

ANALISIS LAJU PERPINDAHAN PANAS MENYELURUH PADA RADIATOR MOTOR *ORIGINAL EQUIPMENT MANUFACTURE (OEM) TERHADAP RACING*

Yafid Effendi, Muhammad Safiq

Program Studi Teknik mesin, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang,
Jl. Perintis Kemerdekaan I, No.33, Cikokol, Tangerang, Banten 15118, Indonesia
Email: yafid_effendi@yahoo.com dan safiq.jmsd17@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis laju perpindahan panas (Q) pada radiator *OEM (Original Equipment Manufacture)* dan radiator *Racing*. Spesifikasi radiator *Racing* : *fin pitch 2,5 mm, tube pitch 8,5 mm, tube / row x row (19x1) mm*, sedangkan pada radiator *OEM* : *fin pitch 2,5 mm, tube pitch 10 mm, tube / row x row (12x1) mm*. Radiator adalah alat penukar panas yang digunakan untuk memindahkan energi panas dari satu medium ke medium lainnya yang tujuannya untuk mendinginkan maupun memanaskan. Jenis aliran radiator dibedakan menjadi 2 yaitu *Down Water Flow Radiator* dan *Cross Water Flow Radiator*. Elemen-elemen radiator seperti *Tube, Tanki, Filler Neck, Fin, Pipa, Heade plate, Side Plate*. Kesimpulan yang diperoleh dari perhitungan *heat exchanger (Radiator)* yang terpenting adalah luas dari pada sarang *core* tinggi x lebar x tebal = $H \times W \times T$ mm yaitu *core* pada radiator *Racing* (200 x 168 x 23) mm dengan total luas permukaan *core (A)* **1,140 m²** maka laju perpindahan kalor menyeluruh (Q) yang terjadi sebesar **2821 Watt**, sedangkan *core* pada radiator *Original Equipment Manufacture (OEM)* (198 x 128 x 24) mm dengan total luas permukaan *core (A)* **0,913 m²** maka laju perpindahan kalor menyeluruh (Q) yang terjadi sebesar **2259 Watt** dengan Gap 562 Watt. Penurunan suhu water (ΔT Water) yang terjadi pada radiator *Racing* sebesar 0,58 °C serta pada radiator *OEM* sebesar 0,46 °C maka Gap yang diperoleh dari perbandingan adalah 0,12 °C.

Kata kunci : Analisis, Perpindahan Panas , Radiator, Motor.

1. Pendahuluan

Kinerja mesin kendaraan selalu menghasilkan getaran dan panas, tidak ada satu pun mesin kendaraan yang berkerja dengan efisien yang sempurna (tidak ada getaran maupun panas). Masalah getaran dapat diredam *Shock Absorber* mau pun dapat diredam dengan bantalan sedangkan untuk masalah *Overheat* dapat di atasi dengan menggunakan Radiator. Mesin selalu dikembangkan untuk mencapai efisiensi tertinggi, tetapi juga mempertimbangkan faktor ekonomis, daya tahan, keselamatan serta ramah lingkungan. Sistem pendinginan digunakan agar temperatur mesin terjaga pada batas temperatur kerja yang ideal. Prinsip pendinginan adalah melepaskan panas mesin ke udara, tipe langsung dilepaskan ke udara disebut pendinginan udara (*air cooling*), tipe menggunakan fluida sebagai perantara disebut pendinginan air, sumber (https://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_pendinginan).

Radiator adalah alat penukar panas yang digunakan untuk memindahkan energi panas dari satu medium ke medium lainnya yang tujuannya untuk mendinginkan maupun memanaskan. Radiator yang kita kenal pada umumnya digunakan pada kendaraan bermotor (roda dua atau roda empat), namun tidak jarang radiator juga digunakan pada mesin yang memerlukan pendinginan ekstra. Seperti pada mesin produksi atau mesin mesin lainnya yang bekerja dalam kondisi kerja berat atau lama, sumber (<https://id.wikipedia.org/wiki/Radiator>). Proses kerja suatu motor bakar, panas yang dihasilkan berpengaruh terhadap efisiensi mesin. Suhu optimal dari panas yang dihasilkan oleh suatu motor bakar pada kendaraan adalah 80-90°C. Suhu ini sering disebut sebagai suhu kerja dari motor bakar tersebut. Fungsi dari radiator inilah yang menjaga agar panas yang dihasilkan oleh mesin ini tetap stabil. Melalui aliran fluida pada radiator dan aliran udara, sehingga panas yang dihasilkan oleh mesin tersebut dapat diredam pada suhu optimal, sumber (Daryanto, 1992).

2. Metodologi Penelitian

a. Design Radiator Motor Racing

Detail spesifikasi dari design radiator motor Racing bisa dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1 di bawah ini.



Gambar 1 Radiator Motor Racing (tampak depan dan belakang)

Tabel 1 Radiator Racing Specification

<i>Description</i>	<i>Radiator Racing</i>
<i>Type</i>	CT 85
<i>Maker</i>	Indonesia
<i>Core (HxWxTHK)</i>	200x168x23
<i>Tube/RowxRow</i>	19x1
<i>Size of Tube (W x H)</i>	22x2,0
<i>Pitch TPxFTP</i>	8,5x2,5
<i>Block Material</i>	Alumunium

b. Design Radiator Motor Original Equipment Manufacture (OEM)

Detail spesifikasi dari design radiator OEM bisa dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 2 di bawah ini.



