

Analisis Jenis Cairan Pendingin Terhadap Laju Perpindahan Kalor Pada Sistem Pendingin Radiator

Ratna Yuniar Halim Bakar, S. Pd, M. Pd, Evi Nurfiman, ST

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi YBS Internasional

ratna.arzenio@gmail.com

Abstract

A vehicle has many support systems, one of which is the engine cooling system. Therefore, in this study, it is necessary to study several types of coolant to determine the rate of heat transfer in the Toyota Calya engine radiator cooling system. This research is exploratory or to find out how much the value of the heat transfer rate in the Toyota Calya engine radiator cooling system. The method used is a literature study, namely by collecting writing materials from reference books and journals related to the title of research and field studies, namely by direct testing and collecting data from test results. In this test, 3 different types of coolant were used, namely Water Tap, OBC Premix Radiator Coolant, Coolant Prestone and 3 variations of engine speed namely 1500 rpm, 2000 rpm and 2500 rpm with a test time of 7 minutes. For testing with tap water at 1500 rpm the heat transfer rate is 22,271 Watt, engine speed for 2000 rpm is 1,534 Watt and 2500 rpm is 3,172 Watt. The heat transfer rate of OBC Premix Radiator Coolant at 1500 rpm is 22,446 Watt, engine speed at 2000 rpm is 5,665 Watt and 2500 rpm is 4,1038 Watt. Then the Coolant Prestone heat transfer rate at 1500 rpm rotation is 23,162 Watt, 2000 rpm engine speed is 7,868 Watt and 2500 rpm is 11,279 Watt.

Keywords: heat transfer rate, fluid mass flow rate, type of cooling fluid, cooling system

Abstrak

Kendaraan memiliki banyak sistem pendukung, salah satunya adalah sistem pendingin *engine*. Sistem pendingin (*cooling system*) adalah sebuah sistem yang bertujuan untuk mencegah terjadinya panas berlebih (*overheating*) pada mesin agar mesin dapat bekerja optimal. Pada penelitian mengkaji jenis cairan pendingin untuk mengetahui laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya. Penelitian ini bersifat eksploratif atau untuk mengetahui seberapa besar nilai laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya. Metode yang digunakan adalah studi pustaka, yaitu dengan mengumpulkan bahan-bahan penulisan dari buku-buku dan jurnal referensi yang berkaitan dengan judul penelitian dan studi lapangan, yaitu dengan pengujian langsung dan pengumpulan data dari hasil pengujian. Nilai laju perpindahan kalor akan berbeda sesuai dengan jenis cairan pendingin dan putaran *engine* yang terjadi. Dalam pengujian ini digunakan 3 jenis cairan pendingin yang berbeda yaitu Air PDAM, O.B.C Premix Radiator Coolant, Coolant Prestone dan 3 variasi putaran mesin yakni 1500 rpm, 2000 rpm dan 2500 rpm dengan waktu pengujian selama 7 menit. Untuk pengujian dengan Air PDAM pada 1500 rpm mendapatkan nilai laju perpindahan kalor sebesar 22,271 Watt, putaran mesin 2000 rpm sebesar 1,534 Watt dan 2500 rpm sebesar 3,172 Watt. Laju perpindahan kalor O.B.C Premix Radiator Coolant pada putaran 1500 rpm sebesar 22,446 Watt, putaran mesin 2000 rpm sebesar 5,665 Watt dan 2500 rpm sebesar 4,1038 Watt. Kemudian laju perpindahan kalor Coolant Prestone pada putaran 1500 rpm sebesar 23,162 Watt, putaran mesin 2000 rpm sebesar 7,868 Watt dan 2500 rpm sebesar 11,279 Watt.

Kata Kunci : laju perpindahan kalor, laju aliran massa fluida, jenis fluida pendinginan, sistem pendingin

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi di bidang otomotif berkembang sangat cepat. Oleh karena itu manusia terus mempelajari ilmu pengetahuan dan teknologi. Suatu kendaraan seiring dengan usia dan pemakaian maka lambat laun akan terjadi kendala dan perubahan efektivitas kinerja mesin pada suatu kendaraan dan harus ditelusuri sistem

yang mana yang mengalami penurunan kinerja tersebut.

Di negara dengan iklim tropis seperti di Indonesia, sering kali terjadi masalah pada sistem pendingin mesin mobil yang mengalami *overheat*. Apalagi dengan kondisi jalan di jalur selatan Jawa Barat yang cukup terjal karena dikelilingi pegunungan, banyak mobil-mobil tertentu yang bermasalah dengan suhu mesin. Sehingga banyak orang melakukan segala cara untuk menghindari

overheat pada sistem pendingin mesin. Maka dari itu perlu dilakukannya variasi cairan pendingin untuk mengetahui performa dan efektivitas kinerja mesin sehingga dapat dijadikan salah satu solusi dari masalah sistem pendingin mobil yang mengalami *overheat*.

