

# ANALISIS EFEKTIVITAS RADIATOR PADA MESIN TOYOTA KIJANG TIPE 5 K

David Fraim Simamora<sup>1)</sup>, Frans P. Sappu<sup>2)</sup>, Tertius V.Y. Ulaan<sup>3)</sup>  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi

## ABSTRAK

Radiator pada mesin mobil berfungsi mendinginkan air pendingin yang telah menyerap panas dari mesin dan kemudian panas tersebut ditransfer keudara yang dialirkan oleh kipas. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai efektivitas radiator dalam usaha pendinginan mesin Toyota Kijang tipe 5 K sehingga mesin dapat bekerja optimal. Penelitian ini dibatasi pada kondisi putaran stationer dengan mencatat nilai putaran mesin, suhu udara yang menuju maupun suhu udara yang meninggalkan radiator serta suhu air yang masuk maupun suhu air yang keluar dari radiator.

Berdasarkan hasil analisis data dapat disimpulkan bahwa radiator bekerja efektif dalam pendinginan mesin dimana pada putaran 1700 rpm diperoleh nilai efektivitas 0.502, pada putaran 2000 rpm nilai efektivitas 0.54 dan pada putaran 2500 rpm nilai efektivitas 0.584.

Kata kunci : radiator, putaran mesin (n), efektivitas ( $\epsilon$ ).

## ABSTRACT

*The Function of a radiator on the car engine is to cool down the cooling fluid which arbsorbed the heat from the engine. Subsequently the heat is transferred to the air that drawned by a fan. This research aim is to calculate the efectivity of a radiator during the effort of the cooling process on the engine of Toyota Kijang type 5 K, so the engine can optimally work. This research is done at the condition of idle rotation, by recording the number of the engine rotation , the temperature of drawn and leaving the radiator.*

*Base on the results of we may concluded that radiator works efective on the cooling process with the rotation of 1700 rpm with the efectifity number is 0.502, at rotation of 2000 rpm the efectifity number is 0.52 and at rotation of 2500 rpm the efectifity number is 0.584.*

*Keywords : radiator, engine rotation (n), effectiveness ( $\epsilon$ ).*

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada sistem pendinginan air (*water cooling system*), panas dari pembakaran gas dalam silinder pada sistem pendinginan air sebagian diserap oleh air pendingin. Secara prinsip dapat dikatakan bahwa sistem ini bekerja berdasarkan prinsip penukar panas (*heat exchanger*). Panas hasil pembakaran akan diserap oleh air pendingin yang disirkulasikan masuk radiator. Air pendingin dalam radiator didinginkan oleh udara. Udara melewati radiator karena laju kendaraan atau karena adanya kipas udara.

Efektivitas suatu radiator berdampak besar terhadap sistem pendinginan mesin oleh karena itu penulis tertarik untuk menganalisis tingkat keberhasilan yang dicapai radiator dengan cara menjaga suhu air yang masuk kedalam mesin tidak lebih tinggi atau sama dengan suhu air yang keluar dari mesin sehingga kerja mesin dapat optimal.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Bagaimana radiator dapat bekerja efektif untuk menjaga suhu air yang keluar dari radiator tidak lebih besar atau sama dengan suhu masuk kedalam radiator sehingga kerja dari pada mesin Toyota Kijang tipe 5 K dapat optimal.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir sebagai karya ilmiah adalah untuk menganalisis efektivitas radiator pada sebuah kendaraan dalam hal ini mobil Toyota Kijang tipe 5K.

### **1.4 Batas Masalah**

1. Mesin yang digunakan yaitu Toyota Kijang tipe 5K.
2. Pengambilan data pada kondisi putaran mesin stasioner.

## **II. LANDASAN TEORI**

### **2.1 Peneliti Terdahulu**

Yudhi Prasetyo (2006), melakukan penelitian tentang pengaruh debit aliran air terhadap efektivitas radiator. Hasil yang didapat kecepatan aliran berpengaruh terhadap

proses perpindahan panas dari dinding ke fluida yang bersirkulasi sehingga semakin banyak pula kalor yang dapat diserap.