Gambar 2 Radiator OEM (tampak depan dan belakang)

Tabel 2 Radiator *OEM Specification*

<i>Description</i>	<i>Radiator OEM</i>
<i>Type</i>	CT 100
<i>Maker</i>	TSI
<i>Core (HxWxTHK)</i>	198x128x24
<i>Tube/RowxRow</i>	12x1
<i>Size of Tube (W x H)</i>	24x2,0
<i>Pitch TPxFTP</i>	10x2,5
<i>Block Material</i>	Alumunium

Prosedur pengujian dapat dilakukan dengan beberapa tahap antara lain :

1. Pengukuran dimensi *Tube* dan *Fin* pada radiator.
2. Pengumpulan sumber data primer dan sekunder seperti :
 - a. *Overall heat transfer* (Koefisien perpindahan kalor menyeluruh)
 - b. *Mass flow rate* (laju aliran masa)
 - c. *Specific Heat Capacity pada temperature water* (Kemampuan suatu material menyerap panas)
 - d. *T in water* (Suhu air panas yang masuk ke radiator)
 - e. *T out air* (Suhu udara yang dihembuskan ke radiator)
3. Perhitungan menggunakan rumus empiris Laju Perpindahan Kalor Menyeluruh (*Q*) baik konveksi dan konduksi.

3. Analisa dan Pembahasan

Pengumpulan data yang digunakan untuk menghitung *design Radiator Motor Original Equipment Manufacture (OEM)* dan *Racing* ada beberapa data yang digunakan sebagai berikut :

1.a.1 Overall Heat Transfer atau Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh ($Q=W/m^2K$)

- a. Jika material yang di gunakan untuk alat penukar kalor yang menggunakan jenis material berbahan *Copper/Brass – water* maka $50 W/m^2K$.
- b. Jika material yang di gunakan untuk alat penukar kalor yang menggunakan jenis material

berbahan *Aluminium-water* maka $45 W/m^2K$.

Nilai *overall heat transfer* yang didapat dari Tabel 1.3 Koefisien perpindahan kalor menyeluruh.

1.a.2 Mass Flow Rate (kg/s)

Nilai *Mass Flow Rate (kg/s)* kita dapatkan dari *data sheet engine* pada *Cooling system* yaitu *Coolant Flow to Engine Heat Exchanger* adalah $70 l/min$ dikonversikan dari l/min ke kg/s .

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

$$\dot{m} = \text{Masa (kg/s)}$$

$$\dot{V} = \text{Volume (l)}$$

$$\rho = \text{Masa jenis (kg/l)}$$

$$= 70 l \times 1 kg/l$$

$$= 70 kg$$

Diketahui :

$$1 \text{ min} = 60 \text{ sec}$$

Sehingga :

$$70 l/min = \frac{70 kg}{60 s} = 1.16 kg/s$$

Maka $70 l/min$ di konversikan (kg/s) adalah menjadi $1.16 kg/s$.

1.a.3 Inlet Temperature (°C)

- a. *Hot side*.

Nilai *Inlet Temperature (°C)* kita dapatkan dari *data sheet engine* pada *Cooling system* yaitu *Standard Thermostat Operating Range (Full Open)* adalah $90 °C$.

- b. *Cold side*

Cold side adalah udara yang dihembuskan oleh angin yang melewati core $35 °C$.

1.a.4 Specific Heat Capacity (J/kg K)

Heat Capacity ialah suatu material akan meningkat temperaturnya apabila dipanaskan dengan menyerap sejumlah energi. Sifat tersebut dinamaka *heat capacity* yaitu kemampuan suatu material untuk menyerap panas dari lingkungan dengan menyerap sejumlah energi untuk menghasilkan kenaikan suhu sebesar 1 derajat.

- a. *Water*

Nilai *Specifc Heat Capacity* diperoleh dari nilai *inlet temperature*. Dari tabel dibawah

dapat dilihat nilai *Specific Heat Capacity* pada *temperature water* 90 °C adalah.

Tabel 3 *Physical Properties of Saturated Water*

Properties of saturated water

Temp. T, °C	Saturation Pressure P _{sat} , kPa	Density ρ, kg/m ³		Enthalpy of Vaporization h _{fg} , kJ/kg		Specific Heat c _p , J/kg·K		Thermal Conductivity k, W/m·K	
		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2501	4217	1854	0.561	0.0171	
5	0.8721	999.9	0.0068	2490	4205	1857	0.571	0.0173	
10	1.2276	999.7	0.0094	2478	4194	1862	0.580	0.0176	
15	1.7051	999.1	0.0128	2466	4185	1863	0.589	0.0179	
20	2.339	998.0	0.0173	2454	4182	1867	0.598	0.0182	
25	3.169	997.0	0.0231	2442	4180	1870	0.607	0.0186	
30	4.246	996.0	0.0304	2431	4178	1875	0.615	0.0189	
35	5.628	994.0	0.0397	2419	4178	1880	0.623	0.0192	
40	7.384	992.1	0.0512	2407	4179	1885	0.631	0.0196	
45	9.593	990.1	0.0655	2395	4180	1892	0.637	0.0200	
50	12.35	988.1	0.0831	2383	4181	1900	0.644	0.0204	
55	15.76	985.2	0.1045	2371	4183	1908	0.649	0.0208	
60	19.94	983.3	0.1304	2359	4185	1916	0.654	0.0212	
65	25.03	980.4	0.1614	2346	4187	1926	0.659	0.0216	
70	31.19	977.5	0.1983	2334	4190	1936	0.663	0.0221	
75	38.58	974.7	0.2421	2321	4193	1948	0.667	0.0225	
80	47.39	971.8	0.2935	2309	4197	1962	0.670	0.0230	
85	57.83	968.1	0.3536	2296	4201	1977	0.673	0.0235	
90	70.14	965.3	0.4235	2283	4206	1993	0.675	0.0240	
95	84.55	961.5	0.5045	2270	4212	2010	0.677	0.0246	
100	101.33	957.9	0.5978	2257	4217	2029	0.679	0.0251	

b. Air

Nilai *Specific Heat Capacity* diperoleh dari nilai *ambient*. Dari tabel dibawah dapat dilihat nilai *Specific Heat Capacity* pada *temperature air* 35 °C adalah.

Tabel 4 *Physical Properties of Saturated Air*

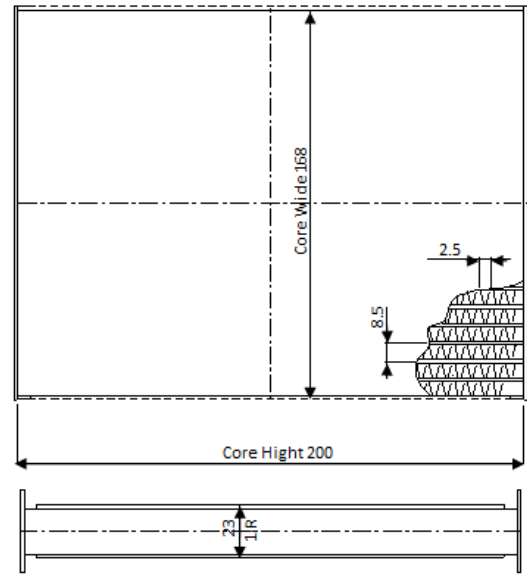
Properties of air at 1 atm pressure

Temp. T, °C	Density ρ, kg/m ³	Specific Heat c _p , J/kg·K	Thermal Conductivity k, W/m·K	Thermal Diffusivity α, m ² /s
-150	2.866	983	0.01171	4.158 × 10 ⁻⁶
-100	2.038	966	0.01582	8.036 × 10 ⁻⁶
-50	1.582	999	0.01979	1.252 × 10 ⁻⁵
-40	1.514	1002	0.02057	1.356 × 10 ⁻⁵
-30	1.451	1004	0.02134	1.465 × 10 ⁻⁵
-20	1.394	1005	0.02211	1.578 × 10 ⁻⁵
-10	1.341	1006	0.02288	1.696 × 10 ⁻⁵
0	1.292	1006	0.02364	1.818 × 10 ⁻⁵
5	1.269	1006	0.02401	1.880 × 10 ⁻⁵
10	1.246	1006	0.02439	1.944 × 10 ⁻⁵
15	1.225	1007	0.02476	2.009 × 10 ⁻⁵
20	1.204	1007	0.02514	2.074 × 10 ⁻⁵
25	1.184	1007	0.02551	2.141 × 10 ⁻⁵
30	1.164	1007	0.02588	2.208 × 10 ⁻⁵
35	1.145	1007	0.02625	2.277 × 10 ⁻⁵
40	1.127	1007	0.02662	2.346 × 10 ⁻⁵
45	1.109	1007	0.02699	2.416 × 10 ⁻⁵
50	1.092	1007	0.02735	2.487 × 10 ⁻⁵
60	1.059	1007	0.02808	2.632 × 10 ⁻⁵
70	1.028	1007	0.02881	2.780 × 10 ⁻⁵

Design Delta Temperature (°C) untuk nilai design delta temperature *Standart* adalah 10, 15, 20, 25

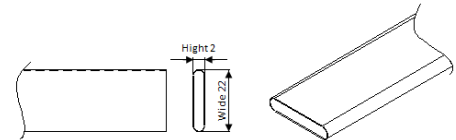
a. Analisa Radiator Racing

Ukuran *core* radiator adalah tinggi x lebar x tebal = H x W x T mm. Untuk jenis yang digunakan adalah (200 x 168 x 23) mm.



Gambar 3 Dimensi Core Racing

1. Luas Penampang Tabung (Tube)



Gambar 4 Tube Dimention Racing

Diketahui *Tube Dimention* :

Tube Hight = 22 mm

Tube Wide = 2 mm

Maka luas penampang Tube adalah :

$$= ((\text{Tube Hight} - \text{Tube Wide}) \times 2) + (3.14 \times \text{Tube Wide})$$

$$= ((22 - 2) \times 2) + (3,14 \times 2))$$

$$= 46.28 \text{ mm}$$

2. Quantity Tube / Row

Diketahui :

Core Wide = 168 mm

Tube Pitch (TP) = 8,5 mm

Fin Hight = 6,5 mm

Maka *Quantity Tube / Row* adalah :

$$= (\text{Core Wide} - \text{Fin Hight}) : \text{Tube Pitch}$$

$$= (168 - 6,5) : 8,5$$

$$= 19 \text{ Pcs / Row}$$

3. Total Quantity Tube pada Radiator

Diketahui :

Quantity Tube / Row = 19 Pcs

Row = 1 R

Maka Total *Quantity Tube* pada radiator adalah :
 $= \text{Quantity tube} / \text{row} \times \text{Row}$
 $= 19 \times 1$
 $= \mathbf{19 Pcs}$

4. *Core Tube surface area*

Diketahui :
 Luas Penampang *Tube* = 46,28 mm
Core Hight = 200 mm
Quantity tube = 19 Pcs
 Maka *Tube Surface Area* pada radiator adalah :
 $= \text{Luas Penampang Tube} \times \text{Core Hight} \times \text{Quantity tube} : 1000000$
 $= 46,28 \times 200 \times 19 : 1000000$
 $= \mathbf{0.176 m^2}$

5. *Quantity Fin / Row*

Diketahui :
Tube / Row = 19 mm
 Ketetapan = 1 Pcs
 Maka *Quantity Fin / Row* adalah :
 $= \text{Tube} / \text{Row} + 1$
 $= 19 + 1$
 $= \mathbf{20 Pcs / Row}$

6. Total *Quantity Fin pada Radiator*

Diketahui :
Quantity Fin / Row = 20 Pcs
Core Hight = 200 mm
 $1/2 \text{ Fin Pitch (FP)}$ = 1,25 mm
 Maka Total *Quantity Fin* pada radiator adalah :
 $= \text{Quantity Fin} / \text{Row} \times \text{Core Hight} : \text{Fin Pitch (FP)}$
 $= 20 \times 200 : 1,25$
 $= \mathbf{3200 Pcs}$

7. Luas *Corrugated fin length*

Diketahui :
Fin Hight = 6,5 mm
 $1/2 \text{ Fin Pitch (FP)}$ = 1,25 mm
Fin Thick = 0,07 mm
 Maka Luas *Corrugated fin length* adalah :
 $= [((\text{Fin Hight})^2 + (\text{Fin Pitch})^2)^{0.5}] - \text{Fin Thick}$
 $= [((6,5)^2 + (1,25)^2)^{0.5}] - 0,07$
 $= \mathbf{6,549 mm^2}$

8. *Fin Surface Area*

Diketahui :
 Luas *Corrugated fin length* = 6,549 mm²
Core Thick = 23 mm
 Maka *Fin Surface Area* adalah :
 $= (2 \times \text{Luas Corrugated fin length} \times \text{Core Thick})$
 $= (2 \times 6,549 \times 23)$
 $= \mathbf{301,259 mm^2}$

9. *Core Fin Surface Area*

Diketahui :
Fin Surface Area = 301,259 mm²
 Total *Quantity Fin* = 3200 Pcs
 Maka *Core Fin Surface Area* pada radiator adalah :
 $= (\text{Fin Surface Area} \times \text{Total Quantity Fin}) / 1000000$
 $= (301,259 \times 3200) / 1000000$
 $= \mathbf{0,964 m^2}$

10. *Core Total Surface Area (A)*

Diketahui :
Core Tube surface area = 0,176 m²
Core Fin Surface Area = 0,964 m²
 Maka *Core Total Surface Area* pada radiator adalah :
 $= 0,176 + 0,964$
 $= \mathbf{1,140 m^2}$

11. Perhitungan Laju Perpindahan Kalor Menyeluruh (*Q*)

Diketahui :
 $Q = U \cdot A (T \text{ in water} - T \text{ out air})$
 $U = 45 \text{ W} / \text{m}^2 \text{K}$
 $A = 1,140 \text{ m}^2$
 $T \text{ in water} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$
 $T \text{ out air} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$
 Maka laju Perpindahan Kalor Menyeluruh (*Q*) adalah :
 $= 45 \times 1,140 \times (90 - 35)$
 $= \mathbf{2821 W}$
 Di konversi ke dalam satuan Kilo Watt (KW)
 Dimana 1 W = 0,001 KW
 Maka $Q = 2821 \times 0,001 = \mathbf{2,821 KW}$

12. Delta *T Water* (ΔT)

Diketahui :
 $\Delta T = Q : (\dot{m} \times C_p \text{ water})$
 $Q = 2821 \text{ W}$
 $\dot{m} = 1,16 \text{ Kg/s}$
 $C_p \text{ water} = 4206 \text{ J/Kg K}$

Maka ΔT adalah :
 $= 2821 : (1,16 \times 4206)$
 $= \mathbf{0,58 \text{ } ^\circ\text{C}}$

13. Perhitungan $T_{out\ water}$

Diketahui :

$$T_{out\ water} = T_{in\ water} - \Delta T$$

$$T_{in\ water} = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 0,58 \text{ } ^\circ\text{C}$$

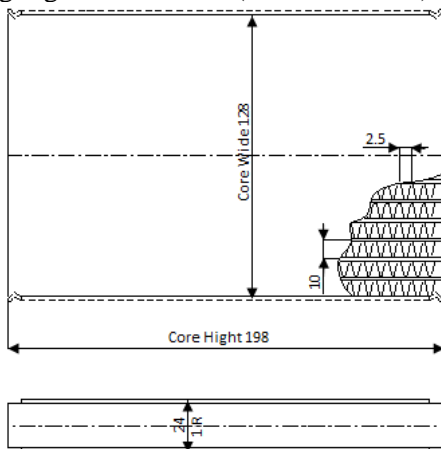
Maka $T_{out\ water}$ adalah :

$$= 90 - 0,58$$

$$= \mathbf{89,42 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

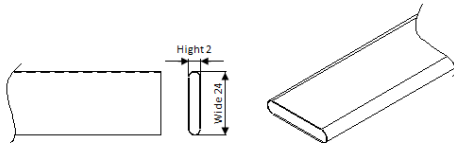
b. **Analisa Radiator Original Equipement Manufacture (OEM)**

Ukuran *core* radiator adalah adalah tinggi x lebar x tebal = H x W x T mm. Untuk jenis yang digunakan adalah (198 x 128 x 24) mm.



Gambar 5 Dimensi Core OEM

1. Luas Penampang Tabung (Tube)



Gambar 6 Tube Dimention OEM

Diketahui Tube Dimention :

$$Tube\ Hight = 24\ mm$$

$$Tube\ Wide = 2\ mm$$

Maka luas penampang Tube adalah :

$$= ((Tube\ Hight - Tube\ Wide) \times 2) +$$

$$(3,14 \times Tube\ Wide)$$

$$= ((24 - 2) \times 2) + (3,14 \times 2))$$

$$= \mathbf{50,28\ mm}$$

2. *Quantity Tube / Row*

Diketahui :

$$Core\ Wide = 128\ mm$$

$$Tube\ Pitch\ (TP) = 10\ mm$$

$$Fin\ Hight = 8\ mm$$

Maka *Quantity Tube / Row* adalah :

$$= (Core\ Wide - Fin\ Hight) : Tube\ Pitch\ (TP)$$

$$= (128 - 8) : 10$$

$$= \mathbf{12\ Pcs / Row}$$

3. Total *Quantity Tube* pada Radiator

Diketahui :

$$Quantity\ Tube / Row = 12\ Pcs$$

$$Row = 1\ R$$

Maka Total *Quantity Tube* pada radiator adalah :

$$= Quantity\ tube / row \times Row$$

$$= 12 \times 1$$

$$= \mathbf{12\ Pcs}$$

4. *Core Tube surface area*

Diketahui :

$$Luas\ Penampang\ Tube = 50,28\ mm$$

$$Core\ Hight = 198$$

mm

$$Quantity\ tube = 12\ Pcs$$

Maka *Tube Surface Area* pada radiator adalah :

$$= Luas\ Penampang\ Tube \times Core\ Hight \times$$

$$Quantity\ tube : 1000000$$

$$= 50,28 \times 198 \times 12 : 1000000$$

$$= \mathbf{0,119\ m^2}$$

5. *Quantity Fin / Row*

Diketahui :

$$Tube / Row = 12\ mm$$

$$Ketetapan = 1\ Pcs$$

Maka *Quantity Fin / Row* adalah :

$$= Tube / Row + 1$$

$$= 12 + 1$$

$$= \mathbf{13\ Pcs / Row}$$

6. Total *Quantity Fin* pada Radiator

Diketahui :

$$Quantity\ Fin / Row = 13\ Pcs$$

$$Core\ Hight = 198\ mm$$

$$1/2\ Fin\ Pitch\ (FP) = 1,25\ mm$$

Maka Total *Quantity Fin* pada radiator adalah :

$$= Quantity\ Fin / Row \times Core\ Hight : Fin$$

$$Pitch\ (FP)$$

$$= 13 \times 198 : 1,25$$

$$= \mathbf{2059\ Pcs}$$

7. Luas *Corrugated fin length*

Diketahui :

$$Fin\ Hight = 8\ mm$$

$$1/2\ Fin\ Pitch\ (FP) = 1,25\ mm$$

$$Fin\ Thick = 0,07\ mm$$

Maka Luas *Corrugated fin length* adalah :

$$= [((Fin\ Height)^2 + (Fin\ Pitch)^2)^{0,5}] - Fin\ Thick$$

$$= [((8)^2 + (1,25)^2)^{0,5}] - 0,07$$

$$= \mathbf{8,027\ mm^2}$$

8. *Fin Surface Area*
 Diketahui :
 Luas *Corrugated fin length* = 8,027 mm²
Core Thick = 24 mm
 Maka *Fin Surface Area* adalah :

$$= (2 \times Luas\ Corrugated\ fin\ length \times Core\ Thick)$$

$$= (2 \times 8,027 \times 24)$$

$$= \mathbf{385,299\ mm^2}$$

9. *Core Fin Surface Area*
 Diketahui :
Fin Surface Area = 385,299 mm²
 Total *Quantity Fin* = 2059 Pcs
 Maka *Core Fin Surface Area* pada radiator adalah :

$$= (Fin\ Surface\ Area \times Total\ Quantity\ Fin) / 1000000$$

$$= (385,299 \times 2059) / 1000000$$

$$= \mathbf{0,793\ m^2}$$

10. *Core Total Surface Area (A)*
 Diketahui :
Core Tube surface area = 0,119 m²
Core Fin Surface Area = 0,793 m²
 Maka *Core Total Surface Area* pada radiator adalah :

$$= 0,119 + 0,793$$

$$= \mathbf{0,913\ m^2}$$

11. Perhitungan Laju Perpindahan Kalor Menyeluruh (Q)
 Diketahui :

$$Q = U.A (T\ in\ water - T\ out\ air)$$

$$U = 45\ W / m^2 K$$

$$A = 1,140\ m^2$$

$$T\ in\ water = 90\ ^\circ C$$

$$T\ out\ air = 35\ ^\circ C$$
 Maka laju Perpindahan Kalor Menyeluruh (Q) adalah :

$$= 45 \times 0,913 \times (90 - 35)$$

$$= \mathbf{2259\ W}$$
 Di konversi ke dalam satuan Kilo Watt (KW)
 Dimana 1 W = 0,001 KW

Jadi Q = 2821 x 0,001 = **2,259 KW**

12. Delta T Water (ΔT)
 Diketahui :

$$\Delta T = Q : (\dot{m} \times Cp\ water)$$

$$Q = 2259\ W$$

$$\dot{m} = 1,16\ Kg/s$$

$$Cp\ water = 4206\ J/Kg\ K$$
 Maka ΔT adalah :

$$= 2259 : (1,16 \times 4206)$$

$$= \mathbf{0,46\ ^\circ C}$$

13. Perhitungan T out water
 Diketahui :

$$T\ out\ water = T\ in\ water - \Delta T$$

$$T\ in\ water = 90\ ^\circ C$$

$$\Delta T = 0,46\ ^\circ C$$
 Maka T out water adalah :

$$= 90 - 0,46$$

$$= \mathbf{89,54\ ^\circ C}$$

a. Data Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan pada radiator motor *Racing* dan *OEM (Original Equipment Manufacture)* meliputi beberapa parameter sesuai pada Tabel 5 di bawah.

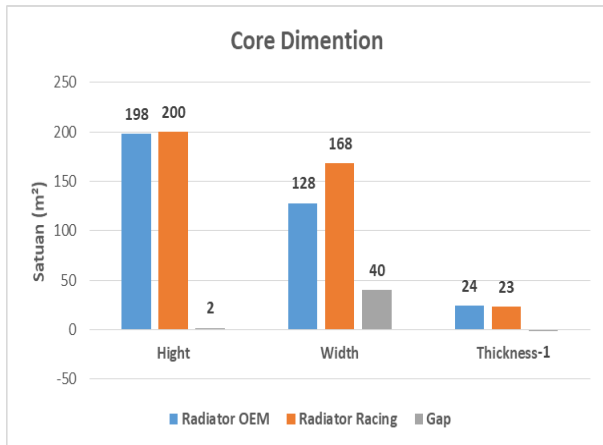
Tabel 5 Data Prosedur Pengujian

No	Parameters	Radiator OEM	Radiator Racing
	Make	TSI (Three Star Indonesia)	PT AAI
1	Overall Heat Transfer (W / m ² K)	45	45
2	Mass Flow Rate (Kg/s)	1.16	1.16
3	Specific Heat Capacity (J/Kg K)	4206	4206
4	Input Temperature Water (°C)	90	90
5	Output	35	35

	Temperature Air (°C)		
--	-------------------------	--	--

b. Perbandingan Radiator *Original Equipement Manufacture (OEM)* terhadap *Racing*

Tabel berikut ini Tabel berikut ini yang dapat kita lihat pada Tabel 6 dan Gambar 7 yang menyatakan hasil perbandingan radiator *OEM* dan *Racing* :



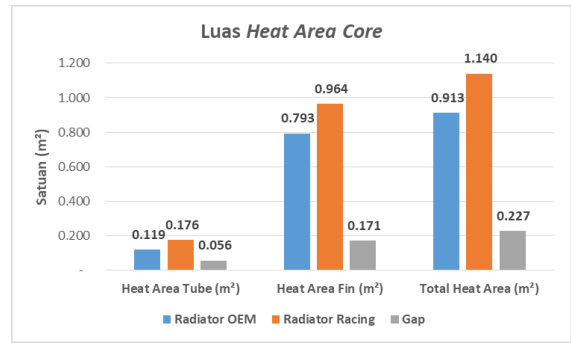
Gambar 7 Perbandingan *Core Dimention*

Tabel 6 *Core Specification*

Description	Radiator OEM	Radiator Racing
Make	TSI (Three Star Indonesia)	PT AAI
Core (H x W x THK)	198x128x24	200x168x23
Tube/Row x Row	12x1	19x1
Size of Tube (W x H)	24x2,0	22x2,0
Fin Thickness	0,07	0,07
Fin Hight	8,0	6,5
Tube Pitch x Fin Pitch	10x2,5	8.5x2,5
Block Material	Alumunium	Alumunium

Dari hasil perhitungan luas area *core* antara radiator *OEM* dan *Racing* terdapat *Gap* pada *Heat Area Tube* $0,056 \text{ m}^2$, *Heat Area Fin* $1,171 \text{ m}^2$, dan secara *Total Heat Area (A)*

$0,227 \text{ m}^2$ dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 8 di bawah ini.

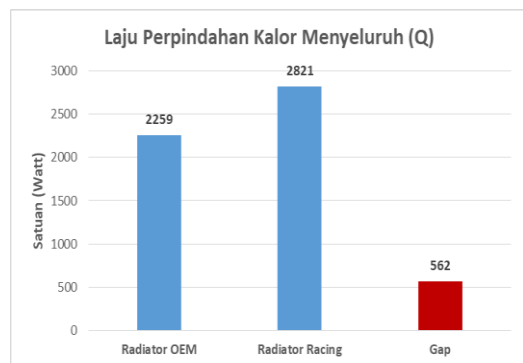


Gambar 8 Perbandingan Luas Area *Core*

Tabel 7 Perbandingan Luas Area *Core*

Description	Radiator OEM	Radiator Racing	Gap
Heat Area Tube (m²)	0,119	0,176	0,056
Heat Area Fin (m²)	0,793	0,964	0,171
Total Heat Area (m²)	0,913	1,140	0,227

Dari hasil perhitungan laju perpindahan kalor menyeluruh (*Q*) yang terjadi pada radiator *OEM* dan *Racing* maka dapat kita bandingkan dimana (*Q*) yang terjadi pada radiator *OEM* sebesar *2259 Watt* dan (*Q*) yang terjadi pada radiator *Racing* sebesar *2821 Watt* dengan *Gap* *562 Watt*, bisa dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 9.

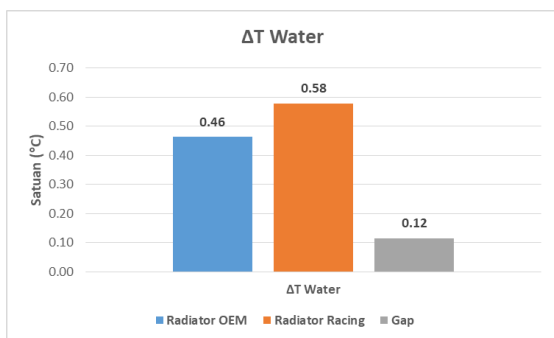


Gambar 9 Perbandingan Laju Perpindahan Kalor Menyeluruh

Tabel 8 Perbandingan Laju Perpindahan Kalor Menyeluruh

Description	Radiator OEM	Radiator Racing	Gap
Q (Watt)	2259	2821	562

Dari hasil perhitungan ΔT Water suhu yang dapat diturunkan pada radiator OEM sebesar $0,46\text{ }^{\circ}\text{C}$ maka T Out Water $89,54\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan pada radiator Racing suhu yang dapat diturunkan sebesar $0,58\text{ }^{\circ}\text{C}$ maka T Out Water $89,42\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan Gap $0,12\text{ }^{\circ}\text{C}$, dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 9.



Gambar 9 Perbandingan $\Delta T, T$ in, & T out Water

Tabel 9 Perbandingan $\Delta T, T$ in, & T out Water

Description	Radiator OEM	Radiator Racing	Gap
ΔT Water ($^{\circ}\text{C}$)	0,46	0,58	0,12
T In Water ($^{\circ}\text{C}$)	90,00	90,00	-
T Out Water ($^{\circ}\text{C}$)	89,54	89,42	-0,12

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat kita simpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan *design heat exchanger* (Radiator) yang terpenting adalah luas dari pada sarang *core* tinggi x lebar x tebal = $(H \times W \times T)$ mm :
 - a. Pada radiator *Racing* dengan dimensi *core* (200 x 168 x 23) mm dengan total luas permukaan

core (A) $1,140\text{ m}^2$ maka laju perpindahan kalor (Q) menyeluruh (konveksi dan konduksi) yang terjadi sebesar **2821 Watt**.

- b. Pada radiator *Original Equipment Manufacture* (OEM) dengan dimensi *core* (198 x 128 x 24) mm dengan total luas permukaan *core* (A) $0,913\text{ m}^2$, maka laju perpindahan kalor (Q) menyeluruh (konveksi dan konduksi) yang terjadi sebesar **2259 Watt** dengan Gap (selisih) **562 Watt**.

2. Berdasarkan penurunan suhu water (ΔT Water) yang terjadi seperti di bawah ini :
 - a. Penurunan suhu water (ΔT Water) yang terjadi pada radiator *Racing* sebesar $0,58\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - b. Penurunan suhu water (ΔT Water) pada radiator *Original Equipment Manufacture* (OEM) sebesar $0,46\text{ }^{\circ}\text{C}$, maka Gap yang diperoleh dari perbandingan adalah $0,12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Daftar Notasi

Simbol	Keterangan	Satuan
A	Luas penampang	m^2
C	Panas spesifik	kJ/kg.K
C_p	Panas spesifik pada tekanan konstan	kJ/kg.K
C_v	Panas spesifik pada volume konstan	kJ/kg.K
d	Diameter	mm
D	kedalaman atau diameter	mm
g	Percepatan gravitasi	m/s^2
h	Koefesien perpindahan kalor	$\text{W/m}^2.\text{ }^{\circ}\text{C}$
\bar{h}	Koefesien perpindahan kalor rata-rata	$\text{W/m}^2.\text{ }^{\circ}\text{C}$
H	Tinggi	mm
W	Panjang	mm
T	Tebal	mm
m	Masa	kg
v	Volume	l

ρ	Masa jenis	kg/l
\dot{M}	Laju aliran masa	kg/s
Q	laju perpindahan kalor	W
T_{in}	Suhu <i>water</i>	$^{\circ}C$
T_{out}	Suhu <i>air</i>	$^{\circ}C$
u	Kecepatan	m/s
U	Koefisien perpindahan kalor total	$W/m^2.K$
ΔT	Perbedaan <i>temperature</i>	$^{\circ}C$
Row	<i>Tube</i> per Baris	R

Daftar Pustaka

- Cengel Yunus A. 2007. *Heat Transfer A Practical Approach*. Mcgraw-Hill.
- Daryanto. 1992. *Teknik Servis Mobil*. Jakarta : Rireka Cipta.
- Daryanto. 2009. *Teknik Otomotif Edisi 1*. Jakarta : Bumi Aksara.
- David Fraim Simamora, Frans P. Sappu, Tertius V.Y. Ulaan. *Analisis Efektivitas Radiator pada Mesin Toyota Kijang Tipe 5 K*. Jurnal Teknik Mesin, Volume 4 Nomor 2. Universitas Sam Ratulangi.
- Eko Surjadi. *Pengaruh Penggunaan Radiator pada Sistem Pendingin Motor Diesel Stasioner Satu Silinder Terhadap Laju Kenaikan Suhu Air Pendingin*. Jurnal Teknik Mesin, Volume 1 Nomor 3 Juni Tahun 2016. ISSN : 2442-7918.
- Heroe Poernomo. *Pembuatan Alat Monitoringmesin Penukar Panas (Heat Exchanger) untuk Menganalisis Unjuk Kerja dan Karakteristiknya*. Jurnal Teknik Permesinan Kapal, Volume 10 Nomor 3 Oktober 2013.
- Holman.J.P. 1984. *Perpindahan Kalor Edisi 5*. Jakarta : Erlangga.
- Koestor, Raldi Artono. 2002. *Perpindahan Kalor*. Jakarta : Salemba Teknik.
- Luki Apriliasari, Djatmiko Ichsani. *Desain Compact Heat Exchanger Tipe Fin and Tube Sebagai Alat Pendingin Motor pada Boiler Feed Pump (Studi Kasus pada Sebuah Perusahaan Pembangkit Tenaga Listrik)*. Jurnal Teknik Mesin, Volume 2 Nomor 2 Tahun 2013. ISSN: 2337-3539.
- Made Ricki Murti. *Laju Pembuangan Panas pada Radiator dengan Fluida Campuran 80% Air dan 20% RC pada RPM Konstan*. Jurnal Teknik Mesin, Volume 2 Nomor 1 Juni 2008.
- Pieter W. Tetelepta. *Analisis Pengaruh Beban Panas (Q) Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas Konveksi Natural Pelat Datar*. Jurnal Teknik Mesin, Volume 5 Nomor 2 Tahun 2010. 803 – 807.
- Rohman T, Hary Sutjahjono, Digdo Listyadi. *Penambahan dan Variasi Dimensi Sirip Aluminium pada Tube Terhadap Laju dan Efektivitas Perpindahan Panas dalam Heat Exchanger Tipe Shell and Tube*. Jurnal Teknik Mesin, Volume 6 Nomor 2, November 2013.
- Taufiq Hidayat. *Modifikasi Air Scoop dan Jarak Radiator Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Bensin*. Jurnal Sainstech, Volume 1 Nomor 3 Tahun 2015. ISSN : 2355-5009.
- Wikipedia - Sistem Pendinginan - Minggu, 4 Mei 2017 - https://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_pendinginan.
- Wikipedia - Mass Flow Rate - Sabtu, 28 Oktober 2017 - https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_flow_rate.
- Yopi Handoyo, Ahsan. *Analisis Kinerja Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube Pendingin Aliran Air pada PLTA Jatiluhur*. Jurnal Teknik Mesin, Volume 5 Nomor 1, Oktober 2012.
- Zuhdi Ma'sum, Mada Arsana, Fathurrahman Malik, DKK. *Analisis Perpindahan Panas dengan Konveksi Bebas dan Radiasi pada Penukar Panas Jenis Pipa dan Kawat*. Jurnal Teknik Kimia, Volume 7 Nomor 1 September 2012.