

ANALISIS PERUBAHAN SUHU PADA SISTEM PENDINGIN RADIATOR MESIN TOYOTA COROLLA

Misswar Abd ^{1*)}, Teuku Zulfadli ², Muhammad Yusuf ³, Kamarullah ⁴ Andi Mulkan ⁵, Safrizal Azmal ⁶, Zulfan ⁷

^{1,3,4,5,6} Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Iskandarmuda, Banda Aceh

² Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

⁷ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

e-mail: ^{1*)} misswar@unida-aceh.ac.id

Abstrak

Dalam penelitian ini menganalisis perubahan suhu dalam sistem pendingin radiator pada mesin Toyota Corolla untuk memahami efisiensi termal dan stabilitas suhu pada kondisi operasi yang berbeda. Sistem pendingin radiator merupakan komponen esensial yang menjaga temperatur mesin tetap optimal, terutama dalam kondisi kerja yang bervariasi. Metode pengukuran dilakukan dengan memonitor suhu air pendingin pada berbagai titik dan menganalisis pengaruhnya terhadap performa keseluruhan mesin. Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan suhu dalam radiator dipengaruhi oleh beban mesin dan laju aliran udara pada kisi-kisi radiator. Pemahaman yang lebih baik mengenai perubahan suhu ini dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi pendinginan, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan memperpanjang umur mesin. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem pendingin radiator yang lebih efektif pada kendaraan bermotor. Tujuan penelitian ini untuk mengkaji perubahan suhu pada sistem pendingin mobil toyota corolla. Hasil pengujian menunjukkan bahwa laju perpindahan panas air dan udara sebesar 50,03 J/det, dengan temperatur rata - rata logaritma 4,51 K. Nilai analisa perpindahan panas secara konduksi sebesar -0,6 watt dan perpindahan panas secara konveksi sebesar 3,15 Watt.

Kata kunci: Radiator, koefisien perpindahan panas, laju perpindahan panas.

Abstrak

This study analyzed temperature changes in the radiator cooling system of a Toyota Corolla engine to assess thermal efficiency and temperature stability under various operating conditions. The radiator cooling system plays a critical role in maintaining optimal engine temperatures, especially under fluctuating loads. Temperature measurements were conducted by monitoring coolant temperatures at multiple points and evaluating their impact on overall engine performance. The findings indicate that radiator temperature changes are significantly influenced by engine load and airflow through the radiator grille. Improved insights into these temperature variations can inform strategies to enhance cooling efficiency, reduce fuel consumption, and extend engine life. This research is expected to serve as a foundation for developing more effective radiator cooling systems in motor vehicles. Specifically, the study found that the rate of heat transfer between water and air was 50.03 J/sec, with an average logarithmic temperature difference of 4.51 K. Heat transfer analysis showed conduction at -0.6 Watts and convection at 3.15 Watts.

Keywords: Radiator, heat transfer coefficient, heat transfer rate.

1. PENDAHULUAN

Beragamnya perkembangan teknologi di bidang otomotif yang begitu pesat mendorong manusia untuk terus mempelajari ilmu pengetahuan dan teknologi terbaru. Di era modern ini, kendaraan dirancang dengan teknologi yang semakin canggih dan efisien guna memenuhi kebutuhan pengguna. Setiap produsen kendaraan berlomba-lomba menciptakan teknologi unggulan agar dapat menjadi pilihan utama konsumen. Dalam dunia otomotif, khususnya pada mesin pembakaran dalam, terdapat berbagai sistem yang saling terhubung dan bekerja bersama. Ketergantungan antarsistem ini sangat erat, sehingga apabila salah satu sistem mengalami kerusakan, kinerja mesin kendaraan, baik itu sepeda motor maupun mobil, dapat terganggu atau bahkan berhenti berfungsi.

Mesin mobil sering diibaratkan sebagai "nyawa" kendaraan, karena kinerjanya bergantung pada berbagai komponen yang saling terhubung dan bekerja bersama. Beberapa komponen utama yang menjadi sistem vital dalam mesin mencakup sistem bahan bakar, pengisian, pengapian, pelumasan, dan pendinginan [1]. Seiring perkembangan teknologi, komponen-komponen ini terus disempurnakan agar lebih praktis dan efisien dalam penggunaannya [2].

Sistem pendingin berfungsi sebagai rangkaian yang mencegah overheat pada mesin agar tetap bekerja secara optimal. Dalam proses pembakaran pada motor bakar, hanya sekitar 23% energi yang diubah menjadi tenaga mekanis. Sementara itu, sebagian panas lainnya dilepaskan melalui gas buang, dan sisanya hilang melalui proses pendinginan [3].

Prinsip kerja sistem pendingin, baik yang berbasis air maupun udara, pada dasarnya serupa. Kedua sistem ini memanfaatkan aliran fluida (air atau udara) untuk menurunkan suhu mesin [4]. Jenis fluida yang digunakan dalam radiator juga mempengaruhi suhu mesin; umumnya, radiator diisi dengan air sumur atau cairan pendingin (coolant) [5]. Coolant berfungsi sebagai cairan pendingin utama yang menjaga suhu mesin tetap stabil selama operasi, sehingga mesin dapat beroperasi dalam kondisi optimal dan sesuai dengan standar pada sistem radiator [6]. Radiator sendiri adalah alat penukar panas yang memindahkan energi panas dari satu medium ke medium lainnya, dengan tujuan mendinginkan atau memanaskan [7]. Radiator umumnya digunakan pada mesin kendaraan bermotor, baik roda empat maupun roda dua, serta pada mesin lain yang memerlukan pendinginan tambahan. Saat ini, tidak hanya mobil, tetapi juga sepeda motor modern telah dilengkapi dengan radiator sebagai bagian dari sistem pendinginannya. Komponen utama radiator terdiri dari tangki atas (upper tank), tangki bawah (lower tank), jaket air (water jacket), tutup radiator, thermostat, kipas pendingin, tangki cadangan, pompa air, dan pipa radiator.

Untuk menjaga kondisi sistem pendingin radiator perlu di lakukan perawatan dan analisa, tujuan dari analisa ini adalah untuk mengetahui perubahan suhu dan laju aliran fluida pendingin radiator pada mesin mobil Toyota corolla.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Dalam metode yang dilakukan adalah untuk mendapatkan hasil terkait penelitian ini sebagai berikut:

2.1.1 Bahan Penelitian

Dalam Penelitian ini alat yang digunakan adalah radiator mesin toyota corolla dengan spesifikasi motor 72 Hp, 53,69 kW, dan tipe motor bensin Toyota 2A 4 silinder 12 valve.

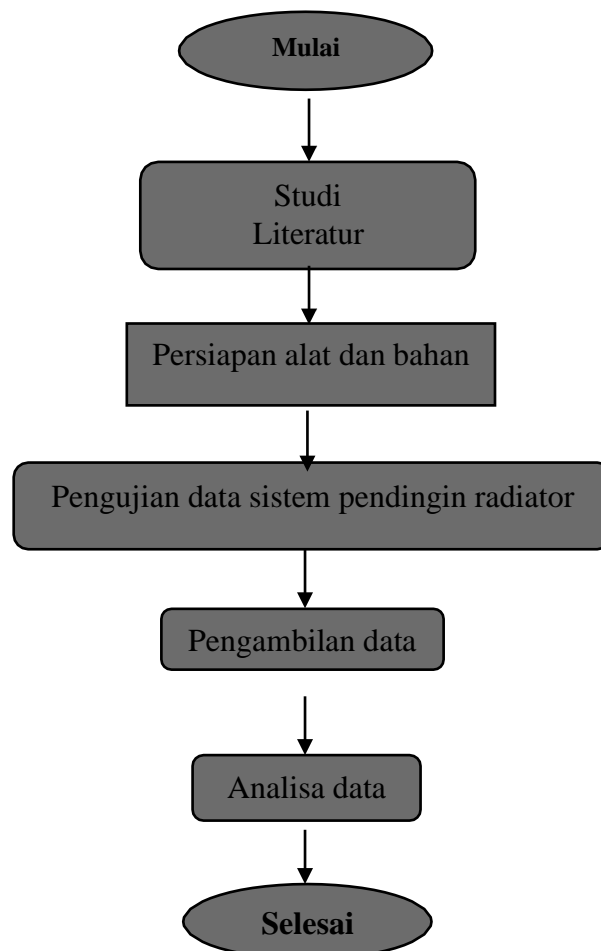
2.1.2 Spesifikasi Mobil Toyota corolla

Untuk penelitian dapat dilihat data spesifikasi motor bensin dan radiator sebagai berikut

Tabel 1. Spesifikasi Mobil dan Radiator

| Spesifikasi mobil toyota corolla | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Model | E-AE80-EEKDS |
| Tipe | Toyota 2A 4 silinder 12 valve |
| Daya maksimum (HP) | 3,72 PS = 72 HP =53,69 KW |
| Putaran motor (rpm) | 6.200 |
| Isi silinder (cc) | 1,295 |
| Tahun | 1986 |
| Radiator | |
| Diameter dalam (d_{in}) | 12 mm = 0,012 m |
| Diameter luar (d_o) | 16 mm = 0,016 m |
| Lebar radiator (L) | 600 mm = 0,6 m |
| Panjang radiator (l) | 400 mm = 0,4 m |
| Ketebalan radiator (dx) | 60 mm = 0,06 m |

2.2 Diagram Alir



Gambar: 2.1 Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Dalam pengambilan data penelitian ini adapun berdasarkan parameter RPM dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. Data Parameter yang di ambil saat mobil jalan

| rpm | Suhu air radiator (°C) | | | | | | | | | |
|-----|------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | Tahap 1 | | Tahap 2 | | Tahap 3 | | Tahap 4 | | Tahap 5 | |
| | T_{in} | T_{out} | T_{in} | T_{out} | T_{in} | T_{out} | T_{in} | T_{out} | T_{in} | T_{out} |
| 20 | 70,9 | 62,8 | 80,6 | 74,2 | 95,4 | 78,3 | 99,2 | 85,1 | 102,8 | 88,2 |
| 30 | 72,5 | 64,2 | 82,2 | 75,7 | 95,8 | 78,8 | 100,5 | 84,3 | 101,6 | 88,9 |
| 40 | 72,8 | 64,6 | 82,5 | 75,4 | 97,1 | 79,7 | 100,8 | 85,9 | 102,9 | 89,4 |
| 50 | 73,2 | 65,3 | 83,2 | 75,8 | 97,5 | 79,9 | 101,6 | 86,6 | 103,8 | 89,8 |

3.2 Pembahasan

3.2.1 Kapasitas massa aliran air dan udara pada sistem pendingin radiator

Untuk menghitung massa aliran air dan udara dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Dimana : } T_{hm} : 89,3^{\circ}\text{C} + 273,15 = 362,45 \text{ K}$$

$$T_{hk} : 77,3^{\circ}\text{C} + 273,15 = 350,45 \text{ K}$$

$$Q \text{ yang dibuang} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$m = \frac{Q \text{ yang dibuang}}{C_p \cdot \Delta T}$$

Dengan nilai temperatur rata-rata fluida yaitu :

$$T_{rf} = \frac{T_{hm} + T_{hk}}{2}$$

$$= \frac{362,45 \text{ K} + 350,45 \text{ K}}{2} = 356,45 \text{ K}$$

Berdasarkan tabel untuk uap air (steam) dan untuk gas pada temperatur 83,3°C + 273,15 K (356,45 K), maka didapat sifat-sifat fisik fluidanya sebagai berikut :

$$C_p \text{ air} = 4202 \text{ J/kg.K}$$

$$C_p \text{ udara} = 1020 \text{ J/kg.K}$$

Maka :

$$m_{air} = \frac{Q_{yang \text{ dibuang}}}{C_p \text{ air} \cdot \Delta T}$$

$$= \frac{50,1 \text{ J/det}}{4202 \text{ J/kg.K} (362,45 \text{ K} - 350,45 \text{ K})} = 0,0009 \text{ kg / det}$$

$$m_{udara} = \frac{Q_{yang \text{ dibuang}}}{C_p \text{ udara} \cdot \Delta T}$$

$$= \frac{50,1 \text{ J/det}}{1020 \text{ J/kg.K} (348,25 \text{ K} - 352,63 \text{ K})} = -0,0112 \text{ kg/det}$$

3.2.2 Kapasitas laju perpindahan panas air dan udara pada radiator

Untuk menghitung laju perpindahan panas air dan udara pada radiator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_{\text{yang dibuang}} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Berdasarkan tabel untuk uap air (*steam*) dan untuk gas pada temperatur $83,3 \text{ }^\circ\text{C} + 273,15 \text{ K}$ ($356,45 \text{ K}$), Maka di dapat sifat-sifat fisik fluidanya sebagai berikut :

$$C_{p \text{ air}} = 4202 \text{ J/kg.K}$$

$$C_{p \text{ udara}} = 1020 \text{ J/kg.K}$$

Maka :

$$Q_{\text{yang dibuang}} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{air}} = m_{\text{air}} \cdot C_{p \text{ air}} \cdot \Delta T$$

$$= 0,0009 \text{ kg/det} \cdot 4202 \text{ J/kg.K} \cdot (362,45 \text{ K} - 350,45 \text{ K})$$

$$= 45,38 \text{ J/det}$$

$$Q_{\text{udara}} = m_{\text{udara}} \cdot C_{p \text{ udara}} \cdot \Delta T$$

$$= -0,0112 \text{ kg/det} \cdot 1020 \text{ J/kg.K} \cdot (348,25 \text{ K} - 352,63 \text{ K})$$

$$= 50,03 \text{ J/det}$$

3.2.3 Temperatur rata-rata logaritma (LMTD)

Dengan nilai ($t_{g1}=362,45\text{K}$), ($t_{g2}=350,45\text{K}$), ($t_{u1}=348,25\text{K}$) dan ($t_{u2}=352,63\text{K}$)

Untuk menghitung perbedaan temperatur rata-rata pada penukar panas yang menggunakan aliran silang (*cross flow*) pada gambar 4.2 dengan menggunakan persamaan berikut:

Dimisalkan :

$$Y = \frac{t_{u2} - t_{u1}}{t_{g1} - t_{u1}} = \frac{352,63\text{K} - 348,25\text{K}}{362,45\text{K} - 348,25\text{K}} = 0,30 \text{ K}$$

$$\text{dan } Z = \frac{t_{g1} - t_{g2}}{t_{u2} - t_{u1}} = \frac{362,45\text{K} - 350,45\text{K}}{352,63\text{K} - 348,25\text{K}} = 2,73 \text{ K}$$

Maka :

$$\begin{aligned} (\text{LMTD})_{\text{cross}} &= \frac{t_{u2} - t_{u1}}{\ln\left[\frac{Z}{Z + \ln(1 - YZ)}\right]} \\ &= \frac{352,63\text{K} - 348,25\text{K}}{2,73\text{K}} \\ &= \frac{\ln\left(\frac{4,38}{2,73 + \ln(1 - 0,30 \cdot 2,73\text{K})}\right)}{2,73\text{K}} \\ &= \ln\left(\frac{4,38}{2,73}\right) \\ &= \frac{1,03}{4,38} \\ &= \frac{0,97}{4,38} \\ &= 4,51 \text{ K} \end{aligned}$$

3.3 Perpindahan panas secara konduksi

Perpindahan panas secara konduksi dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$Q_{\kappa} = -\kappa A \frac{dT}{dx}$$

Dimana :

- Q_k = adalah laju perpindahan panas secara konduksi (W/m K)
- dT/dx = gradien suhu pada penampang (6 cm =0,06m)
- A = 0,00045 m²
- K = 0,677 W/m².K

Sehingga :

$$Q_k = -\kappa A \frac{dT}{dx}$$

$$= -0,677 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 0,00045 \text{ m}^2 \frac{362,45 \text{ K} - 350,45 \text{ K}}{0,06}$$

$$= -0,0003 \frac{12}{0,06}$$

$$= -0,06 \text{ watt}$$

3.4 Perpindahan panas secara konveksi

Perpindahan panas secara konveksi dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$Q_c = h A (T_1 - T_2)$$

Daiman :

- Q_c = laju perpindahan panas secara konveksi
- ΔT = beda suhu permukaan dengan temperatur fluida
- A = 0,00045 m²
- h_c = 584,3 W/m².K

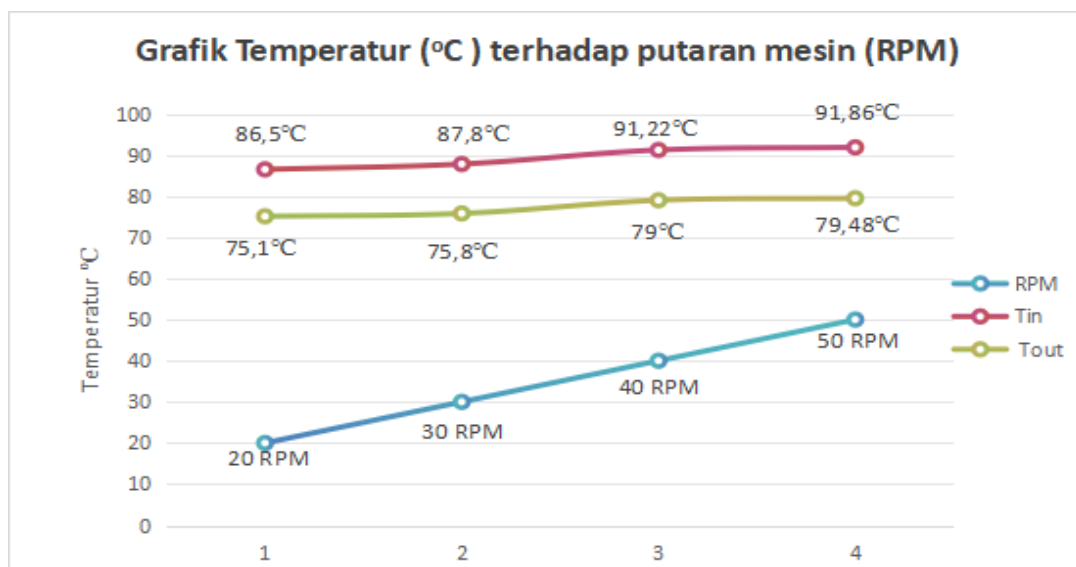
Sehingga :

$$Q_c = h A (T_1 - T_2)$$

$$= 584,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 0,00045 \text{ m}^2 \times (362,45 \text{ K} - 350,45 \text{ K})$$

$$= 3,15 \text{ Watt}$$

3.5 Grafik Temperatur Rata-Rata Dalam Radiator



Gambar 1. Grafik temperatur radiator pada terhadap putaran mesin (RPM)

Pada gambar 1. grafik rata-rata temperatur radiator pada penelitian ini dengan kecepatan mobil 20,30,40 dan 50 RPM. Dapat dilihat pada gambar grafik di atas menunjukkan bahwa temperatur dalam radiator ada peningkatan pada saat RPM mencapai 50 dengan temperatur masuk (T_{in}) 91,86°C dan temperatur keluar (T_{out}) sebesar 79,48°C.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dan pembahasan data hasil perhitungan dan analisa perubahan suhu di dalam sistem pendingin radiator pada mesin toyota corolla beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Mekanisme perpindahan panas secara konduksi sebesar -0,06 watt dan perpindahan panas secara konveksi sebesar 3,15 Watt.
2. Kapasitas massa aliran air dan udara pada radiator dengan suhu temperatur rata-rata T_{in} 89,3 °C dan T_{out} 77,3°C menghasilkan nilai aliran air sebesar 0,0009 Kg/det dan udara sebesar -0,0112 Kg/det.
3. Kapasitas laju perpindahan panas air pada radiator sebesar 45,38 J/det dan udara sebesar 50,03 J/det.

5. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya disarankan mengukur suhu temperatur radiator dengan jarak tempuh yang lebih jauh dengan perbandingan jenis air coolant.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua peneliti sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini. Kontribusi mereka yang signifikan telah memberikan masukan berharga bagi penelitian ini. Penghargaan juga disampaikan kepada teman-teman dan individu yang terlibat, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mufdi Ashadrul Aldi Pane, Wakhinuddin S -, Dwi Sudarno Putra, M Nasir (2016) *Pengaruh Tegangan Pompa Bahan Bakar Terhadap Kandungan Emisi Gas Buang. JPR: Jurnal Ilmiah Politeknik Rekayasa*, <http://dx.doi.org/10.30630/jipr.v12i1.e-ISSN : 2685-3922>. Vol.12 No. 1
- [2]. Mu'minin, A. (2019). *Rekondisi Sistem Pendingin Engine Stand Mesin Toyota 4A-FE*. D3 Thesis, Universitas Versitas Negeri Yogyakarta.
- [3] Elbar, W. (2020). Sistem Pendingin Pada Toyota Kijang Inova. *Fokus Teknik Mesin Upmi 1.1*, 21-32.
- [4] Rizky Sukma Winda, Wisnu Aji Wicaksono, & Parikhin. (2021). Analisis Kinerja Sistem Pendingin pada Mesin Toyota Avanza Tipe K3-Ve Menggunakan Scanner Lauch Thinkdiag Easydiag 4.0. *JASATEC : Journal of Students of Automotive, Electronic and Computer*, 1(1), 23-30. <https://doi.org/10.37339/jasatec.v1i1.608>

- [5] Syahputra, Rihaldi and Armila, Armila and ARIEF, RUDI KURNIAWAN (2021) *Analisis Pengaruh Laju Aliran Massa Fluida Terhadap Perubahan Temperatur Pada Radiator Honda CBR 150 CC*. JTMM: Jurnal Terapan Teknik Mesin, 2 (2). ISSN 2721-5377 | e ISSN 2721-7825
- [6] Arsana, D. H. (2018). Pengaruh Jenis Fluida Pendinginan Terhadap Kapasitas Radiator Pada Sitem Pendinginan Mesi Daihatsu Xenia 1300Cc. *J. Pendidikan Teknik Mesin UNESA, Vol. 6 No. 03, Pp.*, 41-52.
- [7] Hidayat, Nuzul and Setiawan, M. Yasep and Arif, Ahmad (2020) *Studi Eksperimental Kemampuan Pelepasan Panas pada Radiator Straight Fin Jenis Flat Tube dengan Variasi Cooling Liquid*. Invotek: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi, 20 (3). pp. 23-30. ISSN Print: 1411 – 3411 dan Online: 2549 – 9815
-