Penelitian ini mengkaji beberapa jenis cairan pendingin terhadap laju perpindahan kalor pada radiator yang mana untuk mengetahui efektivitas kinerja mesin dan performa mesin kendaraan agar panas yang dihasilkan dari ruang bakar harus mampu diserap secara efektif oleh sistem pendingin. Berdasarkan uraian diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “ANALISIS JENIS CAIRAN PENDINGIN TERHADAP LAJU PERPINDAHAN KALOR PADA SISTEM PENDINGIN RADIATOR “

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dirumuskan permasalahan yang diteliti yaitu :

1. Berapa nilai laju perpindahan kalor yang terjadi pada sistem pendingin radiator dengan air PDAM ?
2. Berapa nilai laju perpindahan kalor yang terjadi pada sistem pendingin radiator dengan O.B.C *Premix Radiator Coolant* ?
3. Berapa nilai laju perpindahan kalor yang terjadi pada sistem pendingin radiator dengan *Coolant Prestone* ?
4. Bagaimana perbandingan nilai laju perpindahan kalor dari 3 jenis cairan pendingin tersebut ?

1.3. Batasan Masalah

Agar pembahasan yang dilakukan dalam penelitian lebih terarah, peneliti membatasi masalah yang dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mesin yang digunakan adalah mesin Toyota Calya.
2. Transmisi mobil yang digunakan adalah transmisi manual.
3. Volume *engine* 1197 cc.
4. Air radiator yang digunakan yaitu air Ledeng, O.B.C *Premix Radiator Coolant*, *Coolant Prestone*.
5. Putaran *engine* pada saat pengujian telah ditentukan.
6. Waktu pengujian dilakukan selama 7 menit.

7. Volume air radiator Toyota Calya 2,9 liter.
8. Suhu ruangan saat pengujian 30°C.
9. Pengujian kendaraan dilakukan dalam keadaan statis.

1.4. Tujuan Penelitian

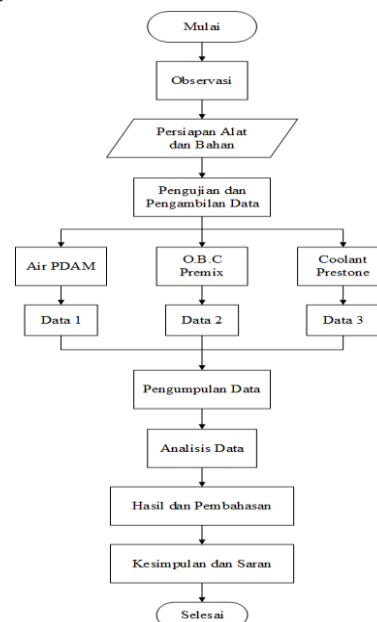
Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui nilai laju perpindahan kalor konveksi yang terjadi pada sistem pendingin radiator dengan air ledeng.
2. Untuk mengetahui nilai laju perpindahan kalor konveksi yang terjadi pada sistem pendingin radiator dengan O.B.C *Premix Radiator Coolant*.
3. Untuk mengetahui nilai laju perpindahan kalor konveksi yang terjadi pada sistem pendingin radiator dengan *Coolant Prestone*.
4. Untuk mengetahui perbandingan nilai laju perpindahan kalor dari tiga jenis cairan pendingin yaitu air ledeng, O.B.C *Premix Radiator Coolant* dan *Coolant Prestone*.

1.5. Hipotesis Penelitian

Sistem pendingin radiator dengan menggunakan *coolant Prestone* memiliki laju perpindahan kalor yang paling besar dibandingkan dengan menggunakan *coolant* jenis air PDAM dan O.B.C.

1.6. Diagram Alir



Gambar 1 Diagram Alir

2. Kajian pustaka

2.1 Proses Pembuangan panas pada radiator

Besar pembuangan panas radiator adalah suatu nilai yang menunjukkan besarnya panas pada air radiator yang dapat dibuang ke udara luar. Persamaan yang digunakan untuk menghitungnya adalah (Made Ricki Murti, 2008) :

$$q = m \cdot C_p \cdot (Th1, - Th2, out) \dots (2.1)$$

Keterangan :

- q = Laju perpindahan kalor (Watt)
- m = Laju aliran massa fluida air (Kg/s)
- C_p = Kalor spesifik fluida air (KJ/Kg · K)
- $Th1, in$ = Temperatur fluida masuk (K)
- $Th2, =$ Temperatur fluida keluar (K)

Perpindahan panas yang terjadi pada radiator merupakan perpindahan energi dari suatu daerah ke daerah lainya sebagai akibat dari perbedaan suhu antar daerah tersebut.

2.2 Laju aliran massa fluida pada sistem radiator

Laju aliran massa adalah laju massa fluida yang dikeluarkan tiap detiknya (kg/s), sedangkan pengertian dari massa sendiri adalah jumlah partikel (banyaknya materi) yang dikandung zat/benda. Persamaan yang digunakan untuk menghitung laju aliran massa pada sistem radiator adalah

$$m = Q \cdot \rho \dots (2.2)$$

Keterangan :

- m = Laju aliran massa fluida air (Kg/s)
- Q = Debit aliran (m³/s)
- ρ = Massa jenis air (kg/m³)

2.3 Perpindahan kalor

2.3.1 Perpindahan Kalor Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi merupakan perpindahan energi yang terjadi pada media padat atau fluida yang diam sebagai akibat dari perbedaan temperatur. Hal ini merupakan perpindahan energi dari partikel yang lebih energi ke partikel yang kurang energi pada benda akibat interaksi antar partikel-partikel. Energi ini dihubungkan dengan pergerakan translasi, sembarang, rotasi dan gerakan dari molekul-molekul. Temperatur lebih tinggi berarti molekul lebih berenergi memindahkan energi ke temperatur lebih rendah (kurang energi). Untuk konduksi panas, persamaan aliran dikenal dengan Hukum Fourier.