## 2.2 Sistem Pendinginan Mesin

### 2.2.1 Sistem Pendinginan Udara (*Air Cooling System*)

#### 2.2.2. Sistem Pendinginan Air (*Water Colling System*)

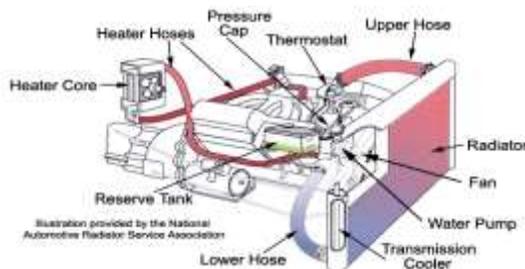
Sirkulasi pendingin air secara garis besar ada 2 macam, yaitu:

##### 1. Sistem Alam (*Natural Circulation*)

Sistem pendinginan jenis ini terjadi akibat perbedaan berat jenis air panas dengan air dingin.

##### 2. Sirkulasi dengan tekanan

Sirkulasi jenis ini hampir sama dengan sirkulasi jenis aliran hanya ditambahkan pompa air untuk mempercepat terjadinya sirkulasi air pendingin.



Gambar 2.1 Skema sistem pendinginan air

Sumber : Narsa (National Automotive Radiator Service Association)

Sistem pendinginan air memiliki komponen-komponen yang bekerja secara integrasi satu dengan yang lainnya, dimana komponen-komponen tersebut akan bekerja untuk mendukung kerja sistem pendinginan air, komponen-komponen tersebut antara lain: radiator, pompa air, kipas (*fan*), katup thermostat, mantel pendingin (*water jacket*) dan cairan pendingin.

## 2.3 Mekanisme Perpindahan Panas

### 2.3.1 Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ketempat yang suhunya lebih rendah, dengan media pengantar panas tetap.

Laju perpindahan kalor berdasarkan hukum Fourier, sebagai berikut:

$$q_k = kA \left( \frac{dT}{dX} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

Atau

$$\frac{q_k}{A} = K \left( - \frac{dT}{dX} \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

$q_k$  = laju perpindahan kalor (*Watt*)

$K$  = konduktifitas thermal, merupakan sifat material ( $W/m^0C$ )

$A$  = luas penampang yang tegak lurus dengan arah laju perpindahan kalor ( $m^2$ )

$\frac{dT}{dX}$  = gradien temperatur dalam arah X

$$\left(\frac{C}{m}\right)$$

### 2.3.2 Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya dengan menggunakan media pengantar berupa fluida (cairan/gas). Laju perpindahan kalor dipengaruhi oleh luas permukaan perpindahan kalor dan beda menyeluruh antara permukaan bidang dengan fluida yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q_c = h_c A (T_s - T_\infty) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

$q_c$  = laju perpindahan panas konveksi (*Watt*)

$h_c$  = koefisien perpindahan panas konveksi ( $W/m^2.K$ )

$A$  = luas permukaan perpindahan panas ( $m^2$ )

$T_s$  = temperatur permukaan ( $K$ )

$T_\infty$  = temperatur dari fluida ( $K$ )

### 2.3.3 Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran/sinaran/radiasi gelombang elektromagnetik, tanpa memerlukan media perantara.

Laju perpindahan kalor secara radiasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q_r = e\sigma AT^4 \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

$q_r$  = laju perpindahan panas (*Watt*)

$e$  = koefisien emisifitas

$\sigma$  = tetapan Stefan-Boltzmann  
( $5,67 \times 10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4}$ )

$T$  = temperatur ( $K$ )

$A$  = luas permukaan benda ( $m^2$ )

### 2.4 Motor Bakar

Jika ditinjau dari cara memperoleh sumber energi termal, jenis mesin kalor dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu mesin pembakaran luar (*external combustion engine*) dan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Yang dimaksud

dengan mesin pembakaran luar adalah mesin dimana proses pembakaran

### 2.4.1 Prinsip Kerja Motor Bakar Bensin

Motor bensin bekerja dengan gerakan torak bolak balik (bergerak naik turun pada motor tegak). Motor bensin bekerja menurut prinsip 4 langkah dan 2 langkah. Yang dimaksud dengan istilah “langkah” disini adalah perjalanan torak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB).

- Langkah Hisap
- Langkah Kompresi
- Langkah Kerja
- Langkah Buang

### 2.6 Metode Perhitungan

Metode perhitungan pada penelitian ini menggunakan rumus metode efektifitas pendinginan.

Efektifitas penukar kalor (*Heat Exchange Effectiveness*) didefinisikan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\text{Perpindahan kalor nyata}}{\text{Perpindahan kalor maksimum yang mungkin}}$$

Perpindahan kalor yang sebenarnya (*actual*) dapat dihitung dari energi yang dilepaskan oleh fluida

panas/energi yang diterima oleh fluida dingin untuk penukar kalor aliran lawan arah.

$$q = m_h c_h (T_{h1} - T_{h2}) = m_c c_c (T_{c1} - T_{c2}) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

- $q$  = perpindahan panas (Watt)
- $m$  = laju aliran massa ( $m^3/s$ )
- $c_h$  = kalor spesifik fluida panas ( $J/kg^0C$ )
- $c_c$  = kalor spesifik fluida dingin ( $J/kg^0C$ )
- $T_{h1}$  = suhu masuk fluida panas ( $^0C$ )
- $T_{h2}$  = suhu keluar fluida panas ( $^0C$ )
- $T_{c1}$  = suhu masuk fluida dingin ( $^0C$ )
- $T_{c2}$  = suhu keluar fluida dingin ( $^0C$ )

Perpindahan kalor yang dimungkinkan dinyatakan :

$$q_{mak} = (mc)_{min}(T_{h\ masuk} - T_{c\ masuk}) \dots\dots\dots(2.11)$$

Perhitungan efektifitas dengan fluida yang menunjukkan nilai  $mc$  yang minimum untuk penukar kalor lawan arah maka :

$$\varepsilon_h = \frac{m_h c_h (T_{h1} - T_{h2})}{m_h c_h (T_{h1} - T_{c2})} = \frac{T_{h1} - T_{h2}}{T_{h1} - T_{c2}} \dots\dots(2.12)$$

$$\varepsilon_c = \frac{m_c c_c (T_{c1} - T_{c2})}{m_h c_h (T_{h1} - T_{c2})} = \frac{T_{c1} - T_{c2}}{T_{h1} - T_{c2}} \dots\dots(2.13)$$

Secara umum efektifitas dapat dinyatakan sebagai :

$$\varepsilon = \frac{\Delta T \text{ (fluida minimum)}}{\text{beda suhu maksimum didalam penukar kalor}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Jika fluida dingin ialah fluida minimum, maka :

$$\varepsilon = \frac{T_{c2}-T_{c1}}{T_{h1}-T_{c1}} \dots\dots\dots(2.15)$$

### III. METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi Manado, Pada bulan Maret – Agustus 2014.

#### 3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan

1. *Thermometer Digital* untuk mengukur panas fluida masuk serta keluar dari radiator.
2. *Anemometer Digital* untuk mengukur putaran kipas mesin.
3. *Flowmeter* untuk mengukur debit aliran air dalam radiator.
4. *Tachometer Digital* untuk mengukur putaran mesin.
5. *Stopwatch* untuk menghitung lamanya mesin menyala pada saat pengambilan data.

#### 3.3 Prosedur Penelitian

Adapun proses pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

##### 1. Studi Pendahuluan

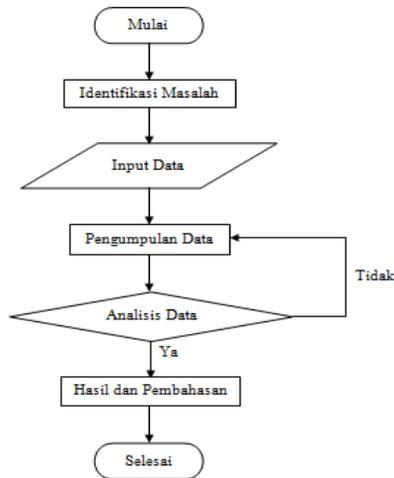
Studi pendahuluan bertujuan untuk mencari informasi yang diperlukan guna kelancaran penelitian. Studi pendahuluan memuat informasi bagaimana menentukan efektivitas dari sebuah radiator mesin.

##### 1. Pelaksanaan Eksperimen

Pada pelaksanaan eksperimen dilakukan dalam 2 tahap, yaitu:

- a. Persiapan
- b. Pengambilan data
  - Menyesuaikan putaran mesin sesuai dengan nilai yang ditentukan.
  - Mengukur putaran kipas.
  - Mengukur debit air pada radiator.
  - Mengukur temperatur air yang masuk maupun yang keluar dari radiator.
  - Mengukur temperatur udara yang menuju serta meninggalkan
  - Menghitung lamanya waktu dalam setiap pengambilan data.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian



## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian di Laboratorium Dasar Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi didapatkan data eksperimen.

Mesin yang digunakan dalam pengambilan data penelitian ini ialah mesin *Toyota Kijang 5K*.

