

STUDI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA RADIATOR PADA SUMBER ENERGI PANAS PADA RANCANG BANGUN SIMULASI ALAT PENGERING

I Kadek Ervan Hadi Wiryanta

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran, P.O Box 1064 Tuban, Badung – Bali
Phone: +62-361-701981
email : ervanhw@pnb.ac.id

Abstrak : Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja temperatur dari radiator bekas type *tube and fins*. Penelitian dilakukan secara eksperimental pada sebuah rancangan simulasi alat pengering. Skema ini terdiri dari sebuah tangki reservoir penampung air, heater sebagai pemanas air, pompa untuk mensirkulasikan air panas menuju radiator dan sebuah kipas pendingin untuk membuang panas. Laju alir massa air panas adalah 0,486 kg/s, dan kecepatan udara pendingin dari kipas sebesar 1 m/s. Unjuk kerja yang diamati adalah potensi panas buang yang dihasilkan oleh radiator dan efektivitas dari radiator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar panas buang yang dihasilkan oleh radiator cenderung meningkat terhadap waktu dengan besar laju perpindahan panas rata-rata 3974.3 watt, dan besar laju perpindahan panas maksimum 4680 Watt pada waktu 6 menit. Efektivitas radiator (ϵ) terhadap waktu cenderung meningkat dengan rata-rata $\epsilon = 0.3$ dan nilai efektivitas maksimum diperoleh pada waktu 12 menit yaitu sebesar 0.35

Kata kunci : Radiator, Panas buang, Efektivitas, Laju perpindahan panas.

EXPERIMENTAL STUDY OF RADIATOR PERFORMANCE AS SOURCE OF HEAT ENERGY IN A DRYER SIMULATION DESIGN

Abstract : The purpose of this experiment was to investigate temperature performances of *tube and fins* radiator. The experiment was carried out experimentally on a simulation design consists of a reservoir water tank, a heater, pump to circulate hot water to the radiator and a cooling fan. The hot water mass flow rate is 0.486 kg/s, and the cooling air velocity of the fan is 1 m/s. The heat transfer rate of radiator and the radiator effectiveness was investigated. The results showed that the exhaust heat transfer rate from the radiator tended to increase over time, with an average heat transfer rate of 3974.3 Watt. The maximum heat transfer rate is 4680 Watt obtained at 6 minutes. The effectiveness of the radiator (ϵ) over time tends to increase with an average of $\epsilon = 0.3$ and the maximum effectiveness value is obtained at 12 minutes ie 0.35

Keywords : radiator, heat exhaust, effectiveness, heat transfer rate.

I. PENDAHULUAN

Radiator adalah sebuah alat penukar kalor kompak (*compact heat exchangers*) yang digunakan untuk mentransfer energi panas dari satu medium ke medium lainnya untuk tujuan pendinginan dan pemanasan. Sebagai alat penukar kalor, radiator akan bekerja dengan cara mentransfer beda temperatur dari dua buah fluida yang berbeda. Radiator pada umumnya lebih banyak digunakan pada dunia otomotif (motor dan mobil) sebagai alat untuk menjaga temperatur dari mesin kendaraan agar tetap berada pada temperatur kerja optimal (80° C - 90° C). Hasil panas buang dari udara yang dihasilkan oleh radiator merupakan sebuah sumber panas yang cukup potensial untuk dimanfaatkan kembali, baik sebagai

pemanas udara, pengering dan lain sebagainya. Aplikasi radiator menjadi alat pemanas atau pengering tentunya dapat membantu masyarakat dalam produktivitas sehari-hari.

Beberapa penelitian tentang unjuk kerja radiator telah dilakukan, ini penting dalam sebuah perancangan aplikasi pengering nantinya, agar dapat diketahui unjuk kerja, efektivitas dari radiator sebagai sumber energi panasnya. Kajian terhadap performansi thermal radiator mobil dengan menggunakan nanofluid berupa *ethylene glycol/copper* sebagai fluida kerja radiator menunjukkan bahwa koefisien perpindahan panas total pada sisi udara radiator akan mengalami peningkatan dengan penambahan nanofluid sebesar 0 - 5 %. [1]. Pemodelan CFD dilakukan untuk melakukan analisis hermal terhadap radiator mobil dengan menggunakan beberapa

nanofluid seperti *Aluminium Oxide*, *Silicon Oxide*, *Ethylene Glycol* dan Tembaga Oxide dengan *volume fraction* 0,3 dimana diketahui bahwa fluks panas akan lebih tinggi dengan menggunakan partikel nanofluid tembaga dibandingkan aluminium [2]. Pemodelan CFD juga dilakukan pada radiator dengan dan tanpa penambahan *louvered fins* dimana dengan penambahan *louvered fins* pada radiator mobil, maka laju perpindahan panas radiator akan meningkat sebesar 53,88% [3]. Pada penelitian terhadap perpindahan panas radiator mobil dengan *Multi-walled carbon nanotubes*, *pressure drop* dan juga laju perpindahan panas dari radiator dapat diketahui dimana dengan peningkatan konsentrasi nano partikel maka laju perpindahan panas akan menurun. [4].

Berdasarkan uraian tersebut, menarik untuk dikaji performansi dari radiator bekas mobil tipe *ube and fins* dengan menggunakan fluida kerja air. Performa yang diamati adalah efektivitas dan juga temperatur sisi udara (*air-side temperature*) dari radiator sehingga didapat informasi yang akurat tentang panas buang yang dihasilkan oleh radiator mobil *type tube and fins* untuk dapat digunakan sebagai sumber panas pada alat pengering sederhana.

II. TINJAUAN PUSTAKA

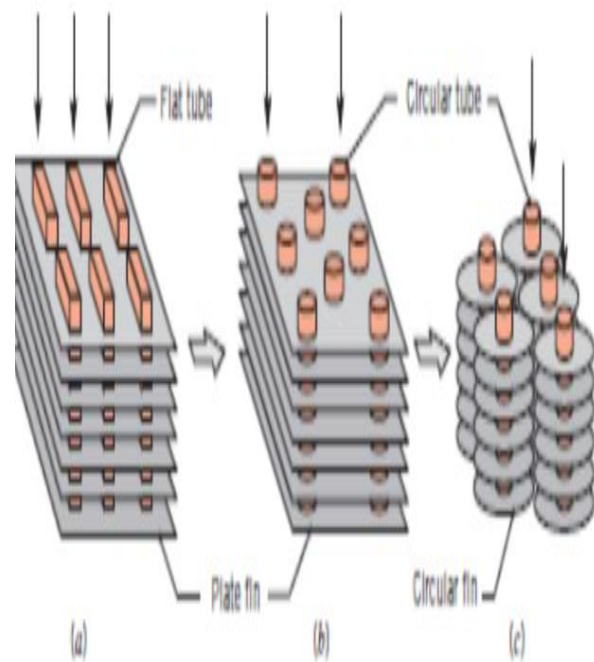
2.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energi yang mungkin terjadi antara benda-benda/material sebagai akibat dari adanya perbedaan temperatur. Dari termodinamika telah kita ketahui bahwa energi yang berpindah itu dinamakan kalor atau panas (*heat*). Ilmu perpindahan kalor tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energi kalor itu berpindah dari suatu benda ke benda lain, tetapi juga dapat meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Kenyataan di sini yang menjadi sasaran analisis ialah masalah laju perpindahan, inilah yang membedakan ilmu perpindahan kalor dari ilmu termodinamika. [5].

Perpindahan panas secara umum dikelompokkan menjadi 3 jenis berdasarkan gerak partikel material, atau juga media perantara perpindahan panas. Ketiga jenis perpindahan panas tersebut adalah : konduksi, konveksi dan radiasi.

2.2 Radiator

Radiator merupakan sebuah alat penukar panas kompak (*compact heat-exchanger*) yang digunakan untuk mentransfer energi panas dari satu medium ke medium lainnya untuk tujuan pendinginan dan pemanasan. Sebagai alat penukar panas kompak, radiator memiliki berbagai jenis tipe, yang dikelompokkan berdasarkan konfigurasi dari inti radiator tersebut.



Gambar 1. Inti penukar panas kompak tube and fins. a). flat tubes, plate fins. b). circular tubes, plate fins. c). circular tubes, circular fins. Sumber : Incropera, Frank. P [6]

2.3 Perhitungan Compact Heat-Exchanger

Dalam menentukan unjuk kerja *compact heat-exchanger*, dilakukan analisis untuk dapat mengetahui efektivitas dari *compact heat exchanger* tersebut. Berikut merupakan persamaan-persamaan dalam menentukan unjuk kerja dari sebuah *compact heat-exchanger* [6]

- Laju perpindahan panas konveksi sisi udara (q_{cold}) :

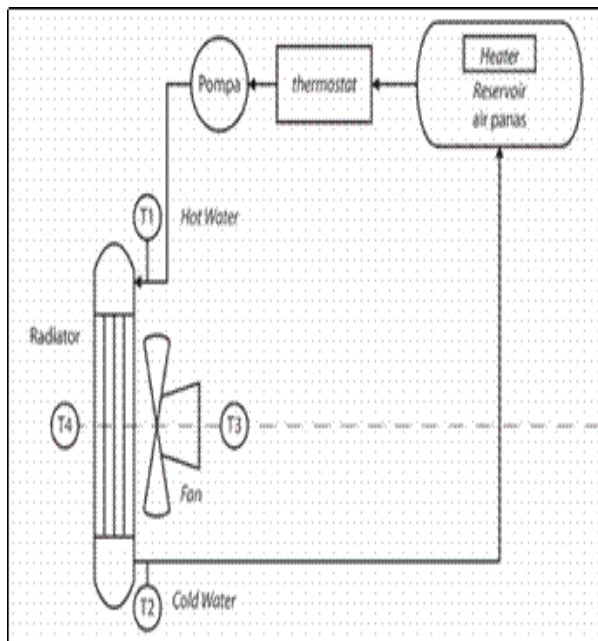
$$q_{cold} = h_{cold} \cdot A_{cold} (T_{C_{in}} - T_{C_{out}})$$

- *Effectiveness radiator* (ϵ) :

$$\epsilon = \frac{q_c}{q_{max}} = \frac{C_h (Th_i - Th_o)}{T_{min} (Th_i - Tc_i)} = \frac{C_c (Tc_o - Tc_i)}{C_{min} (Th_i - Tc_i)}$$

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan membuat sebuah simulasi alat pengering yang terdiri dari sebuah radiator bekas *type tube and fins*, tangki reservoir air, heater, pompa air panas, thermostat, dan kipas pendingin. Skema dari alat eksperimen seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Eksperimen Setup

Keterangan :

1. *Heater* sebagai sumber pemanas air
2. *Reservoir* sebagai tempat penampung air yang disirkulasikan.
3. *Termostat*, mengatur *on/off heater*.
4. Pompa, untuk mensirkulasikan air panas ke radiator.
5. Kipas/fan, menghembuskan udara pendingin.
6. T_1 = thermocouple 1, suhu air masuk ke radiator.
7. T_2 = thermocouple 2, suhu air keluar radiator.
8. T_3 = thermocouple 3, suhu udara sebelum radiator.
9. T_4 = thermocouple 4, suhu udara setelah melewati radiator.

Spesifikasi dari radiator yang digunakan pada eksperimen ini seperti pada Tabel 1.

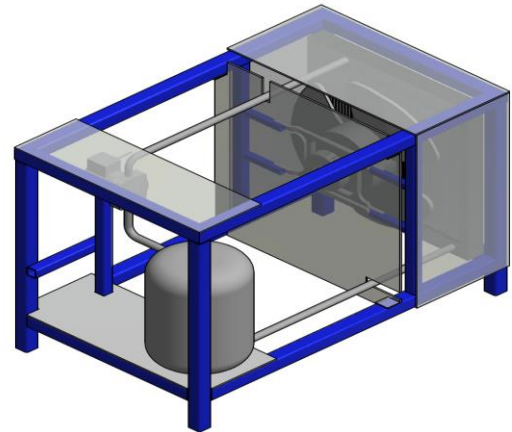
Tabel 1. Spesifikasi Radiator

No	Data	Nilai
1.	Tipe radiator	Compact heat exchanger- circular tube continuous fin
2.	Volume Radiator	P x L x T= 500mm x 30 mm x 550 mm
3.	Diameter tube	10 mm
4.	Panjang tube	330 mm
5.	Jumlah baris tube	2
6.	Jumlah tube tiap baris	22
7.	Jarak antar tube	11 mm
8.	Jumlah tube arah transversal	2
9.	Jumlah tube arah longitudinal	22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Unjuk Kerja Radiator

Rancang bangun alat simulasi pengering ditunjukkan seperti Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Simulasi Alat Pengering

Pengujian terhadap unjuk kerja radiator dilakukan dengan metode pengamatan langsung. Air yang telah dipanaskan oleh *heater* pada tangki *reservoir* akan disirkulasikan menuju ke radiator oleh sebuah pompa dengan debit aliran 30l/min. Pendinginan pada radiator dilakukan secara konveksi paksa dengan menggunakan hembusan udara dari kipas dengan kecepatan aliran 1 m/s. Suhu air masuk radiator, keluar radiator, suhu udara sebelum radiator, dan suhu udara setelah radiator diukur dengan menggunakan *thermocouple*. Hasil pengujian terhadap suhu panas buang radiator ditunjukkan seperti Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Simulasi Alat Pengering.

NO	Waktu (menit)	T_1 ($^{\circ}C$)	T_2 ($^{\circ}C$)	T_3 ($^{\circ}C$)	T_4 ($^{\circ}C$)
1	0	80	58	29	35,5
2	2	79,4	57,4	29	39,4
3	4	79,3	57,3	29	40,0
4	6	78,7	57,0	29	43,6
5	8	77,3	56,5	29	43,6
6	10	76,6	55,8	29	44,3
7	12	75,6	55,5	29	43,4
8	14	74,5	55,3	29	43,4
9	16	73,4	54,9	29	42,9
10	18	71,7	53,3	29	43,4
11	20	70,8	53,3	29	43,4
12	22	70,1	52,0	29	43,4
13	24	69,7	51,9	29	43,2
14	26	69,6	51,6	29	42,9
15	28	69,5	51,4	29	42,7
16	30	69,3	51,3	29	42,5

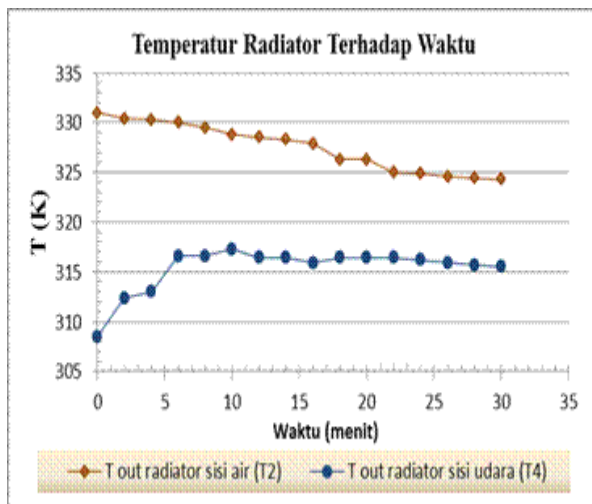
4.2 Analisis Unjuk Kerja Radiator

Dari data hasil pengujian pada Tabel 2 di atas dilakukan perhitungan untuk mengetahui unjuk kerja dari radiator. Unjuk kerja utama yang dianalisis adalah besarnya laju perpindahan panas yang dihasilkan pada sisi udara (q_c) dan juga efektivitas radiator (ϵ). Hasil perhitungan terhadap laju perpindahan panas pada sisi udara (q_c) dan efektivitas radiator (ϵ) ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Unjuk Kerja Radiator

NO	Waktu (menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	q _c (Watt)	ε
1	0	80	58	29	35,5	2072,2	0,13
2	2	79,4	57,4	29	39,4	3227,0	0,20
3	4	79,3	57,3	29	40,0	3407,8	0,22
4	6	78,7	57,0	29	43,6	4475,3	0,29
5	8	77,3	56,5	29	43,6	4475,3	0,30
6	10	76,6	55,8	29	44,3	4680,0	0,32
7	12	75,6	55,5	29	43,4	4416,5	0,31
8	14	74,5	55,3	29	43,4	4416,5	0,31
9	16	73,4	54,9	29	42,9	4257,9	0,31
10	18	71,7	53,3	29	43,4	4020,6	0,33
11	20	70,8	53,3	29	43,4	4020,6	0,34
12	22	70,1	52,0	29	43,4	4020,6	0,35
13	24	69,7	51,9	29	43,2	4352,5	0,35
14	26	69,6	51,6	29	42,9	4269,1	0,34
15	28	69,5	51,4	29	42,7	4208,0	0,34
16	30	69,3	51,3	29	42,5	4151,4	0,33

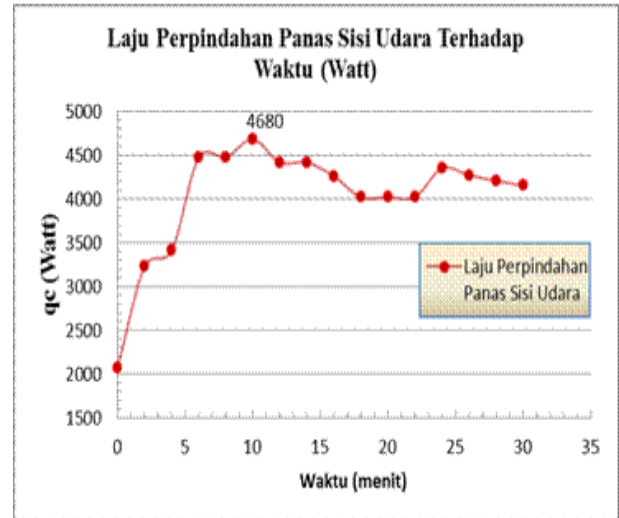
Dari hasil perhitungan tersebut, dibuat analisis grafik dari temperatur air keluar radiator dan udara keluar radiator seperti gambar 4.2 di bawah, juga analisis terhadap laju perpindahan panas pada sisi udara (q_c) dan efektivitas radiator (ϵ) terhadap waktu seperti pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 4. Grafik temperatur radiator terhadap waktu

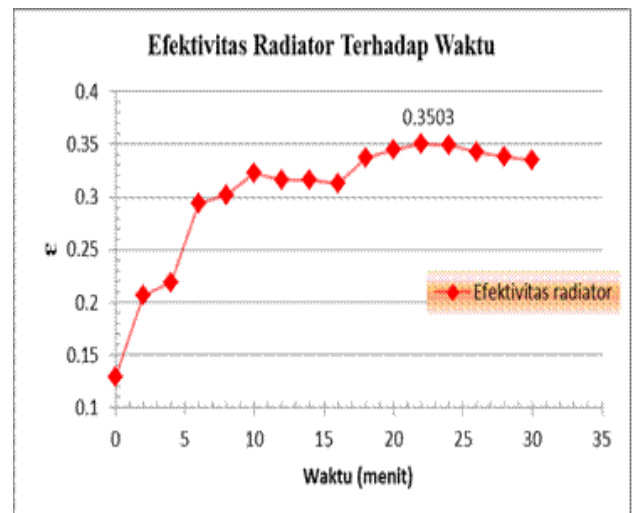
Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu output radiator pada sisi udara (T_4) pada awal mengalami kenaikan. Ini karena pada awal radiator membuang panas belum terlalu efektif. Temperatur akan mulai stabil setelah 5 menit radiator bekerja, yaitu berkisar 316 K. Temperatur output radiator pada sisi air pada awalnya tinggi, hal ini karena radiator baru mulai bekerja membuang panas ke lingkungan, kemudian

temperaturnya akan cenderung stabil pada kisaran 325 K setelah menit ke 18. Ini menunjukkan bahwa proses pembuangan panas dari radiator telah berjalan dengan cukup baik, dimana panas dari air akan dibuang ke lingkungan oleh radiator sehingga temperatur air akan cenderung stabil.



Gambar 5. Grafik perpindahan panas sisi udara terhadap waktu

Hasil perhitungan terhadap laju perpindahan panas pada sisi udara (q_c) terhadap waktu menunjukkan bahwa pada awal laju perpindahan panas nya akan mengalami peningkatan. Hal ini sejalan dengan temperatur keluar radiator pada sisi udara yang mengalami peningkatan pada awalnya. Kemudian besarnya laju perpindahan panas akan cenderung stabil di kisaran 3947,3 watt, dengan nilai q_c maksimum sebesar 4680 watt, pada menit ke 10.



Gambar 6. Grafik efektivitas radiator terhadap waktu

Hasil perhitungan efektivitas radiator (ϵ) terhadap waktu menunjukkan kesesuaian dengan hasil temperatur output radiator pada sisi udara dan juga

laju perpindahan panas radiator sisi udara (q_c), dimana efektivitas radiator pada awal akan cenderung mengalami peningkatan, kemudian setelah menit ke 17 akan cenderung stabil. Ini menunjukkan bahwa radiator pada sistem simulasi alat pengering ini berfungsi dengan cukup baik. Radiator mampu menghasilkan panas buang yang cukup signifikan untuk digunakan sebagai sumber panas untuk pengeringan. Efektivitas radiator maksimum adalah sebesar 0,35 dengan rata-rata efektivitas adalah 0,3.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Hasil rancang bangun simulasi alat pengering dengan memanfaatkan radiator sebagai sumber penghasil panas dapat berjalan dengan baik.
2. Temperatur panas buang yang dihasilkan oleh radiator pada simulasi alat pengering cenderung meningkat pada awalnya terhadap waktu dan akan cenderung stabil setelah menit ke 5 yaitu berkisar 316 K dengan temperatur maksimum sebesar 317 K.
3. Laju perpindahan panas pada sisi udara (q_c) dan juga efektivitas radiator (ϵ) yang dihasilkan menunjukkan hasil yang cukup baik dengan rata-rata q_c sebesar 3947,3 watt dan nilai maksimum sebesar 4680 watt. Efektivitas radiator pada sistem simulasi rata-rata berkisar antara 0,3 dengan nilai efektivitas maksimum 0,35.

5.2 Saran

Dari hasil analisis eksperimental terhadap unjuk kerja radiator yang didapat pada penelitian ini, dapat disarankan beberapa hal untuk mendapatkan hasil unjuk kerja yang lebih baik. Yang pertama yaitu perbaikan pada rancangan sistem, dengan mengoptimalkan kecepatan putaran kipas pendingin dan juga laju aliran air panas dari reservoir ke radiator. Hal ini agar kerja radiator dalam membuang panas dapat lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sheikhzadeh, 2014, “**Analysis of Thermal Performance of a Car Radiator Employing Nanofluid**”, International Journal of Mechanical Engineering and Applications. Vol.2 (4), Hal : 47 – 51.
- [2] Niveditha, V., 2016, “**Thermal Analysis of Radiator with Different Nano Fluids**” International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Vol. 4/IX, Hal: 143 – 148.
- [3] Sagar, P. Vijaya, 2015, “**Thermal Analysis of an Automobile Radiator With and Without Louvered Fins**” Proceedings of International Conference on Recent Trends in Mechanical Engineering - 2K15. Vol. 2, No.1, Hal : 219 – 223.
- [4] Oliveira, G.A, 2016, “**Experimental Study on the Heat Transfer of MWCNT/Water Nanofluid Flowing in a Car Radiator**”. Applied Thermal Engineering.
- [5] Holman, J.P, 1986, “**Heat Transfer Sixth Edition**” McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- [6] Incropera, Frank.P, David P. Dewitt, 2011, “**Fundamentals of Heat and Mass Transfer Seventh Edition**” John Wiley & Son, New York.
- [7] Paramananda, Irvan., 2014, “**Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Performa Heat Exchanger Jenis Compact Heat Exchanger (Radiator) Dengan Susunan Tube Inline Sebagai Pemanas**”, Jurnal Teknik POMITS, Vol 3, No. 1, Hal : B91 – B95