seal baru.

#### a. Pasang bearing pompa air.

- Secara bertahap, panaskan bodi sampai temperatur.  
75 – 85 °C (167° – 185°F).
- Menggunakan SST dan pres, pasang bearing pada body pompa air.  
SST 09236 – 00101 (09236 – 00020).

PERHATIAN: Permukaan bearing harus rata dengan bodi pompa.



Gambar 3.14 Memasang Bearing Pompa Air  
(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-83*)

b. Pasang seal.

- Oleskan seal packing pada seal baru dan bodi pompa.

Seal packing: No part 08826 – 00100 atau yang sejenis.

- Menggunakan SST dan pres, pasang seal.

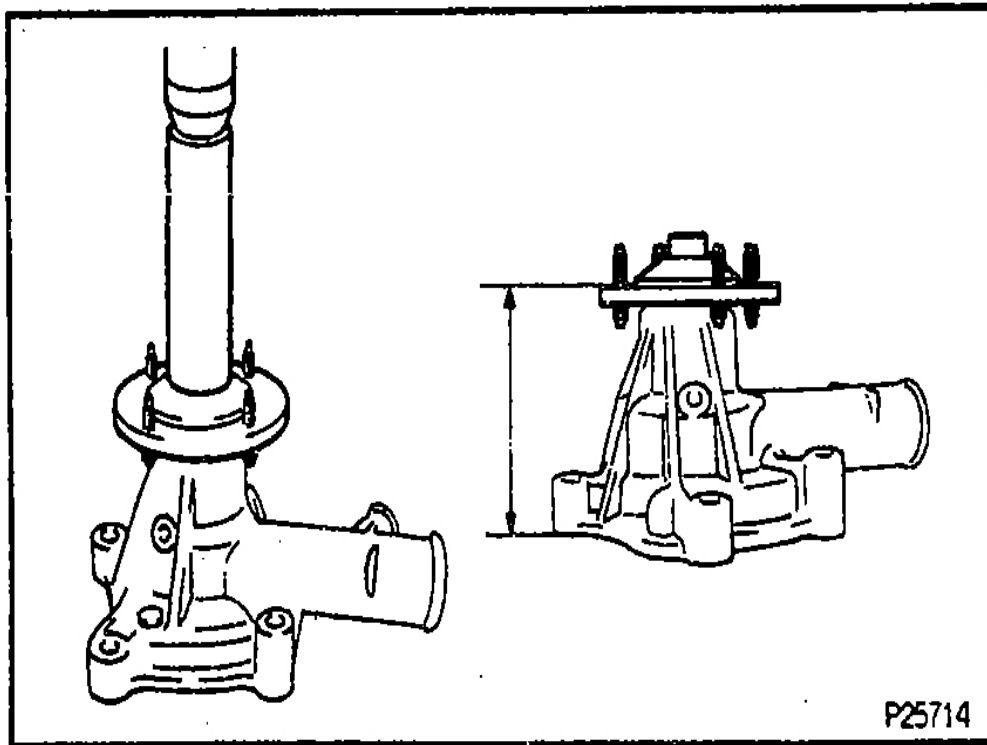
SST 09236 – 00101 (09236 – 00030).



Gambar 3.15 Memasang Seal Pompa Air  
(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-84*)

c. Pasangudukan puli.

Menggunakan SST dan pres, pasangudukan puli pada poros bearing pompa sampai jarak 89,3 – 90,7 mm (3,516 – 3,571 in) dari permukaan pompa. SST 09236 – 00101 (09237 – 00020).

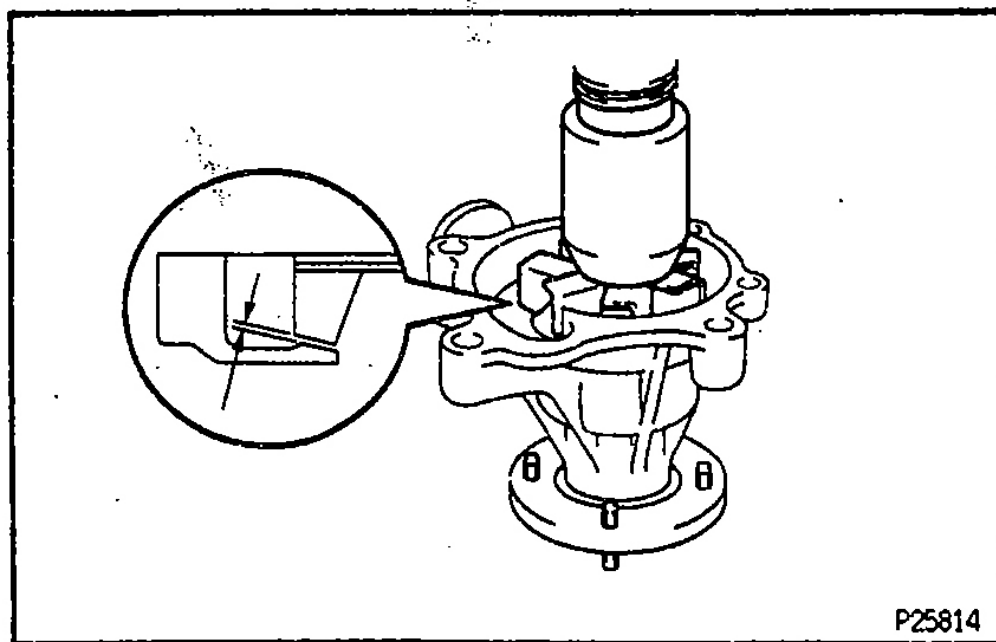


Gambar 3.16 Memasang Dudukan Puli  
(Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-84)

d. Pasang rotor.

Menggunakan pres, pasang rotor pada poros bearing pompa sampai jarak 0,3 – 1,1 mm (0,01 – 0,04 in) dari permukaan bodi pompa.

PERHATIAN: Permukaan rotor harus rata dengan permukaan poros bearing.



Gambar 3.17 Memasang Rotor

(Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-84)

e. Pasang plat pompa.

Pasang gasket baru dan bodi pompa dengan 3 sekrup.

Momen 10,3 Nm (105 kgf cm, 8 ft lbf).

PERHATIAN: setelah pemasangan, periksa bahwa rotor tidak menyentuh plat pompa.

f. Periksa bahwa pompa air berputar lembut.

## 2. Memasang pompa air

a. Pasang pompa air.

- Untuk sementara pasang pasang batang penyetel pada alternator dengan batut penyetel.

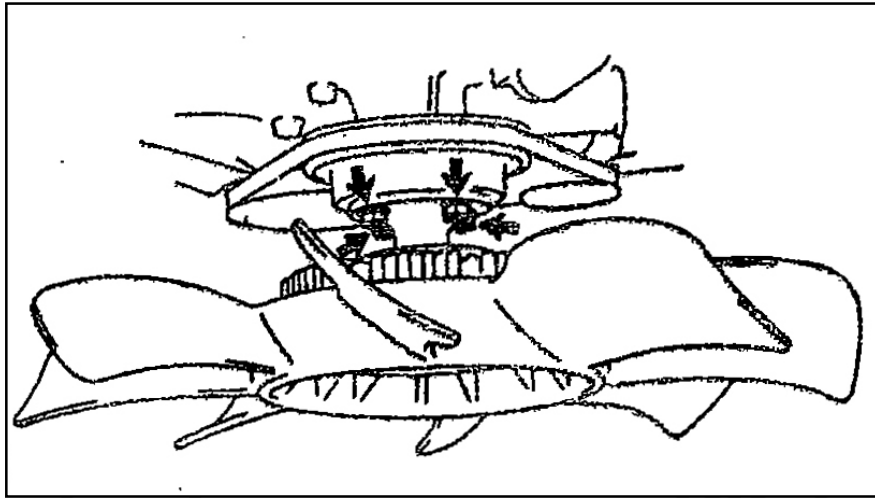
- Pasang gasket baru dan pompa air dengan 3 baut.

Momen: 19 Nm (195 kgf cm, 14 ft lbf).



Gambar 3.18 Memasang Pompa Air  
(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-85*)

- b. Pasang puli pompa air, kipas, kopling fluida, dan tali kipas.
  - Pasang kipas pada kopling fluida dengan empat mur.
  - Untuk sementara pasang puli pompa air dan kipas bersama kopling fluida dengan 4 mur.
  - Pasang tali kipas dan stel.
  - Rentangkan tali kipas dan kencangkan 4 mur.

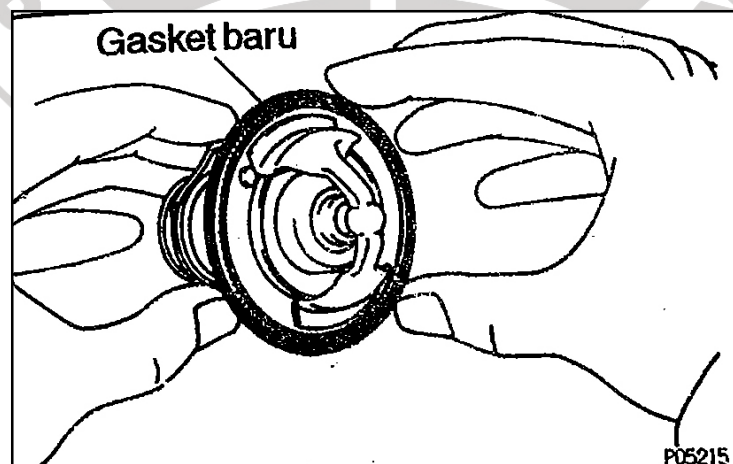


Gambar 3.19 Memasang Puli Pompa, Kipas, Kopling Fluida dan Tali Kipas  
(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-85*)

c. Isilah *engine* dengan media pendingin

### 3. Memasang thermostat

- a. Pasang thermostat dan saluran air keluar
  - Pasang gasket baru pada thermostat

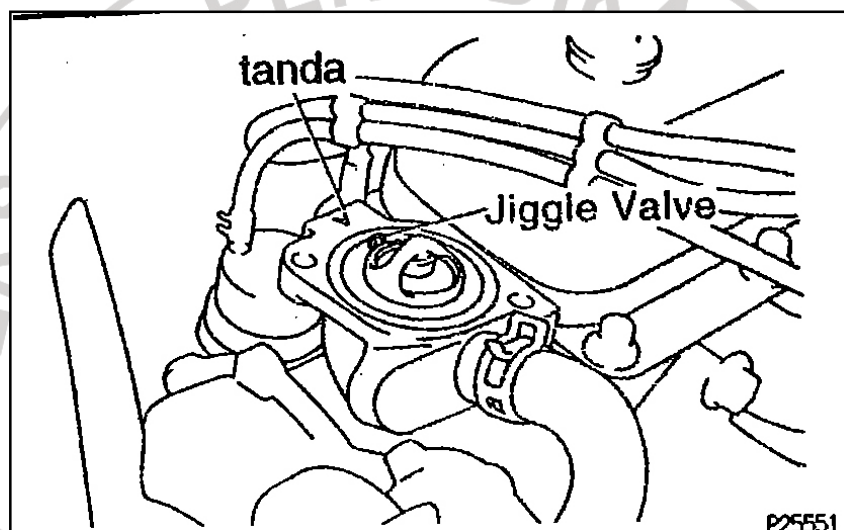


Gambar 3.20 Memasang Gasket Baru  
(*Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-87*)

- Luruskan jiggle valve pada thermostat dengan tanda di sisi kanan, dan masukan thermostat kedalam rumah saluran.

PETUNJUK: posisi jiggle valve bias digeser, 10° ke kiri atau kanan dari posisi yang ditunjukkan.

- Pasang saluran air dengan 2 baut.



Gambar 3.21 Memasang Thermostat dan Saluran Air Keluar

(Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-87)

- b. Isilah motor dengan media pendingin.
- c. Hidupkan motor dan periksa kebocoran.



## H. Cara Mengatasi Gangguan pada Sistem Pendingin

Gangguan yang sering terjadi pada sistem pendingin *engine* 7K adalah:

### 1. *Engine* terlalu panas

Kekurangan air dapat diatasi dengan menambah air pendingin dan memeriksa kebocoran dalam sistem pendinginan tidak kelihatan oleh mata telanjang dalam keadaan *engine* masih dingin, sewaktu *engine* panas tekanan dalam sistem pendinginan akan bertambah dan air akan terdesak keluar. Untuk mencari kebocoran, sistem pendinginan harus dites tekanannya. Dengan menggunakan alat yang dinamakan 'Analiser Sistem Pendinginan/*radiator cap tester*'. Cara menggunakan analiser adalah sebagai berikut:

#### a. Mengetes kebocoran luar (*eksternal*)

- 1) Lepas tutup radiator
- 2) Isi radiator dengan air sampai pada permukaan yang benar.
- 3) Pasang *radiator cap tester* pada sambungan pengisi radiator.
- 4) Pompa dengan handel tangan sampai tekanan  $1 \text{ kgf/cm}^2$ .
- 5) Jika tekanan yang terbaca menunjukkan di bawah tekanan yang diijinkan atau drop (turun) menunjukkan adanya kebocoran dalam sistem pendinginan.
- 6) Lakukan pemeriksaan semua sambungan saluran pendinginan dari kebocoran sampai ketemu.

- 7) Lakukan perbaikan atau penggantian pada komponen yang bocor.



Gambar 3.22 Cara Memeriksa Kebocoran Luar (Eksternal)  
(Service Manual Toyota Kijang LSX, EG-88)

Keterangan:

1. Pompa dioperasikan dengan tangan.
  2. Amati tekanan pengukur.
  3. Pasang analiser ke leher pengisi.
- b. Mengetes kebocoran dalam (*internal*).**
1. Lepaskan tutup radiator.
  2. Isi radiator penuh sampai permukaan yang benar.
  3. Starter atau hidupkan *engine* sampai temperatur kerja.
  4. Pasang *radiator cap tester* pada radiator.
  5. Amati kondisi tekanan pada sistem.

6. Kebocoran udara yang tidak ditemukan dan sistem pendingin secara terus menerus bebas tekanan (tanpa tekanan) maka terjadi kebocoran pada silinder, kemungkinan kepala silinder melengkung atau jaket air mengalami kerusakan.

c. *Thermostat* yang rusak harus diganti.

d. Pompa air yang tidak bekerja dapat diatasi dengan pompa diperbaiki atau diganti.

## 2. **Engine** terlalu dingin

a. Thermostat rusak, harus diatasi dengan mengganti thermostat.

b. Temperatur udara terlalu dingin, cara mengatasinya radiator harus ditutup.

## 3. **Kehabisan air**

a. Kebocoran pada radiator dapat diatasi dengan memperbaiki radiator.

b. Pipa pendingin longgar atau rusak. Hal ini dapat diatasi dengan cara hubungan selang dipererat atau diganti.

c. Pompa air bocor, dapat diatasi dengan cara diperbaiki atau diganti.

d. Gasket kepala silinder yang bocor dapat diatasi dengan mengencangkan atau mengganti baut.

e. Kepala silinder atau blok silinder yang retak harus diganti.

f. *Engine* bekerja dengan suhu yang terlalu tinggi, dapat diatasi dengan menyelidiki sebab terjadinya panas yang berlebihan.

**4. Terdapat bunyi pada sistem pendingin**

- a. Bantalan pompa rusak, dapat diatasi dengan mengganti rakitan bantalan.
- b. Daun kipas pompa longgar atau bengkok, dapat diatasi dengan cara daun kipas dipererat, diperbaiki atau diganti.

