

UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH TEMPERATUR DAN FRAKSI VOLUME TERHADAP PERPINDAHAN KALOR KONVEKSI NANOFLUIDA AIR – Al_2O_3 PADA *SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER*

Diaz Rizky Agista

S1 Teknik Mesin Konversi Energi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

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

I Made Arsana

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: madearsana@unesa.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan *shell and tube heat exchanger* semakin meningkat terutama di bidang industri dan teknologi. Fluida kerja yang digunakan saat ini masih merupakan fluida konvensional yang masih memiliki sifat konduktivitas termal yang rendah. Nanofluida adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan konduktivitas termal tersebut. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur dan fraksi volume terhadap laju perpindahan panas dan efektivitas pada *shell and tube heat exchanger*. Bahan yang digunakan adalah Al_2O_3 dengan perbedaan fraksi volume 1%, 3%, dan 5% pada fluida dingin serta perbedaan temperatur 70°C, 80°C, dan 90°C pada fluida panas. Hasil penelitian pengaruh temperature dan fraksi volume terhadap perpindahan kalor konveksi pada *shell and tube heat exchanger* diperoleh efektivitas tertinggi pada keadaan temperatur 90°C serta campuran fraksi volume nanofluida sebesar 5%, yaitu sebesar 46% dengan laju perpindahan panas yang terjadi sebesar 9658,489126 watt. Sedangkan untuk efektivitas terendah didapatkan pada keadaan temperatur 70°C tanpa campuran fraksi volume nanofluida, yaitu sebesar 11,75% dengan laju perpindahan panas sebesar 5511,669826 watt. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur dan fraksi volume nanofluida, maka akan meningkatkan laju perpindahan panas konveksi serta efektivitas dari *shell and tube heat exchanger*.

Kata kunci: *shell and tube heat exchanger, nanofluida, fraksi volume, aluminium oksida*

Abstract

The utilization of shell and tube heat exchanger increases especially in the field of industry and technology. The working fluid in use today is still a conventional fluid that still has a low thermal conductivity properties. Nanofluida is one of the ways that can be used to increase the thermal conductivity. The purpose of this research was conducted to find out the influence of the temperature and the volume fraction against the heat transfer rate and effectiveness on shell and tube heat exchanger. The material used is Al_2O_3 with difference fraction volume 1%, 3% and 5% in cold fluid and temperature difference of 70 ° C ° C, 80, and 90 ° C in fluid hot. Results of research of influence of temperature and volume fraction against heat transfer convection on shell and tube heat exchanger obtained the highest effectiveness in a temperature of 90 ° C as well as a mixture of nanofluida volume fraction of 5%, that of 46% with the rate of heat transfer is happening of 9658.489126 Watts. As for the effectiveness of low temperature on the State obtained 70 ° C without a mixture of nanofluida, i.e. volume fraction of 11.75% with the rate of heat transfer of 5511.669826 Watts. Thus it can be concluded that the higher the temperature and volume fraction of nanofluida, it will increase the rate of heat transfer convection as well as the effectiveness of the shell and tube heat exchanger.

Keywords: *shell and tube heat exchanger, nanofluids, volume fraction, aluminum oxide*

PENDAHULUAN

Shell and tube heat exchanger merupakan salah satu jenis alat penukar panas yang digunakan diberbagai industri. Fluida yang digunakan merupakan fluida konvensional yang memiliki sifat perpindahan kalor rendah. Salah satu cara untuk meningkatkan perpindahan kalor adalah dengan memperbaiki properti dari fluida konvensional dengan nanofluida. Nanofluida merupakan suatu inovasi baru dari fluida yang terdiri dari fluida dasar dan partikel berukuran nano (1-100 nm) yang tersuspensi bersama. Jenis nanofluida pun bermacam – macam, yaitu Al_2O_3 , ZrO_2 , SiO_2 , dan TiO_2 sebagai nanofluida jenis oksida. Ag

dan Cu sebagai nanofluida jenis metal, serta Teflon sebagai nanofluida jenis polimer.

