

Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Masuk Terhadap Efektivitas Heat Exchanger Shell And Tube Dengan Menggunakan Nanofluida TiO₂

Reza Arighi Soegijarto

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: rezasoegijarto@mhs.unesa.ac.id

Dr. I Made Arsana, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: madearsana@unesa.ac.id

Abstrak

Dalam perkembangan industri perpindahan kalor merupakan salah satu faktor utama dalam proses kerjanya, karena semua mesin yang bekerja didalam industri rata-rata bekerja dalam temperatur tinggi. Salah satunya mesin yg sering digunakan adalah shell and tube heat exchanger. Pemanfaatan shell and tube heat exchanger semakin meningkat terutama pada industri kilang minyak, pembangkit listrik, pabrik kimia dan lain-lain. Penambahan nanofluida pada fluida yang digunakan pada shell and tube heat exchanger adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan konduktivitas termal fluida pada suhu tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap laju perpindahan panas dan efektivitas pada shell and tube heat exchanger. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah shell and tube heat exchanger dan nanofluida dengan fraksi volume nanofluida sebesar 3%. Fluida panas diperlakukan dengan memberi perlakuan suhu masukan variasi 60°C, 70°C, 80°C. Data yang diperoleh kemudian dimasukkan dalam tabel dihitung secara teoritis, dan ditampilkan dalam bentuk grafik untuk melihat efektivitas dari variasi temperatur pada shell and tube heat exchanger dengan nanofluida TiO₂ 3% fraksi volume. Hasil penelitian diperoleh efektivitas terendah didapatkan pada keadaan temperatur 60°C yaitu sebesar 40% dengan laju perpindahan panas sebesar 4182,3888 Watt. Sedangkan efektivitas tertinggi pada keadaan temperatur 80°C yaitu sebesar 50% dengan laju perpindahan panas yang terjadi sebesar 7561,4488 Watt.

Kata Kunci: *shell and tube heat exchanger*, temperatur, nanofluida, titanium dioksida

Abstract

In the development of the industry, heat transfer is one of the main factors in the work process, because all machines that work in industry work on average at high temperatures. One of the machines that are often used is the shell and tube heat exchanger. Utilization of shell and tube heat exchangers is increasing, especially in oil refineries, power plants, chemical plants and others. The addition of nanofluids to fluids used in shell and tube heat exchangers is one way that can be used to increase the thermal conductivity of fluids at high temperatures. The purpose of this study was to determine the effect of temperature variations on the rate of heat transfer and the effectiveness of the shell and tube heat exchanger. The tools used in this research are shell and tube heat exchanger and nanofluid with a volume fraction of 3% nanofluid. The purpose of this study was to determine the effect of variation temperature on the rate of heat transfer and the effectiveness of the shell and tube heat exchanger. object of this experimental research is a shell and tube heat exchanger and nanofluids with in the volume fraction of nanofluids of 3%. The hot fluid is treated by giving different input temperatures variations 60°C, 70°C, 80°C. The data obtained were then entered in a table calculated theoretically, and displayed in graphical form to see the effectiveness of temperature variations in shell and tube heat exchangers with 3% TiO₂ nanofluid by volume fraction. The results of the study obtained the lowest effectiveness was obtained at a temperature of 60°C which was 4182,3888 Watt. Meanwhile, the the highest effectiveness at a temperature of 80°C, the result 50% with a heat transfer rate of 7561,4488 Watt.

Keywords: *shell and tube heat exchanger*, temperature, nanofluids, titanium dioksida,

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan industri perpindahan kalor merupakan salah satu faktor utama dalam proses kerjanya, karena semua mesin yang bekerja didalam industri rata-rata bekerja dalam temperatur tinggi. Salah satunya mesin yg sering digunakan adalah shell and tube

heat exchanger. Pemanfaatan shell and tube heat exchanger semakin meningkat terutama pada industri kilang minyak, pembangkit listrik, pabrik kimia dan lain-lain. Karena semakin banyak penggunaan *shell and tube heat exchanger* penelitian tentang *shell and tube heat exchanger* semakin meningkat untuk mencari efektivitas dari alat tersebut. Salah satu cara untuk meningkatkan perpindahan kalor adalah menambahkan partikel

berukuran nanometer diharapkan mampu memperbaiki property fluida. Fluida nano merupakan suatu campuran antara fluida pendingin dengan suatu partikel padat yang berukuran nano atau biasa disebut partikel nano. Ukuran partikel nano berkisar antara 1 nm-100 nm. Choi dan Eastman memperkenalkan istilah fluida nano pada tahun 1995. Mereka meneliti penambahan variasi partikel metal dan carbon nanotube berukuran nano yang terdispersi pada beberapa fluida yang berbeda. Hasilnya adalah nilai konduktivitas termal terjadi peningkatan 10% - 80% dengan penambahan partikel nano 0,1% - 3%.

Berdasarkan review yang dilakukan oleh Haddad, dkk (2014) penelitian lebih banyak menggunakan partikel nano TiO_2 dengan fluida dasar air. Penulis tertarik untuk mengaplikasi nano fluida ini pada heat exchanger. Pemilihan partikel nanofluida TiO_2 sebagai bahan nanofluida dikarenakan mudah diperoleh dipasaran serta harganya yang relative murah dibandingkan partikel nano yang lainnya.

Penelitian I Made Arsana (2020) pada jurnalnya yang berjudul "Effect of Nanofluid Volume Fraction to The Rate of Heat Transfer Convection Nanofluid Water- Al_2O_3 on Shell and Tube Heat Exchanger" menjelaskan bahwa dengan adanya penambahan nanopartikel pada fluida dasar alat penukar kalor *shell and tube heat exchanger*, dapat meningkatkan efektivitas *shell and tube heat exchanger* sebesar 42% dengan laju perpindahan panas 7061,93 Watts

Abazar Vahdat Azad (2016) pada jurnalnya yang berjudul *Application of Nanofluids for the Optimal Design of Shell and Tube Heat Exchangers Using Genetic Algorithm* ditemukan bahwa penggunaan nanofluida pada *shell and tube heat exchanger* meminimalkan biaya pengoptimalan *heat exchanger* sebesar 55,19%. Selain itu, penggunaan nanofluida pada penelitian ini meningkatkan koefisien perpindahan panas, serta mengurangi investasi biaya operasional yang ada.

Pada proses perpindahan kalor konveksi, peningkatan konduktivitas termal nanofluida adalah salah satu cara untuk meningkatkan koefisien perpindahan kalor dalam aliran dengan efektif. Sebagai contoh penggunaan nanofluida pada alat penukar untuk memindahkan kalor. Ketika peningkatan koefisien perpindahan kalor lebih besar dibandingkan dengan kerugian akibat peningkatan penggunaan energi, maka nanofluida layak digunakan sebagai fluida kerja perpindahan kalor yang baik.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu cara untuk mencari suatu hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berpengaruh. Eksperimen dalam penelitian ini dilaksanakan di laboratorium perpindahan panas dalam kondisi dan peralatan yang disesuaikan guna memperoleh data tentang pengaruh temperatur fluida *input* terhadap laju konveksi panas pada *shell dan tube heat exchanger*.

Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Perpindahan Panas A8.02.01 Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan pada Bulan Mei sampai Juni.

Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah nanofluida dan *heat exchanger* tipe *shell and tube*.

Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian eksperimen ini terdiri dari tiga macam yaitu: variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

• Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas yang lainnya adalah temperatur pada fluida panas yang masuk (T_{in}) yaitu 60°C , 70°C , dan 80°C . Hal ini berdasarkan fluida panas yang sering digunakan di industri sebagai fluida panas yang akan didinginkan oleh air.

• Variabel Terikat

Variabel dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu laju perpindahan pada *shell and tube heat exchanger*.

• Variabel Kontrol

- Temperatur yang ditentukan pada temperatur fluida dingin adalah (T_{cin}) sebesar 30°C
- Debit aliran fluida panas ditentukan sebesar 4lpm dan debit aliran fluida dingin sebesar 6lpm
- Variabel kontrol yang lain yaitu fraksi volume TiO_2 sebesar fraksi volume 3%. Penentuan ini berdasarkan pertimbangan kandungan TiO_2 serta sifat-sifatnya yang dapat berpengaruh pada *shell and tube heat exchanger*.

Spesifikasi Nanofluida

Fluida yang digunakan pada penelitian ini ada 2 yaitu :

• Air

Spesifikasi air adalah sebagai berikut:

Densitas (ρ)	: 990,86 (kg/m ³)
Specific Heat	: 4.1784 (Kj/kg.K)
Viskositas (μ)	: 803×10^{-6} (N.s/m ²)
Prandtl	: 5,83

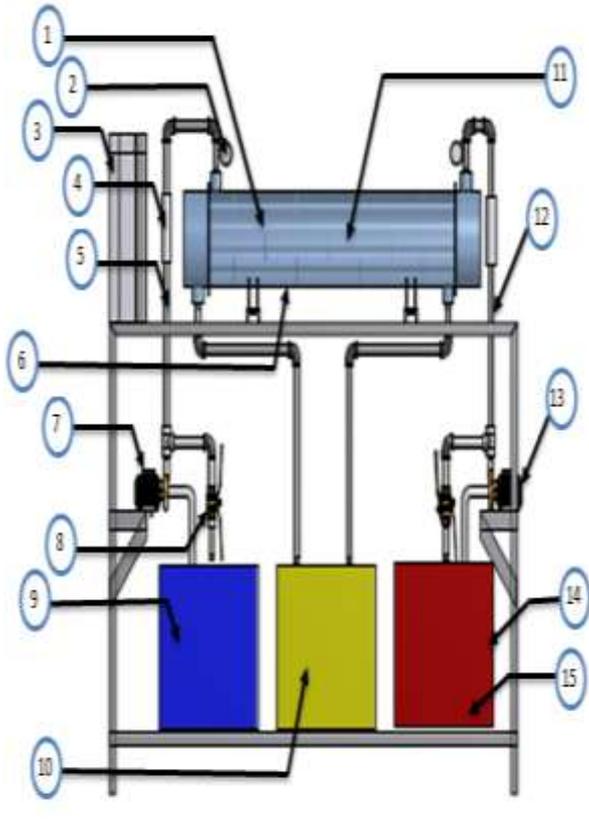
• Nanopartikel TiO_2

Spesifikasi TiO_2 adalah sebagai berikut:

Densitas(ρ)	: 4,23 g/cm ³
Massa Molar	: 79,866 g/mol
Titik Didih	: 1843°C
Titik Lebur	: 2973°C

Alat dan Bahan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dengan campuran nanofluida 3% terhadap laju perpindahan panas konveksi pada *shell and tube heat exchanger*, maka didesain peralatan pengujian sebagai berikut:

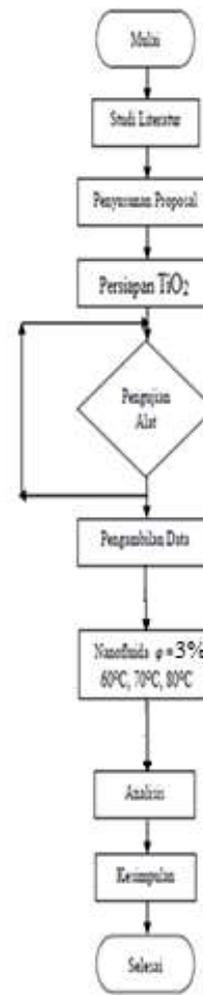


Gambar 1. Skema Alat Uji

Keterangan :

1. *Baffle double segmental*
2. *Pressure gauge*
3. Kotak Instrumen
 - a. MCB
 - b. Saklar
 - c. *Termocontrol*
4. *Flow meter*
5. Pipa saluran fluida dingin
6. *Shell*
7. Pompa fluida dingin
8. *Valve*
9. Tandon fluida dingin masuk
10. Tandon fluida keluar
11. *Tube*
12. Pipa saluran fluida panas
13. Pompa fluida panas
14. Tandon fluida panas masuk
15. *Heater*

Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Teknik Analisis Data

Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data pada sisi *shell* dan pada sisi *tube* yang telah dipasang *thermocouple* untuk mengetahui suhu pada bagian bagian yg diukur dan dicatat dalam bentuk tabel, dihitung secara teori serta digambarkan dalam bentuk grafik sehingga hasil dari penelitian ini mudah dipahami. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan informasi tentang pengaruh temperatur fluida masuk terhadap laju perpindahan panas konveksi serta keefektivitasan pada *shell and tube heat exchanger* yang telah ditambahkan nanofluida TiO_2 fraksi volume 3%.

Hasil dan Pembahasan

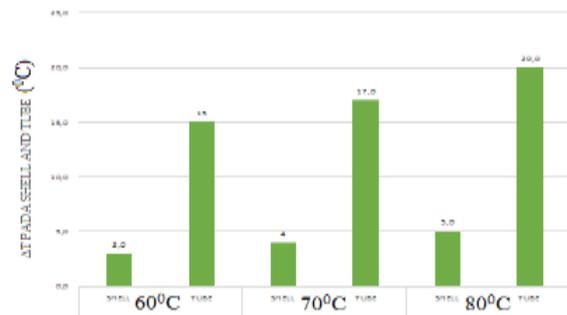
Hasil pengujian pengaruh temperatur terhadap laju perpindahan panas dan efektivitas *shell and tube heat exchanger* dengan memvariasi temperatur masuk fluida panas (*Thin*) yaitu 60°C, 70°C, dan 80°C dengan campuran nanofluida TiO_2 fraksi volume 3%. Didapatkan data hasil pengukuran pada berbagai variasi temperatur sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Pengambilan Data Variasi Temperatur

TEMPERATUR °C	PERCOBAAN ES-	Q _h	Q _c	T _{in}	T _{out}	Th _{in}	Th _{out}	Ph _{in}	Ph _{out}	Ph _{in}	Ph _{out}
60	1	80000	0,0001	80	38	44	31	1	1	0,8	4
	2	80000	0,0001	80	38	45	32	1	1	0,8	4
	3	80000	0,0001	80	38	46	33	1	1	0,8	4
70	1	80000	0,0001	70	38	56	33	1	1	0,8	4
	2	80000	0,0001	70	38	57	34	1	1	0,8	4
	3	80000	0,0001	70	38	58	35	1	1	0,8	4
80	1	80000	0,0001	80	38	60	36	1	1	0,8	4
	2	80000	0,0001	80	38	61	37	1	1	0,8	4
	3	80000	0,0001	80	38	62	38	1	1	0,8	4

Pada Tabel 1 merupakan hasil pengambilan data variasi temperatur dengan menggunakan nanofluida 3%. Pada temperatur 60°C, Th_{out} yang didapatkan adalah 45°C dan T_{c_{out}} adalah 32°C. Pada temperatur 70°C, Th_{out} menunjukkan angka 57°C dan T_{c_{out}} 34°C. Sedangkan pada temperatur 80°C Th_{out} menunjukkan 60°C dan T_{c_{out}} adalah 36°C.

- Pengaruh Pengaruh Variasi Temperatur Dengan Campuran Nanofluida terhadap Selisih Temperatur Fluida Input dan Fluida Output (ΔT)



Gambar 3. Grafik Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Selisih Temperatur Fluida Input dan Fluida Output (ΔT)

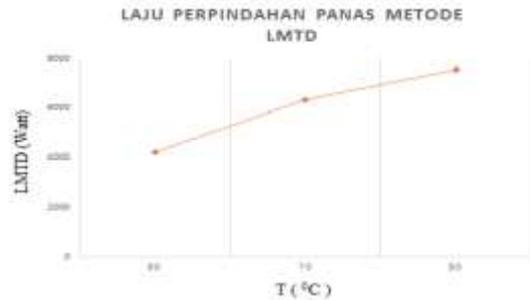
Pada gambar 3 terlihat bahwa grafik pengaruh variasi temperatur 60°C, 70°C, dan 80°C terhadap ΔT mengalami kenaikan pada fluida panas yang mengalir di tube maupun fluida dingin yang mengalir di shell. Pada grafik tersebut, selisih temperatur fluida panas masuk dan keluar (ΔT_h) yang terbesar terjadi pada temperatur 80°C, sedangkan (ΔT_h) terkecil terjadi pada temperatur 60°C. Hasilnya, (ΔT_h) yang terjadi pada tube adalah 15°C. Pada saat temperatur dinaikan lagi menjadi 70°C, (ΔT_h) yang terjadi pada tube menunjukkan kenaikan pada angka 17°C. Dan saat temperatur dinaikkan menjadi 80°C, (ΔT_h) pada tube mengalami kenaikan menjadi 20°C.

Pada garis yang berwarna hijau di grafik shell, terlihat bahwa selisih temperatur fluida dingin masuk dan fluida dingin keluar (ΔT_c) paling besar pada keadaan temperatur 80°C. Sedangkan, selisih temperatur fluida dingin masuk dan fluida dingin keluar (ΔT_c) paling kecil pada keadaan temperatur 60°C. Saat temperatur 60°C (ΔT_c) menunjukkan angka 3°C. Pada saat temperatur naik sebesar 10°C, menjadi 70°C, (ΔT_c) mengalami kenaikan sebesar 4°C. Pada temperatur dinaikkan lagi menjadi 80°C, (ΔT_c) juga mengalami kenaikan yaitu 5°C.

Dari gambar 3 dapat disimpulkan hubungan antara temperatur dengan (ΔT_h) dan (ΔT_c) bahwa semakin besar temperatur akan memperbesar (ΔT_h) maupun (ΔT_c) hal ini karena nanofluida akan semakin banyak menyerap panas yang melewati tube dikarenakan partikel yang ada pada TiO₂ dapat menyerap panas dengan baik, apalagi jika dibantu dengan temperatur yang makin tinggi maka

pergerakan partikelnya akan lebih cepat untuk menyerap panas.

- Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Laju Perpindahan Panas (q) Dengan Metode LMTD (Log Mean Temperature Diffrence)

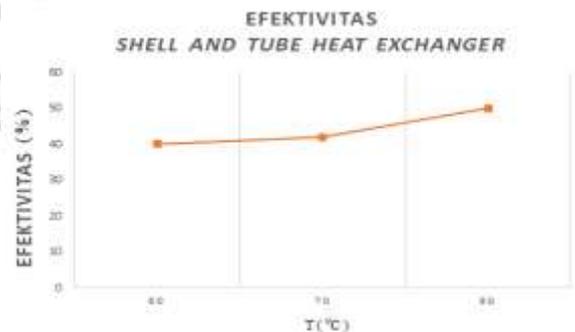


Gambar 4. Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Perpindahan Panas (q)

Pada Gambar 4 menunjukkan grafik pengaruh temperatur terhadap laju perpindahan panas (q). Terlihat pada grafik, bahwa laju perpindahan panas akan meningkat seiring meningkatnya temperatur. Pada saat temperatur menunjukkan angka 60°C, laju perpindahan panas memiliki nilai 4182,3888 Watt. Pada saat temperatur dinaikkan menjadi 70°C, saat itu laju perpindahan panas juga ikut meningkat dan menunjukkan nilai 6336,3431 Watt. Pada saat temperatur dinaikkan 80°C nilai laju perpindahan panas menjadi 7561,4488 Watt.

Berdasarkan hal ini, dapat disimpulkan bahwa laju perpindahan panas meningkat seiring dengan kenaikan temperatur. Hal ini dikarenakan laju perpindahan panas menyeluruh (U) juga ikut naik sehingga menyebabkan laju perpindahan panas (q) naik. Saat temperatur naik, maka partikel nanofluida akan memecah, dimana setiap partikel nanofluida dapat menyerap panas dari fluida panas yang mengalir pada tube.

- Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Efektivitas (ϵ) Shell and Tube Heat Exchanger



Gambar 5 Grafik Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Efektivitas Shell and Tube Heat Exchanger dengan Metode Effectiveness – NTU

Pada Gambar 5 di atas merupakan grafik pengaruh variasi temperatur nanofluida terhadap efektivitas shell and tube heat exchanger dengan metode effectiveness-NTU yang menggambarkan kenaikan efektivitas seiring dengan naiknya temperatur. Pada saat ditemperatur menunjukkan angka 60°C, efektivitasnya menjadi 42%. Temperatur pun dinaikkan menjadi 70°C dan

efektivitasnya juga meningkat menjadi 42,5%. Pada saat temperatur meningkat menjadi 80°C efektivitas dari shell and tube heat exchanger meningkat menjadi 50%

Hal di atas menunjukkan, bahwa efektivitas *shell and tube heat exchanger* akan meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur fluida masuk. Dikarenakan semakin tinggi temperatur fluida masuk, maka perpindahan panas akan lebih tinggi, dan ditambah dengan nanofluida yang berfungsi penyerap panas, maka panas akan semakin diserap karena partikel nanofluida yang terpecah karena tingginya temperatur juga semakin banyak. Hal ini lah yang menyebabkan efektivitas *shell and tube heat exchanger* semakin besar.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada *shell and tube heat exchanger* mengenai pengaruh variasi temperatur fluida masuk terhadap efektivitas *heat exchanger shell and tube* dengan menggunakan nanofluida TiO₂ fraksi volume 3%, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Laju perpindahan kalor konveksi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur fluida masuk, semakin tinggi temperatur fluida masuk maka akan mudah memecah partikel nanofluida TiO₂ sehingga akan mudah menyerap kalor fluida panas yang mengalir di sisi tube.
- Laju perpindahan kalor dan efektivitas paling maksimal terjadi pada temperatur 80°C dengan laju perpindahan kalor 7561,4488 watt dan efektivitas meningkat 50%.

Saran

- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai proses perpindahan panas yang terjadi pada shell and tube heat exchanger pada sisi fluida panas (input) dan fluida dingin akibat pengaruh variasi temperatur.
- Diharapkan ada penelitian lebih lanjut yang membahas tentang variasi nanofluida dikarenakan faktor yang mempengaruhi efektivitas *shell and tube heat exchanger* sangat beraneka ragam, sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan nilai efektivitas yang paling optimal dari *shell and tube heat exchanger* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Agista, Diaz Rizky, 2018 Uji Eksperimental Pengaruh Temperatur dan Fraksi Volume Terhadap Perpindahan Kalor Konveksi Nanofluida Air – Al₂O₃ pada *Shell And Tube Heat Exchanger*. JTM. Vol.06, No. 02, pp.1-5.

Daunghongsuk, W. dan Wongwises. 2009. *Measurement of Temperature Depent Thermal Conductivity and Viscosity of TiO₂-water Nanofluids*, *Experimental Thermal and Fluid Science.*, 33, 706-714.

Daunghongsuk, W. dan Wongwises. 2010. *An Experimental Study on Heat Transfer Performance and Pressure Drop of TiO₂-Water Nanofluida Flowing Under a Turbulent Flow Regime*, *Internasional Jurnal of Heat and Mass Transfer*, vol. 53, pp. 334-334.

Gunnasegaran, P., dan M. Abdullah. 2013. *Influence of Nanofluid on Heat Transfer in a Loop Heat Pipe*.

Internasional Communications in Heat and Mass Transfer, vol. 47, pp. 82-91.

- I. M. Arsana, K. Budhikarjo, A. Susianto, and A. Altway. 2016. *Modelling of the single staggered wire and tube heat exchanger*, *Int. J Appl. Eng. Res.*, 11, No. 8,5591-5599
- I. M. Arsana. 2020. *The Effect of Nanofluid Volume Fraction to The Rate of Heat Transfer Convection Nanofluid Water-Al₂O₃ on Shell and Tube Heat Exchanger*. *Journal of Physics: Conference Series*. Conf. Ser. 1569 032048
- I. M. Arsana. 2020. *The Influence of Baffle Gap to The Effectiveness of Shell and Tube Heat Exchanger with Helical Baffle*. *Journal of Physics: Conference Series*. Conf. Ser. 1569 042091
- I. M. Arsana, L. C. Muhimmah, G. Nugroho and R. A. Wahyuono. 2021. *Enhanced Heat Transfer Effectiveness Using Low Concentration SiO₂-TiO₂ Core-Shell Nanofluid In A Water/Ethylene Glycol Mixture*. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. Vol. 94, No. 2 DOI 10.1007/s10891-021-02312-x
- Juneja, Mahesh, dan D. Gangacharluyu. 2013. *Experimental Analysis on Influence of Temperatur and Volume Fraction of Nanofluids on Thermophysical Properties*. *Internasional Journal of Emerging Tecnologies in Computational and Applied Science (IJETCASS)*, pp.233-238.
- Khedkar, R. dan Sonawera. 2013. *Water to Nanofluids Heat Transfer in Concentric Tube Heat Exchanger. Ekspermental study*, *Journal Internasional Chemical, Civil and Mechanical Engineering Tracks of 3rd Nirma University Internasional Conference on Engineering*, vol. 51, pp. 318-323.
- Kusuma, I. dan Prasetyo. 2012. Studi Eksperimental Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Nano TiO₂-Ethylene Glycol pada Circular Tube di bawah Kondisi Fluks Kalor Konstan, *jurnal nasional*, vol. 10, pp. 117-124.
- Mintsu, Honorine Angue dan Gilles Roy. 2009. *New Temperature Depent Thermal Conductivity Data for Water-Base Nanofluids*. *Internasional Journal of Thermal Science*, vol. 48, pp. 363-371.
- Murshed, S. dkk. 2008. *Convective Heat Transfer Characteristics of Aqueous TiO₂ Nanofluids Under Laminer Flow Condition*, *Internasional Journal of Nanoscience*, vol. 7, No. 6, pp.325-321.
- Pamuji, Lulus. 2017. Pengaruh Jarak Baffle Terhadap Efektivitas *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube* dengan Double Segmental Baffle. *Skripsi*. Teknik Mesin Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Saleh, R., dkk. 2014. *Titanium Dioksida Nanofluids for Heat Transfer Applications*. *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 52, pp. 19-29.
- Septiadi, Nata, Nandy Putra dan Rosari Saleh. 2015. Karakteristik Konduktivitas Thermal Nanofluida Oksida Berbasis Fluida Dasar H₂O. Depok : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Suroso, Bekti, Samsul Kamal dan Budi Kurniawan. 2015. Pengaruh Temperatur dan Fraksi Volume Terhadap Nilai Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Nano TiO₂/Oli Termo XT32 Pada Penukar Kalor Pipa

Konsentrik. Yogyakarta : Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Wildan, Moch. dkk. 2014. Pengaruh Variasi Prosentasi
Massa Nanopartikel, Temperatur, dan Fluida Nano
Terhadap Fluida Properties Fluida Nano $H_2O-AL_2O_3$.
Malang : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya.

