

## KINERJA RADIATOR KENDARAAN PADA BERBAGAI LAJU ALIRAN UDARA

### PERFORMANCE OF RADIATOR VEHICLE ON A WIDE RANGE OF AIR FLOW RATE

Eqwar Saputra<sup>1</sup>, Marwan Effendy<sup>2</sup>, Arif Suroño<sup>3</sup>, dan Andi Prasetya<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jln. Tromol Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura, Surakarta  
Email : Marwan.Effendy@ums.ac.id

#### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pendinginan radiator pada berbagai variasi aliran udara yang melintasi radiator. tipe compact heat exchanger tube and fins. Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan eksperimental pada sebuah kendaraan BMW seri E.36 dengan keadaan mobil berhenti. Proses penelitian diawali dengan memodifikasi komponen pendukung seperti tangki reservoir penampung air radiator, water pump, dan radiator. Alat ukur temperatur dipasang pada saluran masuk dan keluar pada komponen radiator untuk memonitor gejala perubahan temperatur yang terjadi pada fluida kerja sebagai akibat perpindahan panas dari motor bakar. Intervensi putaran kipas angin pada radiator dioptimasi untuk mendapatkan data kondisi yang optimal dari sebuah sistem pendingin radiator. Penelitian dilakukan dengan variasi kecepatan kipas antara 3,5 hingga 6,5 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas radiator mencapai nilai optimum pada kecepatan kipas 6,5 m/s dengan nilai efektivitas sebesar 0,598.

**Kata kunci** : Efektivitas, radiator, kecepatan kipas

#### ABSTRACT

*This research aims to evaluate the effectiveness of the cooling radiator on the various the air flow through the car radiator. The research was conducted experimentally using a compact radiator with tubes and fins construction. It starts by modifying supporting component such as the reservoir water radiator, water pump, and the suction-discharge radiator. A set of thermocouple was installed on the radiator in order to monitor the temperature change of the working fluid due to the heat transfer process from the combustion engine. The air flow through the radiator between 3.5 and 6.5 m/s, was optimized to get an optimal condition of the radiator cooling system. The results showed that an optimum effectiveness of the radiator would be at 6,5 of the fan speed as indicated by the effectiveness value of 0.598.*

**Key words**: effectiveness, radiator, fan speed

#### PENDAHULUAN

Perkembangan industri otomotif terus mengalami perkembangan dan persaingan yang kompetitif. Dengan adanya kendaraan otomotif sendiri dapat meningkatkan produktivitas waktu pekerjaan. Ada berbagai cara untuk meningkatkan kinerja mesin kendaraan seperti dengan mengoptimalkan alat penukar kalor (*heat exchanger*) diantaranya radiator, AC kondensor dan evaporator (Parashurama, 2015). Radiator dipandang menjadi komponen yang amat vital karena berhubungan langsung dengan proses pendingin mesin. Pada sistem pendingin radiator peningkatan temperatur terjadi karena proses pembakaran udara dan bahan bakar pada ruang bakar. Panas yang bersirkulasi didalam water jacket diteruskan ke fluida pendingin air, sehingga mengakibatkan air yang keluar dari mesin menjadi panas. Air panas tersebut dipompakan ke radiator untuk didinginkan agar mampu menyerap panas. Proses pelepasan panas terjadi pada radiator core. Air panas yang mengalir pada pipa memindahkan panas dari air ke permukaan tube. Kemudian panas dipindahkan dari permukaan dalam ke permukaan luar tube dan diteruskan lagi ke permukaan luar tube ke fins (sirip-sirip radiator) untuk dilepaskan ke udara luar (Murti, 2008).

Dalam mengevaluasi kinerja radiator perlu dikaji efektivitasnya. Hal ini akan berdampak terhadap proses pendinginan yang terjadi pada mesin. Sebelumnya Prasetyo (2006), melakukan penelitian tentang pengaruh debit aliran terhadap efektivitas radiator. Hasil yang diperoleh bahwa proses perpindahan panas dari dinding ke fluida yang bersirkulasi semakin banyak kalor yang diserap.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Simamora, dkk (2015), meneliti tentang variasi putaran mesin dengan mencatat, nilai putaran mesin, suhu udara yang menuju maupun suhu udara yang meninggalkan radiator serta suhu air yang masuk maupun keluar dari radiator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada rpm paling tinggi didapatkan efektivitas tertinggi yaitu pada putaran mesin 2500 rpm dengan nilai efektivitas 0,584. Penelitian ini adalah pengembangan lebih lanjut dari penelitian sebelumnya dengan mengevaluasi kinerja efektivitas radiator dengan mengubah putaran pada kipas radiator.

## METODE

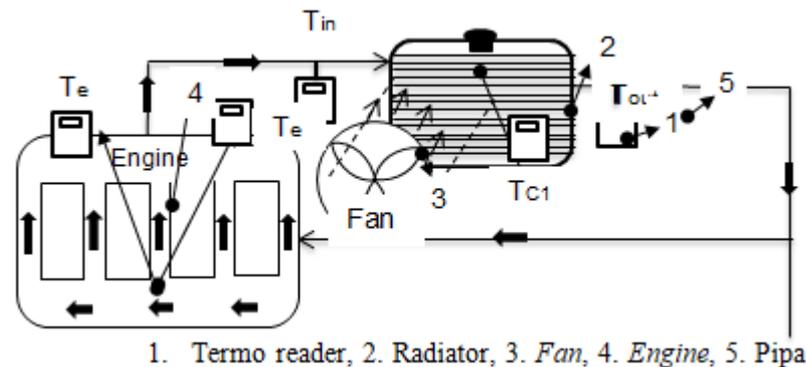
### Persiapan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan mesin mobil BMW yang dilengkapi dengan alat ukur yang diperlukan antara lain : *Thermometer, Anemometer, Stopwatch, Tachometer.*

### Persiapan Pengujian

Sebelum melakukan pengambilan data penelitian, maka perlu dilakukan pemeriksaan dan pengaturan peralatan supaya dapat dioperasikan dengan baik. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. Set mesin pengujian sesuai dengan standar.
2. Set instrumen pada radiator, tegangan listrik, motor penggerak kipas, dan air dalam tangki radiator.
3. Periksa komponen-komponen alat ukur seperti anemometer, stopwatch, dan *thermometer* dalam kondisi baik.
- 4.



**Gambar 1.** Skema alat uji penelitian

### Pelaksanaan Pengujian.

#### Pengambilan Data Awal

1. Mesin dihidupkan.
2. Ambil data pengukuran untuk diujicobakan pada kecepatan udara pada kipas sebesar 3,5 m/s, 4,5 m/s dan 6,5 m/s dengan putaran mesin konstan 1000 rpm.

#### Pengambilan Data Pengujian

1. Mesin dihidupkan
2. Set putaran mesin 1000 (rpm)
3. Set kecepatan aliran udara (m/s), dimana putaran mesin sama dengan putaran kipas (rpm)
4. Catat temperatur air pendingin
  1.  $T_{h1}$  = Temperatur keluar dari mesin masuk radiator ( $^{\circ}\text{C}$ )
  2.  $T_{h2}$  = Temperatur keluar radiator masuk ke mesin ( $^{\circ}\text{C}$ )
5. Ukur temperatur pada aliran udara
  1.  $T_{c1}$  = Temperatur didepan radiator (udara yang mengarah pada radiator) ( $^{\circ}\text{C}$ )
  2.  $T_{c2}$  = Temperatur dibelakang radiator (udara yang keluar dari radiator) ( $^{\circ}\text{C}$ )

6. Semua data yang diperoleh digunakan untuk analisis unjuk kerja radiator
7. Matikan Mesin
8. Lakukan langkah 1 sampai dengan 8 untuk pengambilan data.

Spesifikasi radiator yang digunakan pada penelitian eksperimen ini adalah, seperti tertera pada tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Radiator

No	Data	Nilai
1.	Tipe Radiator	<i>Compact heat exchanger flat tube, flat fin</i>
2.	Volume Radiator	P x L x T = 450 mm x 40 mm x 420 cm
3.	Luas tube	Tebal 2 mm x lebar 40 mm x panjang 45 mm
4.	Panjang tube	450 mm
5.	Jumlah baris tube	43
6.	Jumlah tube tiap baris	2
7.	Jarak antar tube	10 mm
8.	Bahan	Aluminium

#### Metode Perhitungan

Pada penelitian ini menggunakan rumus metode efektivitas pendinginan. Metode efektivitas mempunyai beberapa keuntungan untuk menganalisa perbandingan berbagai jenis penukar kalor untuk menentukan jenis yang terbaik untuk melaksanakan perpindahan kalor tertentu.

Rumus perhitungan efektivitas penukar kalor (*Heat Exchange Effectiveness*) formula sebagai berikut (Holman, 1999 : 489) :

$$\varepsilon = \frac{\text{Perpindahan kalor maksimum}}{\text{Perpindahan kalor nyata}} \dots \dots \dots (1)$$

Perpindahan kalor yang sebenarnya (aktual) dapat dihitung dengan energi yang dilepaskan oleh fluida panas/energi yang diterima oleh fluida dingin untuk *heat exchanger* pada aliran yang berlawanan.

$$q = m_h c_h \Delta T (T_{h1} - T_{h2}) \dots \dots \dots (2)$$

Perhitungan efektivitas dengan fluida yang menunjukkan nilai mc yang minimum untuk *heat exchanger* lawan arah maka :

$$\varepsilon_h = \frac{m_h c_h (T_{h1} - T_{h2})}{m_h c_h (T_{h1} - T_{h2})} = \frac{T_{h1} - T_{h2}}{T_{h1} - T_{C2}} \dots \dots \dots (3)$$

$$\varepsilon_h = \frac{m_c c_c (T_{C1} - T_{C2})}{m_h c_h (T_{h1} - T_{C2})} = \frac{T_{C1} - T_{C2}}{T_{h1} - T_{C2}} \dots \dots \dots (4)$$

Secara umum efektivitas dapat dinyatakan sebagai :

$$\varepsilon = \frac{\Delta T (\text{fluida minimum})}{\text{Beda suhu maksimum didalam penukar kalor}} \dots (5)$$

Apabila fluida dingin ialah fluida minimum, maka :

$$\varepsilon = \frac{T_{C2} - T_{C1}}{T_{h1} - T_{C1}} \dots \dots \dots (6)$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pengujian yang telah dilakukan didapatkan dari data eksperimen. Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin BMW E.36. Pengambilan data penelitian ini dilakukan dengan mengukur suhu yang bersirkulasi pada instrumen peralatan radiator. Pengambilan data secara keseluruhan dari variasi kecepatan udara pada kipas (3,5; 4,5; 6,5) m/s dengan putaran mesin konstan 1000 rpm.

**Tabel 2.** Data eksperimen pada laju kecepatan kipas sebesar 3,5 m/s (putaran 1000 rpm)

No	Waktu (Menit)	T <sub>h1</sub> (°C)	T <sub>h2</sub> (°C)	T <sub>c1</sub> (°C)	T <sub>c2</sub> (°C)	Putaran Mesin (rpm)	Effectivitas ε
1	1	44,3	35,5	36,4	38,6	1000	0,27848101

2	2	44,3	35,5	36,5	38,6	1000	0,26923077
3	3	50,3	40,5	40,9	45,4	1000	0,4787234
4	4	55,5	43,5	43,9	50,7	1000	0,5862069
5	5	59,3	45,1	46,5	55,2	1000	0,6796875
6	6	62,2	49,1	48,7	58	1000	0,68888889
7	7	65,4	51,8	50,2	61,4	1000	0,73684211
8	8	67,7	53,5	51,2	63,3	1000	0,73333333
9	9	69,4	55,1	53,7	65,8	1000	0,77070064
10	10	70,5	57,5	53,7	66,8	1000	0,7797619

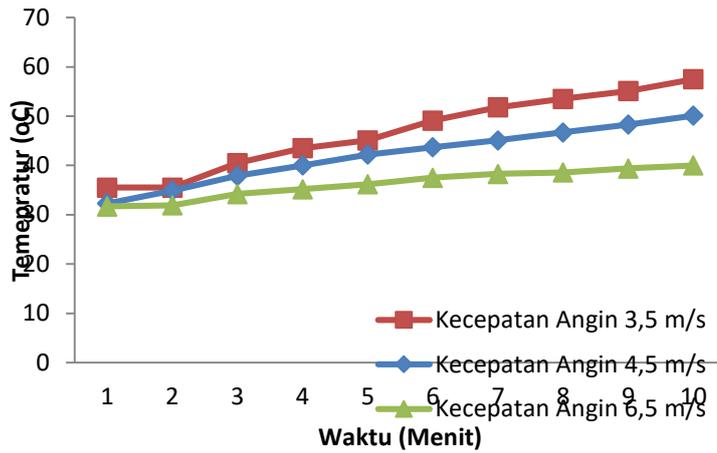
**Tabel 3.** Data eksperimen pada laju kecepatan kipas sebesar 4,5 m/s (putaran 1000 rpm)

No	Waktu (Menit)	T <sub>h1</sub> (°C)	T <sub>h2</sub> (°C)	T <sub>c1</sub> (°C)	T <sub>c2</sub> (°C)	Putaran Mesin (rpm)	Effectivitas $\epsilon$
1	1	44,3	32,3	35,9	37,5	1000	0,566667
2	2	44,3	34,9	39,7	43,5	1000	0,186441
3	3	50,3	37,9	42,9	48,6	1000	0,509434
4	4	55,5	40	44,9	51,9	1000	0,538462
5	5	59,3	42,2	46,6	54,8	1000	0,534351
6	6	62,2	43,7	48,3	57,3	1000	0,606667
7	7	65,4	45,1	49,1	59,4	1000	0,597765
8	8	67,7	46,7	51,3	61,3	1000	0,54955
9	9	69,4	48,3	52,9	63,2	1000	0,517375
10	10	70,5	50,1	54,3	64,7	1000	0,384858

**Tabel 4.** Data eksperimen pada laju kecepatan kipas sebesar 6,5 m/s (putaran 1000 rpm)

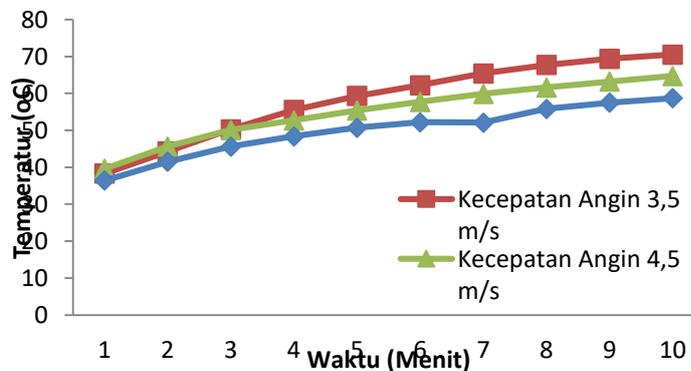
No	Waktu (Menit)	T <sub>h1</sub> (°C)	T <sub>h2</sub> (°C)	T <sub>c1</sub> (°C)	T <sub>c2</sub> (°C)	Putaran Mesin (rpm)	Effectivitas $\epsilon$
1	1	36,4	35,5	36,4	38,6	1000	0,411765
2	2	41,5	35,5	36,5	38,6	1000	0,526882
3	3	45,6	40,5	40,9	45,4	1000	0,582609
4	4	48,4	43,5	43,9	50,7	1000	0,583333
5	5	50,7	45,1	46,5	55,2	1000	0,587413
6	6	52,2	49,1	48,7	58	1000	0,585987
7	7	52,1	51,8	50,2	61,4	1000	0,564706
8	8	55,8	53,5	51,2	63,3	1000	0,589189
9	9	57,5	55,1	53,7	65,8	1000	0,608466
10	10	58,7	57,5	53,7	66,8	1000	0,611111

Dari hasil pengambilan data dan perhitungan tersebut, kemudian dianalisis grafik dari temperatur keluar radiator, analisis efektivitas radiator ( $\epsilon$ ) terhadap waktu seperti yang dijelaskan pada gambar dibawah.



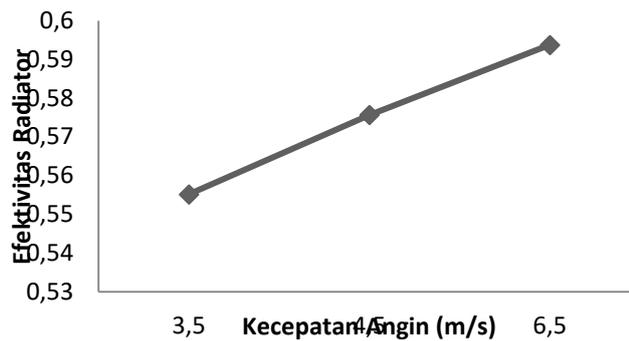
**Gambar 2.** Temperatur Out Radiator (°C) Terhadap Waktu (Menit)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa temperatur output pada sisi radiator mengalami penurunan. Ini disebabkan karena seiring dengan penambahan laju kecepatan angin maka kemampuan udara untuk mendinginkan radiator lebih cepat. Temperatur mulai stabil grafiknya dimulai pada menit ke tiga yang mana masing-masing kecepatan mengalami kenaikan temperatur yang seimbang. Temperatur tertinggi pada menit ke 10 sebesar 57,5 °C pada kecepatan angin pada kipas sebesar 3,5 m/s. Sedangkan pada menit ke 10 temperatur terendah didapatkan dari kecepatan 6,5 m/s sebesar 40 °C. Temperatnya menurun seiring dengan proses laju pembuangan panas pada radiator yang baik dimana panas pada radiator dibuang ke lingkungan (Wiryanta, 2017).



**Gambar 3.** Temperatur In Radiator (°C) Terhadap Waktu (Menit)

Pada pengujian menunjukkan bahwa temperatur masuk (in) pada sisi radiator pada masing-masing kecepatan mengalami penurunan. Ini disebabkan karena seiring dengan penambahan laju kecepatan angin maka kemampuan udara untuk mendinginkan radiator lebih cepat. Temperatur mulai stabil grafiknya dimulai pada menit ke tiga yang mana masing-masing kecepatan mengalami kenaikan temperatur yang seimbang. Temperatur tertinggi pada menit ke 10 sebesar 70,5 °C pada kecepatan angin pada kipas sebesar 3,5 m/s. Sedangkan pada menit ke 10 temperatur terendah didapatkan dari kecepatan 6,5 m/s sebesar 58,7 °C. Temperaturnya menurun seiring dengan proses laju pembuangan panas pada radiator yang baik dimana panas pada radiator dibuang ke lingkungan (Wiryanta, 2017).



**Gambar 4.** Efektivitas Radiator ( $\epsilon$ ) Terhadap Kecepatan Angin Pada Kipas (m/s)

Pada perhitungan efektivitas radiator terhadap kecepatan kipas (m/s) dengan hasil kesesuaian antara temperatur output radiator pada sisi air ( $^{\circ}\text{C}$ ), dimana efektivitas radiator mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kecepatan pada putaran kipas. Ini menunjukkan bahwa radiator pada sistem yang digunakan pada mobil tersebut berfungsi cukup baik. Efektivitas radiator rata-rata terendah pada kecepatan paling rendah yaitu 3,5 m/s sebesar 0,557 tertinggi pada kecepatan angin 6,5 m/s yaitu sebesar 0,598.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan, analisis data dan pembahasan diatas diketahui bahwa kondisi optimum radiator diperoleh pada kecepatan kipas 6,5 m/s. Hal ini ditandai dengan adanya peningkatan suhu dibelakang radiator dan penambahan kecepatan kipas radiator. Nilai efektivitas radiator rata-rata terendah pada kecepatan kipas 3,5 m/s sebesar 0,557 tertinggi pada kecepatan kipas 6,5 m/s yaitu sebesar 0,598. Pengoperasian radiator dengan mengatur kecepatan kipas 6,5 mampu meningkatkan efektivitas radiator sebesar 7,36 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hollman, J. P. (1999). *Perpindahan Kalor*. Erlangga : Jakarta.
- Murti, R. M. (2008). Laju Pembuangan panas pada radiator dengan fluida campuran 80 % air dan 20 % RC pada Rpm Konstan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, 2(1), 4-9.
- Nazzaruddin., & Yuliani. (2013). Analisa Debit Aliran Fluida Terhadap Efektivitas Radiator. *JURNAL APTEK*, 5(1).
- Prasetyo, Y. (2006). *Pengaruh Debit Aliran Terhadap Efektivitas Radiator*. Skripsi, S1 Pendidikan Teknik Mesin, UNNES, Semarang.
- Parashurama, M. S., Dhananjaya, D. A., & Kumar N, R. R. (2015). Experimental Study of Heat Transfer in a Radiator using Nanofluid. *International Journal of Engineering and Research*. 3(2). ISSN: 2321-9939.
- Prasetyo, T. B. (2007). Pengujian Karakteristik Unjuk Kerja Radiator. *Jurnal MESIN*, 9 (1), 107-113.
- Simamora, F.D., Sappu. P. F., & Ulaan Y. V. T. (2015). Analisis Efektivitas Radiator Pada Mesin Toyota Kijang TIPE 5 K. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, 4(2).
- Soebiyakto, G. (2012). Analisis Volume Air Radiator Terhadap Perubahan Temperatur Pada Motor Diesel Chevrolet. *Jurnal PROTON*, 4(1), 1-5.
- Wiryanta, H. E. K. I. (2017). Studi Eksperimental Unjuk Kerja Radiator Pada Sumber Energi Panas Pada Rancang Bangun Simulasi Alat Pengering. *JURNAL LOGIC*, 17(2).