Alumunium oksida adalah senyawa kimia dari alumunium dan oksigen dengan rumus kimia (Al_2O_3). Alumunium oksida memiliki keuntungan seperti memiliki properties panas, kimia, dan fisikal yang baik dari beberapa material keramik yang lain. Alumunium oksida juga secara luas dapat digunakan pada industri fabrikasi, sehingga mudah untuk didapatkan.

Faktor konsentrasi nanopartikel pada nanofluida mempengaruhi besarnya peningkatan rasio koefisien perpindahan kalor konveksi paksa sehingga pada percobaan penambahan nanofluida dengan konsentrasi 1%

menunjukkan peningkatan koefisien sebesar 31%-48% (Putra, 2005)

Salah satu syarat nanofluida yang dapat digunakan pada sistem pendingin reaktor yaitu memiliki kemampuan penyerapan neutron yang rendah dan waktu paruh yang pendek. Saat ini, penelitian mengenai pendingin reaktor hanya menggunakan nanofluida Al_2O_3 dan ZrO_2 (Buongiorno, 2007)

Laju perpindahan panas pada *annular tube* akan meningkat seiring dengan peningkatan rasio konsentrasi dari nanopartikel untuk Al_2O_3 (Shedid, 2014)

Adanya penambahan nanopartikel pada fluida dasar di alat penukar panas kalor pipa konsentrik, maka nilai perpindahan kalor juga meningkat seiring dengan penambahan variasi temperatur dan variasi fraksi volume pada nanofluida. Penambahan fraksi volume 0,5% adalah nilai perpindahan kalor konveksi yang tertinggi. (Suroño, 2015)

Penggunaan nanofluida pada *shell and tube heat exchanger* meminimalkan biaya pengoptimalan *heat exchanger* sebesar 55,19% (Azad, 2016)

Perencanaan sistem instrumentasi pada rancang bangun *shell and tube heat exchanger* menjelaskan bahwa uji performa *heat exchanger* memiliki perpindahan kalor 5105,30 watt dan mendapatkan efektivitas 37% (Laksana, 2017)

Berdasarkan perancangan yang ada dan hanya mendapatkan efisiensi 37%, maka penulis menemukan suatu cara untuk meningkatkan perpindahan kalor menggunakan nanofluida Al_2O_3 dengan perbedaan variasi temperatur dan fraksi volume untuk meningkatkan perpindahan kalor konveksi nanofluida air – Al_2O_3 pada *shell and tube heat exchanger*.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

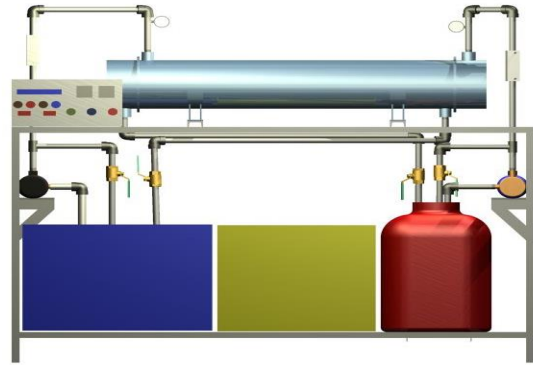
Berdasarkan permasalahan dan tujuan penelitian ini penulis menggunakan jenis penelitian uji eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui peningkatan laju perpindahan kalor konveksi serta keefektifitasan yang dipengaruhi oleh variasi temperature dan variasi fraksi volume Al_2O_3 pada *shell and tube heat exchanger*.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat penelitian
Penelitian dilakukan di Laboratorium Perpindahan Panas A8.02.01 Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Waktu Penelitian
Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan pada Bulan Mei.