2.3.2 Perpindahan kalor radiasi

Berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi, dimana perpindahan energi terjadi melalui bahan antara, kalor juga dapat berpindah melalui daerah-daerah hampa. Mekanismenya disini adalah sinaran atau radiasi elektromagnetik (Perpindahan Kalor J.P. Holman, 1986).

Radiasi *thermal* adalah energi yang diemisikan oleh benda yang berada pada temperatur tinggi, dimana merupakan perubahan dalam konfigurasi electron dari atom. Energi dari medan radiasi ditransportasikan oleh gelombang elektromagnetik atau lainnya. Photon berasal dari energi dalam sebuah electron yang memancar. Pada perpindahan panas konduksi dan konveksi adalah mutlak membutuhkan media. Kenyataannya perpindahan panas radiasi lebih efektif terjadi pada ruang hampa.

2.3.3 Perpindahan kalor konveksi

Sudah umum diketahui bahwa plat logam panas akan menjadi dingin lebih cepat bila ditaruh didepan kipas angin dibandingkan dengan bilamana ditempatkan di udara tenang. Kita katakan bahwa kalor dikonveksi atau diili ke luar, dan proses ini dinamakan perpindahan kalor secara konveksi atau ilian. Istilah konveksi atau ilian barangkali sudah memberi gambaran tentang apa yang terjadi dalam proses perpindahan kalor ini. Tetapi gambaran ini masih harus dikembangkan agar kita dapat melakukan pengolahan analitis memadai tentang masalah ini. Umpamanya, kita sudah tahu bahwa kecepatan udara yang ditiupkan ke plat panas ini akan mempengaruhi laju perpindahan kalor . Tetapi, apakah pengaruh ini berlangsung dalam perbandingan lurus, artinya jika kecepatan dilipatduakan apakah laju perpindahan kalor juga akan menjadi dua kali lebih cepat? Juga dapat diperkirakan bahwa laju perpindahan kalor akan berbeda jika plat itu didinginkan dengan air dan bukan dengan udara (Perpindahan Kalor J.P. Holman, 1986). Secara umum konveksi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu :

1. Konveksi bebas (*free convection*) atau *natural convection*, yaitu konveksi dimana aliran fluida terjadi bukan karena dipaksa oleh suatu

alat, tetapi disebabkan karena gaya apung (*buoyancy force*).

- Konveksi paksa (*force convection*) yaitu konveksi yang terjadi dimana aliran fluida blower dan lain-lain disebabkan oleh peralatan bantu seperti *fan*, *blower* dan lain lain.
- Konveksi dengan perubahan fase, yaitu sama seperti pendidihan (*boiling*) dan pengembunan (*kondensasi*).

$$Q_{eksternal} = h \cdot A (Th_1 \text{ in} - Th_2 \text{ out}) \dots (2.3)$$

Dimana :

h = Koefisien konveksi ($W/m^2.K$)

A = Luas Penampang (m^2)

$Th_1 \text{ in}$ =Temperatur fluida pendingin yang keluar dari mesin dan masuk ke radiator ($^{\circ}K$)

$Th_2 \text{ out}$ =Temperatur fluida pendingin yang keluar dari radiator dan masuk ke mesin ($^{\circ}K$)

3. Metode Penelitian

3.1 Pengambilan Data

Pengambilan data ini dilakukan secara langsung dengan melakukan pengujian untuk mengetahui laju perpindahan kalor pada sistem radiator mesin Toyota Calya. Pengambilan data dilakukan dengan pengujian langsung untuk mengetahui temperatur mesin dan temperatur fluida masuk ($Th_1 \text{ in}$) dan temperatur fluida keluar ($Th_2 \text{ out}$) pada sistem radiator. Pada pengujian ini menggunakan 3 jenis cairan pendingin yaitu : air ledeng, O.B.C Premix Radiator Coolant, Coolant Prestone dan menggunakan tiga variable putaran *engine*, yaitu : putaran *engine* 1500 rpm, putaran *engine* 2000 rpm dan putaran *engine* 2500 rpm, dimana masing masing cairan pendingin akan diukur temperature *engine* nya beserta temperatur fluida masuk ($Th_1 \text{ in}$) dan temperatur fluida keluar ($Th_2 \text{ out}$). Setiap jenis cairan pendingin dan satu variable putaran engine akan di uji dalam waktu 7 menit.

3.2 Data Hasil Pengujian

Tabel 1 Data Hasil Pengujian

Data Hasil Pengujian								
Jenis Fluida pendingin	Putaran Mesin (RPM)	Waktu (Menit)	Suhu Mesin ($^{\circ}C$)	Th1 in ($^{\circ}C$)	Th2 Out ($^{\circ}C$)	ΔT ($^{\circ}C$)	Debit Air (liter/menit)	
Air Ledeng	1500	7	88	80.8	59.5	21.3	15.1	
			88	80.3	59.7	20.6	15.1	
			88	80.9	59.4	21.5	15.1	
		Rata-rata		88	80.66	59.53	21.13	15.1
	2000	7	90	88.8	87.8	1	24.4	
			90	88.2	87.3	0.9	24.4	
			90	88.9	88.1	0.8	24.4	
		Rata-rata		90	88.63	87.73	0.9	24.4
	2500	7	95	94	92	2	34.1	
			95	93.1	92.3	0.8	34.1	
			95	93.3	92.1	1.2	34.1	
		Rata-rata		95	93.46	92.13	1.33	34.1
O.B.C. Premix Radiator coolant	1500	7	86	77.6	56	21.6	14.8	
			86	78.2	56.8	21.4	14.8	
			86	78.4	56.9	21.5	14.8	
		Rata-rata		86	78.06	56.56	21.5	14.8
	2000	7	88	86.4	83.1	3.3	25.7	
			88	86.6	83.5	3.1	25.7	
			88	86.3	83.3	3	25.7	
		Rata-rata		88	86.43	83.3	3.13	25.7
	2500	7	94	93	91.3	1.7	34.1	
			94	93.1	92	1.1	34.1	
			94	93.3	91	2.3	34.1	
		Rata-rata		94	93.13	91.43	1.7	34.1
Prestone	1500	7	85	77.8	45.8	32	16.4	
			85	77.6	45.5	32.1	16.4	
			85	76.3	45.4	30.9	16.4	
		Rata-rata		85	77.23	45.56	31.6	16.4
	2000	7	87	82.4	75.5	6.9	26.9	
			87	82	75	7	26.9	
			87	83.3	77.6	5.7	26.9	
		Rata-rata		87	82.56	76.03	6.53	26.9
	2500	7	88	86.5	79.5	7	35.3	
			88	86.1	79	7.1	35.3	
			88	86.5	79.2	7.3	35.3	
		Rata-rata		88	86.36	79.23	7.13	35.3

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengolahan Data

4.1.1. Pengujian Radiator Menggunakan Air Ledeng

Laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 1500 rpm. Massa jenis air 1000 kg/m^3 , berdasarkan persamaan (2.2) maka laju aliran massa air :

$$\dot{m} = Q \times \rho$$

$$\dot{m} = 15,1 \text{ liter/menit} \cdot (1000) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = \frac{15,1 \times 10^{-3}}{60 \text{ s}} \cdot (1000) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,000251 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (1000) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,251 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan persamaan (2.1), maka laju perpindahan kalor pada sistem radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 1500 rpm dengan waktu 7 menit dapat dihitung :

$$q = \dot{m} \cdot Cp \cdot (Th_1, - Th_2, out)$$

$$q = 0,251 \text{ kg/s} \cdot 4,2 \text{ KJ/kg} \cdot K \cdot (353,81^{\circ}K - 332,68^{\circ}K)$$

$$q = 1,054 \cdot 21,13$$

$$q = 22,271 \text{ Watt}$$

Berdasarkan persamaan (2.3), maka untuk mencari *Qeksternal* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

Diketahui:

$$A = 0,000785 \text{ m}^2$$

$$h = 96,010 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (Air ledeng)}$$

$$\begin{aligned} Q_{eksternal} &= h \cdot A \text{ (Th1 in - Th2 out)} \\ &= 96,010 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,000785 \text{ m}^2 \\ &\quad (21,13)^\circ\text{K} \\ &= 1,592 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2000 rpm. Massa jenis air 1000 kg/m^3 , berdasarkan persamaan (2.2) maka laju aliran massa air :

$$\dot{m} = Q \times \rho$$

$$\dot{m} = 24,4 \text{ liter/menit} \cdot (1000) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = \frac{24,4 \times 10^{-3}}{60 \text{ s}} \cdot (1000) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,000406 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (1000) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,406 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan persamaan (2.1), maka laju perpindahan kalor pada sistem radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2000 rpm dengan waktu 7 menit dapat dihitung :

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (Th1, - Th2, out)$$

$$\dot{q} = 0,406 \text{ kg/s} \cdot 4,2 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K} \cdot (361,78^\circ\text{K} - 360,88^\circ\text{K})$$

$$\dot{q} = 1,7052 \cdot 0,9$$

$$\dot{q} = 1,534$$

Berdasarkan persamaan (2.3), maka untuk mencari *Qeksternal* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

Diketahui:

$$A = 0,000785 \text{ m}^2$$

$$h = 96,010 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (Air ledeng)}$$

$$\begin{aligned} Q_{eksternal} &= h \cdot A \text{ (Th1 in - Th2 out)} \\ &= 96,010 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,000785 \text{ m}^2 \\ &\quad (0,9)^\circ\text{K} \\ &= 0,067 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2500 rpm. Massa jenis air 1000 kg/m^3 , berdasarkan persamaan (2.2) maka laju aliran massa air :

$$\dot{m} = Q \times \rho$$

$$\dot{m} = 34,1 \text{ liter/menit} \cdot (1000) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = \frac{34,1 \times 10^{-3}}{60 \text{ s}} \cdot (1000) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,000568 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (1000) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,568 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan persamaan (2.1), maka laju perpindahan kalor pada sistem radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2500 rpm dengan waktu 7 menit dapat dihitung :

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (Th1, - Th2, out)$$

$$\dot{q} = 0,568 \text{ kg/s} \cdot 4,2 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K} \cdot (366,61^\circ\text{K} - 365,28^\circ\text{K})$$

$$\dot{q} = 2,385 \cdot 1,33$$

$$\dot{q} = 3,172 \text{ Watt}$$

Berdasarkan persamaan (2.3), maka untuk mencari *Qeksternal* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

Diketahui:

$$A = 0,000785 \text{ m}^2$$

$$H = 96,010 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (Air ledeng)}$$

$$\begin{aligned} Q_{eksternal} &= h \cdot A \text{ (Th1 in - Th2 out)} \\ &= 96,010 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,000785 \text{ m}^2 \\ &\quad (1,33)^\circ\text{K} \\ &= 0,100 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.1.2. Pengujian Radiator Menggunakan O.B.C Premix Radiator Coolant

Laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 1500 rpm. Massa jenis O.B.C Premix Radiator Coolant $1006,7 \text{ kg/m}^3$, berdasarkan persamaan (2.2) maka laju aliran massa :

$$\dot{m} = Q \times \rho$$

$$\dot{m} = 14,8 \text{ liter/menit} \cdot (1006,7) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = \frac{14,8 \times 10^{-3}}{60 \text{ s}} \cdot (1006,7) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,000246 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (1006,7) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = (0,247) \text{ kg/s}$$

Berdasarkan persamaan (2.1), maka laju perpindahan kalor pada sistem radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 1500 rpm dengan waktu 7 menit dapat dihitung :

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (Th1, - Th2, out)$$

$$\dot{q} = 0,247 \text{ kg/s} \cdot 4,229 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K} \cdot (351,21^\circ\text{K} - 329,71^\circ\text{K})$$

$$\dot{q} = 1,044 \cdot 21,5$$

$$\dot{q} = 22,446 \text{ Watt}$$

Berdasarkan persamaan (2.3), maka untuk mencari *Qeksternal* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

Diketahui:

$$A = 0,000785 \text{ m}^2$$

$$h = 95,978 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \text{ (O.B.C } \textit{premix} \text{ radiator } \textit{coolant})$$

$$\begin{aligned} Q_{eksternal} &= h \cdot A \cdot (Th1 \text{ in} - Th2 \text{ out}) \\ &= 95,978 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \cdot 0,000785 \text{ m}^2 \\ &\quad (21,5)^\circ\text{K} \\ &= 1,619 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2000 rpm. Massa jenis O.B.C *Premix Radiator Coolant* 1006,7 kg/m³, berdasarkan persamaan (2.2) maka laju aliran massa :

$$\dot{m} = Q \times \rho$$

$$\dot{m} = 25,7 \text{ liter/menit} \cdot (1006,7) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = \frac{25,7 \times 10^{-3}}{60 \text{ s}} \cdot (1006,7) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,000428 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (1006,7) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,428 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan persamaan (2.1), maka laju perpindahan kalor pada sistem radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2000 rpm dengan waktu 7 menit dapat dihitung :

$$q = \dot{m} \cdot Cp \cdot (Th1, - Th2, out)$$

$$q = 0,428 \text{ kg/s} \cdot 4,229 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K} \cdot (359,58^\circ\text{K} - 356,45^\circ\text{K})$$

$$q = 1,810 \cdot 3,13$$

$$q = 5,665 \text{ Watt}$$

Berdasarkan persamaan (2.3), maka untuk mencari *Qeksternal* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

Diketahui:

$$A = 0,000785 \text{ m}^2$$

$$h = 95,978 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

(O.B.C *premix radiator coolant*)

$$\begin{aligned} Q_{eksternal} &= h \cdot A \cdot (Th1 \text{ in} - Th2 \text{ out}) \\ &= 95,978 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \cdot 0,000785 \text{ m}^2 \\ &\quad (3,13)^\circ\text{K} \\ &= 0,235 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2500 rpm. Massa jenis O.B.C *Premix Radiator Coolant* 1006,7 kg/m³, berdasarkan persamaan (2.2) maka laju aliran massa :

$$\dot{m} = Q \times \rho$$

$$\dot{m} = 34,1 \text{ liter/menit} \cdot (1006,7) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = \frac{34,1 \times 10^{-3}}{60 \text{ s}} \cdot (1006,7) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,000568 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (1006,7) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,571 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan persamaan (2.1), maka laju perpindahan kalor pada sistem radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2500 rpm dengan waktu 7 menit dapat dihitung :

$$q = \dot{m} \cdot Cp \cdot (Th1, - Th2, out)$$

$$q = 0,571 \text{ kg/s} \cdot 4,229 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K} \cdot (366,28^\circ\text{K} - 364,58^\circ\text{K})$$

$$q = 2,414 \cdot 1,7$$

$$q = 4,1038 \text{ Watt}$$

Berdasarkan persamaan (2.3), maka untuk mencari *Qeksternal* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

Diketahui:

$$A = 0,000785 \text{ m}^2$$

$$h = 95,978 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \text{ (O.B.C } \textit{premix} \text{ radiator } \textit{coolant})$$

$$\begin{aligned} Q_{eksternal} &= h \cdot A \cdot (Th1 \text{ in} - Th2 \text{ out}) \\ &= 95,978 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \cdot 0,000785 \text{ m}^2 \\ &\quad (1,7)^\circ\text{K} \\ &= 0,128 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.1.3. Pengujian Radiator Menggunakan Coolant Prestone

Laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 1500 rpm. Massa jenis *Coolant Prestone* 1113,2 kg/m³, berdasarkan persamaan (2.2) maka laju aliran massa :

$$\dot{m} = Q \times \rho$$

$$\dot{m} = 16,4 \text{ liter/menit} \cdot (1113,2) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = \frac{16,4 \times 10^{-3}}{60 \text{ s}} \cdot (1113,2) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,000273 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (1113,2) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,303 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan persamaan (2.1), maka laju perpindahan kalor pada sistem radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 1500 rpm dengan waktu 7 menit dapat dihitung :

$$q = \dot{m} \cdot Cp \cdot (Th1, - Th2, out)$$

$$q = 0,303 \text{ kg/s} \cdot 2,42 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K} \cdot (350,38^\circ\text{K} - 318,71^\circ\text{K})$$

$$q = 0,733 \cdot 31,6$$

$$q = 23,162 \text{ Watt}$$

Berdasarkan persamaan (2.3), maka untuk mencari $Q_{eksternal}$ dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

Diketahui:

$$A = 0,000785 \text{ m}^2$$

$$h = 95,971 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (coolant prestone)}$$

$$\begin{aligned} Q_{eksternal} &= h \cdot A \cdot (Th1 \text{ in} - Th2 \text{ out}) \\ &= 95,971 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,000785 \text{ m}^2 \\ &\quad (31,6)^\circ\text{K} \\ &= 2,380 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2000 rpm. Massa jenis *Coolant* Prestone $1113,2 \text{ kg/m}^3$, berdasarkan persamaan (2.2) maka laju aliran massa :

$$\dot{m} = Q \times \rho$$

$$\dot{m} = 26,9 \text{ liter/menit} \cdot (1113,2) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = \frac{26,9 \times 10^{-3}}{60 \text{ s}} \cdot (1113,2) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,000448 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (1113,2) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,498 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan persamaan (2.1), maka laju perpindahan kalor pada sistem radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2000 rpm dengan waktu 7 menit dapat dihitung :

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot Cp \cdot (Th1, n - Th2, out)$$

$$\dot{q} = 0,498 \text{ kg/s} \cdot 2,42 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K} \cdot (355,71^\circ\text{K} - 349,18^\circ\text{K})$$

$$\dot{q} = 1,205 \cdot 6,53$$

$$\dot{q} = 7,868 \text{ Watt}$$

Berdasarkan persamaan (2.3), maka untuk mencari $Q_{eksternal}$ dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

Diketahui:

$$A = 0,000785 \text{ m}^2$$

$$H = 95,971 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (coolant prestone)}$$

$$\begin{aligned} Q_{eksternal} &= h \cdot A \cdot (Th1 \text{ in} - Th2 \text{ out}) \\ &= 95,971 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,000785 \text{ m}^2 \\ &\quad (6,53)^\circ\text{K} \\ &= 0,491 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Laju perpindahan kalor konveksi pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2500 rpm Massa jenis *Coolant* Prestone $1113,2 \text{ kg/m}^3$, berdasarkan persamaan (2.2) maka laju aliran massa :

$$\dot{m} = Q \times \rho$$

$$\dot{m} = 35,3 \text{ liter/menit} \cdot (1113,2) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = \frac{35,3 \times 10^{-3}}{60 \text{ s}} \cdot (1113,2) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,000588 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (1113,2) \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,654 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan persamaan (2.1), maka laju perpindahan kalor pada sistem radiator mesin Toyota Calya pada putaran mesin 2500 rpm dengan waktu 7 menit dapat dihitung :

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot Cp \cdot (Th1, n - Th2, out)$$

$$\dot{q} = 0,654 \text{ kg/s} \cdot 2,42 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K} \cdot (359,51^\circ\text{K} - 352,38^\circ\text{K})$$

$$\dot{q} = 1,582 \cdot 7,13$$

$$\dot{q} = 11,279 \text{ Watt}$$

Berdasarkan persamaan (2.3), maka untuk mencari $Q_{eksternal}$ dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

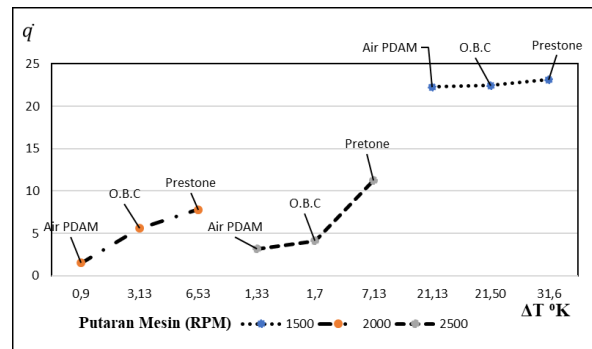
Diketahui:

$$A = 0,000785 \text{ m}^2$$

$$h = 95,971 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (coolant prestone)}$$

$$\begin{aligned} Q_{eksternal} &= h \cdot A \cdot (Th1 \text{ in} - Th2 \text{ out}) \\ &= 95,971 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,000785 \text{ m}^2 \\ &\quad (7,13)^\circ\text{K} \\ &= 0,537 \text{ Watt} \end{aligned}$$

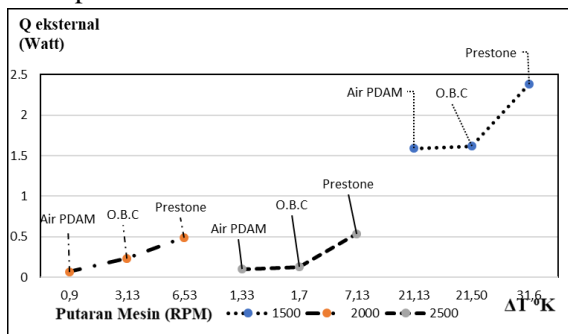
4.2 Grafik Dan Pembahasan Hasil Pengolahan Data



Gambar 2. Perbandingan Laju Perpindahan Kalor Air Ledeng, O.B.C Premix dan Coolant Prestone

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa dari 3 jenis cairan pendingin yaitu air ledeng, O.B.C premix radiator coolant dan coolant prestone pada putaran mesin 1500 rpm nilai \dot{q} (laju perpindahan kalor) air ledeng 22,271 Watt. Kemudian nilai \dot{q} (laju perpindahan kalor) O.B.C premix radiator coolant 22,446 Watt. Selanjutnya untuk nilai \dot{q} (laju perpindahan kalor) coolant prestone 23,162 Watt. Pada putaran mesin 2000 Rpm nilai \dot{q} (laju perpindahan kalor) air ledeng

1,534 Watt. Kemudian nilai q (laju perpindahan kalor) O.B.C *premix* radiator *coolant* 5,665 Watt. Selanjutnya untuk nilai q (laju perpindahan kalor) *coolant* prestone 7,868 Watt. Pada putaran mesin 2500 Rpm nilai q (laju perpindahan kalor) air ledeng 3,172 Watt. Kemudian nilai q (laju perpindahan kalor) O.B.C *premix* radiator *coolant* 4,1038 Watt. Selanjutnya untuk nilai q (laju perpindahan kalor) *coolant* prestone 11,279 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa jenis cairan pendingin sangat berpengaruh terhadap laju perpindahan kalor pada sistem radiator.



Gambar 3. Perbandingan Q Eksternal Air Ledeng, O.B.C *Premix* dan *Coolant* Prestone

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dari data data yang didapat maka diperoleh $Q_{eksternal}$ pada putaran mesin 1500 rpm nilai $Q_{eksternal}$ air ledeng 1,592 Watt. Kemudian nilai $Q_{eksternal}$ O.B.C *premix* radiator *coolant* 1,619 Watt. Selanjutnya untuk nilai $Q_{eksternal}$ *coolant* prestone 2,380 Watt. Pada putaran mesin 2000 Rpm nilai $Q_{eksternal}$ air ledeng 0,067 Watt. Kemudian nilai $Q_{eksternal}$ O.B.C *premix* radiator *coolant* 0,235 Watt. Selanjutnya untuk nilai $Q_{eksternal}$ *coolant* prestone 0,491 Watt. Pada putaran mesin 2500 Rpm nilai $Q_{eksternal}$ air ledeng 0,100 Watt. Kemudian nilai $Q_{eksternal}$ O.B.C *premix* radiator *coolant* 0,128 Watt. Selanjutnya untuk nilai $Q_{eksternal}$ *coolant* prestone 0,537 Watt.

5. Simpulan

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, pengamatan data, analisis dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengolahan data untuk laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya menggunakan air ledeng pada putaran 1500 rpm menghasilkan

perubahan suhu (ΔT) sebesar 21.13°K, menghasilkan laju aliran massa (\dot{m}) sebesar 0,251 kg/s dan nilai laju perpindahan kalor sebesar (q) 22,271 Watt. Pada putaran mesin 2000 rpm menghasilkan perubahan suhu (ΔT) sebesar 0,9°K, menghasilkan laju aliran massa (\dot{m}) sebesar 0,406 kg/s dan nilai laju perpindahan kalor sebesar (q) 1,534 Watt. Sedangkan pada putaran mesin 2500 rpm menghasilkan perubahan suhu (ΔT) sebesar 1,33°K, menghasilkan laju aliran massa (\dot{m}) sebesar 0,568 kg/s dan nilai laju perpindahan kalor sebesar (q) 3,172 Watt.

2. Hasil pengolahan data untuk laju perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator mesin Toyota Calya menggunakan O.B.C *Premix* Radiator *Coolant* pada putaran 1500 rpm menghasilkan perubahan suhu (ΔT) sebesar 21.5°K, menghasilkan laju aliran massa (\dot{m}) sebesar 0,247 kg/s dan nilai laju perpindahan kalor sebesar (q) 22,446 Watt. Pada putaran mesin 2000 rpm menghasilkan perubahan suhu (ΔT) sebesar 3.13°K, menghasilkan laju aliran massa (\dot{m}) sebesar 0,428 kg/s dan nilai laju perpindahan kalor sebesar (q) 5,665 Watt. Sedangkan pada putaran mesin 2500 rpm menghasilkan perubahan suhu (ΔT) sebesar 1,7°K, menghasilkan laju aliran massa (\dot{m}) sebesar 0,571 kg/s dan nilai laju perpindahan kalor sebesar (q) 4,1038 Watt.
3. *Coolant* Prestone pada putaran 1500 rpm menghasilkan perubahan suhu (ΔT) sebesar 31.6°K, menghasilkan laju aliran massa (\dot{m}) sebesar 0,303 kg/s dan nilai laju perpindahan kalor sebesar (q) 23,162 Watt. Pada putaran mesin 2000 rpm menghasilkan perubahan suhu (ΔT) sebesar 6,53°K, menghasilkan laju aliran massa (\dot{m}) sebesar 0,498 kg/s dan nilai laju perpindahan kalor sebesar (q) 7,868 Watt. Sedangkan pada putaran mesin 2500 rpm menghasilkan perubahan suhu (ΔT) sebesar 7,13°K, menghasilkan laju aliran massa (\dot{m}) sebesar 0,654 kg/s dan nilai laju perpindahan kalor sebesar (q) 11,279 Watt.
4. Berdasarkan hasil pengujian, analisis dan pembahasan bahwa perbedaan jenis cairan pendingin sangat mempengaruhi laju

perpindahan kalor pada sistem pendingin radiator. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil perhitungan laju perpindahan kalor. Laju perpindahan kalor dengan air ledeng pada putaran 1500 rpm sebesar 22,271 Watt, putaran mesin 2000 rpm sebesar 1,534 Watt dan 2500 rpm sebesar 3,172 Watt. Laju perpindahan kalor O.B.C Premix Radiator Coolant pada putaran 1500 rpm sebesar 22,446 Watt, putaran mesin 2000 rpm sebesar 5,665 Watt dan 2500 rpm sebesar 4,1038 Watt. Kemudian laju perpindahan kalor Coolant Prestone pada putaran 1500 rpm sebesar 23,162 Watt, putaran mesin 2000 rpm sebesar 7,868 Watt dan 2500 rpm sebesar 11,279 Watt. Dari ketiga jenis cairan pendingin tersebut Coolant Prestone yang paling baik dalam menyerap panas secara optimal dilihat dari hasil pengujian, pengambilan data dan analisis data.

6. Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak terutama dalam proses pengujian dan pengumpulan data. Untuk itu tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pembuatan penelitian.

Daftar pustaka

- [1]. Ariga, D. R., Martias, M., & Sugiarto, 2015. "Perbandingan Penggunaan Aditif Pada Sistem Pendingin Air Terhadap Tingkat Panas Mesin Mobil Toyota Avanza 1,3 GM/T". **Automotive Engineering Education Journals** 1(2).
- [2]. Hersandi, D. A. D., & Arsana, I. M, 2018. "Pengaruh Jenis Fluida Pendinginan terhadap Kapasitas Radiator pada Sistem Pendinginan Mesin Daihatsu Xenia 1300cc". **Jurnal Pendidikan Teknik Mesin** 6 (03), 41-52.
- [3]. Holman, JP. 1991. **Perpindahan Kalor**. Jakarta : PT. Erlangga.
- [4]. Komarudin, K., & Yohanes, P, 2017. "Pengaruh Penggunaan Air Vent Tube Turbulance (Avtt) Terhadap Kinerja Mesin Motor Matik 4 Langkah". **Bina Teknika** 12(2), 155-164.
- [5]. Legiman, L., & Sulaiman, F, 2018. "Perawatan dan Perbaikan Sistem Pendingin Mesin Mitsubishi Galant 2500 Cc". **Jurnal Teknovasi: Jurnal Teknik dan Inovasi** 1(1), 26-34.
- [6]. Lelawati, L, 2017. "Pengujian Emisi Gas Buang Sepeda Motor Dengan Bahan Bakar Premium". **Majalah Teknik Simes** 11(1), 1-5.
- [7]. Murti, M. R, 2008. "Laju pembuangan panas pada radiator dengan fluida campuran 80% air dan 20% RC pada rpm konstan". **Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM Vol** 2(1), 4-9.
- [8]. Nugroho, A, 2009. "Laju Perpindahan Panas Pada Radiator Dengan Fluida Campuran 80% Air Dan 20% Radiator Coolant Pada putaran konstan". **Tatal** 4(2), 221575.
- [9]. Saepurohman Jejen, 2018. **Analisis Laju Perpindahan Kalor Konveksi Pada Sistem Heat Exchanger Yang Dipasang Pada Engine Suzuki New Shogun 110 R Tahun 2010**. STT YBSI Tasikmalaya.
- [10]. Toyota Astra Motor, PT. 1994. **New Step 1 Training Manual**. Jakarta : Toyota Service Training.
- [11]. Wijayanti, F., & Irwan, D, 2014. "Analisis Pengaruh Bentuk Permukaan Piston Terhadap Kinerja Motor Bensin". **Jurnal ilmiah teknik mesin unisma" 45" Bekasi** 2(1), 98156.