Adapun titik-titik yang ditinjau ialah suhu air yang menuju radiator, suhu air yang keluar dari radiator, suhu udara yang menuju radiator, dan suhu udara yang meninggalkan radiator.

Dari data yang diperoleh digunakan untuk menghitung efektivitas radiator dengan rumus :

$$\varepsilon = \frac{T_B - T_A}{T_1 - T_A}$$

Waktu untuk melakukan penahanan (holding time) pada penelitian ini selama 15 menit dengan rincian pembagian (3, 6, 9, 12, 15) menit. Untuk putaran mesin (1700, 2000, 2500) rpm.

#### 4.1.1. Data penelitian efektivitas radiator untuk pengambilan suhu pada 15 menit pertama.

Perhitungan :

Periode 1 :

$$\varepsilon = \frac{T_B - T_A}{T_1 - T_A}$$

$$\varepsilon = \frac{50.645 - 30.5}{70 - 30.5}$$

$$\varepsilon = \frac{20.145}{39.5}$$

$$\varepsilon = 0.5$$

$\varepsilon$  = efektivitas rata-rata pada putaran 1700 rpm

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5}{5}$$

$$\varepsilon = \frac{0.51 + 0.49 + 0.50 + 0.50 + 0.51}{5}$$

$$\varepsilon = 0.502$$

Dikarenakan metode perhitungan efektivitas serta efektivitas rata-rata diperiode maupun putaran berikutnya

menggunakan rumus yang sama, maka nilai efektivitas dan efektivitas rata-rata berikutnya dimuat dalam tabel.

Tabel 4.1. Data eksperimen pada debit aliran air 0,021 m<sup>3</sup>/menit(putaran 1700 rpm)

Periode	V (m <sup>3</sup> )	T- (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>A</sub> (°C)	T <sub>B</sub> (°C)	ε
1	0.899	30.6	70.0	52.0	30.5	50.645	0.51
2	0.899	30.6	72.0	54.0	30.0	50.58	0.49
3	0.899	30.6	75.0	54.5	30.0	52.50	0.50
4	0.899	30.6	76.0	55.2	31.0	53.50	0.50
5	0.899	30.6	78.0	56.1	31.0	54.97	0.51
Rata-rata	0.899	30.6	74.2	54.36	32.76	52.439	0.502

#### 4.1.2. Data penelitian efektivitas radiator untuk pengambilan suhu pada 15 menit kedua.

Tabel 4.2. Data eksperimen pada debit aliran air 0,025m<sup>3</sup>/menit (putaran 2000 rpm)

Periode	V (m <sup>3</sup> )	T- (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>A</sub> (°C)	T <sub>B</sub> (°C)	ε
1	0.899	30,6	70.0	51.8	30.8	51.576	0.53
2	0.899	30,6	73.0	52.0	31.0	53.05	0.525
3	0.899	30,6	77.0	55.8	31.0	55.38	0.53
4	0.899	30,6	80.0	61.3	30.0	57.5	0.555
5	0.899	30,6	84.0	63.4	31.0	60.68	0.56
Rata-rata	0.899	30.6	76.8	56.86	30.76	55.687	0.54

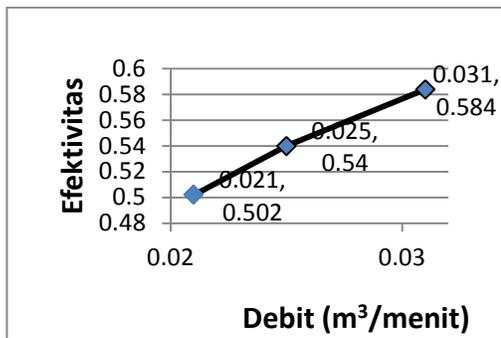
#### 4.1.3. Data penelitain efektivitas radiator untuk pengambilan suhu pada 15 menit ketiga.

Tabel 4.3. Data eksperimen pada debit aliran air 0.031 m<sup>3</sup>/menit (putaran 2500 rpm)

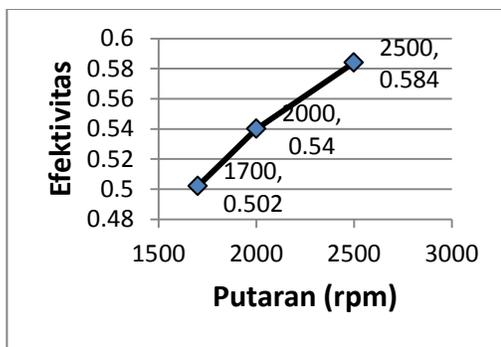
Periode	V (m <sup>3</sup> )	T- (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>A</sub> (°C)	T <sub>B</sub> (°C)	ε
1	0.899	30.6	70.0	51.0	30.0	52.4	0.56
2	0.899	30.6	74.0	52.5	31.0	56.37	0.59
3	0.899	30.6	81.0	58.4	30.0	60.09	0.59
4	0.899	30.6	86.0	63.1	30.5	63.6	0.6
5	0.899	30.6	93.0	68.9	29.0	66.13	0.58
Rata-rata	0.899	30.6	80.8	58.78	30.0	59.716	0.584

Tabel 4.4. Data hasil pengolahan data

n	Q	ε
1700 rpm	0.021m <sup>3</sup> /menit	0.502
2000 rpm	0.025m <sup>3</sup> /menit	0.54
2500 rpm	0.031m <sup>3</sup> /menit	0.584



Gambar 4.1. Grafik pengaruh debit aliran air pendingin terhadap efektivitas radiator



Gambar 4.2. Grafik pengaruh putaran mesin terhadap efektivitas radiator

#### 4.2. Pembahasan Hasil Penelitian

Poses pengambilan data yang dilakukan pada tiga titik putaran (1700, 2000 dan 2500) rpm atau pada debit aliran (0.021, 0.025 dan 0.031) m<sup>3</sup>/menit. Pengambilan data dimulai pada saat suhu air yang masuk pada radiator sebesar 70<sup>0</sup>C. Pada data penelitian terlihat bahwa semakin tinggi putaran suatu mesin maka debit aliran fluida pada radiator akan semakin meningkat pula.

Proses pendinginan ataupun penurunan temperatur fluida yang terjadi didalam radiator berlangsung pada saat udara yang dihasilkan oleh kipas menghembus radiator, dengan demikian akan terjadi selisih antara suhu udara dibelakang radiator dengan suhu udara didepan radiator yang cukup besar.

Pengambilan data dengan menggunakan penahanan (*holding time*) dalam waktu 15 dengan pengamatan tiap kelipatan tiga menit terjadi kenaikan yang seimbang, sesuai dengan kenaikan debit aliran fluida, seperti terlihat pada grafik, hal ini menunjukkan adanya kestabilan nilai efektivitas radiator.

## V. KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisis efektivitas radiator pada mesin Toyota Kijang tipe 5K, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Efektivitas suatu radiator terletak pada kemampuan suatu radiator itu sendiri menjaga suhu air pendingin yang keluar ataupun menginggalkan radiator yang kembali

menuju mesin tidak sama atau tidak lebih tinggi saat air pendingin masuk kedalam radiator. Dari pengolahan data pada putaran 1700 rpm diperoleh nilai efektivitas 0.502, dan pada putaran 2000 rpm diperoleh 0.54 serta pada putaran 2500 rpm diperoleh 0.584.

## 5.2. Saran

Penelitian ini kiranya dapat dikembangkan lebih lanjut, misalnya dengan mengganti jenis fluida pendingin, menaikkan putaran mesin dengan penahanan yang lebih tinggi, mengganti jenis radiator ataupun jenis mesin.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bird John, Ross Carl. 2002. Mechanical Engineering Principles. British Trust for Conservation Volunteers.
- Holman JP. 1999. Perpindahan Kalor. Erlangga : Jakarta.
- Koestoer, Raldi Artono. 2002. Perpindahan Kalor.
- Lienhard Jhon H. 2008. A Heat Transfer Textbook. Phlogiston Press.
- Maleev NL. 1982. Internal Combustion Engine. Mc Graw Hill.
- Ramesh K Shah, Dusan P Sekulic. 2003. *Fundamentals of Heat Exchanger Design*. John Wiley and Sons.
- Z Muttaqin, Proses Perpindahan Panas, [eprints.undip.ac.id/41578/3/BA\\_B\\_II.pdf](http://eprints.undip.ac.id/41578/3/BA_B_II.pdf), 20 November 2014.
- Thermodynamics, <http://artikel-teknologi.com/macam-macam-heat-exchanger-alat-penukar-panas-bagian-1/>, 15 Mei 2014.
- Nurkholis Hamidi, Motor Bakar, <https://matrudian.wordpress.com/2010/10/27/motor-bakar-1/>, 5 Mei 2014.
- Ridwan, Sistem Pendinginan, <http://www.otomotif.web.id/sistem-pendinginan-a34.html>, 20 September 2013.