Rancangan penelitian

- *Shell and Tube Heat Exchanger*
Shell and Tube Heat Exchanger merupakan suatu trainer yang digunakan untuk menguji



Gambar 1. *Shell and Tube Heat Exchanger*

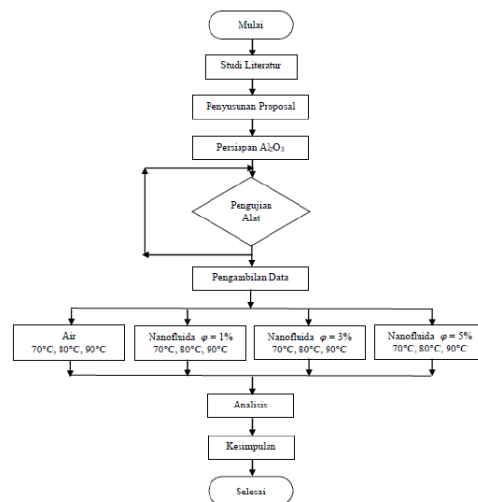
- Nanofluida

Nanofluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aluminium Oksida (Al_2O_3) yang merupakan senyawa kimia dari aluminium dan oksigen. Keuntungan menggunakan Al_2O_3 yaitu memiliki properties panas, kimia, dan fisikal yang baik dibandingkan dengan yang lain.

- Variasi Temperatur dan Fraksi Volume

Variasi temperatur dilakukan pada fluida panas dengan temperatur 70°C, 80°C, dan 90°C. Variasi fraksi volume dilakukan pada fluida dingin dengan fraksi volume 1%, 3%, dan 5%.

- *Flowchart* Penelitian



Gambar 2. *Flowchart* Proses Penelitian

Peneliti mengawali penelitian dengan studi literatur sehingga ditemukan rumusan masalah. Setelah itu dilakukan persiapan penelitian pencampuran nanofluida serta *base fluid*. Pengambilan data dilakukan dengan 4 variasi fraksi volume nanofluida yaitu tanpa campuran nanofluida, 1%, 3%, dan 5%. Setiap variasi fraksi volume diberi perlakuan temperatur dengan variasi 70°C, 80°C, dan 90°C. Setelah mendapatkan hasil pengujian maka dianalisis.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2013).

- Variabel terikat:
 - Laju perpindahan kalor konveksi pada *shell and tube heat exchanger*
 - Efektivitas pada *shell and tube heat exchanger*
- Variabel bebas:
 - Fraksi volume nanofluida Al₂O₃ sebesar 1%, 3%, dan 5%.
 - Temperatur fluida panas masuk 70°C, 80°C, dan 90°C.
- Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :
 - Temperatur pada fluida dingin masuk (T_{cin}) sebesar 30°C sesuai dengan suhu ruangan.
 - Debit aliran fluida dingin 6 lpm.
 - Debit aliran fluida panas 4 lpm.

Alat, Bahan, dan Instrumen Penelitian

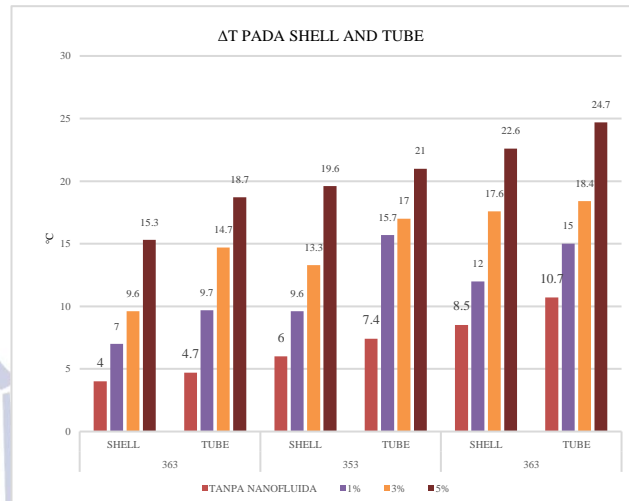
- Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:
 - *Shell and tube heat exchanger*
 - Pompa fluida panas
 - Pompa fluida dingin
 - *Heating element*
 - *Thermocouple*
 - Pipa saluran fluida
 - Tangki fluida
 - Katup
 - MCB
 - Timbangan
- Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nanofluida Al₂O₃ dan air suling.
- Instrumen yang digunakan dalam proses penelitian adalah sebagai berikut:
 - *Thermocontrol*
 - *Pressure gauge*
 - *Flowmeter*

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis data deskriptif, yaitu dengan mendeskripsikan data secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai hasil yang diperoleh selama tahapan pengujian serta pengumpulan data. Data pengujian yang diperoleh akan diolah menggunakan excel dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan menganalisis dan mengetahui pengaruh variasi temperatur dan variasi fraksi volume nanofluida terhadap laju perpindahan kalor konveksi serta efektivitas pada *shell and tube heat exchanger*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

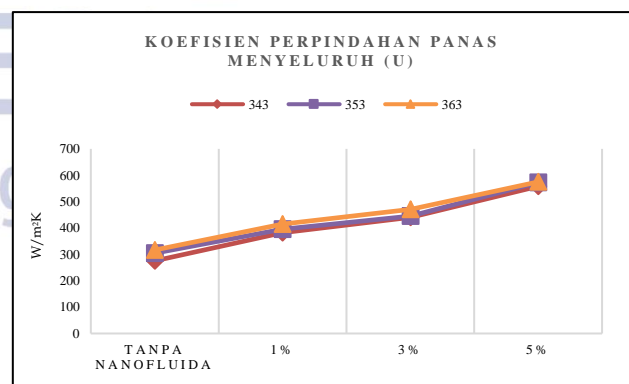
• **Selisih Temperatur Fluida Masuk dan Temperatur Fluida Keluar**



Gambar 3. Diagram Hasil Selisih Temperatur Fluida Masuk dan Temperatur Fluida Keluar pada *Shell and Tube Heat Exchanger*

Berdasarkan gambar grafik di atas selisih temperatur fluida masuk dan fluida keluar pada bagian *shell* adalah pada temperatur 90°C dan fraksi volume 5% dengan selisih 22,6°C serta pada sisi *tube* dengan selisih 24,7°C. Hal ini dikarenakan nanofluida Al₂O₃ akan menyerap kalor yang ada sehingga semakin banyak nanofluida maka penyerapan kalor juga akan semakin tinggi sehingga pada sisi *shell* akan mengalami kenaikan kalor sedangkan pada sisi *tube* akan mengalami penurunan kalor yang tinggi.

• **Nilai Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)**

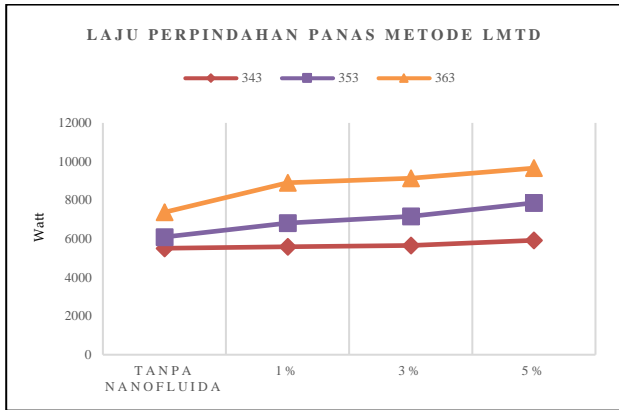


Gambar 4. Nilai Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh pada *Shell and Tube Heat Exchanger*

Berdasarkan gambar grafik di atas, terlihat bahwa koefisien perpindahan panas menyeluruh mengalami kenaikan yang signifikan. Laju perpindahan panas menyeluruh tertinggi mencapai 574,955 W/m²K saat

keadaan temperatur 90°C dengan fraksi volume 5%. Hal ini dikarenakan saat temperature naik, maka pergerakan partikel juga akan semakin berhamburan sehingga nanopartikel dengan fraksi volume tinggi akan menyerap panas yang dihantarkan oleh fluida panas tersebut.

