

## Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Perekat terhadap Karakteristik BriketLimbah Daun Cengkeh

Andri Himawan<sup>1</sup>, Samsudin Anis<sup>1</sup>, Hendrix Noviyanto Firmansyah<sup>1</sup>.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 05 04 2021

Disetujui 11 04 2021

Dipublikasikan 20 04 2021

### Keywords:

Nanofluida; parameter perpindahan kalor; jenis aliran.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume dan debit fluida terhadap parameter perpindahan kalor di dalam sistem pendingin radiator Honda Vario. Penelitian dilakukan dengan menggunakan sebuah alat uji yang melibatkan sebuah radiator sebagai pendingin utama. Temperatur fluida masuk dijaga konstan sesuai dengan temperatur kerja mesin. Pengukuran temperatur dilakukan pada variasi debit dan konsentrasi fluida menggunakan termometer digital. Variasi yang digunakan dalam penggunaan fraksi volume fluida yaitu sebesar 0%, 0,1%, 0,3%, dan 0,5 %. Sedangkan variasi debit fluida yang digunakan sebesar 12 lpm, 18 lpm, dan 24 lpm yang diukur menggunakan flowmeter. Perubahan parameter perpindahan kalor paling tinggi ditemukan pada fraksi dan debit yang besar. Namun, pada fraksi volume yang lebih tinggi, bilangan Reynolds akan cenderung menurun. Untuk mendapatkan laju perpindahan kalor dan pendinginan yang baik, maka digunakan fraksi dan debit fluida yang lebih tinggi. Penggunaan nanofluida akan membantu proses pengurangan kalor yang ada di dalam sistem pendingin radiator.

### Abstract

*The aim of this study was to determine the effect of volume fraction and fluid flow rate towards the heat transfer parameters in the Honda Vario radiator cooling system. This study was conducted by using a test equipment which a radiator used as main cooling system. The inlet fluid temperature is constantly kept in accordance with the engine working temperature. Temperature measurements were carried out on variations in flowrate and fluid concentration using a digital thermometer. Variations used in fluid volume fraction are 0%, 0.1%, 0.3%, and 0.5%. While, the variation of the fluid is 12 lpm, 18 lpm, and 24 lpm measured by a flowmeter. The highest change in the value of the heat transfer coefficient was found in the large volume fraction and flow rate. However, at higher volume fractions, the Reynolds number will tend to decrease. To get a better rate of heat transfer and cooling, a higher volume fraction and fluid flow is used. As for the flow variation, it usually adjusts to the vehicle user. The use of nanofluids will help to reduce the heat in the radiator cooling system.*

## PENDAHULUAN

Sistem pendingin merupakan suatu sistem yang berguna untuk mempertahankan mesin tetap berada pada temperatur kerjanya. *Heat exchanger* atau alat penukar kalor adalah sebuah peranti yang berfungsi untuk memindahkan kalor dari satu sisi fluida ke fluida yang lain (Karimi dan Afrand., 2018: 615). Salah satu bagian dari sistem pendingin kendaraan bermotor yaitu radiator. Sebagai alat penukar kalor (*heat exchanger*), radiator berfungsi untuk menyerap sebagian kalor motor sehingga mesin tetap terjaga pada temperatur kerjanya. Wiryanta, (2017: 104), menyatakan bahwa radiator digunakan sebagai peranti untuk menjaga suhu mesin tetap pada suhu kerjanya yaitu 80-90°C. Prinsip kerja radiator ialah terdapat aliran fluida cair panas yang melewati pipa lalu didinginkan oleh hembusan angin melalui kipas pendingin, sehingga nantinya temperatur dari fluida cair tersebut dapat menurun (Paramanandadan Prabowo, 2014: 91). Di sisi lain, menurut Amrutkar dan Patil., (2013: 563), performa radiator dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti laju aliran udara, debit fluida, suhu udara yang masuk, jenis cairan pendingin, jenis kipas, jenis pipa, dan sebagainya.

Permasalahan yang terjadi pada alat penukar kalor menurut Cengel dan Ghajar., (2015: 4), beberapa di antaranya adalah laju pembuangan panas dan ukuran radiator tersebut. Laju pembuangan kalor berkaitan dengan bagaimana radiator mampu menyerap kalor mesin dengan baik. Penambahan jumlah sirip-sirip pada radiator merupakan salah satu cara untuk menambah laju perpindahan kalor. Hal tersebut memungkinkan radiator untuk dapat memindahkan kalor yang lebih besar serta menaikkan koefisien perpindahan kalor konveksi udara. Namun, langkah tersebut mempunyai kemampuan yang terbatas.

Fluida pendingin (*Coolant*) merupakan komponen penting dalam sebuah sistem pendingin, sehingga fluida tersebut diharuskan mampu menyerap kalor mesin. Fluida fasa tunggal seperti air, *refrigerant*, oli mesin, dan etilen glikol mempunyai kemampuan memindahkan kalor yang rendah. Choi dan Eastman, (1995) mengungkapkan bahwa keterbatasan dalam pengembangan fluida pemindah kalor yaitu berkaitan dengan nilai konduktivitas termal fluida yang rendah. Sedangkan, salah satu langkah yang dapat diaplikasikan untuk dapat menambah nilai dari perpindahan kalor, maka harus memperhatikan sifat dari sebuah fluida (Suroso, et al., 2015: 79).

Permasalahan pada sistem pendingin dapat diatasi dengan cara mengedarkan partikel kecil yang mempunyai sifat konduktivitas yang tinggi pada fluida konvensional yaitu dengan menggunakan nanopartikel. Usaha untuk mengurangi konsumsi energi bisa dilakukan dengan meningkatkan kinerja sistem pendingin dengan cara meningkatkan perpindahan kalor di dalamnya (Peyghambarzadeh, et al., 2011: 1833). Di sisi lain, Chougule dan Sahu, (2014: 1) memaparkan bahwa penambahan nanopartikel pada sistem pendingin radiator mesin dapat menambah kemampuan kerja dari radiator tersebut. Sedangkan, logam mempunyai konduktivitas termal hingga tiga kali lebih besar dibandingkan dengan fluida konvensional (Hayat, et al., 2018: 2). Dengan penggunaan nanofluida tersebut, tentunya dimensi dari suatu sistem pendingin juga tidak perlu ditingkatkan. Karena sifat tersebut, nanofluida sering digunakan dalam pengaplikasian pada mikroelektronik, transportasi, manufaktur, dan *bioengineering*.

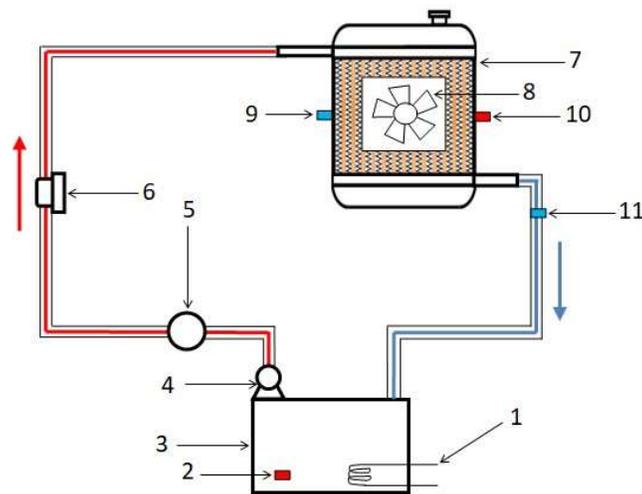
Penelitian oleh Peyghambarzadeh, et al., (2013: 8) dengan menggunakan perbandingan penggunaan CuO dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menghasilkan peningkatan nilai koefisien perpindahan kalor sebesar 9% dibandingkan dengan fluida air pada alat penukar kalor. Setelah itu, Chougule dan Sahu, (2014: 6) meneliti tentang studi komparasi penggunaan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan air dengan *Carbon Nanotube* dan air yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan laju perpindahan kalor masing-masing sebesar 90,76% untuk campuran *Carbon Nanotube* - Air dan 52,03% untuk campuran Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Air dengan konsentrasi nanopartikel masing-masing 1% pada radiator.

Penggunaan nanopartikel dalam bidang perpindahan kalor cukup penting, demi tercapainya efisiensi panas yang baik. Data yang dikutip dari Choi dan Eastman, (1995) menunjukkan bahwa material logam yang mempunyai konduktivitas tertinggi yaitu perak dengan nilai 429 W/m.K, sedangkan untuk tembaga dan aluminium masing-masing mempunyai konduktivitas termal sebesar 401 W/m.K dan 237 W/m.K. Namun, dalam pengaplikasiannya, material perak jarang digunakan

dalam bidang fluida sebagai media perpindahan kalor. Secara umum, dari ketiga material tersebut, hanya tembaga dan aluminium yang sering diteliti dalam kemampuannya sebagai media perpindahan kalor. Data hasil penelitian dari Septiadi, *et al.*, (2015: 222) juga menunjukkan bahwa pada fraksi volume tinggi, konduktivitas termal relatif dari CuO- Air yaitu 3,9% lebih tinggi daripada konduktivitas termal relatif TiO<sub>2</sub>, dan 3,3% lebih tinggi daripada konduktivitas termal relatif Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Air, sehingga dapat disimpulkan bahwa dari kedua material tersebut, yang berpotensi untuk memindahkan kalor paling tinggi yaitu material tembaga. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini, menggunakan media nanopartikel tembaga (CuO).

## METODE PENELITIAN

Jenis desain penelitian yang dilakukan adalah *pre-experimental design* dengan menggunakan rancangan penelitian *one-shot case study*. Selanjutnya, data diolah dan dianalisis menggunakan analisis deskriptif. Skema alat uji penelitian digambarkan dalam Gambar 1 sebagai berikut:



**Gambar 1.** Skema alat uji penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan sebuah pemanas (1) sebagai media untuk meningkatkan temperatur fluida. Untuk mengetahui seberapa besar temperatur fluida, maka ditempatkan sebuah termometer digital (2) dalam sebuah tangki (3) dengan kapasitas 2 liter. Debit fluida yang telah mencapai temperatur kerja selanjutnya dialirkan dengan sebuah pompa elektrik (4) di dalam sistem. Untuk mempercepat debit fluida, maka digunakan sebuah pendorong pompa (5). Selang tahan panas digunakan sebagai media aliran fluida karena mempunyai ketahanan panas yang tinggi. *Flowmeter* (6) digunakan untuk membaca besarnya debit fluida yang nantinya ditampilkan dalam layar LCD di dalam rangkaian. Fluida dialirkan hingga masuk dalam radiator (7) untuk didinginkan. Kipas pendingin (8) akan bekerja secara otomatis di saat temperatur fluida melebihi batas yang ditentukan. Termometer (9) digunakan untuk mengukur temperatur udara yang akan masuk ke sirip-sirip radiator dan termometer lain (10) untuk mengukur temperatur udara yang telah melewati sirip-sirip radiator. Selanjutnya, untuk mengetahui seberapa besar temperatur fluida yang keluar radiator, maka ditempatkan sebuah termometer digital (11) di sisi *outlet* radiator.

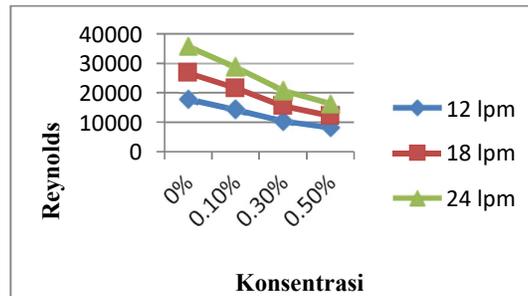
Pengujian dilakukan selama tiga (3) kali berturut-turut pada setiap debit fluida, lalu didapatkan nilai rata-ratanya sebagai acuan untuk mengolah data. Penelitian pertama dengan variabel konsentrasi dan debit fluida paling rendah yakni 0,1% pada 12 lpm. Fluida dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai temperatur 95 °C. Setelah mencapai temperatur yang ditentukan, maka pompa dihidupkan untuk mensirkulasikan fluida ke sistem pendingin sehingga data temperatur bisa didapatkan, baik temperatur fluida dingin maupun panas. Setelah proses pengambilan data pada

variasi konsentrasi dan debit pertama selesai dilakukan, untuk menghindari kerusakan komponen maka fluida didinginkan terlebih dahulu sebelum proses pengambilan data selanjutnya.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Fraksi Volume dan Debit Fluida terhadap Bilangan Reynolds

Grafik pengaruh konsentrasi dan debit fluida terhadap bilangan Reynolds disajikan dalam gambar 2 sebagai berikut:

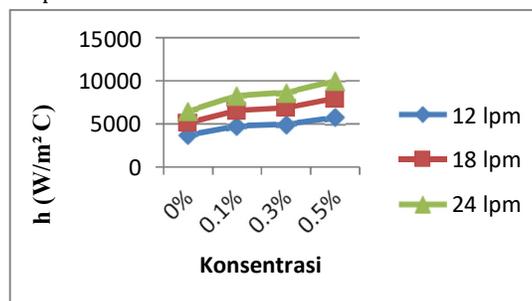


**Gambar 2.** Pengaruh fraksi volume dan debit fluida terhadap bilangan Reynolds

Gambar 2 menunjukkan pengaruh konsentrasi dan debit fluida terhadap profil aliran fluida. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar konsentrasi nanofluida, bilangan Reynolds semakin menurun. Bilangan Reynolds pada masing-masing konsentrasi menunjukkan nilai optimum pada debit fluida tertinggi 24 lpm. Secara keseluruhan, kondisi turbulen memuncak pada konsentrasi 0,1% dengan debit fluida 24 lpm yang menghasilkan bilangan Reynolds sebesar 28765. Sedangkan, bilangan Reynolds terendah ditemukan pada konsentrasi nanofluida 0,5% dengan debit fluida 12 lpm yang menunjukkan angka 8156.

### Pengaruh Fraksi Volume dan Debit Fluida terhadap Nilai Koefisien Perpindahan Kalor

Gambar 3 menunjukkan hasil penelitian pengaruh debit dan fraksi volume fluida terhadap nilai koefisien perpindahan kalor pada sistem.



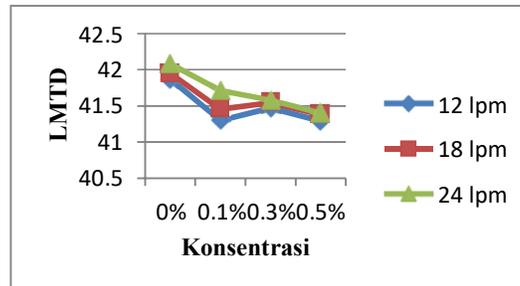
**Gambar 3.** Pengaruh fraksi volume dan debit fluida terhadap nilai koefisien perpindahan kalor

Nilai koefisien perpindahan kalor menunjukkan kenaikan pada setiap bertambahnya konsentrasi dan debit fluida. Penelitian oleh Kumar, *et al.*, (2014) dengan debit 25 lph menunjukkan peningkatan nilai koefisien perpindahan kalor sebesar 39,57% pada konsentrasi fluida 0,25%. Penelitian tersebut membuktikan korelasi hasil dalam penelitian ini, dimana nilai koefisien perpindahan kalor paling tinggi sebesar 8305,326 W/m<sup>2</sup> °C ditemukan pada konsentrasi 0,5% dengan debit 24 lpm. Selain itu, Irawan dan Budiana (2013) menyatakan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi fluida, maka akan berpengaruh pada meningkatnya nilai koefisien perpindahan kalor paksa. Penelitian yang dilakukan oleh Putra, *et al.*, (2005) menunjukkan terjadinya peningkatan nilai koefisien perpindahan kalor fluida Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> konsentrasi 1% sebesar 31-48%. Konsentrasi fluida 0,1% dengan debit 12 lpm menunjukkan nilai koefisien perpindahan kalor paling rendah, yakni sebesar

3462,838 W/m<sup>2</sup> °C.

#### Pengaruh Fraksi Volume dan Debit Fluida terhadap Beda Suhu Rata-rata

Grafik pengaruh fraksi volume dan debit fluida terhadap beda suhu rata-rata atau LMTD disajikan dalam gambar 4 sebagai berikut:

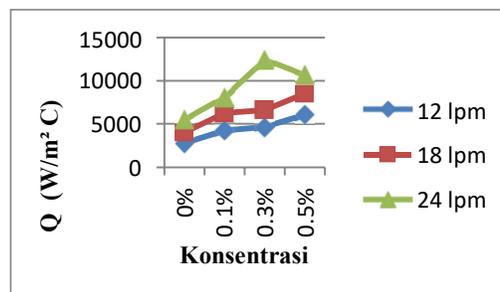


**Gambar 4.** Pengaruh fraksi volume dan debit fluida terhadap beda suhu rata-rata

Hasil penelitian pada pengaruh konsentrasi dan debit fluida terhadap beda suhu rata-rata (LMTD) menunjukkan terjadinya peningkatan beda suhu di dalam masing-masing variabel. Beda suhu rata-rata tertinggi pada masing-masing konsentrasi sebesar 42,08°C terjadi pada konsentrasi 0% atau fluida dasar dengan debit fluida 24 lpm. Sedangkan, beda suhu terendah ditemukan pada rentang konsentrasi 0,5% dengan debit fluida 12 lpm sebesar 41,29 °C.

#### Pengaruh Fraksi Volume dan Debit Fluida terhadap laju perpindahan kalor

Grafik perubahan debit dan fraksi volume fluida yang berpengaruh terhadap nilai laju perpindahan kalor di dalam penelitian ini disajikan dalam pada gambar 5 berikut ini:

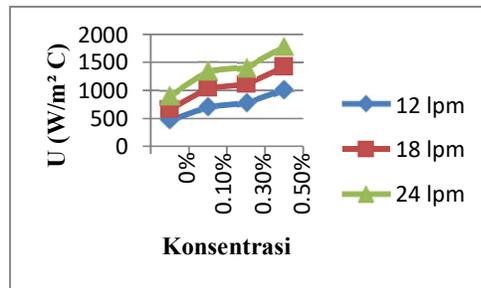


**Gambar 5.** Pengaruh fraksi volume dan debit fluida terhadap laju perpindahan kalor

Pengaruh debit fluida terhadap laju perpindahan kalor digambarkan pada gambar 5. Penelitian yang dilakukan oleh Leong, *et al.*, (2010) menunjukkan terjadinya peningkatan laju perpindahan kalor sebesar 3,8% pada fraksi nanofluida CuO sebesar 2%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan laju perpindahan kalor tertinggi sebesar 8859,558W yang didapatkan pada debit fluida 24 lpm dengan konsentrasi 0,5%. Sedangkan, untuk fluida dasar air dengan debit yang sama yakni 24 lpm menghasilkan laju perpindahan kalor sebesar 5162,428W. Nilai laju perpindahan kalor paling rendah pada masing-masing konsentrasi terdapat pada fluida dasar atau konsentrasi 0% sebesar 2614,617W.

#### Pengaruh Fraksi Volume dan Debit Fluida terhadap nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh

Perubahan nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh yang disebabkan oleh perubahan debit dan fraksi volume fluida disajikan dalam gambar 6 sebagai berikut:



**Gambar 6.** Pengaruh fraksi volume dan debit fluida terhadap nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh

Konsentrasi fluida 0,1% dengan debit 12 lpm menunjukkan nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh terendah sebesar  $511,504 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pada masing-masing konsentrasi, terjadi kenaikan nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh seiring dengan bertambahnya debit fluida. Koefisien perpindahan kalor menyeluruh bertambah secara signifikan seiring bertambahnya laju aliran fluida (Naraki, et al., 2013). Nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh tertinggi ditemukan pada konsentrasi 0,5% dimana pada debit fluida 24 lpm menunjukkan nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh sebesar  $1484,759 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh variasi konsentrasi dan debit fluida terhadap beberapa parameter,, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi debit fluida, maka akan semakin besar bilangan Reynolds. Terjadinya peningkatan nilai LMTD akan berpengaruh terhadap nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh. Peningkatan konsentrasi dan debit fluida berpengaruh terhadap nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh, dimana semakin besar konsentrasi dan debit fluida maka koefisien perpindahan kalor menyeluruh yang dihasilkan akan semakin besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrutkar, P. S., S. R. Patil. 2013. Automotive Radiator Performance – Review. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)* 2(3): 2249-8958.
- Cengel, Y. A., dan A. J. Ghajar. 2015. Heat and Mass Transfer Fundamentals & Applications. Fifth ed. New York: McGraw-Hill.
- Choi, S. U. S., dan J. A. Eastman. 1995. Enhancing Thermal Conductivity of Fluids with Nanoparticles. ASME Publications-Fed231: 99-106.
- Chougule, S. S., dan S. K. Sahu. 2014. Comparative Study of Cooling Performance of Automobile Radiator Using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Water and Carbon Nanotube-Water Nanofluid. *Journal of Nanotechnology in Engineering and Medicine* 5(1): 010901.
- Hayat, T., M. Khan., T. Muhammad., dan A. Alsaedi. 2018. On Model for Three-dimensional Flow of Nanofluid with Heat and Mass Flux Boundary Layer. *Journal of Thermal Science and Engineering Applications* 10(3): 031003.
- Irawan, D., dan E. P. Budiana. 2013. Studi Eksperimental Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Ethylene Glycol pada Circular Tube di Bawah Kondisi Fluks Kalor Konstan. *Mekanika* 11(2): 101-108.
- Karimi, A., dan M. Afrand. 2018. Numerical Study on Thermal Performance of an Air-cooled Heat Exchanger: Effect of Hybrid Nanofluid, Pipe Arrangement, and Cross Section. *Energy Conversion and Management* 164: 615-628.
- Kumar, S., G. S. Sokhal., dan J. Singh. 2014. Effect of CuO-Distilled Water Based Nanofluids on Heat Transfer Characteristics And Pressure Drop Characteristics. *International Journal of Engineering Research and Applications* 4(9): 28-37.
- Leong, K. Y., R. Saidur., S. N. Kazi., dan A. H. Mamun. 2010. Performance Investigation of an Automotive Car

- Radiator Operated with Nanofluid-Based Coolants (Nanofluid as a Coolant in a Radiator). *Applied Thermal Engineering* 30(17-18): 2685-2692.
- Naraki, M., S. M. Peyghambarzadeh, S.H. Hashemabadi, dan Y. Vermahmoudi. 2013. Parametric Study of Overall Heat Transfer Coefficient of CuO/Water Nanofluids in a Car Radiator. *International Journal of Thermal Sciences* 66: 82-90.
- Paramananda, I. dan Prabowo. 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* 3(1): 91-95.
- Peyghambarzadeh, S. M., S. H.Hashemabadi, M. Naraki, dan Y. Vermahmoudi. 2013. Experimental Study of Overall Heat Transfer Coefficient in The Application of Dilute Nanofluids in the Car Radiator. *Applied Thermal Engineering* 52: 8-16.
- M. S.Jamnani, dan S. M.Hoseini. 2011. Improving the Cooling Performance of Automobile Radiator with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Water Nanofluid. *Applied Thermal Engineering* 31(10): 1833-1838.
- Putra, N., S.Maulana, R. A.Koestoer, dan A. S. Danardono. 2005. Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Air Bersuspensi Nano Partikel (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) pada Fintube Heat Exchanger. *Jurnal Teknologi Edisi* (2): 116-125.
- Septiadi, W. N., N. Putra, dan R. Saleh. 2015. Karakterisasi Konduktivitas Termal Nanofluida Oksida Berbasis Fluida Dasar H<sub>2</sub>O. *Jurnal Energi dan Manufaktur* 8(2): 111-230.
- Suroso, B., S. Kamal, dan B. Kristiawan. 2015. Pengaruh Temperatur dan Fraksi Volume terhadap Nilai Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Nano TiO<sub>2</sub>/Oli Termo XT32 pada Penukar Kalor Pipa Konsentrik. *Mekanika* 13(2): 79-85.
- Wiryanta, I. K. E. H. 2017. Studi Eksperimental Unjuk Kerja Radiator pada Sumber Energi Panas pada Rancang Bangun Simulasi Alat Pengereng. *Jurnal Logic* 17(12): 104-108.