

## Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Unjuk Kerja Dan Karakteristik Perpindahan Panas Radiator Nmax

Amnur Akhyan<sup>1</sup>, Ridho Syahrul<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknologi Industri, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Caltex Riau

<sup>1</sup>akhyan@pcr.ac.id <sup>2</sup>ridhosyh@alumni.pcr.ac.id

### Abstract

*This study uses the  $\epsilon$ -NTU method to analyze the data. The radiator used is a 155cc Yamaha Nmax motorcycle radiator with vertical flow type, flat tube and louvered fins, fan/fan as a simulation source, with a mixture of 50% water + 50% coolant radiator. The water flow rate is constant 4 lpm and the hot fluid temperature is constant 80°C. The variation of air flow velocity used in this test is 4-8 m/s and is adjusted using a dimmer as a tool. From the tests that have been carried out, the largest air flow rate occurs at a fan speed of 8 m/s. The highest heat transfer rate occurs at a fan speed of 8 m/s at 0,0735 kW and the largest overall heat also occurs at a fan speed of 8 m/s at 9.50 W/m<sup>2</sup>°C. The maximum radiator efficiency occurs at a fan speed of 5 m/s with a value of 7.59*

Keywords: *Effectiveness,  $\epsilon$ -NTU Method, Nmax 155cc Radiator*

### Abstrak

Penelitian ini menggunakan metode  $\epsilon$ -NTU untuk menganalisis data. Radiator yang digunakan adalah radiator sepeda motor Yamaha Nmax 155cc dengan jenis aliran *vertical*, *flat tube* dan *louvered fins*, kipas/*fan* sebagai sumber angin simulasi, dengan campuran 50% air + 50% *coolant* radiator. Laju aliran air konstan 4 lpm dan temperatur fluida panas konstan 80°C. Variasi kecepatan aliran udara yang digunakan pada pengujian kali ini adalah 4-8 m/s dan diatur menggunakan *Dimmer* sebagai alat bantu. Dari pengujian yang telah dilakukan didapat laju massa aliran udara yang paling besar terjadi pada kecepatan kipas 8 m/s. Laju perpindahan panas yang paling besar terjadi dikecepatan kipas 8 m/s sebesar 0,0735 kW dan panas menyeluruh terbesar juga terjadi dikecepatan kipas 8 m/s yaitu sebesar 9,50 W/m<sup>2</sup>°C. Efisiensi radiator maksimum terjadi pada kecepatan kipas 5 m/s dengan nilai sebesar 7,59.

Kata kunci: Efektifitas, Metode  $\epsilon$ -NTU, Radiator Nmax 155cc.

### 1. Pendahuluan

Sistem pendingin merupakan bagian utama dalam sebuah *engine* yang berfungsi untuk menjaga kondisi mesin agar tetap berada pada temperatur kerja, yaitu sebesar 80°C-90°C. Untuk mempertahankan kondisi tersebut dibutuhkan kerja yang optimal dari sistem pendingin. Salah satu komponen sistem pendingin yang penting adalah radiator.

Radiator adalah alat yang berfungsi untuk mendinginkan fluida cair yang telah menyerap panas dari *engine* dengan cara membuang panas air tersebut melalui sirip-sirip pendinginnya. Hal ini bertujuan agar mesin mendapatkan pendinginan yang maksimal sesuai yang dibutuhkan *engine*.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh Eqwar Saputra, dkk dengan judul didapat nilai

efektifitas radiator rata-rata terendah pada kecepatan 3,5 m/s sebesar 0,557 dan tertinggi pada kecepatan kipas 6,5 m/s sebesar 0,598 [1].

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Hadi B, dkk dengan judul "Efektifitas Variasi Campuran Radiator *Coolant* Dengan Air Terhadap Laju Pembuangan Panas" didapat bahwa campuran air dan *coolant* yang paling baik ada pada 50% air dan 50% *coolant* [2].

Dengan memvariasikan beberapa ukuran diameter pipa didapat beberapa data dan dapat disimpulkan bahwa diameter pipa semakin besar maka efektifitas penyerapan panasnya semakin besar, dan fluida radiator dengan nilai titik didih yang lebih besar maka semakin besar pula nilai efektifitas penyerapan panasnya. Hal ini ditandai dengan nilai efektifitas yang didapat pada radiator dengan variasi fluida 100% radiator *coolant* dan diameter pipa 30 mm yaitu

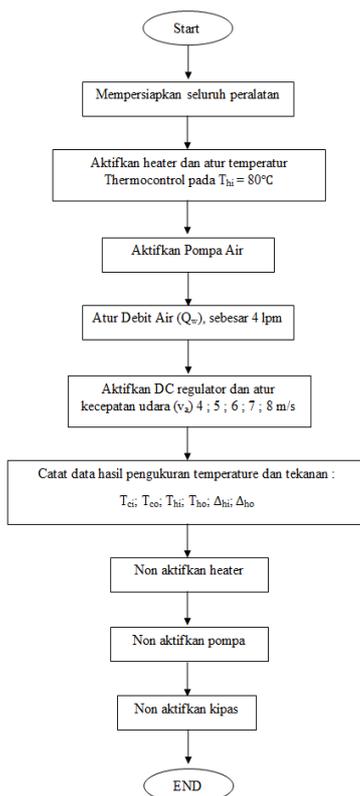
sebesar 0,528. Nilai tersebut merupakan nilai efektifitas tertinggi dari semua percobaan variasi radiator [3].

Penelitian pada kali ini akan mengembangkan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang bertujuan untuk mengetahui laju pembuangan panas pada radiator sepeda motor Yamaha Nmax 155 cc. Jenis radiator yang di pakai adalah jenis vertikal dengan *flat tube* dan *louvered fins*. Komposisi *coolant* yang di pakai adalah 50% air + 50% *coolant* radiator dengan temperatur fluida panas diatur konstan pada 80°C (variabel tetap), debit aliran yang dipakai adalah konstan 4 lpm. Variasi kecepatan udara yang akan diuji sebesar antara 4-8 m/s sebagai variabel bebas.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Diagram alir penelitian

Pada diagram alir dibawah ini menjelaskan bagaimana tata cara dan metode pengambilan data yang sesuai dengan prosedur yang telah ada seperti pada Gambar 1.

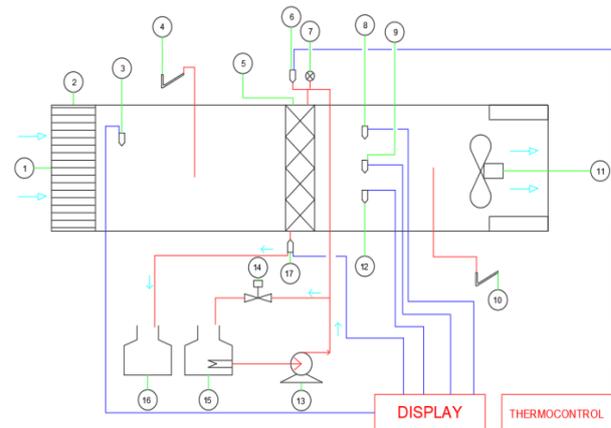


Gambar 1. Diagram alir penelitian

### 2.2. Eksperimen Apparatus

Gambar 2 menjelaskan langkah-langkah, komponen-komponen dan alat ukur yang digunakan saat eksperimen. Udara masuk melalui *Flow Straightener* akibat dari isapan fan dan kemudian temperaturnya terukur oleh termokopel TC udara masuk. Tekanan udara masuk diukur menggunakan Manometer *Inclined*. Selanjutnya udara masuk menumbuk

radiator panas dan keluar dari radiator temperatur diukur oleh termokopel TC udara keluar.



Gambar 2. Eksperimen Apparatus

Keterangan:

1. Udara masuk
2. *Flow Straightener*
3. TC udara masuk
4. Manometer *Incline* udara masuk
5. Radiator
6. TC Air masuk
7. *Pressure Gauge*
8. TC udara keluar (1)
9. TC udara keluar (2)
10. Manometer *Incline* udara keluar
11. *Fan* & udara keluar
12. TC udara keluar (3)
13. *Water pump*
14. *Gate Valve*
15. Bak air panas
16. Bak penampung fluida (*coolant*)
17. TC air keluar

### 2.3. Prosedur Pengambilan Data

Langkah-langkah dalam pengambilan data:

1. Siapkan alat uji beserta bahan-bahan yang dibutuhkan dalam proses pengujian
2. Sebelum menghidupkan *heater*, campurkan air biasa dengan air radiator *coolant* yamalube dengan komposisi 50% air dengan 50% *coolant* radiator



Gambar 3. Campuran *coolant* dan air

3. Siapkan manometer untuk mengukur tekanan dengan memasukkan fluida pengukur pada manometer tersebut.



Gambar 4. Manometer Inclined

- Masukkan air yang telah bercampur tadi ke dalam tangki 1 dan atur debit aliran air dengan menghidupkan pompa dan diatur menggunakan *valve*, sehingga didapat debit aliran air 4 lpm, setelah itu matikan terlebih dahulu pompa.



Gambar 5. Pengaturan Debit Aliran

- Hidupkan heater, atur suhu *thermocontrol* pada suhu 80°C



Gambar 6. Thermocontrol

- Hidupkan kipas pada kecepatan yang akan di uji.



Gambar 7. Kipas Hisap

- Setelah suhu mencapai 80°C, hidupkan pompa air dan catat beberapa data yang akan diuji pada pengujian kali ini, seperti suhu udara masuk dan suhu udara keluar yang akan terbaca pada *display thermocouple*.



Gambar 8. Display Thermocouple

- Selanjutnya lihat pergerakan pada manometer *inclined* untuk mengukur tekanan yang terjadi.

- Ulangi prosedur seperti diatas untuk variasi kecepatan kipas lainnya
- Setelah semua data didapat, non aktifkan semua peralatan yang dipakai pada pengujian dan lakukan *cleaning* agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data eksperimen. Jenis radiator yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah radiator sepeda motor Yamaha Nmax 2020 dengan jenis *Corrugated Louvered Fin* dimana jenis *tube* pada radiator tersebut adalah *flat tube* dan sirip-sirip (*fin*) nya berbentuk pipih.

Adapun data yang ditinjau pada penelitian kali ini adalah suhu udara yang masuk pada *test section*, suhu udara setelah menabrak radiator, tekanan udara sebelum dan setelah menabrak radiator, dan suhu air masuk dan suhu air keluar setelah radiator (*Eksperiment Apparatus*).

#### 3.1. Data Hasil Pengujian

Setelah dilakukannya pengujian didapat data seperti pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 3.

Tabel 1. Data Udara Masuk Dan Keluar Radiator

$v_a$	$Q_w$	$T_{a1}$ (°C)	$T_{a2}$ (°C)
4 m/s	4 lpm	31,22	50,72
5 m/s	4 lpm	30,03	52,57
6 m/s	4 lpm	30,16	49,57
7 m/s	4 lpm	32,11	49,65
8 m/s	4 lpm	31,75	48,56

Tabel 2. Data Air Masuk Dan Keluar Radiator

$v_a$	$Q_w$	$T_{w1}$ (°C)	$T_{w2}$ (°C)
4 m/s	4 lpm	80,40	77,76
5 m/s	4 lpm	80,83	78,90
6 m/s	4 lpm	80,03	76,50
7 m/s	4 lpm	79,40	73,30
8 m/s	4 lpm	79,76	74,20

Tabel 3. Data Perbedaan Ketinggian Pada Manometer Inclined

$v_a$	$Q_w$	$z_1$ (cm)	$z_2$ (cm)
4 m/s	4 lpm	0,3	0,5
5 m/s	4 lpm	0,25	0,4
6 m/s	4 lpm	0,2	0,3
7 m/s	4 lpm	0,15	0,25
8 m/s	4 lpm	0,1	0,2

### 3.2. Analisis Efektifitas Pada Radiator Menggunakan Metode $\epsilon$ -NTU

#### A. Laju Massa Aliran Udara dan Air

Laju aliran massa udara dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$m_a = \rho_a \cdot v_a \cdot A_{fr} \left(\frac{kg}{s}\right) \quad (1)$$

Untuk laju massa aliran air, dapat dihitung dengan persamaan:

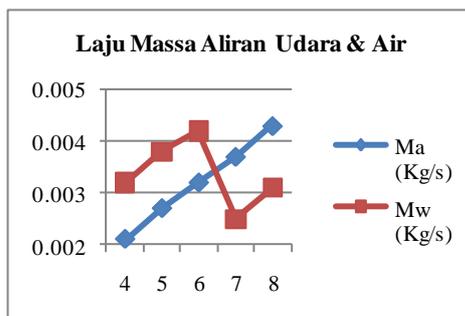
$$m_a C_a \Delta T_a = m_w C_w \Delta T_w \quad (2)$$

$$m_w = \frac{m_a C_a \Delta T_a}{C_w \Delta T_w} \quad (3)$$

Didapat data seperti pada Tabel 4, untuk laju massa aliran udara ( $m_a$ ) dan laju massa aliran air ( $m_w$ )

$v_a$	$Q_w$	$m_a \left(\frac{kg}{s}\right)$	$m_w \left(\frac{kg}{s}\right)$
4 m/s	4 lpm	0,0021	0,0032
5 m/s	4 lpm	0,0027	0,0038
6 m/s	4 lpm	0,0032	0,0042
7 m/s	4 lpm	0,0037	0,0025
8 m/s	4 lpm	0,0043	0,0031

Pada grafik Gambar 9 pergerakan laju massa aliran udara ( $M_a$ ) meningkat seiring meningkatnya kecepatan aliran udara, sedangkan pada laju massa aliran air ( $M_w$ ) terjadi peningkatan dan penurunan seiring dengan naiknya kecepatan kipas, hal ini menandakan bahwa tidak adanya pengaruh peningkatan kecepatan aliran udara terhadap laju massa aliran air.



Gambar 9. Grafik Laju Massa Aliran Udara dan Air

#### B. Laju Perpindahan Panas

Dengan didapatnya laju massa aliran udara, dapat kita ketahui laju perpindahan panas menggunakan persamaan:

$$Q_a = m_a C_{pa} (T_{a2} - T_{a1}) \quad (4)$$

Dimana  $T_{a1}$  merupakan suhu udara masuk sebelum menumbuk radiator dan  $T_{a2}$  merupakan suhu udara rata-rata setelah menumbuk radiator dari  $T_{a2}, T_{a3}$ , dan  $T_{a4}$ . Didapat data seperti pada tabel 5 untuk laju perpindahan panas udara.

Tabel 5. Laju Perpindahan Panas Radiator

$v_a$	$Q_w$	$T_{a1} (^{\circ}C)$	$T_{a2} (^{\circ}C)$	$Q_a (kW)$
4 m/s	4 lpm	31,22	50,72	0,0409
5 m/s	4 lpm	30,03	52,57	0,0608
6 m/s	4 lpm	30,16	49,57	0,0621
7 m/s	4 lpm	32,11	49,65	0,0647
8 m/s	4 lpm	31,75	48,56	0,0735

Dari grafik Gambar 10. dapat dilihat bahwa ketika kecepatan kipas dinaikkan bertahap dari kecepatan 4 m/s sampai dengan 8 m/s laju perpindahan panasnya meningkat sesuai dengan meningkatnya kecepatan kipas, sehingga dapat disimpulkan bahwa laju perpindahan panas berbanding lurus dengan peningkatan kecepatan kipas dan laju perpindahan panas yang paling baik terjadi pada kecepatan kipas 8 m/s.



Gambar 10. Grafik Perpindahan Panas Menyeluruh Udara

#### C. Tekanan Pada Test Section

Dengan menggunakan persamaan manometer *inclined*, mengacu pada data-data yang telah didapat pada percobaan sebelumnya, karena tekanan pada *test section* sangat kecil, maka dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (7)$$

Sehingga didapatkan data seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Tekanan Pada Test Section

$v_a$	$Q_w$	$z_1$	$z_2$	$P_1$	$P_2$
4 m/s	4 lpm	0,30	0,5	27,05	45,08
5 m/s	4 lpm	0,25	0,4	22,54	36,07
6 m/s	4 lpm	0,20	0,30	18,03	27,05
7 m/s	4 lpm	0,15	0,25	13,52	22,54
8 m/s	4 lpm	0,10	0,20	9,01	18,03

Pada Tabel 6. dapat dilihat bahwa ketika kecepatan 4 m/s tekanan pada manometer udara masuk dan keluar lebih besar daripada kecepatan 8 m/s. Menurut hukum Bernoulli, ketika kecepatan udara tinggi maka tekanannya rendah, begitu juga sebaliknya sehingga tekanan pada pengujian kali ini menurun seiring meningkatnya kecepatan kipas yang dihidupkan.

Tekanan pada *test section* sangat kecil, bergerak turun seiring bertambahnya kecepatan udara, tekanan *test*

section masuk tertinggi ada pada kecepatan 4 m/s yaitu sebesar 27,05 dan pada test section sisi keluar sebesar 45,08 m/s.

**D. Efektifitas Radiator Menggunakan Metode ε-NTU**

Untuk menghitung efektifitas radiator, pertama-tama kita harus mengetahui nilai NTU nya menggunakan persamaan:

$$NTU = \frac{UxA}{C_{min}} \quad (8)$$

Dimana nilai Cmin/Cmax di tentukan dengan persamaan:

$$C_a = m_a C_{pa} \quad (\text{Untuk sisi udara}) \quad (9)$$

$$C_a = m_w C_{pw} \quad (\text{Untuk sisi air}) \quad (10)$$

Jika nilai Ca > Cw maka Ca adalah Cmax begitu juga sebaliknya jika nilai Ca < Cw maka Ca adalah Cmin.

Setelah mendapatkan nilai cmin/cmax, kita dapat menentukan nilai Cr, dan nilai efektifitas radiator dapat dihitung menggunakan persamaan:

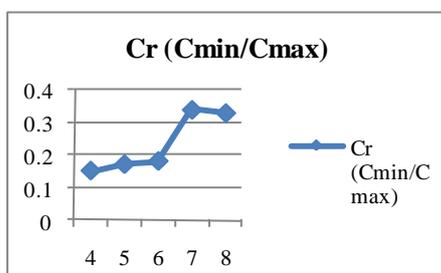
$$\varepsilon = \frac{1 - \exp(-C_r(1 - \varepsilon^{-NTU}))}{C_r}, \quad C_{min} = C_a \quad (11)$$

Dan dapat dilihat data yang didapat setelah mendapatkan perhitungannya tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Laju Perpindahan Panas Radiator

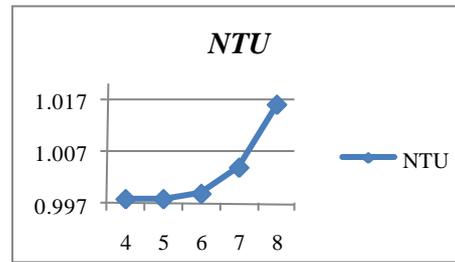
v <sub>a</sub>	Q <sub>w</sub>	U <sub>a</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	NTU	ε	Cr
4 m/s	4 lpm	4,56	0,998	4,96	0,15
5 m/s	4 lpm	5,86	0,998	7,59	0,17
6 m/s	4 lpm	6,95	0,999	7,27	0,18
7 m/s	4 lpm	8,08	1,004	4,66	0,34
8 m/s	4 lpm	9,50	1,016	4,76	0,33

Nilai Cr yang didapat adalah pembagian dari Cmin/Cmax, dimana kapasitas sisi udara sebagai Cmin, dan kapasitas sisi air sebagai Cmax, di dapat data nilai Cr kecepatan kipas 4 m/s bergerak naik sampai dengan kecepatan kipas 7 m/s nilai Cr paling tinggi pada kecepatan 7 m/s yaitu sebesar 0,34.



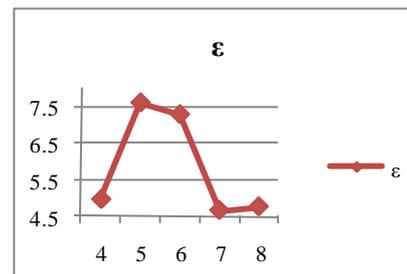
Gambar 11. Grafik Nilai Cr

Pada grafik Gambar 12 nilai NTU telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya, grafik diatas menampilkan bahwa nilai NTU bergerak naik seiring bertambahnya kecepatan kipas, dan nilai NTU paling tinggi pada kecepatan 8 m/s.



Gambar 12. Grafik Nilai NTU

Pada grafik Gambar 12 nilai efektifitas radiator didapat, nilai efektifitas radiator tertinggi terdapat pada kecepatan kipas 5 m/s sebesar 7,59 dan paling rendah pada kecepatan kipas 7 m/s sebesar 4,66. Karena kecepatan kipas 5 m/s memiliki nilai efektifitas paling tinggi, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa efektifitas radiator paling baik terjadi pada kecepatan kipas 5 m/s.



Gambar 13. Grafik Efektifitas Pada Radiator

**4. Kesimpulan**

Laju massa aliran udara yang paling besar terjadi pada kecepatan 8 m/s sebesar 0,0043 kg/s dan pergerakan laju massa aliran udara meningkat dengan meningkatnya kecepatan aliran udara, sehingga semakin tinggi kecepatan udara maka semakin cepat pula laju massa aliran udaranya. Laju perpindahan panas berbanding lurus dengan kecepatan udara, sehingga semakin tinggi kecepatan udara maka semakin cepat pula laju perpindahannya sehingga laju perpindahan panas yang paling bagus berada pada kecepatan kipas 8 m/s sebesar 0,0735 kW. Nilai perpindahan panas menyeluruh radiator terjadi pada kecepatan kipas 8 m/s yaitu sebesar 9,50 W/m<sup>2</sup>°C Tekanan yang diukur menggunakan manometer inclined berbanding terbalik dengan kecepatan udara, menurut hokum Bernoulli semakin tinggi kecepatan maka semakin kecil tekanannya, begitu juga sebaliknya. Nilai efektifitas tertinggi terjadi pada kecepatan kipas 5 m/s dan terendah pada kecepatan 7 m/s. Sehingga efektifitas perpindahan panas yang terjadi pada kecepatan 5 m/s adalah efektifitas maksimum dan paling baik yaitu sebesar 7,59.

**Ucapan Terimakasih**

Terimakasih kepada orang tua penulis, kepada pembimbing penelitian yang telah memberikan saran yang bermanfaat serta semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian.

**Daftar Rujukan**

- [1] E. Saputra, "Kinerja Radiator Kendaraan Pada Berbagai Laju Aliran Udara," *The 8th University Research Qollquium 2018*, pp. 113-118, 2018.
  - [2] A. Z. M. Hadi B, "Efektifitas Variasi Campuran Radiator Coolant Dengan Air Terhadap Laju Pembuangan Panas," *Jurnal ROTOR*, vol. VII, no. 1, pp. 35-38, 2014.
  - [3] M. F. Arif, "Analisa Pengaruh Diameter Pipa Dan Fluida Radiator Terhadap Efektifitas Penyerapan Panas Pada Mesin Motor Bensin 135cc," *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin*, vol. I, no. 1, pp. 1-8, 2018.
  - [4] A. Su'udi, "Perancangan dan Pengujian Radiator Tester Skala Laboratorium yang Terintegrasi Pengatur Putaran Mesin dan Hembusan Angin (Regulator Wind Blower)," *Jurnal Mechanical*, vol. V, no. 1, pp. 16-20, 2014.
  - [5] D. F. Simamora, "Analisis Efektifitas Radiator Pada Mesin Toyota Kijang Tipe 5 K," *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, vol. IV, no. 2, pp. 138-147, 2015.
  - [6] N. Hidayat, "Perbandingan Kemampuan Pelepasan Panas Pada Alat Penukar Panas Radiator Straight Fin Jenis Circular Cylinder Tube Dengan Flat Tube," *Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, vol. XIX, no. 1, pp. 17-24, 2019.
  - [7] M. R. Murti, "Laju Pembuangan Panas Pada Radiator Dengan Fluida Campuran 80% Dan 20% Air Pada Rpm Konstan," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, vol. II, no. 1, pp. 4-9, 2008.
  - [8] E. F. Kusmawan, "Pengaruh Honeycomb Sebagai Penyearah Aliran Fluida Pada Open Circuit Wind Tunnel," *Semantic Scholar*, Depok, 2016.
  - [9] Toyota, *New Step 1 Training Manual*, Jakarta: PT Toyota Astra Motor, 1995 .
  - [10] A. L. Kays W.M, *Compact Heat Exchangers*, 2nd edition, New York: Mc Graw-Hill, Book Company, Inc, 1964.
-