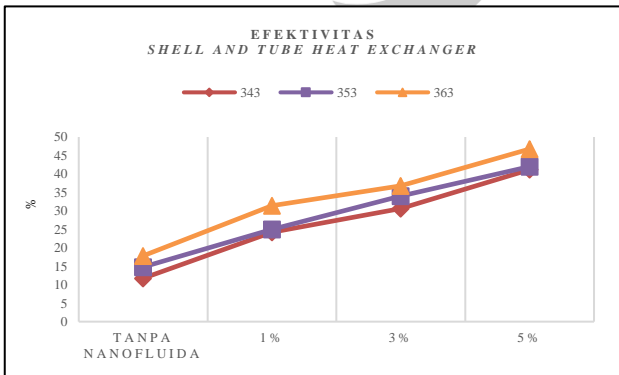
- **Nilai Laju Perpindahan Panas (q)**



Gambar 5. Laju Perpindahan Panas Metode LMTD (q) pada *Shell and Tube Heat Exchanger*

Berdasarkan gambar grafik di atas, terlihat bahwa laju perpindahan panas metode LMTD (q) akan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur dan fraksi volume. Laju perpindahan panas (q) tertinggi didapat dengan nilai 9658,489 watt saat keadaan temperatur 90°C serta fraksi volume 5%. Hal ini disebabkan oleh nanopartikel Al_2O_3 yang menyerap kalor, semakin banyak nanopartikel yang ada maka kalor yang diserap semakin banyak sehingga nilai laju perpindahan juga akan semakin meningkat.

- **Nilai Efektivitas *Shell and Tube Heat Exchanger***



Gambar 6. Efektivitas *Shell and Tube Heat Exchanger*

Berdasarkan gambar grafik di atas, terlihat bahwa laju efektivitas perpindahan panas meningkat seiring meningkatnya temperatur dan fraksi volume nanofluida. Nilai efektivitas tertinggi yang didapatkan yaitu mencapai 46% pada saat keadaan temperatur 90°C serta fraksi volume 5%. Hal ini dikarenakan saat laju perpindahan

panas meningkat, maka efektivitas juga akan meningkat secara otomatis.

PENUTUP

Simpulan

Hasil penelitian uji eksperimental pengaruh temperatur dan fraksi volume terhadap perpindahan kalor konveksi nanofluida air – Al_2O_3 pada *shell and tube heat exchanger* dapat disimpulkan bahwa:

- Laju perpindahan kalor konveksi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya temperature dan fraksi volume nanofluida Al_2O_3 yang disebabkan temperature yang tinggi akan memecah partikel nanofluida menjadi lebih kecil dan gerakan partikelnya semakin cepat, sehingga akan menyerap kalor fluida panas yang mengalir di sisi *tube*.
- Laju perpindahan kalor dan efektivitas paling optimal terjadi pada temperatur 90°C dengan campuran fraksi volume nanofluida 5% dengan hasil masing – masing – masing 9658,4891 watt dan 46%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka diberikan saran sebagai berikut:

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemodelan visualisasi proses perpindahan panas yang terjadi pada kedua fluida akibat pengaruh temperatur dan fraksi volume.
- Diharapkan ada penelitian lebih lanjut yang membahas tentang nanofluida lainnya berdasarkan sifat kimiawi selain Al_2O_3 dikarenakan faktor yang mempengaruhi efektivitas sangat beraneka ragam, sehingga perlu adanya kajian lebih khusus pada komponen lain untuk mendapatkan nilai efektivitas yang paling optimal dari *shell and tube heat exchanger*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsana, I Made, dkk. 2016. *Modelling of The Single Staggered Wire and Tube Heat Exchanger*. Journal of Nopember Institute of Technology Surabaya (ITS).
- Arsana, I Made, dkk. 2016. *Optimization of The Single Staggered Wire and Tube Heat Exchanger*. Journal of Nopember Institute of Technology Surabaya (ITS).
- Azad, Abazar Vahdat. 2016. *Application of Nanofluids for the Optimal Design of Shell and Tube Heat Exchanger Using Genetic Algorithm*. Journal of Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Iran.
- Buongiorno, Jacopo. 2007. *Nanofluids for Enhanced Economics and Safety of Nuclear Reactors*. Journal of Department of Nuclear Science and Engineering,

- Ganvir, R.B, et al. 2016. *A Review Heat Transfer Characteristics in Nanofluids*. Canada: Elsevier Ltd.
- Garoosi, Farooq, et al. 2016. *Numerical Study of Heat Transfer Performance of Nanofluids in a Heat Exchanger*. Canada: Elsevier Ltd.
- Hassan, I Mohamed, et al. 2015. *The Effect of Water-Based Nanofluid Incorporating Al₂O₃ Nanoparticles on Heat Pipe Performance*. Canada: Elsevier Ltd.
- Holman, J.P. 2010. *Heat Transfer. 10th Edition*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc
- Incropera, Frank. 2002. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 7th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc
- Kamajaya, Ketut. 2017. Studi Eksperimental Perpindahan Kalor Konveksi Paksa pada Nanofluida Air – ZrO₂ di dalam Sub – Buluh Vertikal Segi Empat. Bandung: Jurnal Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan.
- Kumar, Vikas. 2015. *A Review of Application of Nanofluids in Plate Heat Exchanger*. Canada: Elsevier Ltd.
- Kuppan, T. 2000. *Heat Exchanger Design Handbook*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Naik, Anil Kumar. 2016. *Heat Transfer Enhancement using Non-Newtonian Nanofluids in a Shell and Helical Coil Heat Exchanger*. Canada: Elsevier Ltd.
- Nazar, Reinaldy. 2016. Kajian Numerik Korelasi Perpindahan Panas Konveksi Alamiah Aliran Nanofluida ZrO₂ – Air pada Anulus Vertikal. Bandung: Jurnal Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan.
- Omidi, Mohamad. 2016. *A Comprehensive Review on Double Pipe Heat Exchanger*. Canada: Elsevier Ltd.
- 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.
- Putra, Alfian Rizqi Laksana. 2017. Perencanaan Sistem Instrumentasi pada Rancang Bangun *Heat Exchanger Type Shell and Tube*. *Skripsi*. Teknik Mesin Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Putra, Nandy dkk. 2005. Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Air Bersuspensi Nano Partikel (Al₂O₃) pada Fintube Heat Exchanger. Jurnal Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Saidur, R et al. 2010. *A Review on Application and Challenges of Nanofluids*. Canada: Elsevier Ltd.
- Shedid, Mohammed A. 2014. *Computational Heat Transfer for Nanofluids through an Annular Tube*. Journal Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Helwan University. Cairo, Egypt.
- Shirai, Takashi. 2009. *Structural Properties and Surface Characteristics on Aluminum Oxide Powders*. Japan: Hon-Machi Taijmi Gifu.
- Sozen, Adnan et al. 2015. *Heat Transfer Enhancement using Alumina and Fly Ash Nanofluids in Parallel and Cross-Flow Concentric Tube Heat Exchangers*. Canada: Elsevier Ltd.
- Sudjatmi, K.A dkk. 2013. Pengaruh Konsentrasi ZrO₂ terhadap Korelasi Perpindahan Panas Nanofluida Air – ZrO₂ untuk Pendingin Reaktor. Jakarta: Jurnal Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri.
- Suroso, Bekt dkk. 2015. Pengaruh Temperatur dan Fraksi Volume Terhadap Nilai Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Nano TiO₂ / Oli Termo XT32 pada Penukar Kalor Pipa Konsentrik. Yogyakarta: Jurnal Mekanika.
- Wardhani, Indriati Sri. 2014. Fluida Nano ZrO₂ sebagai Fluida Pendingin pada Permukaan Pemanas Pelat Vertikal: Studi Eksperimental. Bandung: Jurnal Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan.