

PENGARUH JENIS FLUIDA PENDINGINAN TERHADAP KAPASITAS RADIATOR PADA SISTEM PENDINGINAN MESIN DAIHATSU XENIA 1300CC

Daniar Arighi dwi Hersandi

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: daniarhersandi@mhs.unesa.ac.id

I Made Arsana

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: madearsana@unesa.ac.id

Abstrak

Mobil Xenia memiliki banyak sistem pendukung, salah satunya adalah sistem pendingin *engine*. Sistem pendingin (*cooling system*) adalah suatu rangkaian untuk mengatasi terjadinya *overheating* pada mesin agar mesin dapat bekerja secara optimal. Maka dari itu pada penelitian ini, perlu dikaji variasi jenis fluida pendinginan pada sistem pendinginan terhadap kapasitas radiator yang mana untuk mengetahui efektivitas kinerja radiator mobil Xenia 1300cc. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis fluida pendinginan terhadap kapasitas radiator trainer mesin Daihatsu Xenia. Variabel bebas yang digunakan yaitu jenis fluida pendinginan, variabel control yaitu laju aliran massa fluida, temperature fluida masuk, dan debit (LPM), dan variabel terikat yaitu kapasitas radiator. Variasi jenis fluida pendinginan yang digunakan adalah air, radiator coolant prestone, O.B.C premix radiator coolant dan campuran dua jenis fluida coolant prestone dan O.B.C premix radiator coolant (50%:50%). Dalam proses pengujian dilakukan secara bertahap dan mencatat hasil pengujian tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa laju perpindahan panas (kapasitas radiator) terendah dicapai pada jenis fluida prestone pada suhu 90 (°C) yaitu sebesar 25188,376 Watt, sedangkan laju perpindahan panas tertinggi dicapai pada jenis fluida campuran O.B.C dan prestone (50% : 50%) pada suhu 90 (°C) yaitu sebesar 41577,526 Watt.

Kata Kunci : Jenis fluida pendinginan, kapasitas radiator, dan trainer mesin Daihatsu Xenia.

Abstract

Xenia car has many support systems, one of which is engine cooling system. Cooling system (cooling system) is a series to overcome the occurrence of overheating on the machine for the machine can work optimally. Therefore, in this study, it is necessary to study the variation of cooling fluid type on the cooling system to the radiator capacity which is to know the effectiveness of Xenia car radiator performance. This research is using experimental method. This research is intended to find out the influence of different types of cooling fluid to the capacity of Daihatsu Xenia engine radiator trainer. The independent variable used is the type of cooling fluid, the control variable is the fluid mass flow rate, the inlet fluid temperature, and the discharge (LPM), and the dependent variable is the radiator capacity. Variations of the type of cooling fluid used are water, prestone coolant radiator, O.B.C premix radiator coolant and mixture of two types of prestone fluid coolant and O.B.C premix radiator coolant. In the testing process is done gradually and record the test results. This research uses descriptive analysis method.. The results of this study show that the lowest rate of heat transfer (radiator capacity) is achieved in the type of prestone fluid at temperature 90 (C) at 25188.376 Watt, while the highest heat transfer rate is achieved in the OBC and prestone mixed fluid types (50%: 50%) at temperature 90 (C) that is equal to 41577,526 Watt.

Keywords : Type of cooling fluid, radiator capacity, and trainer of Daihatsu Xenia engine.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi bidang otomotif berkembang sangat pesat mendorong manusia untuk selalu mempelajari ilmu pengetahuan dan teknologi. Pada suatu kendaraan lambat laun seiring penggunaannya akan terjadi kendala dan perubahan efektivitas kinerja mesin pada suatu kendaraan, dan haruslah ditelusuri sampai ditemukan sistem yang mengalami penurunan kinerja mesin.

Sistem yang ada pada tiap-tiap kendaraan merupakan sistem yang saling berhubungan, nilai kerusakan pada suatu sistem yang kecil pada kendaraan bila tidak dapat diperbaiki maka akan menjadi suatu kerusakan yang besar dan berakibat fatal. Dalam perkembangan kendaraan bermotor diperlukan sistem pendinginan yang lebih baik dalam hal mendinginkan mesin supaya tidak terjadi *overheating*, seiring dengan kemajuan teknologi pendingin mesin kendaraan terdapat beberapa macam seperti radiator dan *oil cooler*. Akan tetapi kurangnya kajian yang menjelaskan tentang pendinginan mesin terutama pada radiator sehingga sangat diperlukan untuk

mengikuti semua perkembangan yang sedang terjadi saat ini dan upaya perguruan tinggi untuk memenuhi tuntutan kebutuhan dengan melakukan penelitian eksperimen.

Di negara dengan iklim tropis seperti Indonesia, sering kali terjadi masalah pada sistem pendingin mesin mobil yang mengalami *overheat*. Apalagi dengan kondisi lalu lintas yang padat seperti di daerah Surabaya ini, banyak mobil-mobil tertentu yang sering bermasalah dengan suhu mesin. Sehingga banyak orang mengkalkulasi sistem pendingin mesin dengan segala cara untuk menghindari *overheat*. Maka karena itu perlu dilakukannya variasi jenis fluida pendinginan terhadap kapasitas perpindahan panas pada radiator untuk mengetahui performa dan efektivitas kinerja mesin sehingga dapat dijadikan salah satu solusi dari masalah sistem pendingin mobil yang mengalami *overheat*.

Mobil memiliki banyak sistem pendukung, salah satunya adalah sistem pendingin *engine*. Sistem pendingin pada mobil berfungsi untuk menurunkan *temperature* pada mesin yang terjadi akibat pembakaran dari ruang bakar dan menjaga suhu kerja mesin tetap stabil. Akibat dari proses pembakaran adalah adanya panas yang apabila tidak didinginkan akan merusak komponen dari mesin itu sendiri.

Pada motor bakar sistem pelumasan memang berperan sangat penting agar motor selalu bekerja dengan baik seperti yang diinginkan, meskipun ditinjau dari pemanfaatan energi, sistem yang digunakan pada motor bakar torak adalah sistem pendingin dengan oli. Pada sistem pendinginan dengan oli digunakan sebuah alat pendinginan yang disebut radiator.

Radiator adalah alat penukar panas yang digunakan untuk memindahkan energi panas dari satu medium ke medium lainnya yang digunakan pada sistem pendingin mesin mobil. Radiator berfungsi untuk menampung dan mendinginkan cairan pendingin yang telah menjadi panas

setelah menyerap panas dari komponen-komponen mesin. Sistem pendingin (*cooling system*) adalah suatu rangkaian untuk mengatasi terjadinya *overheating* pada mesin agar mesin dapat bekerja secara optimal. Sistem pendingin berfungsi sebagai *absorber* panas yang dihasilkan oleh mesin yang berasal dari proses pembakaran dalam silinder, panas ini tentunya sangat mengganggu jika dibiarkan begitu saja karena akan menimbulkan *overheating*.

Jenis fluida pada sistem pendingin yang biasa digunakan pada kendaraan yaitu : sistem pendingin udara dan air. Sistem pendingin udara yang memanfaatkan udara sebagai pendingin mesin dan sistem pendingin air yang menggunakan media air sebagai pendingin mesin. Pada dasarnya prinsip sistem pendingin udara dan air adalah sama keduanya menerapkan prinsip aliran fluida (udara atau air) dalam proses pendinginannya.

Jenis fluida pengisi radiator pun juga dapat mempengaruhi temperatur mesin. Jenis fluida pengisi radiator dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu air dan *coolant*. Secara umum *coolant* adalah media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan benda kerja dan menjaga suhu kerja mesin pada sistem radiator tetap konstan dan ideal.

Penelitian ini mengkaji jenis fluida pada sistem pendingin terhadap kapasitas 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 pendinginan.

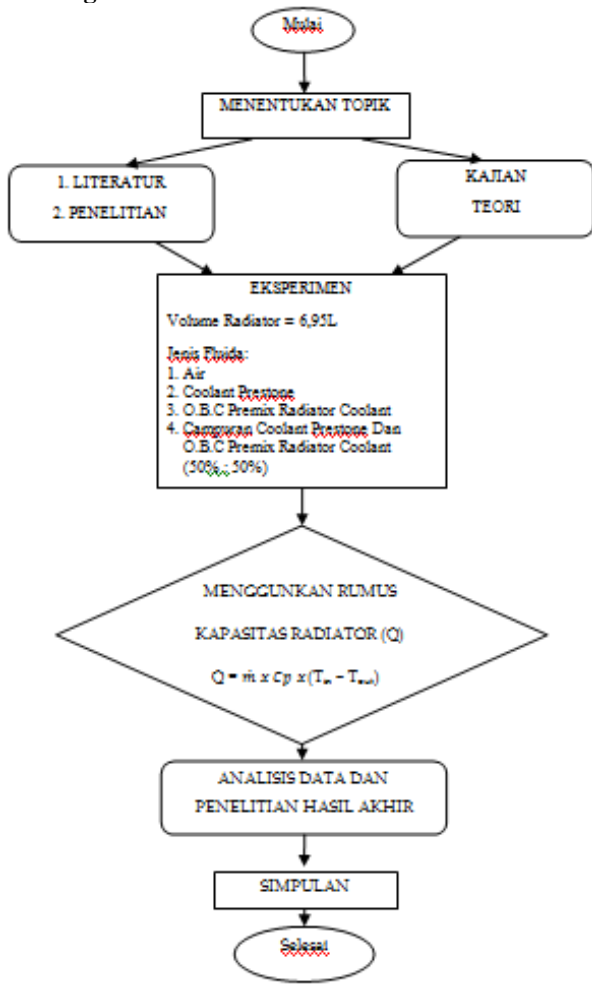
Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "PENGARUH JENIS FLUIDA PENDINGINAN TERHADAP KAPASITAS RADIATOR PADA SISTEM PENDINGINAN MESIN DAIHATSU XENIA 1300CC".

UNESA

Universitas Negeri Surabaya

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram alur prosedur penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di suatu tempat yaitu:

a. Laboratorium Heat Transfer jurusan teknik mesin fakultas teknik Universitas Negeri Surabaya, untuk melakukan pengujian dan pengambilan data penelitian.

Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada semester gasal tahun ajaran 2016/2017.

Variabel Penelitian

Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mendahului atau variabel penyebab. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu jenis fluida. Jenis fluida yang digunakan adalah: Air, Radiator Coolant Prestone, O.B.C Premix Radiator Coolant, dan Campuran Radiator Coolant Prestone Dan O.B.C Premix Radiator Coolant (50% : 50%).

Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi.

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu kapasitas radiator (Q), Debit (LPM), dan Temperatur fluida keluar (Tout).

Variabel Kontrol

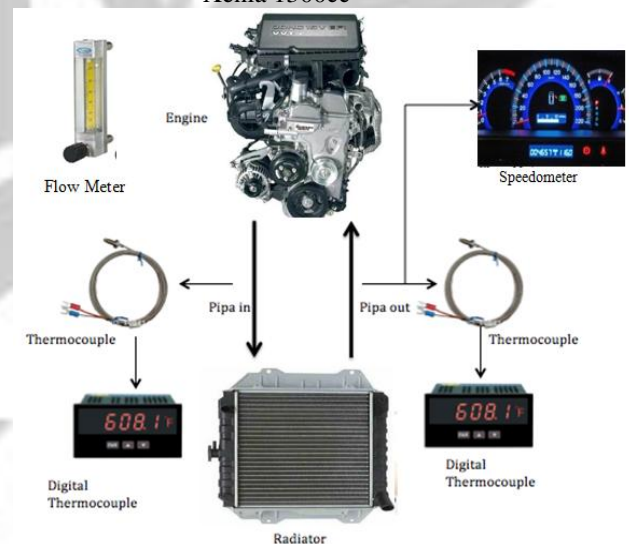
Variabel Kontrol adalah variabel yang digunakan untuk mengendalikan variabel yang lain. Variabel control dalam penelitian ini adalah: Laju aliran fluida, temperatur fluida masuk, dan rpm.

Instrumen penelitian Skema Peralatan

Peralatan yang secara skematis aliran pada aplikasi radiator pada Daihatsu Xenia disajikan dalam gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Trainer Radiator Sistem Pendingin Daihatsu Xenia 1300cc



Gambar 3. Skema Aliran Pada Trainer Radiator Sistem Pendingin Daihatsu Xenia 1300cc

Keterangan gambar:

- Speedometer
- Mesin Toyota Avanza
- Flow Meter
- Thermocouple
- Pipa Aliran Fluida/Pipa Radiator
- Digital thermocouple
- Radiator

Langkah Percobaan

Untuk melakukan penelitian pengaruh jenis fluida terhadap kapasitas radiator pada sistem pendinginan mesin Daihatsu Xenia 1300cc, dilakukan langkah-langkah percobaan sebagai berikut:

- Mempersiapkan semua peralatan yang diperlukan dalam pengujian jenis fluida terhadap kapasitas radiator.
- Memasang peralatan yang telah disiapkan, memasang *thermocouple in* dan *out* pada radiator dan tersambung dengan alat ukur suhu *digital thermocouple*.
- Memasukkan cairan fluida atau coolant ke dalam radiator.
- Putar posisi kunci kontak pada posisi on untuk menghidupkan mesin agar dapat bekerja.
- Panaskan mesin Toyota Avanza 1.5G dan cek stasioner karburator dengan variasi putaran mesin (RPM) 6000 saat dilakukan pengujian.
- Fluida dalam mesin Toyota Avanza 1.5G yang telah bersirkulasi di dalam mesin lalu dipompa menggunakan pompa air radiator pada mesin menuju radiator, yang kemudian mengalir kembali menuju mesin.
- Besar nilai suhu yang melewati pipa aliran fluida akan terbaca oleh *thermocouple* lalu akan dilihat oleh *digital thermocouple* untuk membaca suhu pada aliran fluida.
- Laju aliran fluida diukur menggunakan alat ukur *flowmeter* untuk mengetahui besar nilai laju aliran fluida pada setiap variasi pengujian.
- Lakukan 4 variasi jenis fluida pada radiator untuk mengetahui kapasitas penukar panas (Q) pada trainer mesin Toyota Avanza 1.5G.
- Setelah melakukan pengujian variasi jenis fluida catat hasil yang telah didapat selama pengujian.

Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data yang akan dilakukan pada alat trainer pengujian kapasitas radiator sistem pendingin yaitu laju aliran perpindahan panas konveksi di dalam radiator ($Q_{internal}$) dengan persamaan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{internal} = \dot{m} C_p (T_{in} - T_{out})$$

Selanjutnya menghitung laju perpindahan panas konveksi diluar radiator (Q_{out}) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{eksternal} = h \cdot A (T_w - T_{\infty})$$

Untuk koefisien perpindahan panas konveksi (h) tidak bisa diukur. Namun, koefisien perpindahan panas konveksi (h) hanya bisa dianalisa dengan melakukan percobaan-percobaan yang dirumuskan menggunakan persamaan rumus :

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k} \text{ menjadiah } = \frac{Nu \cdot k}{L}$$

Sedangkan untuk mengetahui bilangan Nusselt (Nu) perlu terlebih dahulu mengetahui bilangan Reynolds (Re) dan bilangan Prandtl (Pr) yang dirumuskan pada persamaan rumus :

$$Re = \frac{\rho \cdot v_s \cdot L}{\mu} \quad \text{atau} \quad Re = \frac{v_s \cdot L}{\gamma}$$

$$Pr = \frac{\gamma}{\alpha} = \frac{\mu / \rho}{k / \rho C_p} = \frac{C_p \cdot \mu}{k}$$

Selanjutnya hasil dari perhitungan bilangan Reynolds (Re) dan bilangan Prandtl (Pr) tersebut disubstitusikan ke rumus bilangan Nusselt (Nu) dengan menggunakan rumus yaitu

$$Nu = 0,664 Re^{1/2} Pr^{1/3}$$

Langkah-langkah pengumpulan data dari penelitian ini didapatkan data berupa angka-angka dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta penjelasan secara berurutan.

Teknik Analisa Data

Metode analisa merupakan cara merumuskan dan menafsirkan data yang telah ada sehingga memiliki gambaran yang jelas mengenai trainer tersebut. Maka dari itu metode analisa data deskriptif sangat tepat untuk digunakan dalam mengambil data dalam pengujian alat. Pada statistik deskriptif ini akan dikemukakan cara-cara penyajian data, dengan tabel biasa maupun distribusi frekuensi. Analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan cara mengumpulkan data yang diperoleh dari pengujian.

Data yang dianalisis adalah pengaruh jenis fluida sistem pendingin terhadap kapasitas radiator pada trainer mesin Daihatsu Xenia 1300cc 4 *cylinder*. Langkah berikutnya adalah mendeskripsikan data yang didapat dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, sehingga pada intinya adalah sebagai upaya untuk memberikan jawaban atas permasalahan yang akan diteliti.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengujian dilakukan memvariasikan jenis fluida dalam radiator, yaitu air, coolant O.B.C, coolant Prestone, dan campuran coolant O.B.C dan Prestone (50% : 50%) pada penelitian sebelumnya menggunakan temperature 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C pada trainer oil cooler. Pada penelitian ini temperature fluida masuk (T_{in}) 40°C, 65°C, dan 90°C dan temperature udara kamar $T_{\infty} = 30^\circ\text{C}$ dengan tekanan 1 atm dengan debit (\dot{V}) 30 LPM = 0,0005 m³/s pada RPM konstan 6000. Pengambilan data dilakukan 3 kali dengan selang waktu sekitar 10 menit setiap pengambilan data, berikut adalah hasil pengambilan data yang disajikan dalam bentuk tabel.

Tabell. Hasil pengumpulan data

No.	Jenis Fluida	Tin (°C)	Tout (°C)	V̇ (LPM)	Rata-Rata Tout (°C)	Waktu (t)	ΔT (K) Tin- Tout
1a.	Air	40	33	0	33,5	10 menit	6,5
b.		40	33,5	0			
c.		40	34	0			
2a.	Air	65	36,3	0	36,5	10 menit	28,5
b.		65	36,7	0			
c.		65	36,5	0			
3a.	Air	90	75,9	30	75,9	10 menit	14,1
b.		90	75,8	30			
c.		90	76	30			
1a.	Coolant O.B.C	40	32,5	0	32,7	10 menit	7,3
b.		40	32,7	0			
c.		40	32,9	0			
2a.	Coolant O.B.C	65	35,8	0	35,7	10 menit	29,3
b.		65	36	0			
c.		65	35,3	0			
3a.	Coolant O.B.C	90	74,2	30	74,6 °C	10 menit	15,4
b.		90	74,6	30			
c.		90	75	30			
1a.	Coolant Prestone	40	30,8	0	30,7	10 menit	9,3
b.		40	30,5	0			
c.		40	31	0			
2a.	Coolant Prestone	65	34,1	0	34,1	10 menit	30,9
b.		65	34,3	0			
c.		65	34	0			
3a.	Coolant Prestone	90	72,6	30	71,3	10 menit	18,7
b.		90	70	30			
c.		90	71,3	30			
1a.	O.B.C Dan Prestone (50%:50%)	40	31,4	0	31,7	10 menit	8,3
b.		40	31,9	0			
c.		40	32	0			
2a.	O.B.C Dan Prestone (50%:50%)	65	34,6	0	34,8	10 menit	30,2
b.		65	34,8	0			
c.		65	35,1	0			
3a.	O.B.C Dan Prestone (50%:50%)	90	73,8	30	74	10 menit	16
b.		90	74	30			
c.		90	74,2	30			

Perhitungan Data Pengujian

Penukar panas yang diuji dalam penelitian ini menggunakan penukar panas radiator pada trainer mesin daihatsu xenia 1300cc dengan memvariasikan jenis fluida.

Rumus : $Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$

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

Keterangan:

Q = Laju perpindahan panas/Kapasitas Radiator (watt=J/s)

\dot{m} =Laju Aliran Massa/L/m = kg/s

V = Debit LPM (Liter/Menit)

\dot{m} = Laju aliran massa(L/m=kg/s)

ρ = Massa Jenis kg/m³

Cp = Kalor jenis (j/kg.k)

ΔT = Perubahan suhu (k)

Mencari nilai dari perpindahan panas didalam radiator ($Q_{internal}$) dengan rumus $Q = \dot{m} \cdot Cp \cdot \Delta T$ dan laju aliran massa fluida dengan rumus $\dot{m} = V \times \rho$.

❖ Menghitung laju aliran massa fluida dan laju perpindahan panas didalam radiator pada fluida air.

• Jenis Fluida Air

Massa Jenis (ρ) = 1000 kg/m³

Kalor Jenis (Cp) = 4200 J/kg.K

➤ Suhu 40 °C

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

$\dot{m} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ L/menit}$

$\dot{m} = \frac{0 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 0 \text{ m}^3/\text{s} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ m}^3/\text{s} = 0 \text{ kg/s}$

$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$

$Q = 0 \text{ kg/s} \times 4200 \text{ J/kg.K} \times 6,5\text{K}$

$Q = 0 \text{ watt}$

➤ Suhu 65 °C

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

$\dot{m} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ L/menit}$

$\dot{m} = \frac{0 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 0 \text{ m}^3/\text{s} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ m}^3/\text{s} = 0 \text{ kg/s}$

$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$

$Q = 0 \text{ kg/s} \times 4200 \text{ J/kg.K} \times 28,5\text{K}$

$Q = 0 \text{ watt}$

➤ Suhu 90 °C

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

$\dot{m} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 30 \text{ L/menit}$

$\dot{m} = \frac{30 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} = 0,5 \text{ kg/s}$

$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$

$Q = 0,5 \text{ kg/s} \times 4200 \text{ J/kg.K} \times 14,1 \text{ K}$

$Q = 29610 \text{ watt}$

❖ Menghitung laju aliran massa fluida dan laju perpindahan panas didalam radiator pada jenis fluida coolant O.B.C.

• Jenis Fluida Coolant O.B.C

Massa Jenis (ρ) = 1006,7 kg/m³

Kalor Jenis (Cp) = 4229 J/kg.K

➤ Suhu 40 °C

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

$\dot{m} = 1006,7 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ L/menit}$

$\dot{m} = \frac{0 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 0 \text{ m}^3/\text{s} = 1006,7 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ m}^3/\text{s} = 0 \text{ kg/s}$

$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$

$Q = 0 \text{ kg/s} \times 4229 \text{ J/kg.K} \times 7,3\text{K}$

$Q = 0 \text{ watt}$

➤ Suhu 65 °C

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

$\dot{m} = 1006,7 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ L/menit}$

$\dot{m} = \frac{0 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 0 \text{ m}^3/\text{s} = 1006,7 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ m}^3/\text{s} = 0 \text{ kg/s}$

$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$

$Q = 0 \text{ kg/s} \times 4229 \text{ J/kg.K} \times 29,3\text{K}$

$Q = 0 \text{ watt}$

➤ Suhu 90 °C

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

$\dot{m} = 1006,7 \text{ kg/m}^3 \times 30 \text{ L/menit}$

$\dot{m} = \frac{30 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} = 1006,7 \text{ kg/m}^3 \times 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} = 0,50335 \text{ kg/s}$

$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$

$Q = 0,50335 \text{ kg/s} \times 4.229 \text{ J/kg.K} \times 15,4 \text{ K}$

$Q = 32781,474 \text{ watt}$

❖ Menghitung laju aliran massa fluida dan laju perpindahan panas didalam radiator pada jenis fluida coolant prestone.

• Jenis Fluida Coolant Prestone

Massa Jenis (ρ) = 1113,2 kg/m³

Kalor Jenis (Cp) = 2420 J/kg.K

➤ Suhu 40 °C

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

$\dot{m} = 1113,2 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ L/menit}$

$$\dot{m} = \frac{0 \times 10^{-3} \text{ m}}{60 \text{ s}} = 0 \text{ m}^3/\text{s} = 1113,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\times 0 \text{ m}^3/\text{s} = 0 \text{ kg/s}$$

$$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$$

$$Q = 0 \text{ kg/s} \times 2420 \text{ J/kg.K} \times 9,3 \text{ K}$$

$$Q = 0 \text{ watt}$$

➤ Suhu 65 °C

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

$$\dot{m} = 1113,2 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ L/menit}$$

$$\dot{m} = \frac{0 \times 10^{-3} \text{ m}}{60 \text{ s}} = 0 \text{ m}^3/\text{s} = 1113,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\times 0 \text{ m}^3/\text{s} = 0 \text{ kg/s}$$

$$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$$

$$Q = 0 \text{ kg/s} \times 2420 \text{ J/kg.K} \times 30,9 \text{ K}$$

$$Q = 0 \text{ watt}$$

➤ Suhu 90 °C

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

$$\dot{m} = 1113,2 \text{ kg/m}^3 \times 30 \text{ L/menit}$$

$$\dot{m} = \frac{0 \times 10^{-3} \text{ m}}{60 \text{ s}} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} = 1113,2$$

$$\text{kg/m}^3 \times 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} = 0,5566 \text{ kg/s}$$

$$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$$

$$Q = 0,5566 \text{ kg/s} \times 2420 \text{ J/kg.K} \times 18,7 \text{ K}$$

$$Q = 25188,376 \text{ watt}$$

- ❖ Menghitung laju aliran massa fluida dan laju perpindahan panas didalam radiator pada jenis fluida coolant O.B.C. dan coolant prestone (50% : 50%)

- Jenis Fluida Coolant O.B.C Dengan Coolant Prestone (50% : 50%)

Massa Jenis (ρ) Dan Kalor Jenis (Cp) O.B.C

$$\text{Massa Jenis } (\rho) = 1006,7 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kalor Jenis } (Cp) = 4229 \text{ J/kg.K}$$

Massa Jenis (ρ) Dan Kalor Jenis (Cp) Prestone

$$\text{Massa Jenis } (\rho) = 1113,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kalor Jenis } (Cp) = 2420 \text{ J/kg.K}$$

Massa Jenis (ρ) O.B.C Dan Prestone (50% : 50%)

$$(\rho) = \frac{1006,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 1113,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2} = 1563,3 \text{ kg/m}^3$$

Kalor Jenis (Cp) O.B.C Dan Prestone (50% : 50%)

$$(Cp) = \frac{4229 \text{ J/kg.K} + 2420 \text{ J/kg.K}}{2} = 3324,5 \text{ J/kg.K}$$

➤ Suhu 40 °C

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

$$\dot{m} = 1563,3 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ L/menit}$$

$$\dot{m} = \frac{0 \times 10^{-3} \text{ m}}{60 \text{ s}} = 0 \text{ m}^3/\text{s} = 1563,3 \text{ kg/m}^3$$

$$\times 0 \text{ m}^3/\text{s} = 0 \text{ kg/s}$$

$$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$$

$$Q = 0 \text{ kg/s} \times 3324,5 \text{ J/kg.K} \times 8,3 \text{ K}$$

$$Q = 0 \text{ watt}$$

➤ Suhu 65 °C

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

$$\dot{m} = 1563,3 \text{ kg/m}^3 \times 0 \text{ L/menit}$$

$$\dot{m} = \frac{0 \times 10^{-3} \text{ m}}{60 \text{ s}} = 0 \text{ m}^3/\text{s} = 1563,3 \text{ kg/m}^3$$

$$\times 0 \text{ m}^3/\text{s} = 0 \text{ kg/s}$$

$$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$$

$$Q = 0 \text{ kg/s} \times 3324,5 \text{ J/kg.K} \times 30,2 \text{ K}$$

$$Q = 0 \text{ watt}$$

➤ Suhu 90 °C

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

$$\dot{m} = 1563,3 \text{ kg/m}^3 \times 30 \text{ L/menit}$$

$$\dot{m} = \frac{30 \times 10^{-3} \text{ m}}{60 \text{ s}} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} = 1563,3$$

$$\text{kg/m}^3 \times 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0,78165 \text{ kg/s}$$

$$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$$

$$Q = 0,78165 \text{ kg/s} \times 3324,5 \text{ J/kg.K} \times 16$$

$$\text{K}$$

$$Q = 41577,526 \text{ watt}$$

Tabel2. Nilai dari laju perpindahan panas didalam radiator ($Q_{internal}$)

Jenis Fluida	Tin (°C)	\dot{m} Kg/s	Cp (J/Kg.K)	ΔT (K)	$Q_{internal}$ (Watt)
Air	40	0	4200	6,5	0
	65	0	4200	28,5	0
	90	0,5	4200	14,1	29610
O.B.C	40	0	4229	7,3	0
	65	0	4229	29,3	0
	90	0,50335	4229	15,4	32781,474
Prestone	40	0	2420	9,3	0
	65	0	2420	30,9	0
	90	0,5566	2420	18,7	25188,376
Campuran	40	0	3324,5	8,3	0
	65	0	3324,5	30,2	0
	90	0,78165	3324,5	16	41577,526

- ❖ Menentukan propetis fluida

Untuk menentukan propetis fluida yaitu menggunakan rumus $T_f = \frac{T_{out} + T_{\infty}}{2}$ Nilai dari T_f akan dikonversikan menjadi (Kelvin) untuk mencari nilai dari viskositas kinematic (ν) prandtl (pr) konduktivitas panas (K) dan disfusitas panas (α) pada tabel A-4 *Thermophysical properties of gases at atmospheric pressure*. Suhu T_f dikonversikan dari Celcius (°C) menjadi Kelvin (°K). Pada tabel properties udara tersebut terdapat keterbatasan dari nilai T_f , maka diperlukan cara yaitu dengan interpolasi untuk mendapatkan data properties udara. Untuk menyederhanakan perhitungan maka ditampilkan dengan bentuk tabel seperti berikut ini.

Interpolasi :

Jenis Fluida Air

$$\bullet \quad T_f = \frac{T_{out} + T_{\infty}}{2}$$

$$T_{out} = 33,5^\circ\text{C} = 306 \text{ K}$$

$$T_{\infty} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$T_f = \frac{306 + 303}{2} = 305 \text{ K}$$

$$\bullet \quad \rho = T_f = 305 \text{ (300 sd 350)}$$

$$= 1,1614 - 0,9950$$

$$T_f 50 = 0,1664$$

$$T_f 1 = \frac{0,1664}{50} = 0,003328 \times 5 = 0,01664$$

$$\rho = 1,1614 - 0,01664$$

$$= 1,1447 \text{ kg/m}^3$$

$$\bullet \quad Pr = T_f = 305 \text{ (300 sd 350)}$$

$$= 0,707 - 0,700$$

$$T_f 50 = 0,007$$

$$Tf_1 = \frac{0,007}{50} = 0,00014 \times 5 = 0,0007$$

$$Pr = Tf_{305} = 0,707 - 0,0007 = 0,7063$$

Tabel 3. Data properti udara

Jenis Fluida	Tf (°K)	ρ (kg/m ³)	Cp (Kj/kg.K)	$\mu \cdot 10^{-7}$ (Ns/m ²)	$\nu \cdot 10^{-6}$ (m ² /s)	$k \cdot 10^{-3}$ (W/m.K)	$\alpha \cdot 10^{-6}$ (m ² /s)	Pr
Air	305	1,1447	1,007	186,96	16,39	26,67	23,24	0,7063
	306	1,1414	1,007	187,43	16,49	26,74	23,38	0,7061
	326	1,0748	1,008	196,87	18,50	28,22	26,34	0,7033
O.B.C	304	1,1480	1,007	186,48	16,29	26,59	23,09	0,7064
	306	1,1414	1,007	187,43	16,49	26,74	23,38	0,7061
	325	1,0782	1,008	196,40	18,40	28,15	26,20	0,7035
Prestone	303	1,1514	1,007	186,01	16,19	26,52	22,05	0,7065
	305	1,1447	1,007	186,96	16,39	26,67	23,24	0,7063
	324	1,0815	1,008	195,92	18,30	28,07	26,05	0,7036
Campuran	304	1,1480	1,007	186,48	16,29	26,59	23,09	0,7064
	305	1,1447	1,007	186,96	16,39	26,67	23,24	0,7063
	325	1,0782	1,008	196,40	18,40	28,15	26,20	0,7035

❖ Menentukan bilangan Reynolds.

❖ Mencari nilai dari bilangan reynold menggunakan rumus $Re = \frac{v_s L}{\nu}$. Untuk menyederhanakan perhitungan maka ditampilkan dengan bentuk tabel seperti berikut ini.

❖ Dik : L = Panjang Karakteristik (Tebal Radiator) = 1,5 cm = 0,015 m

❖ v_s = Kecepatan Udara Kipas = 9,20 m/s

❖ Cara Perhitungan :

$$1. Re = \frac{v_s L}{\nu} = \frac{0 \frac{m}{s} \times 0,015 m}{16,39 \cdot 10^{-6} m^2/s} = \frac{0 m}{16,39 \cdot 10^{-6} m^2/s} = 0$$

$$2. Re = \frac{v_s L}{\nu} = \frac{0 \frac{m}{s} \times 0,015 m}{16,49 \cdot 10^{-6} m^2/s} = \frac{0 m}{16,49 \cdot 10^{-6} m^2/s} = 0$$

$$3. Re = \frac{v_s L}{\nu} = \frac{9,2 \frac{m}{s} \times 0,015 m}{18,50 \cdot 10^{-6} m^2/s} = \frac{0,138 m}{18,50 \cdot 10^{-6} m^2/s} = 0,007469459 \cdot 10^6 = 7469,45$$

Tabel 4. Nilai data bilangan Reynold

Jenis Fluida	Tf (°K)	$\nu \cdot 10^{-6}$ (m ² /s)	L (m)	v_s (m/s)	Re
Air	305	16,39	0,015	0	0
	306	16,49	0,015	0	0
	326	18,50	0,015	9,20	7469,45
O.B.C	304	16,29	0,015	0	0
	306	16,49	0,015	0	0
	325	18,40	0,015	9,20	7500
Prestone	303	16,19	0,015	0	0
	305	16,39	0,015	0	0
	324	18,30	0,015	9,20	7540,98
Campuran	304	16,29	0,015	0	0
	305	16,39	0,015	0	0
	325	18,40	0,015	9,20	7500

❖ Menentukan bilangan Nusselt.

❖ Mencari nilai dari bilangan nusselt menggunakan rumus $Nu = 0,664 Re^{1/2} Pr^{1/3}$. Untuk menyederhanakan perhitungan maka ditampilkan dengan bentuk tabel seperti berikut ini.

❖ Cara Perhitungan :

$$1. Nu = 0,664 Re^{1/2} Pr^{1/3}$$

$$= 0,664 \times 0^{1/2} \times 0,7063^{1/3} = 0$$

$$2. Nu = 0,664 Re^{1/2} Pr^{1/3}$$

$$= 0,664 \times 0^{1/2} \times 0,7061^{1/3} = 0$$

$$3. Nu = 0,664 Re^{1/2} Pr^{1/3} =$$

$$0,664 \times 7469,45^{1/2} \times 0,7033^{1/3} = 51,0339594327178 = 51,033$$

Tabel 5. Nilai data bilangan Nusselt

Jenis Fluida	Tf	Re	Pr	Nu
Air	305	0	0,7063	0
	306	0	0,7061	0
	326	7469,45	0,7033	51,033
O.B.C	304	0	0,7064	0
	306	0	0,7061	0
	325	7500	0,7035	51,143
Prestone	303	0	0,7065	0
	305	0	0,7063	0
	324	7540,98	0,7036	51,285
Campuran	304	0	0,7064	0
	305	0	0,7063	0
	325	7500	0,7035	51,143

❖ Menentukan koefisien perpindahan panas konveksi (h). Mencari nilai dari perpindahan panas konveksi menggunakan rumus $h = \frac{Nu k}{L}$. Untuk menyederhanakan perhitungan maka ditampilkan dengan bentuk tabel seperti berikut ini.

Dik : L = Panjang Karakteristik (Tebal Radiator) = 1,5 cm = 0,015 m

k = Konduktivitas Termal Udara

Cara Perhitungan :

$$1. h = \frac{Nu k}{L} : \frac{0 \times 26,67 \times 10^{-3} W/m.K}{0,015 m} = 0 W/m^2.K$$

$$2. h = \frac{Nu k}{L} : \frac{0 \times 26,74 \times 10^{-3} W/m.K}{0,015 m} = 0 W/m^2.K$$

$$3. h = \frac{Nu k}{L} : \frac{51,033 \times 26,67 \times 10^{-3} W/m.K}{0,015 m} = 96010,084 = 96,010 W/m^2.K$$

Tabel 6. Nilai data koefisien perpindahan panas konveksi

Jenis Fluida	Tf	Nu	$k \cdot 10^{-3}$ (W/m.K)	L (m)	h (W/m ² .K)
Air	305	0	26,67	0,015	0
	306	0	26,74	0,015	0
	326	51,033	28,22	0,015	96,010
O.B.C	304	0	26,59	0,015	0
	306	0	26,74	0,015	0
	325	51,143	28,15	0,015	95,978
Prestone	303	0	26,52	0,015	0
	305	0	26,67	0,015	0
	324	51,285	28,07	0,015	95,971
Campuran	304	0	26,59	0,015	0
	305	0	26,67	0,015	0
	325	51,143	28,15	0,015	95,978

Tabel diatas menunjukkan nilai koefisien perpindahan panas konveksi (h) terjadi konveksi paksa

pada saat pengujian berlangsung. Hal ini berdasar pada tabel tipe aliran konveksi yang tertera pada buku incropera dimana nilai rentang h antara 25 -250 konveksi paksa. Berikut adalah tabel dari nilai penentuan konveksi.

Tabel 7 Tipe koefisien perpindahan panas konveksi

Proses	h (W/m ² .°K)
Konveksi Bebas	
Gas	2 – 25
Cair	50 – 1000
Konveksi Paksa	
Gas	25 – 250
Cair	50 – 20000
Konveksi dengan perubahan fase didih atau kodensasi	2500 – 100000

- ❖ Menentukan luas penampang perpindahan panas (A).

Untuk mencari luas penampang perpindahan panas maka nilai dari luas pipa keseluruhan (A_t) ditambah dengan nilai luas sirip keseluruhan (A_w). Nilai dari (A_t) dan (A_w) ditentukan terlebih dahulu sebelum menentukan (A). Maka perhitungan sebagai berikut :

$$A = A_t + A_w$$

$$A_t = [2 (p_t + l_t + t_t) \sum \text{tube}]$$

$$A_w = [2 (p_w + l_w + t_w) \sum \text{wire}]$$

Keterangan

A = Luas penampang radiator keseluruhan (m²)

A_t = Luas pipa keseluruhan (m²)

A_w = Luas sirip keseluruhan (m²)

p_t = panjang pipa (m) = 43.3 cm = 0.433 m

t_t = Tinggi pipa radiator (m) = 0.1 cm = 0.001 m

l_t = lebar pipa radiator (m) = 1.5 cm = 0.015 m

p_w = panjang sirip radiator (m) = 42.5 cm = 0.425 m

l_w = lebar sirip radiator (m) = 1.5 cm = 0.015 m

t_w = tinggi sirip radiator (m) = 0.8 cm = 0.008 m

∑ tube = Jumlah pipa = 46

∑ wire = Jumlah tekukan plat sirip radiator = 47

- Menghitung luas pipa keseluruhan A_t

$$A_t = [2 (p_t + l_t + t_t) \sum \text{tube}]$$

$$= [2 (0.433 \text{ m} + 0.015 \text{ m} + 0.001 \text{ m}) 46]$$

$$= 41.308 \text{ m}^2$$

- Menghitung luas sirip keseluruhan A_w

$$A_w = [2 (p_w + l_w + t_w) \sum \text{wire}]$$

$$= [2 (0.425 \text{ m} + 0.015 \text{ m} + 0.008 \text{ m}) 47]$$

$$= 42.112 \text{ m}^2$$

- Menghitung luas penampang perpindahan panas (A)

$$A = A_t + A_w$$

$$= 41.308 \text{ m}^2 + 42.112 \text{ m}^2$$

$$= 83.42 \text{ m}^2 = 8.342 \text{ m}^2$$

- ❖ Menentukan kapasitas penukar panas atau laju perpindahan panas konveksi sisi luar radiator (Q_{eksternal}).

Setelah nilai perpindahan panas konveksi (h) dan nilai luas penampang perpindahan panas (A) telah diketahui, maka keduanya disubstitusikan kedalam rumus $Q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$. Dimana T_s adalah temperatur plat = $\frac{T_{in} + T_{out}}{2}$ diasumsikan bahwa suhu dari permukaan radiator sama dengan temperatur fluida dalam radiator dan T_∞ adalah suhu ruangan.

Cara Perhitungan :

- Jenis Fluida Air

- Diketahui : h = 0 W/m².K

$$T_f = 305 \text{ K}$$

$$A = 8,342 \text{ m}^2$$

$$T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Ditanya : Q_{eksternal}

Dijawab :

$$Q = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (305 \text{ K} - 303 \text{ K})$$

$$= 0 \text{ W} \cdot \text{K} (2 \text{ K})$$

$$= 0 \text{ Watt}$$

- Diketahui : h = 0 W/m².K

$$T_f = 306 \text{ K}$$

$$A = 8,342 \text{ m}^2$$

$$T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Ditanya : Q_{eksternal}

Dijawab :

$$Q = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (306 \text{ K} - 303 \text{ K})$$

$$= 0 \text{ W} \cdot \text{K} (3 \text{ K})$$

$$= 0 \text{ Watt}$$

- Diketahui : h = 96,010 W/m².K

$$T_f = 326 \text{ K}$$

$$A = 8,342 \text{ m}^2$$

$$T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Ditanya : Q_{eksternal}

Dijawab :

$$Q = 96,010 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (326 \text{ K} - 303 \text{ K})$$

$$= 800,91542 \text{ W} \cdot \text{K} (23 \text{ K})$$

$$= 18421,054 \text{ Watt}$$

- Jenis Fluida O.B.C

- Diketahui : h = 0 W/m².K

$$T_f = 304 \text{ K}$$

$$A = 8,342 \text{ m}^2$$

$$T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Ditanya : Q_{eksternal}

Dijawab :

$$Q = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (304 \text{ K} - 303 \text{ K})$$

$$= 0 \text{ W} \cdot \text{K} (1 \text{ K})$$

$$= 0 \text{ Watt}$$

- Diketahui : h = 0 W/m².K

$$T_f = 306 \text{ K}$$

$$A = 8,342 \text{ m}^2$$

$$T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Ditanya : Q_{eksternal}

Dijawab :

$$Q = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (306 \text{ K} - 303 \text{ K})$$

$$= 0 \text{ W} \cdot \text{K} (3 \text{ K})$$

$$= 0 \text{ Watt}$$

- Diketahui : $h = 95,978 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
 $T_f = 325 \text{ K}$
 $A = 8,342 \text{ m}^2$
 $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$
 Ditanya : Qeksternal
 Dijawab :
 $Q = 95,978 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (325 \text{ K} - 303 \text{ K})$
 $= 800,648476 \text{ W} \cdot \text{K} (22 \text{ K})$
 $= 17614,267 \text{ Watt}$

- Jenis Fluida Prestone
- Diketahui : $h = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
 $T_f = 303 \text{ K}$
 $A = 8,342 \text{ m}^2$
 $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$
 Ditanya : Qout
 Dijawab :
 $Q = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (303 \text{ K} - 303 \text{ K})$
 $= 0 \text{ W} \cdot \text{K} (0 \text{ K})$
 $= 0 \text{ Watt}$

- Diketahui : $h = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
 $T_f = 305 \text{ K}$
 $A = 8,342 \text{ m}^2$
 $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$
 Ditanya : Qeksternal
 Dijawab :
 $Q = Q = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (305 \text{ K} - 303 \text{ K})$
 $= 0 \text{ W} \cdot \text{K} (2 \text{ K})$
 $= 0 \text{ Watt}$
- Diketahui : $h = 95,978 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ T_f
 $= 324 \text{ K}$
 $A = 8,342 \text{ m}^2$ $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} =$
 303 K
 Ditanya : Qeksternal
 Dijawab :
 $Q = 95,971 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (324 \text{ K} - 303 \text{ K})$
 $= 800,590082 \text{ W} \cdot \text{K} (21 \text{ K})$
 $= 17612,981 \text{ Watt}$

- Jenis Fluida O.B.C & Prestone (50% : 50%)

- Diketahui : $h = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
 $T_f = 304 \text{ K}$
 $A = 8,342 \text{ m}^2$
 $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$
 Ditanya : Qeksternal
 Dijawab :
 $Q = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (304 \text{ K} - 303 \text{ K})$
 $= 0 \text{ W} \cdot \text{K} (1 \text{ K})$
 $= 0 \text{ Watt}$
- Diketahui : $h = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
 $T_f = 305 \text{ K}$
 $A = 8,342 \text{ m}^2$
 $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$
 Ditanya : Qeksternal
 Dijawab :
 $Q = Q = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (305 \text{ K} - 303 \text{ K})$
 $= 0 \text{ W} \cdot \text{K} (2 \text{ K})$
 $= 0 \text{ Watt}$

- Diketahui : $h = 95,978 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
 $T_f = 325 \text{ K}$
 $A = 8,342 \text{ m}^2$
 $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$
 Ditanya : Qeksternal
 Dijawab :
 $Q = 95,978 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 8,342 \text{ m}^2 (325 \text{ K} - 303 \text{ K})$
 $= 800,648476 \text{ W} \cdot \text{K} (22 \text{ K})$
 $= 17614,267 \text{ Watt}$

Tabel 8. Nilai data laju perpindahan panas konveksi sisi luar radiator ($Q_{eksternal}$)

Jenis Fluida	h (W/m ² ·K)	A (m ²)	T _f (°K)	T _∞ (°K)	Qeksternal (Watt)
Air	0	8,342	305	303	0
	0	8,342	306	303	0
	96,010	8,342	326	303	18421,054
O.B.C	0	8,342	304	303	0
	0	8,342	306	303	0
	95,978	8,342	325	303	17614,267
Prestone	0	8,342	303	303	0
	0	8,342	305	303	0
	95,971	8,342	324	303	16812,397
Campuran	0	8,342	304	303	0
	0	8,342	305	303	0
	95,978	8,342	325	303	17614,267

- ❖ Perbandingan antar perpindahan panas didalam radiator ($Q_{internal}$) dengan laju perpindahan panas konveksi sisi luar radiator ($Q_{eksternal}$).

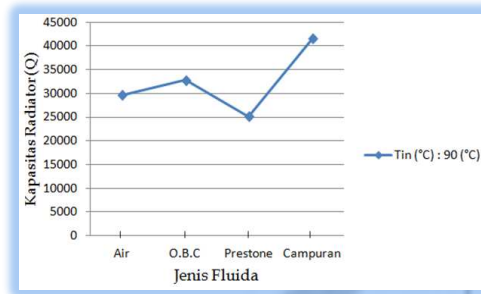
Tabel 9. Perbandingan nilai $Q_{internal}$ dan $Q_{eksternal}$

Jenis Fluida	RPM	T _{in} (°C)	T _f	ṁ (Kg/s)	H (W/m ² ·K)	Q _{in} (Watt)	Q _{out} (Watt)
Air	6000	40	305	0	0	0	0
		65	306	0	0	0	0
		90	326	0,5	96,010	29610	18421,054
O.B.C	6000	40	304	0	0	0	0
		65	306	0	0	0	0
		95	325	0,50335	95,978	32781,474	17614,267
Prestone	6000	40	303	0	0	0	0
		65	305	0	0	0	0
		90	324	0,5566	95,971	25188,376	16812,397
Campuran	6000	40	304	0	0	0	0
		65	305	0	0	0	0
		90	325	0,78165	95,978	41577,326	17614,267

Analisa dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diatas didapatkan data berupa angka-angka yang masih belum dipahami untuk itu data tersebut akan digambarkan dalam bentuk grafik dan didiskripsikan agar mudah untuk dipelajari dan dipahami. Berikut ini adalah data hasil pengujian pengaruh jenis fluida pendinginan terhadap kapasitas radiator pada sistem pendinginan mesin Daihatsu Xenia 1300cc dalam bentuk grafik sebagai berikut :

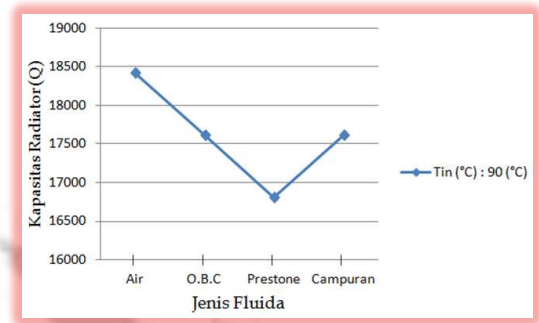
- ❖ Analisa pada kapasitas radiator (Q)
 - Analisa pengaruh jenis fluida terhadap kapasitas radiator ($Q_{internal}$) dalam berbagai temperature fluida (T_{in})



Grafik pengaruh jenis fluida terhadap kapasitas radiator sisi dalam (Qinternal)

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa dari berbagai jenis fluida yaitu air, coolant O.B.C, coolant prestone dan campuran coolant O.B.C dan prestone (50%:50%) di suhu 40°C, 65°C pada RPM Konstan, laju aliran bernilai 0 kg/s. Hal ini diakibatkan karena belum terbukanya termostat pada sistem pendingin mobil maka aliran atau debit air yang masuk ke dalam radiator tersumbat oleh termostat sehingga laju aliran massa fluida juga tidak berpengaruh di suhu 40°C dan 65°C. Pada temperatur masuk (Tin) antara 80°C - 90°C dengan RPM konstan 6000 termostat mulai membuka sehingga laju aliran massa juga ikut naik (\dot{m}) maka nilai laju perpindahan panas (Q) radiator meningkat. Pada laju aliran massa fluida (\dot{m}) menunjukkan angka 0.5 kg/s di suhu 90°C pada RPM konstan 6000 kapasitas radiator bernilai 29610 watt pada jenis fluida air. Lalu pada laju aliran massa fluida (\dot{m}) menunjukkan angka 0,50335 kg/s di suhu 90°C pada RPM konstan 6000 kapasitas radiator bernilai 32781,474 watt pada jenis fluida coolant O.B.C. Kemudian Pada laju aliran massa fluida (\dot{m}) menunjukkan angka 0.5566 kg/s di suhu 90°C pada RPM konstan 6000 kapasitas radiator bernilai 25188,376 watt pada jenis fluida Prestone. Dan Pada laju aliran massa fluida (\dot{m}) menunjukkan angka 0.78165 kg/s di suhu 90°C pada RPM konstan 6000 kapasitas radiator bernilai 41577,526 watt pada jenis fluida campuran coolant O.B.C dan prestone (50%:50%). Hal ini menunjukkan bahwa jenis fluida sangat berpengaruh terhadap laju perpindahan panas radiator (Q).

- Analisa pengaruh jenis fluida terhadap kapasitas radiator (Qeksternal) dalam berbagai temperature fluida masuk (Tin)



Grafik pengaruh jenis fluida terhadap kapasitas radiator (Qeksternal)

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa dari berbagai jenis fluida yaitu air, coolant O.B.C, coolant prestone dan campuran coolant O.B.C dan prestone (50%:50%) di suhu 40°C, 65°C pada RPM Konstan, Koefisien perpindahan bernilai 0 W/m².°K. Hal ini diakibatkan karena kipas radiator tidak berputar sehingga tidak terjadi konveksi pada suhu tersebut. Pada temperatur masuk (Tin) antara 80°C - 90°C dengan RPM konstan 6000 kipas radiator sudah berputar. Pada perpindahan panas konveksi (h) menunjukkan angka 96,010 W/m².°K di suhu 90°C pada RPM konstan 6000 kapasitas radiator bernilai 18421,054 watt pada jenis fluida air. Lalu Pada perpindahan panas konveksi (h) menunjukkan angka 95,978 W/m².°K di suhu 90°C pada RPM konstan 6000 kapasitas radiator bernilai 17614,267 watt pada jenis fluida coolant O.B.C. Kemudian Pada perpindahan panas konveksi (h) menunjukkan angka 95,971 W/m².°K di suhu 90°C pada RPM konstan 6000 kapasitas radiator bernilai 16812,397 watt pada jenis fluida Prestone. Dan pada perpindahan panas konveksi (h) menunjukkan angka 95,978 W/m².°K di suhu 90°C pada RPM konstan 6000 kapasitas radiator bernilai 17614,267 watt pada jenis campuran coolant O.B.C dan prestone (50%:50%). Dari keterangan tersebut maka temperature fluida masuk (Tin) dari berbagai variasi jenis fluida sangat berpengaruh terhadap nilai dari koefisien perpindahan panas konveksi (h). Sehingga dapat dikatakan temperature fluida masuk saling berkesinambungan dengan koefisien perpindahan panas konveksi (h).

Dari grafik 4.2 diatas menunjukkan bahwa terjadi menunjukkan bahwa perbedaan jenis fluida yaitu air, coolant O.B.C, coolant prestone dan campuran coolant O.B.C dan prestone (50%:50%) berbanding lurus dengan laju aliran massa fluida. Pada suhu 40°C dan 65°C kipas radiator tidak berputar sehingga tidak terjadi konveksi pada suhu tersebut maka nilai dari koefisien perpindahan panas konveksi

(h) adalah $0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$. Pada laju aliran massa fluida (\dot{m}) di angka 0.5 kg/s dan suhu menunjukkan 90°C nilai dari koefisien perpindahan panas konveksi (h) yaitu $96.010 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$ pada jenis fluida air. Lalu Pada laju aliran massa fluida (\dot{m}) di angka 0.50335 kg/s dan suhu menunjukkan 90°C nilai dari koefisien perpindahan panas konveksi (h) yaitu $95,978 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$ pada jenis fluida coolant O.B.C. Kemudian Pada laju aliran massa fluida (\dot{m}) di angka 0.5566 kg/s dan suhu menunjukkan 90°C nilai dari koefisien perpindahan panas konveksi (h) yaitu $95.971 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$ pada jenis fluida coolant prestone. Dan Pada laju aliran massa fluida (\dot{m}) di angka 0.78165 kg/s dan suhu menunjukkan 90°C nilai dari koefisien perpindahan panas konveksi (h) yaitu $95,978 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$ pada jenis fluida campuran coolant O.B.C dan prestone (50%:50%). Hal ini menunjukkan bahwa jenis fluida sangat berpengaruh terhadap laju perpindahan panas radiator (Q).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa sub yaitu :

- Perbedaan pengaruh jenis fluida pendinginan terhadap kapasitas radiator (Q) sangat berpengaruh terhadap sistem pendinginan. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil perhitungan Q_{in} dan Q_{out} . Perpindahan panas radiator di dalam radiator pada temperature 90°C dan RPM konstan 6000 terendah yaitu $25188,376 \text{ Watt}$ pada jenis fluida coolant prestone. Dan tertinggi yaitu $41577,526 \text{ Watt}$ pada jenis fluida campuran coolant O.B.C & prestone (50%:50%). Kemudian pada perpindahan panas sisi luar radiator nilai terendah yaitu $16812,397 \text{ Watt}$ pada temperatur permukaan radiator 324 K pada jenis fluida coolant prestone, dan nilai tertinggi $18421,054 \text{ Watt}$ pada temperatur permukaan radiator 326 K pada jenis fluida air.
- Besar kecilnya laju aliran massa fluida dan temperatur fluida masuk berpengaruh terhadap kapasitas radiator (Q). Hal tersebut ditunjukkan perubahan laju aliran massa fluida maka kapasitas radiator juga ikut berubah. Kenaikan laju aliran massa fluida dari 0 kg/s hingga 0.78165 kg/s dan temperatur fluida masuk dari 40°C , 65°C , dan 90°C dimana kapasitas radiator (Q_{in}) terendah yaitu 0 watt dan tertinggi yaitu $41577,526 \text{ watt}$. Pada suhu 40°C dan 65°C tidak terjadi perpindahan panas secara signifikan akibat dari termostat yang masih belum membuka maka laju aliran massa fluida bernilai 0 kg/s dan kapasitas radiator juga bernilai 0 watt dan pada temperature 80°C - 90°C termostat membuka sehingga laju aliran massa naik dan kapasitas radiator juga ikut naik.

- Koefisien perpindahan panas sisi luar radiator (h) dipengaruhi oleh laju aliran massa fluida dan temperatur permukaan radiator. Nilai h terendah yaitu pada angka $95.971 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$ dimana nilai \dot{m} yaitu 0.5566 kg/s dan T_{in} 90°C serta temperatur permukaan radiator yaitu 324°K pada jenis fluida coolant prestone. Sedangkan nilai h tertinggi yaitu $96.010 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$ dimana nilai \dot{m} yaitu 0 kg/s dan T_{in} 90°C serta temperatur permukaan radiator yaitu 326°K pada jenis fluida air.
- Jenis fluida sangat berpengaruh terhadap kapasitas radiator. Dari empat jenis fluida tersebut coolant prestone yang paling baik dan menyerap panas secara optimal dilihat dari hasil pengambilan data kapasitas radiator pada mesin Daihatsu Xenia 1300cc. Temperatur fluida masuk (T_{in}) berpengaruh terhadap kapasitas radiator (Q) semakin besar nilai T_{in} semakin besar nilai Q. Dan laju aliran massa fluida selalu berbanding lurus dengan kapasitas radiator (Q).

Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka peneliti menyarankan beberapa hal, yaitu :

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kapasitas radiator (Q) pada sistem pendingin mobil dengan bahan yang berbeda dalam kondisi aktual agar mendapatkan hasil lebih optimal dan efisien.
- Pada saat pengujian kapasitas radiator perlu diperhatikan katup dari flow meter apakah kondisi katup tertutup atau terbuka dan selalu cek baterai (aki) dan indikator T_{in} dan T_{out} .
- Diwaktu melakukan pengujian peneliti menyarankan untuk mengedepankan keselamatan kerja agar pengujian berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Dhanurendra Priambodo; Arsana, I Made. 2013. *Pengaruh Temperatur Fluida Masuk Terhadap Kapasitas Penukar Panas Jenis Pembuluh Dan Kawat Pada Konveksi Bebas*. Jurnal Teknik Mesin. Vol. 01 Nomor 02 (2013): hal. 80 – 85. Universitas Negeri Surabaya.
- Ahmad, Fandi; Arsana, I Made. 2014. *Perencanaan Sistem Aliran Fluida Pada Rancang Bangun Alat Penguji Kapasitas Radiator*. Jurnal Rekayasa Mesin. Vol. 02 Nomor 01 (2014): hal. 48 – 54. Universitas Negeri Surabaya.
- Arsana, I Made. 2016 *“Pengaruh Jarak Antar Kawat Terhadap Efisiensi Penukar Panas Jenis Pembuluh Dan Kawat Konveksi Bebas”*. Jurnal Penelitian Saintek, Vol. 21, Nomor 2, Oktober (2016): hal. 142 – 153..

- Arsana, I Made; Susianto; Budhikarjono, Kusno; Altway, Ali. 2016. *Optimization of the single staggered wire and tube heat exchanger*. MATEC Web Of Conferences. Vol. 58, 01017 (2016). 04 Nomor 01 (2015): hal. 1 - 8. Universitas Negeri Surabaya.
- Arsana, I Mad; Budhikarjono, Kusno; Susianto; Altway, Ali. 2016. "Modeling Of The Single Staggered Wire And Tube Heat Exchanger". *International Journal of Applied Engineering*. Vol 11, Number 8 (2016).
- Arsana, I Made. 2001. *Studi Eksperimental Pengaruh Geometri Kawat Terhadap Efisiensi Penukar Panas Jenis Pembuluh dan Kawat Konveksi Bebas*. Tesis tidak diterbitkan. Surabaya. PPs Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Bansal, P.K. and Chin, T.C. 2001. "Modelling and Optimisation of Wire-and tube Condensor". *International Journal of Refrigeration*. Vol. 26 (2013): hal.601-603.
- Choiril, Bagus; Arsana, I Made. 2015. *Pengaruh Laju Aliran Massa Fluida Terhadap Kapasitas Oil Cooler Pada Sistem Pelumasan Sepeda Motor*. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 04 Nomor 01 (2015): hal. 1 – 5. Universitas Negeri Surabaya.
- Fikri, Moch. Ubab Khunzul; Arsana, I Made. 2013. *Pengaruh Laju Aliran Fluida Masuk Terhadap Kapasitas Penukar Panas Jenis Pembuluh Dan Kawat Pada Konveksi Bebas*. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 01 Nomor 02 (2013): hal. 71 – 79. Universitas Negeri Surabaya.
- Frank P, 1996. *Fundamentals of heat and mass transfer*. Incropera, Frank P. New York.
- Holman, J.P. 1994. *Perpindahan Kalor* .Edisi Keenam. Alih Bahasa E. Jasfi. Jakarta:Erlangga.
- Incropera, Frank P. And Dewitt, David P. 1996. *Fundamental of Heat and Mass Transfer*. Fourt edition. Amerika : School of Mechanical Engineering Purdue University.
- Kreith, Frank dan Prijono, A, 1986. *Prinsip-prinsip perpindahan panas*. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Setiawan, Kholis Nur; Arsana, I Made. 2015. *Pengaruh Temperatur Fluida Terhadap Kapasitas Oil Cooler Pada Sistem Pelumasan Sepeda Motor Suzuki Satria 150cc*. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol.