

BAB III

ANALISIS COOLING SYSTEM PADA ENGINE 2TR FE

A. Spesifikasi Komponen Utama dan Sistem Pendingin

Sistem pendingin *engine* 2TR FE pada Toyota Fortuner merupakan bagian dari seluruh sistem yang terdapat pada *engine* Toyota Fortuner. Sistem pendingin mempunyai peranan yang sangat penting untuk menurunkan panas pada *engine* yang terjadi akibat dari proses pembakaran. Sebelum membicarakan sistem pendingin *engine* 2TR FE pada Toyota Fortuner perlu diketahui pula ciri-ciri dan proses kerjanya. *Engine* 2TR FE Toyota Fortuner 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 digerakan oleh V belt
4. *Thermostat* : *thermostat* jenis lilin (wax)
5. Pipa : Pipa fleksibel
6. Kipas : Digerakan *V Belt*
7. Tutup radiator :
8. Botol pelimpah (reservoir tank)

Sirkulasi air pendingin *engine* pada Toyota Fortuner berawal dari radiator kemudian air dihisap oleh pompa air dan dikirim ke kantong-kantong air pada silinder blok, pompa ini dipasangkan pada bagian depan dari *engine* dan digerakan oleh poros engkol melalui perantaran *V belt*. Air yang berada dikantong-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 menuju ke radiator pada saat air panas (di atas suhu kerja) atau ke saluran *by-pass* dan 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 2TR FE pada Toyota Fortuner

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| Engine | : 2TR FE |
| Jenis | : Motor Bensin 4 Langkah |
| Diameter x Langkah | : 95 x 95 mm |
| Isi silinder | : 2,693cc |
| Daya maksimum | : 158 HP / 5.200 rpm |
| Torsi maksimum | : 246 Nm / 2.800 rpm |
| Perbandingan kompresi | : 9,6 : 1 |
| Idle speed | : 700 rpm |

C. Perhitungan Thermodinamika

1. Perhitungan thermodinamika 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:

$$\begin{aligned}V_L &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times S \times Z \\ &= \frac{3,14}{4} \times (95)^2 \times 95 \times 4 \\ &= 2.692.157 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Besarnya volume sisa (V_2), yaitu:

$$V_2 = \frac{V_L}{r - 1}$$

$$= \frac{2.692.157}{9,6 - 1}$$

$$= 313.041 \text{ cm}^3$$

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

$$V_1 = V_L + V_2$$

$$= 2.692.157 + 313.041$$

$$= 3.005.198 \text{ cm}^3$$

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

$$P_1 = 0,8 \times P_0$$

$$= 0,8 \times 10330$$

$$= 8246 \text{ kg/m}^2$$

$$= \frac{8246}{10000}$$

$$= 0,8264 \text{ kg/m}^2$$

Keterangan:

$$P_0 = \text{Tekanan udara luar (kg/cm}^2\text{)}$$

$$= 1 \text{ atm} = 10330 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$T_1 = \frac{(T_0 + \Delta tw) + (T_r \times \gamma_r)}{1 + \gamma_r}$$

$$T_1 = \frac{(298 + 15) + (750 \times 0,03)}{1 + 0,03}$$

$$T_1 = \frac{335,5}{1,03}$$

$$= 325,728 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$= 52,728 \text{ }^\circ\text{C}$$

Keterangan:

T_1 = Temperatur akhir udara yang dihisap ($^\circ\text{K}$)

T_0 = Temperatur atmosfer/udara luar ($^\circ\text{K}$)

$$= 25^\circ\text{C} = 298 \text{ }^\circ\text{K}$$

Δtw = Pengaruh suhu akibat persentuhan

$$= (15^\circ - 20^\circ)\text{K}, \text{ diambil } 15^\circ\text{K}$$

T_r = Temperatur gas buang

$$= (700^\circ - 800^\circ)\text{K}, \text{ diambil } 750^\circ\text{K}$$

T_r = Temperatur gas bekas

$$= (0,03 - 0,04), \text{ diambil } 0,03$$

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

b. Langkah Kompresi (1-2)

Besarnya tekanan pada akhir langkah kompresi (P_2), yaitu

$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^k$$

$$P_2 = 0,8264 \times \left(\frac{3.005.198}{313.041}\right)^{1,3079}$$

Eko Novan Revianto, 2019

ANALISIS COOLING SYSTEM PADA ENGINE TIPE 2TR FE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

$$= 0,8264 \times 9,6^{1,3079}$$

$$= 13,918 \text{ kg/cm}^2$$

K = Nilai perbandingan kalor spesifik

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

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

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

$$T_2 = T_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1}$$

$$T_2 = 325,75 \times \left(\frac{3.005.198}{313.041}\right)^{1,3079-1}$$

$$= 653,621 \text{ }^\circ\text{K}$$

Keterangan:

K = Nilai perbandingan kalor spesifik (1,3079)

c. Proses pembakaran (2-3)

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

$$P_3 = P_2$$

$$= 13,918 \text{ kg/cm}^2$$

Sebelum menghitung temperature gas (udara dan bahan bakar) pada proses pembakaran (T_3), maka perlu menghitung parameter thermodinamika berikut ini:

Menghitung nilai pemakaian bahan bakar tiap jam (G_{bb}), yaitu:

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

$$n_e = 158 \text{ HP}$$

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

$$= 170,66 \text{ PS}$$

$$G_{bb} = \frac{170,66 \times 632}{0,39 \times 10100}$$

$$G_{bb} = \frac{107857,12}{3939}$$

$$= 27,381 \text{ kg/jam}$$

Keterangan:

η_{th} = Efisiensi thermal (0,35-0,40) diambil 0,39

H_b = Nilai bakar bahan bakar

$$= 10100 \text{ kkal/kg}$$

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

$$G_{bb}' = \frac{G_{bb}}{60}$$

$$G_{bb}' = \frac{27,382}{60}$$

$$= 0,456 \text{ kg/menit}$$

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

$$G_{bb}'' = \frac{G_{bb}'}{n}$$

Eko Novan Revianto, 2019

ANALISIS COOLING SYSTEM PADA ENGINE TIPE 2TR FE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

$$G_{bb}'' = \frac{0,456}{700}$$

$$= 6,514286 \times 10^{-4} \text{ kg/putaran}$$

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

$$G_{bb}''' = 2 \times G_{bb}''$$

$$= 2 \times (6,514286 \times 10^{-4})$$

$$= 13,028572 \times 10^{-4} \text{ kg/siklus}$$

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

$$Q_m = G_{bb}''' \times H_b$$

$$= (13,028572 \times 10^{-4}) \times 10100$$

$$= 13,15885772 \text{ kkal/siklus}$$

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

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \times \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} \right)$$

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \times \left(\frac{0,841}{12} + \frac{0,159}{4} \right)$$

$$= 4,762 \times (0,070 + 0,040)$$

$$= 0,523 \text{ mole/kgbb}$$

Keterangan:

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

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

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

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

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

$$L_0 = \alpha \times L_0'$$

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

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

Keterangan:

$$\alpha = \text{Koefisien kelebihan udara}$$

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

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

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

$$= 0,68 \times (13,028572 \times 10^{-4})$$

$$= 8,859429 \times 10^{-4} \text{ mole/putaran}$$

Menghitung berat udara tiap siklus (G_u), yaitu:

$$G_u = 28,95 \times L_0''$$

$$= 28,95 \times (8,859429 \times 10^{-4})$$

$$= 0,026$$

Menghitung berat gas campuran tiap siklus (G), yaitu:

$$G = G_u + G_{bb}''$$

$$= 0,026 + (13,028572 \times 10^{-4})$$

$$= 0,027302$$

Menghitung panas jenis tekanan konstan gas campuran (C_{pm}), yaitu:

$$C_{pm} = \frac{Gu}{G} \times C_{pa} + \frac{Gbb'}{G} \times C_{pb} + \dots$$

$$C_{pm} = \frac{(0,026)}{0,027302} \times 0,2404 + \frac{0,456}{0,027302} \times 1,2050$$

$$= 20,3549 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{K}$$

Keterangan:

C_{pa} = Panas jenis tekanan konstan untuk udara

$$= 0,2404 \text{ (kkal/kg}^\circ\text{K)}$$

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

$$= 1,2050 \text{ (kkal/kg}^\circ\text{K)}$$

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

$$T_3 = \frac{Qm}{G \times C_{pm}} + T_2$$

$$T_3 = \frac{13,15885772}{0,027302 \times 20,3549} + 653,621$$

$$= 677,230 \text{ } ^\circ\text{K}$$

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

$$V_3 = V_2 \times \frac{T_3}{T_2}$$

$$V_3 = 313.041 \times \frac{677,230}{653,621}$$

$$= 324.348 \text{ cm}^3$$

d. Langkah kerja (3-4)

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

$$\begin{aligned} P_4 &= P_2 \times \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^k \\ &= 13,918 \times \left(\frac{324.348}{3.005.198}\right)^{1,3079} \\ &= 0,757 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan:

k = Nilai perbandingan kalor spesifik (1,3079)

besarnya volume gas buang pada akhir langkah pembakaran (T_4), yaitu:

$$\begin{aligned} T_4 &= T_3 \times \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^{k-1} \\ T_4 &= 677,230 \times \left(\frac{324.348}{3.005.198}\right)^{1,3079-1} \\ &= 677,230 \times (0,108)^{1,3079-1} \\ &= 341,293 \text{ }^\circ\text{K} \end{aligned}$$

Keterangan:

k = Nilai perbandingan kalor spesifik (1,3079)

e. Proses pengeluaran kalor (4-1)

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

$$\begin{aligned} C_{vm} &= \frac{G_u}{G} \times C_{va} + \frac{G_{bb}}{G} \times C_{vb} \\ C_{vm} &= \frac{0,026}{0,027302} \times 0,1718 + \frac{27,381}{0,027302} \times 1,1961 \end{aligned}$$

$$=1.199 \text{ kkal/kg}^\circ\text{K}$$

Keterangan:

C_{va} = panas jenis volume konstan untuk udara

$$= 0,1718 \text{ (kkal/kg}^\circ\text{K)}$$

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

$$= 1,1961 \text{ (kkal/kg}^\circ\text{K)}$$

Jumlah kalor yang harus dikeluarkan yaitu:

$$Q_k = G \times C_{vm} \times (T_4 - T_1)$$

$$= 0,027302 \times 1.199 \times (341,293 - 325,728)$$

$$= 509,52 \text{ kkal/kg}$$

$$= 509,52 \times 3,969$$

$$= 2.022,28 \text{ BTU/hr}$$

2. Perhitungan perpindahan panas

a. Perpindahan pada blok silinder

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

Mengkonversi daya efektif engine (Q_s), yaitu:

$$Q_s = n_e \times 632,4$$

$$= 170,66 \times 632,4$$

$$= 107.925,384$$

$$= 107.925,384 \times 3,969$$

$$= 428.355,85 \text{ BTU}$$

Menghitung jumlah energy panas yang terjadi pada silinder (Q'), dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q' = \frac{Q_s}{4}$$

$$= \frac{107.925,384}{4}$$

$$= 26.981,346 \text{ kkal}$$

$$= 107.088,96 \text{ BTU}$$

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

$$Q_{ds} = \frac{Q_s}{Q'}$$

$$Q_{ds} = \frac{107.925,384}{26.981,346}$$

$$= 4 \text{ kkal}$$

$$= 15876 \text{ BTU}$$

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

Menghitung besar temperature rata-rata gas pada proses pembakaran (t_1), dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t_1 = \frac{T_2 + T_3}{2}$$

$$t_1 = \frac{653,621 + 677,230}{2}$$

$$= 992,236 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Menghitung luas dinding silinder (L), dengan menggunakan persamaan berikut:

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

$$= (0,045 \times 95) + 1,588$$

$$= 5,863 \text{ mm}$$

$$= \frac{5,863}{304,8}$$

$$= 0,019 \text{ ft}$$

Menghitung tebal dinding luar blok silinder (X), dengan menggunakan persamaan berikut:

$$X = L \text{ (ft)}$$

$$= 0,019 \text{ ft}$$

Menghitung diameter dinding luar blok silinder (D_0), dengan menggunakan persamaan berikut:

$$D_0 = D + (2L)$$

$$= 0,312 + (2 \times 0,019)$$

$$= 0,35 \text{ ft}$$

Menghitung luas dinding perpindahan panas pada dinding dalam blok silinder (A_1), dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= (\pi \times D \times S \times 0,5) + \left(\pi \times D \times \frac{S}{r-1} \right) + \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times 2 \right) \\ &= (3,14 \times 0,312 \times 0,312 \times 0,5) + \left(3,14 \times 0,312 \times \frac{0,312}{9,6-1} \right) + \\ &\quad \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,312^2 \times 2 \right) \end{aligned}$$

$$= 0,153 + 0,035 + 0,153$$

$$= 0,341 \text{ ft}^2$$

$$= 0,341 \times 923,94$$

$$= 315,063 \text{ cm}^2$$

Menghitung luas bidang perpindahan panas pada dinding luar blok silinder (A_0), yaitu:

$$A_0 = (\pi \times D_0 \times S \times 0,5) + \left(\pi \times D_0 \times \frac{S}{r-1} \right) + \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D_0^2 \times 2 \right)$$

$$\begin{aligned} A_0 &= (3,14 \times 0,35 \times 0,312 \times 0,5) + \left(3,14 \times 0,35 \times \frac{0,312}{9,6-1} \right) \\ &\quad + \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,35^2 \times 2 \right) \end{aligned}$$

$$= 0,176 + 0,099 + 0,192$$

$$= 0,467 \text{ ft}^2$$

$$= 431,48 \text{ cm}^2$$

Menghitung luas bidang perpindahan panas rata-rata (A), yaitu :

$$A = \frac{A_0 + A_1}{2}$$

$$A = \frac{0,467 + 0,341}{2}$$

$$= 0,404 \text{ ft}^2$$

Sehingga besar temperature dinding silinder bagian dalam (t_{2ds}), yaitu

$$t_{2ds} = t_1 - \frac{Q_{ds}}{U \cdot A}$$

$$t_{2ds} = 992,236 - \frac{15876}{40,48 \times 0,404}$$

$$= 21,464 \text{ }^\circ\text{F}$$

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

$$t_{3ds} = \frac{\left(\frac{h_1}{x} \times A_0 \times t_{2ds}\right)}{\frac{h_1}{x} \times A_0}$$

$$t_{3ds} = \frac{\left(\frac{27}{0,019} \times 0,467 \times -21,464\right)}{\frac{27}{0,019} \times 0,467}$$

$$= 21,464 \text{ }^\circ\text{F}$$

b. Perpindahan Panas pada Kepala Silinder

Besarnya perpindahan panas pada kepala silinder, yaitu:

$$Q_{ks} = 13\% \times Q'$$

Eko Novan Revianto, 2019

ANALISIS COOLING SYSTEM PADA ENGINE TIPE 2TR FE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

$$= 0,13 \times 26.981,346$$

$$= 3.507,57 \text{ kkal}$$

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

$$t_{2ks} = t_1 - \frac{Q_{ks}}{U \cdot A}$$

$$t_{2ks} = 992,236 - \frac{3.507,57}{40,48 \times 0,404}$$

$$= 777,758 \text{ }^\circ\text{F}$$

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

$$t_{3ks} = \frac{\left(\frac{h_1}{X} \times A_0 \times t_{2ks} - Q_{ks}\right)}{\frac{h_1}{X} \times A_0}$$

$$t_{3ks} = \frac{\left(\frac{27}{0,019} \times 0,467 \times 777,758 - 3.507,57\right)}{\frac{27}{0,019} \times 0,467}$$

$$= 786,035 \text{ }^\circ\text{F}$$

Besarnya temperature rata-rata (t_4), adalah:

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

$$t_r = \frac{21,464 + 786,035}{2}$$

$$= 403,749 \text{ }^\circ\text{F}$$

c. Perpindahan panas yang diserap oleh air pendingin;

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

$$Q_a = h_m \times A \times (T_4 - T_5) \times y$$

$$\begin{aligned}
&= 180 \times 0,404 \times (341,293 - 125) \times 25\% \\
&= 180 \times 0,404 \times 216,293 \times 0,25 \\
&= 3.932,207 \text{ BTU/hr}
\end{aligned}$$

D. Masalah pada Sistem Pendingin

Masalah yang sering terjadi pada sistem pendingin *engine* 2TR FE pada Toyota Fortuner harus diatasi dengan cepat agar tidak merusak komponen yang lainnya. Masalah yang sering terjadi pada sistem pendingin, yaitu:

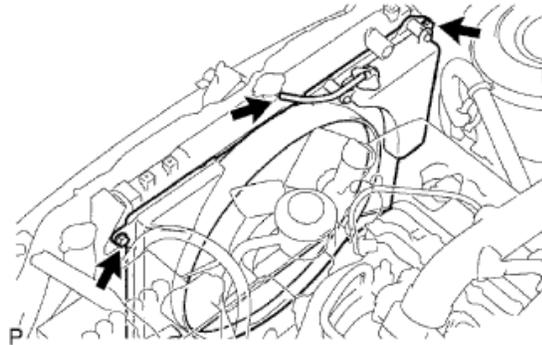
1. Air pendingin kurang karena ada kebocoran
2. Radiator tersumbat oleh kotoran
3. Katup *thermostat* rusak
4. Pipa karet tersumbat
5. Saluran pembagian air dalam radiator rusak
6. Pompa air tidak dapat bekerja secara baik sehingga tidak mampu menghasilkan aliran yang cukup
7. Selubung air dari *engine* tersumbat kotoran air
8. Tutup radiator tidak berfungsi atau rusak

E. Langkah Pembongkaran Sistem Pendingin

1. Melepas Pompa Air

- a. Keluarkan air pendingin(coolant)
- b. lepas fan shroud
 - Lepas hubungan *reservoir hose* dari *upper radiator tank*
 - Kendurkan 4 mur penahan *fluid coupling fan*
 - Lepas *V-belt* dan fan alternator
 - Lepas 2 baut penahan *fan shroud*
 - Lepas 4 mur dari *fluid coupling fan*, dan kemudian lepas *shroud* bersamaan dengan *coupling fan*

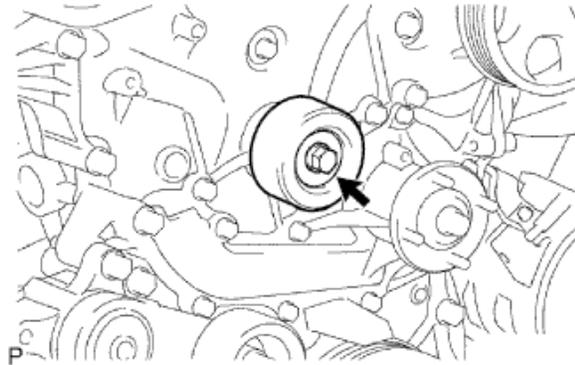
- Lepas fan pulley dari *engine water pump*



Gambar 3. 1 Melepas Fan Shroud
(*Toyota Manual Repair*)

- c. Lepas idler pulley sub-assembly no 1

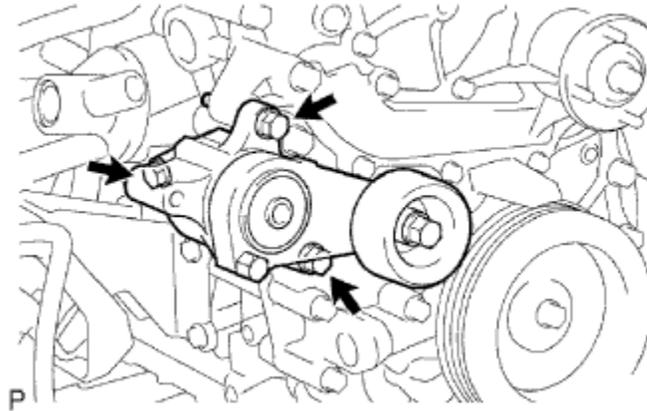
- Lepas baut, pulley dan spacer



Gambar 3. 2 Melepas Idler Pulley Sub-assembly no 1
(*Toyota Manual Repair*)

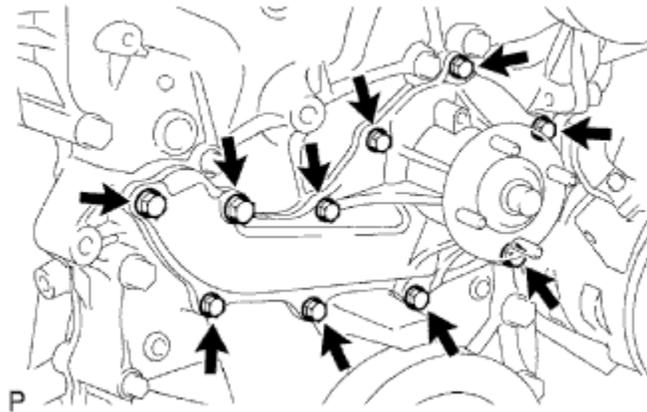
- d. Lepas *V-Ribbed Belt Tensioner Assembly*

- Lepas 3 baut dan *belt tensioner*.



Gambar 3. 3 Lepas V-Ribbed Belt Tensioner Assembly
(*Toyota Manual Repair*)

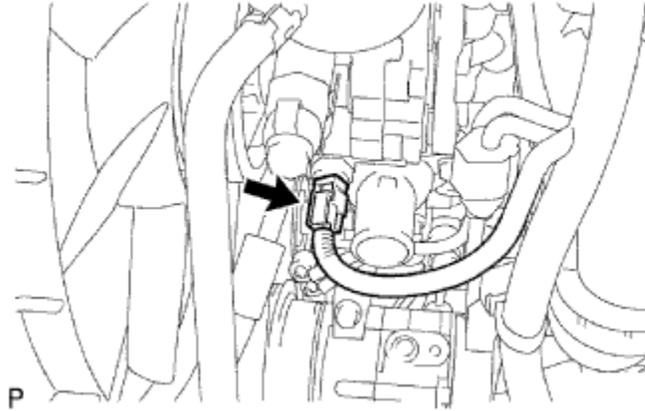
- e. lepas *engine water pump assembly*
- Lepas 10 baut, *engine water pump assembly* dan gasket



Gambar 3. 4 Melepas Engine Water Pump Assembly
(*Toyota Manual Repair*)

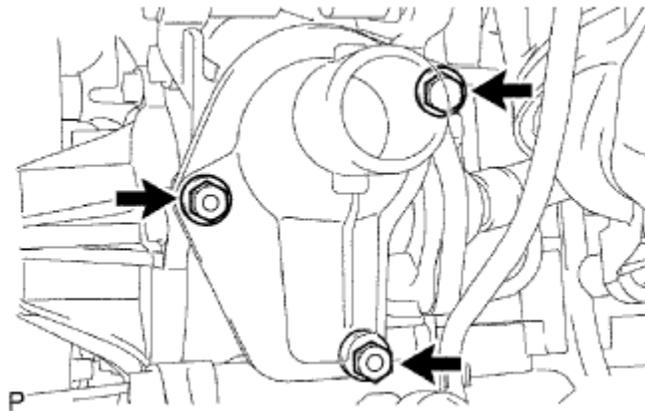
2. Melepas *thermostat*

- Keluarkan air pendingin (coolant)
- Lepas hubungan radiator hose outlet.
 - Lepas hubungan radiator hose outlet dari *water inlet*
- Lepas *water inlet*
 - Lepas konektor power steering oil pressure switch



Gambar 3. 5 Melepas konektor Power Steering Oil Pressure Switch
(*Toyota Manual Repair*)

- Lepas 2 mur, baut, *water inlet* dan gasket



Gambar 3. 6 Melepas 2 Mur, Baut, Water Inlet dan Gasket
(*Toyota Manual Repair*)

- d. Lepas *thermostat*
 - Lepas *thermostat*
 - Lepas gasket

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-mulut 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 kotora 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 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

Langkah untuk membersihkan kotoran pada sirip-sirip radiator dengan cara menyemprot udara dari kompresor ke dalam sirip sampai kotoran keluar.

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.

3. Pompa air rusak

Pompa air berfungsi mensirkulasikan air ke dalam sistem pendingin. 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 merusak 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.

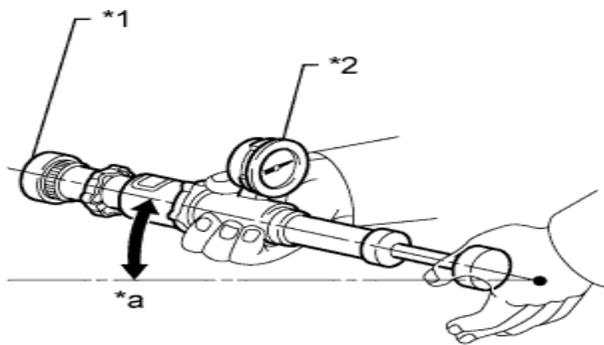
4. Water jacket tersumbat

Water jacket (mantel pendingin) disekeliling 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 kompresi 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 *engine* 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.



N

Gambar 3. 7 Pemeriksaan Tutup Radiator

(Toyota Manual Repair)

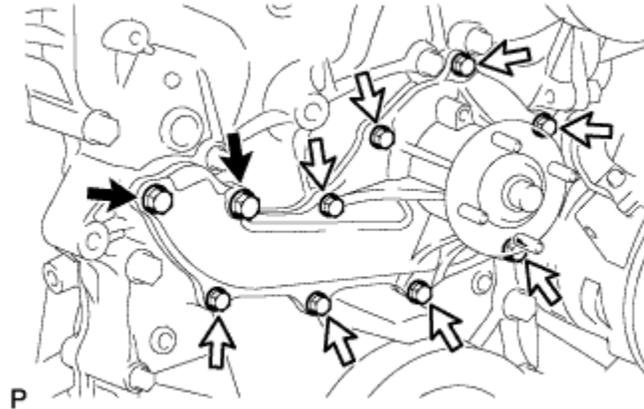
Pemeriksaan dengan alat tersebut dapat diketahui tekanan pembukaan katup tekan dan katup vakumnya, serta diketahui apakah ada kebocoran pada tutup radiator atau tidak. Apabila tutup radiator rusak maka harus diganti.

G. Langkah pemasangan dan perakitan

1. Memasang *water pump*

- a. Pasang *engine water pump assembly*

- Pasang gasket yang baru dan *engine water pump assembly* dengan 10 baut.



Gambar 3. 8 Memasang Engine Water Pump Assembly

(Toyota Manual Repair)

Momen:

untuk baut A:

26 N*m { 265 kgf*cm , 19 ft.*lbf }

untuk baut B:

13 N*m { 133 kgf*cm , 10 ft.*lbf }

Teks dalam Gambar

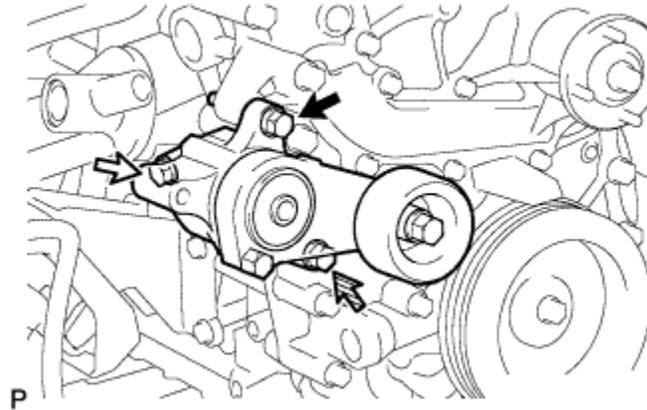


Baut A



Baut B

- b. Pasang *V-Ribbed Belt Tensioner assembly*
 - Untuk sementara pasang *belt tensioner* dengan 3 baut.
 - Pasang tensioner dengan 3 baut.



Gambar 3. 9 Memasang V-Ribbed Belt Tensioner Assembly

(Toyota Manual Repair)

Momen:

untuk baut A:

43 N*m { 438 kgf*cm , 32 ft.*lbf }

untuk baut B:

40 N*m { 408 kgf*cm , 30 ft.*lbf }

untuk baut C:

21 N*m { 214 kgf*cm , 15 ft.*lbf }

Teks dalam Gambar



Baut A



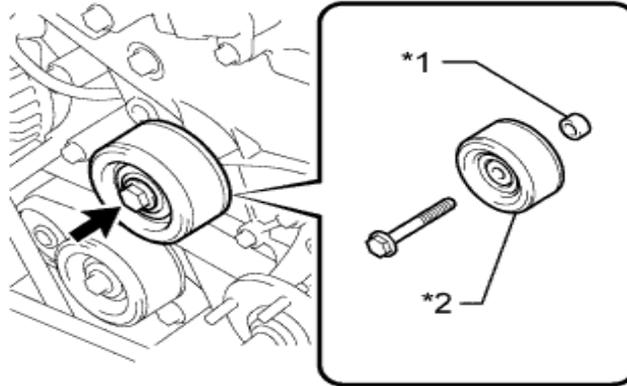
Baut B



Baut C

c. Pasang *idler pulley sub-assembly* no 1

- Pasang spacer dan pulley dengan baut.



P

Gambar 3. 10 Memasang Idler Pulley Sub-assembly no 1

(Toyota Manual Repair)

Momen:

43 N*m { 438 kgf*cm , 32 ft.*lbf }

Teks dalam Gambar

- *1 Spacer
- *2 Pulley

d. Pasang *fan shroud*

- Lepas fan pulley ke engine water pump
- Tempatkan shroud bersamaan dengan fluid coupling fan antara radiator dan mesin
- Pasang coupling fan ke water pump dengan 4 mur. Kencangkan sedapat mungkin mur dengan tangan
- Kaitkan claw pada *shroud* ke radiator seperti ditunjukkan dalam gambar.
- Pasang *shroud* dengan 2 baut.

Momen:

5.0 N*m { 51 kgf*cm , 44 in.*lbf }

- Pasang V-belt dan *fan alternator*
- Kencangkan 4 mur dari *fluid coupling fan*.

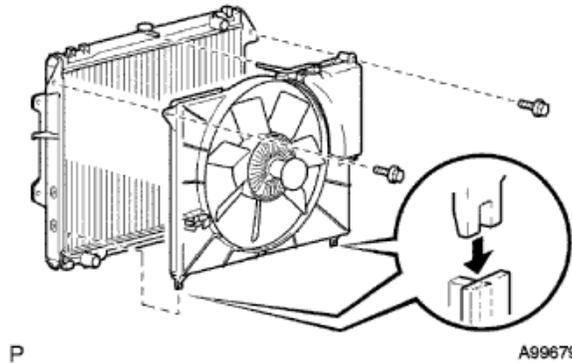
Eko Novan Revianto, 2019

ANALISIS COOLING SYSTEM PADA ENGINE TIPE 2TR FE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Momen:

25 N*m { 255 kgf*cm , 18 ft.*lbf }



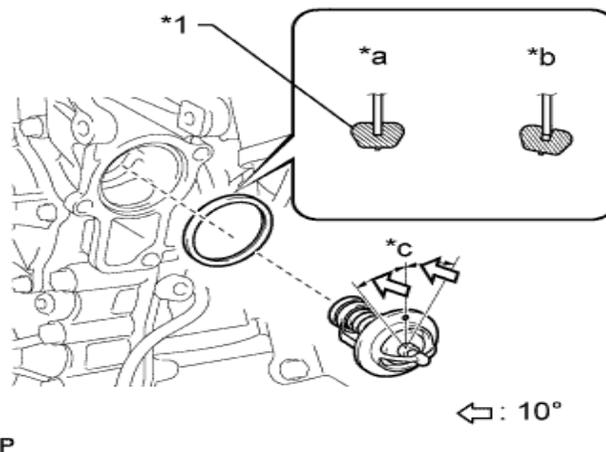
Gambar 3. 11 Memasang Fan Shroud

(Toyota Manual Repair)

- e. Hubungkan radiator ke *hose outlet*
 - Hubungkan radiator *hose outlet* ke radiator.
- f. Hubungkan radiator ke *hose inlet*
 - Hubungkan radiator *hose inlet* ke radiator.
- g. Tambah air pendingin (coolant)

2. Memasang *thermostat*

- a. Pasang thermostat
 - Pasang gasket yang baru ke *thermostat*



Gambar 3. 12 Memasang Thermostat

(Toyota Manual Repair)

Teks dalam Gambar

*1 Gasket

*a BENAR

*b SALAH

*c Atas

- Masukkan *thermostat* ke dalam *cylinder block* dengan *jiggle valve* menghadap lurus ke atas

b. Pasang *water inlet*

- Pasang gasket yang baru dan *water inlet* dengan 2 baut dan mur.

Momen:

20 N*m { 204 kgf*cm , 15 ft.*lbf }

- Hubungkan konektor power steering oil pressure switch

c. Hubungkan radiator hose outlet

- Hubungkan radiator *hose outlet* ke *water inlet*.

d. Tambahkan air pendingin (*coolant*)

H. Cara Mengatasi Gangguan pada Sistem Pendingin

Gangguan yang sering terjadi pada sistem pendingin *engine 2TR FE* adalah:

1. *Engine* terlalu panas

Kekurangan air dapat diatasi dengan menambah air pendingin, dan memeriksa kebocoran pada sistem pendingin yang tidak dapat dilihat oleh mata secara langsung ketika mesin berada pada kondisi masih dingin. Sewaktu *engine* dalam kondisi panas, tekanan dalam sistem pendingin akan bertambah dan air akan terdesak keluar. Untuk mencari kebocoran, harus dilakukan pengecekan tekanan pada sistem pendingin dengan menggunakan alat yang dinamakan “Analiser Sistem Pendinginan/*radiator cap tester*”.

Cara menggunakan analiser adalah sebagai berikut:

Eko Novan Revianto, 2019

ANALISIS COOLING SYSTEM PADA ENGINE TIPE 2TR FE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

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 kgf/cm²
- 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 hingga ditemukan.
- 7) Lakukan perbaikan atau penggantian pada komponen yang bocor.

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 tekana) 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 cara memperbaiki atau mengganti pompa.

2. *Engine* terlalu dingin

- a. *Thermostat* rusak, harus diatasi dengan cara mengganti *thermostat*
- b. Temperatur udara yang dingin, mengatasinya dengan cara menutup radiator.

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 terjaidinya 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.