

PROSES PREPARATION NANOFLUIDA HYBRID (CuO – Al₂O₃) PADA DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER

Akhmad Saiffudin

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: akhmad.18014@mhs.unesa.ac.id

I Made Arsana

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: madarsana@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan dunia industri 4.0 memiliki peranan yang cukup signifikan. Salah satu contoh utama dalam industrial adalah pada proses perpindahan kalor. Dalam proses perpindahan kalor dipetakan menjadi beberapa kategori, seperti pada unit pendinginan yang berperan besar dalam industrial. Salah satu contoh media perpindahan kalor yang sering digunakan dalam rekayasa perkembangan industrial ialah penukar kalor tabung ganda. Pada umumnya, fluida kerja yang digunakan pada media penukar kalor berupa fluida konvensional (Air, Ethylen Glicol, Minyak) yang memiliki karakter nilai konduktivitas termal dasar. *Nanofluida Hybrid* menjadi solusi utama dan menjadi terobosan baru dalam menangani permasalahan pada fluida kerja dengan karakteristik konduktivitas termal relatif tinggi. perlakuan awal yang dikerjakan dalam penggunaan *Nanofluida Hybrid* ialah perlakuan pada nanopartikel menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada nanopartikel yang digunakan. Pada proses lanjutan terdapat perlakuan Persiapan Nanopartikel, perlakuan Dispersi / Pencampuran Nanopartikel dengan Fluida Dasar, perlakuan Sonifikasi *Nanofluida Hybrid*, dan Pengujian *Nanofluida Hybrid* dalam penukar kalor tabung ganda. penentuan kualitas dan skala optimasi pada *Nanofluida Hybrid* selain dipengaruhi oleh nilai konsentrasi volume juga pada temperatur kerja yang digunakan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perlakuan terhadap *Nanofluida Hybrid* merupakan faktor utama dalam menentukan nilai laju perpindahan kalor dan nilai efektivitas pada penukar kalor tabung ganda.

Kata Kunci: Penukar Kalor Tabung ganda, *Nanofluida Hybrid* (CuO – Al₂O₃), Fraksi Volume, dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Abstract

The development of the industrial world 4.0 has a significant role. One of the main examples in industry is in the process of heat transfer. In the heat transfer process it is mapped into several categories, such as in refrigeration units which play a major role in industrial. One example of a heat transfer medium that is often used in industrial development engineering is the double tube heat exchanger. In general, the working fluids used in heat exchange media are conventional fluids (Water, Ethylene Glycol, Oil) which have basic thermal conductivity values. Hybrid Nanofluids are the main solution and a new breakthrough in dealing with problems in working fluids with relatively high thermal conductivity characteristics. The initial treatment carried out in the use of Hybrid Nanofluids is the treatment of nanoparticles using Scanning Electron Microscopy (SEM) on the nanoparticles used. In the advanced process there is the Nanoparticle Preparation treatment, the Dispersion/Mixing of Nanoparticles with Base Fluid treatment, the Hybrid Nanofluid Sonification treatment, and the Hybrid Nanofluid Testing in a double tube heat exchanger. Determining the quality and optimizing scale of Nanofluid Hybrid is influenced not only by the volume concentration value but also by the working temperature used. Thus it can be concluded that the treatment of Hybrid Nanofluids is the main factor in determining the value of the heat transfer rate and the effectiveness value of the double tube heat exchanger.

Keywords: Double Tube Heat Exchanger, Hybrid Nanofluid (CuO – Al₂O₃), Volume Fraction, and SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

PENDAHULUAN

Penukar panas tabung ganda adalah salah satu jenis penukar panas paling canggih yang digunakan dalam sistem mekanis. *Double Pipe* dikenal sebagai pertukaran pipa ganda karena salah satu cairan mengalir di pipa bagian dalam dan yang lainnya mengalir di sekitar pipa bagian dalam melalui ruang annular. Pipa ganda sangat nyaman digunakan dan dioperasikan pada rentang suhu yang luas dan tekanan tinggi. Aktivitas yang dilakukan dalam

meningkatkan perpindahan kalor yaitu dengan memperbaiki properti dari fluida konvensional menggunakan kemajuan nanoteknologi. *Nanofluida Hybrid* sendiri merupakan inovasi pada fluida kerja yang terdiri dari 2 atau lebih partikel berukuran nano (1 - 100 nm) yang tersuspensi dan terlarut pada fluida dasar. Partikel ini biasanya logam atau oksida logam yang dapat meningkatkan konduktivitas termal pada proses perpindahan kalor. Kemajuan pesat dalam nanoteknologi

dalam beberapa dekade terakhir telah mengakibatkan munculnya inovasi pada fluida kerja dan *Nanofluida Hybrid* ($\text{CuO} - \text{Al}_2\text{O}_3$) didefinisikan sebagai cairan potensial yang menawarkan kinerja perpindahan panas yang lebih baik dan sifat fisik termo dari cairan perpindahan panas konveksi (minyak, air dan etilen glikol).

Copper Oxide (CuO) merupakan jenis senyawa semikonduktor dengan struktur monoklinik. Keunggulan CuO sendiri yaitu, berjenis senyawa berbasis tembaga yang paling sederhana dan menunjukkan banyak sifat fisik yang berpotensi berguna, seperti superkonduktivitas suhu tinggi dan nanopartikel tembaga oksida (CuO) telah dikarakterisasi secara fisik dan kimia dan diselidiki untuk potensi penggunaan antimikrobanya.

Aluminium Oxide (Al_2O_3) dikategorikan sebagai jenis senyawa kimia dari aluminium dengan perlakuan oksidasi. Keunggulan Al_2O_3 sendiri antara lain memiliki properties panas, kimiawi, dan properties fisikal yang baik.. Aluminium oksida sering digunakan pada industri khususnya fabrikasi, dan sangat terjangkau untuk dicari.

penggunaan variasi pada fraksi volume volume 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% dan 1% pada *Nanofluida Hybrid* ($\text{CuO} - \text{Al}_2\text{O}_3$) didapati nilai konduktivitas termal pada komposisi 50 : 50, terjadi peningkatan fraksi volume meningkatkan nilai konduktivitas termal dimana masing masing memiliki nilai konduktivitas termal 0,62 $\text{W/m}^\circ\text{C}$, 0,69 $\text{W/m}^\circ\text{C}$, 0,73 $\text{W/m}^\circ\text{C}$, 0,76 $\text{W/m}^\circ\text{C}$ dan 0,78 $\text{W/m}^\circ\text{C}$ jika dibandingkan dengan fluida dasar yang digunakan yakni air dengan konduktivitas termal 0,56 $\text{W/m}^\circ\text{C}$ dan massa partikel yang di dispersikan maka fraksi volume 0,5% memberikan peningkatan konduktivitas termal yang paling signifikan dibandingkan dengan fraksi volume yang lain (Septiadi W N dan Sudarmo C, 2016)

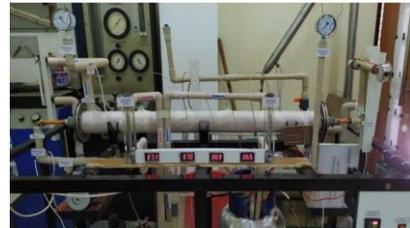
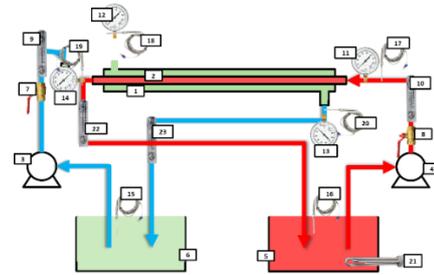
Berdasarkan penelitian sebelumnya pada kondisi fraksi volume 0,5% memiliki nilai konduktivitas termal tertinggi maka penulis memiliki ide dan gagasan dalam meningkatkan nilai Konduktivitas Termal menggunakan *Nanofluida Hybrid* ($\text{CuO} - \text{Al}_2\text{O}_3$) dengan menggunakan variasi temperatur kerja dan konsentrasi volume dalam meningkatkan nilai Konduktivitas Termal *Nanofluida Hybrid* ($\text{CuO} - \text{Al}_2\text{O}_3$) pada *Double Pipe Heat Exchanger*.

METODE

Alat dan Bahan

- **Penukar Kalor Tabung Ganda**

Dalam penelitian yang akan dilakukan, media yang digunakan adalah Penukar Kalor Tabung Ganda.



Gambar 1. Penukar Kalor Tabung Ganda

- **Nanopartikel**

Nanopartikel yang digunakan dalam proses preparation dan mixing ini adalah *Cooper Oxide* (CuO) dan *Aluminium Oxide* (Al_2O_3). Unit senyawa kimia kombinasi antara Tembaga dan aluminium yang dikenai proses oksidasi.

- **Alat penelitian dan instrument penelitian**

Berikut merupakan komponen – komponen utama dan pendukung dalam tahap preparation dan mixing ini, antara lain :

- **Timbangan Digital**

Timbangan digital merupakan media yang digunakan sebagai penimbang takaran massa jenis nanopartikel yang akan digunakan.



Gambar 2. Timbangan Digital

- **Gelas Ukur**

Gelas Ukur Merupakan salah satu perantara dalam sebuah laboratorium kimia yang memiliki fungsi untuk mengukur volume sebuah larutan / fluida.



Gambar 3. Gelas Ukur

- **Ultrasonic Cleaner**

Ultrasonic cleaner merupakan alat yang digunakan dalam proses dispersi / mixing nanopartikel dengan fluida dasar sampai menjadi *nanofluida hybrid*.



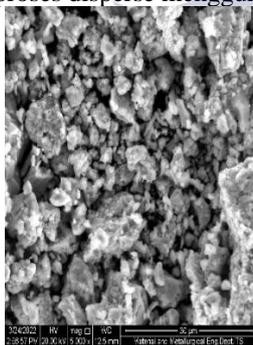
Gambar 4. Ultrasonicator Cleaner

Metode Penelitian

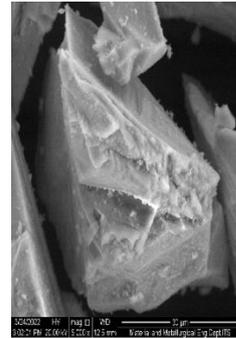
• **Tahapan preparation / persiapan Nanopartikel**

Perlakuan awal pada nanopartikel adalah mempersiapkan nanopartikel *Cooper Oxide* (CuO) dan *Aluminium Oxide* (Al₂O₃) Perlakuan awal pada nanopartikel adalah mempersiapkan nanopartikel *Cooper Oxide* (CuO) dan *Aluminium Oxide* (Al₂O₃) pada tahapan ini nanopartikel disiapkan dan akan dikenai metode dua langkah. Nanopartikel sendiri memiliki kontur fisik rata-rata 10 – 15 nm. Dengan ini dapat diketahui bahwa nanopartikel memiliki lapisan permukaan hidropobik yang memiliki potensi untuk menggumpal / aglomerasi jika tercampur secara merata pada air tanpa dilakukan proses dipresan. Pada tahapan dispersan, nanopartikel CuO – Al₂O₃ dicampur dengan fluida konvensional yaitu, Air (H₂O) pada kondisi fraksi volume tertentu, dan pada saat proses sonifikasi digunakan alat yaitu, ultrasonicator cleaner dengan tegangan sebesar 30 – 50 kHz selama ± 30 – 45 menit dalam mendapat kondisi suspensi yang sempurna pada nanofluida hybrid dan mencegah terjadinya aglomerasi.

SEM / *Scanning Electron Microscopy* merupakan metode yang dirancang dalam mempelajari kontur fisik dari nanopartikel yang hendak digunakan, dengan skema pemanfaatan electron yang terfokus pada energi relatif rendah sebagai probe electron yang berpindah secara teratur di atas objek kerja. Dan berikut merupakan hasil dari pengujian SEM pada Nanopartikel CuO dan Al₂O₃ yang telah dilakukan proses disperse menggunakan air (H₂O).

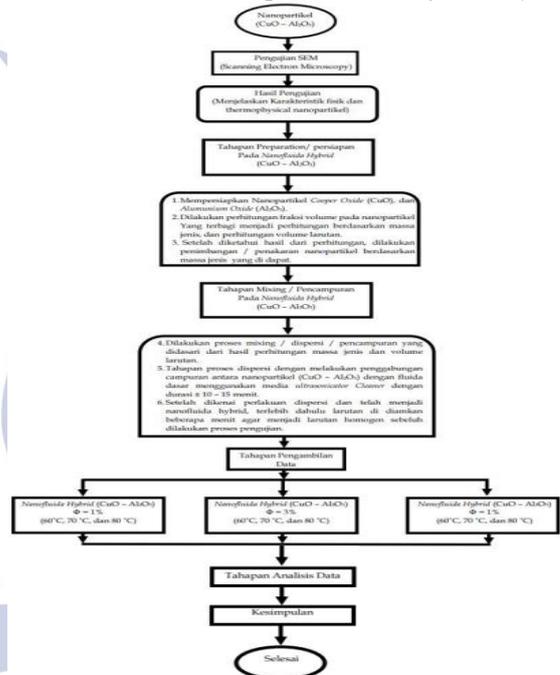


Gambar 5. Hasil Pengujian SEM pada *Cooper Oxide* (CuO) diperbesar 5.000 kali



Gambar 6. Hasil Pengujian SEM pada *Aluminium Oxide* (Al₂O₃) diperbesar 30.000 kali

• **Flowchart Proses Preparation Nanofluida Hybrid**



Gambar 7. Flowchart Skema proses preparation dan mixing Nanofluida Hybrid

• **Tahapan – Tahapan pembuatan Nanofluida Hybrid**

Tahapan Preparation / Persiapan Nanopartikel

Dalam tahapan awal sesuai dengan skema perlakuan awal pada nanopartikel di flowchart diatas, terlebih dahulu dilakukan perhitungan mengenai massa jenis dari nanopartikel yang akan digunakan, setelah itu di lakukan perhitungan pada volume nanofluida hybrid sebelum digunakan. Berikut merupakan hasil perhitungan massa jenis dan volume larutan yang telah dilakukan :

Setelah didapati hasil dari perhitungan diatas, dilakukan tahapan – tahapan dispersi pada nanopartikel sebelum menjadi *nanofluida hybrid* :

- Menimbang / menakar nanopartikel yang akan digunakan menggunakan timbangan digital, nanopartikel yang digunakan adalah *Cooper Oxide*(CuO) dan *Aluminium Oxide* (Al₂O₃)
- Nanopartikel *Cooper Oxide* dan *Aluminium Oxide* disiapkan untuk dikenai tahapan dispersi,

- Untuk metode pencampuran fraksi volume nanofluida hybrid yaitu dengan melakukan perbandingan volume fluida dasar yang digunakan dengan volume nanopartikel yang digunakan. Misalnya untuk fraksi volume 1% = 1% volume nanopartikel (CuO) dan (Al_2O_3) dibagi 1% volume fluida dasar yang digunakan (1% dari 1 kg nanopartikel dan 1% volume fluida dasar x 100 %), sehingga hasilnya diuji seluruh nanofluida, dan untuk pencampuran fraksi volume 3% dan 5% dilakukan dengan perbandingan yang sama. Dalam penelitian ini, 0,5 L cairan dasar digunakan.
- Setelah tahapan diatas, nanopartikel (CuO) dan (Al_2O_3) dicampur pada fluida dasar berupa Air (H_2O) tahapan ini adalah sonifikasi. Menggunakan *ultrasonic cleaner* Mendasar pada perhitungan massa jenis dan volume larutan yang telah dilakukan, setelah itu dilakukan proses disperse nanopartikel $\pm 5 - 10$ menit.
- Langkah akhir adalah larutan didiamkan hingga menjadi larutan yang homogen selama ± 10 menit. Setelah itu nanofluida hybrid siap digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil dispersi *Nanofluida Hybrid* ($\text{CuO} - \text{Al}_2\text{O}_3$) dengan fraksi volume 1%, 3%, dan 5% yang didasarkan pada perhitungan massa nanopartikel dengan fluida dasar. Berikut hasil penimbangan / penakaran nanopartikel pada fraksi volume 1% :



Gambar 8. Perhitungan Massa jenis nanopartikel *Cooper Oxide* dan *Alumunium Oxide* pada Fraksi Volume 1%

Setelah dilakukan perhitungan massa jenis pada nanopartikel, maka selanjutnya dilakukan pencampuran volume *nanofluida hybrid* dan dilakukan proses dispersi :



Gambar 9. *Nanofluida Hybrid* ($\text{CuO} - \text{Al}_2\text{O}_3$) dalam proses dispersi pada fraksi volume 1%

Dari hasil pencampuran terlihat bahwa tingkat kekentalan *nanofluida hybrid* yang terdispersi menggunakan fraksi volume 1% terlihat pekat yang didominasi oleh struktur nanopartikel yang dominan dan sifat nanopartikel yang tidak mudah larut menyebabkan kondisi hasil pencampuran pekat seperti terlihat pada Gambar 16.

Selanjutnya untuk hasil penimbangan / penakaran nanopartikel pada fraksi volume 3% :



Gambar 10. Perhitungan Massa jenis nanopartikel *Cooper Oxide* dan *Alumunium Oxide* pada Fraksi Volume 3%

Dari hasil pencampuran terlihat bahwa tingkat kekentalan *nanofluida hybrid* yang terdispersi menggunakan fraksi volume 3% terlihat lebih pekat karena didominasi oleh kombinasi air dan nanopartikel $\text{CuO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ yang sudah menjadi larutan homogen dan tidak presipitasi telah terjadi

Setelah dilakukan perhitungan massa jenis pada nanopartikel, maka selanjutnya dilakukan pencampuran volume *nanofluida hybrid* dan dilakukan proses dispersi :



Gambar 11. Nanofluida Hybrid (CuO – Al₂O₃) dalam proses dispersi pada fraksi volume 3%

Selanjutnya untuk hasil penimbangan / penakaran nanopartikel pada fraksi volume 5% :



Gambar 12. Perhitungan Massa jenis nanopartikel Cooper Oxide dan Alumunium Oxide pada Fraksi Volume 5%

Setelah dilakukan perhitungan massa jenis pada nanopartikel, maka selanjutnya dilakukan pencampuran volume nanofluida hybrid dan dilakukan proses dispersi :



Gambar 20. Nanofluida Hybrid (CuO – Al₂O₃) dalam proses dispersi pada fraksi volume 5%

Dari hasil pencampuran dapat diketahui bahwa tingkat kekentalan nanofluida hybrid yang terdispersi menggunakan fraksi volume 5% terlihat sangat pekat namun bila diamati dengan seksama dan disentuh dengan jari, kondisi larutan sangat lunak dan encer dan masih membekas Al₂O₃. Karena Al₂O₃ tersusun dari lapisan keramik yang tidak mudah terlarut pada fluida dasar jadi proses dispersi dengan baik dan benar dan untuk menjadi larutan yang homogen dibutuhkan waktu yang lama.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil tahapan preparation dan mixing pada nanofluida hybrid (CuO – Al₂O₃) diatas, diperoleh beberapa kesimpulan yang terjadi, antara lain:

- Larutan Nanofluida Hybrid dengan nilai fraksi volume yang lebih tinggi dapat mempengaruhi karakteristik fisik larutan. Yang disebabkan oleh dominasi nanopartikel ganda yang digunakan jadi, dengan semakin tinggi nilai fraksi volume maka viskositas Nanofluida Hybrid akan semakin pekat dan dengan proses dispersi yang baik dan benar, ketika Nanofluida Hybrid telah menjadi larutan yang homogen maka thermal physical akan meningkat dan memiliki pengaruh besar pada media penukar kalor yang di gunakan.
- Seiring meningkatnya nilai viskositas Nanofluida Hybrid sebagai fluida kerja, maka akan lebih mudah untuk meningkatkan laju perpindahan panas karena peningkatan nilai konduktivitas termal dari Nanofluid Hybrid juga dapat mempengaruhi tingkat efektivitas pada media penukar kalor yang digunakan.

Saran

Berdasarkan dari hasil yang didapatkan, selain hasil berupa data yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar mudah dipahami, berikut ini merupakan saran yang diberikan penulis mengenai penelitian yang telah dilakukan berikut ini :

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pendalaman materi dan korelasi secara teoritis dengan kondisi lapangan mengenai proses preparation dan mixing pada perlakuan nanopartikel sebelum menjadi nanofluida hybrid yang siap digunakan.
- Diharapkan ada perlakuan lanjutan yang membahas dan menjelaskan secara spesifik mengenai Nanofluida Hybrid yang lainnya. Didasari oleh karakteristik kimiawi selain CuO – Al₂O₃. Terdapat beberapa faktor terkait pengaruh pada laju perpindahan kalor dan nilai efektivitas pada media yang digunakan dan juga pengembangan variasi nanopartikel yang

digunakan pada sebuah nanofluida hybrid perlu dilakukan dalam mendapatkan karakteristik termal yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Agista, Diaz Rizky dan IM Arsana 2018. "Uji Eksperimental Pengaruh Temperatur Dan Fraksi Volume Terhadap Perpindahan Kalor Konveksi Nanofluida Air – Al₂O₃ Pada Shell And Tube Heat Exchanger Abstrak." *Jurnal Teknik Mesin (JTM)* 06: 2–6.
- Al, Dunia A, Reem M Aljowaie, Mohamed Ragab, and Y Samson. 2021. "Pathogens." *Journal of Infection and Public Health*
- Arsana, I. Made, Yopi Ramadhani Robi Putra, Handini Novita Sari, Ika Nurjannah, and Ruri Agung Wahyuono. 2020. "Optimized Hydraulic Diameter and Operating Condition of Tube Heat Exchanger for Food Industry – A Numerical Study." *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments* 43 (6): 329–38.
- Arsana, I. Made, Susianto, Kusno Budhikarjono, Ali Altway, Yopi Ramadhani Robi Putra, Handini Novita Sari, Ika Nurjannah, et al. 2009. "Uji Eksperimental Pengaruh Temperatur Dan Fraksi Volume Terhadap Perpindahan Kalor Konveksi Nanofluida Air – Al₂O₃ Pada Shell And Tube Heat Exchanger Abstrak." *Experimental Thermal and Fluid Science* 5 (2): 42–48.
- Bahrami, M., Yovanovich, M. M., Culham, J. R. 2006. Assesment of Relevant Physical Phenomena Controlling Thermal Performance Of Nanofluids. ASME International Mechanical Engineering Congress And Exposition, IMECE 2006-13417, Chicago.
- Bejan, A. 1995. *Heat Transfer, Second Edition*.
- Deri, Aisyah, Ayu Tungga, and Fitri Afriani. 2018. "Pengaruh Fraksi Volume Nanofluida Pada Pola Transfer Panas Fluida Mengalir," No. 4: 2–4.
- Duangthongsuk, W., Wongwises, S. 2009. Measurements Of Temperature - Dependent Thermal And Viscosity Of TiO₂-Water Nanofluids. *Experimental Thermal and Fluid Science* 33 (2009) 706-714.
- Fei Duan. 2009. "Thermal Property Measurement of Al₂O₃-Water Nanofluid." *Smart Nanoparticles Technology*.
- Gowda, R., Sun, H., Wang, P., Charmchi, M., Gao, F., Gu, Z., Budhalall, B. Effect Of Particle Surface Charge, Species, Concentration, And Dispersion Method On The Thermal Conductivity Of Nanofluids.
- IM Arsana, D R Agista, dkk. (2019) "The Effect of Nanofluid Volume Fraction to The Rate of Heat Transfer Convection Nanofluid Water-Al₂O₃ on Shell and Tube Heat Exchanger The Effect of Nanofluid Volume Fraction to The Rate of Heat Transfer Convection Nanofluid Water-Al₂O₃ on Shell and Tube Heat Exchanger." <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/3/032048>.
- Jang, Seok Pil, and Stephen U.S. Choi. 2007. "Effects of Various Parameters on Nanofluid Thermal Conductivity." *Journal of Heat Transfer* 129 (5): 617–23.
- Kailash, Ojha Pramod, Choudhary Bishwajeet Nk, Gajera Umang B, Prajapat Sumit, and Karangiya Gopal. 2015. "Design and Experimental Analysis of Pipe in Pipe Heat Exchanger" 5: 42–48.
- Ma'a, Mustaza. 2013. "Karakteristik Perpindahan Panas Pada Double Pipe Heat Exchanger, Perbandingan Aliran Parallel Dan Counter Flow." *Teknik Elektro Dan Komputer I* (2): 161–68.
- McIlwain, Stuart Russel. 2010. "A Comparison of Heat Transfer Around a Single Serrated Finned Tube and a Plain Finned Tube." *International Journal of Research & Reviews in Applied Sciences* 2 (February): 88–94.
- Ren, Guogang, Dawei Hu, Eileen W C Cheng, Miguel A Vargas-reus, Paul Reip, and Robert P Allaker. 2009. "International Journal of Antimicrobial Agents Characterisation of Copper Oxide Nanoparticles for Antimicrobial Applications" 33: 587–90.
- Septiadi, W N, K Astawa, and F Y M Tamba. 2019. "Fenomena Pendidihan Sumbu Kapiler Pipa Kalor Berbasis Sintered Powder Tembaga Pada Fluida Kerja Hybrid Nanofluida Al₂O₃-TiO₂-H₂O." *Engineering Perhotelan* 2019:353–59
- Soegijarto, Reza Arighi, and I Made Arsana. 2021. "Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Masuk Terhadap Efektivitas Heat Exchanger Shell And Tube Dengan Menggunakan Nanofluida TiO₂." *Jurnal Teknik Mesin* 9 (2): 131–36.
- Thulukkanam, Kuppan. 2013. *Heat Exchanger Design Handbook, Second Edition* (Mechanical Engineering). <http://www.amazon.com/exec/obidos/redirect?tag=citeulike0720&path=ASIN/1439842124>.
- Zacharias, P. & Pancoko, M. "PEREKAYASAAN HEAT EXCHANGER SEBAGAI PEMANAS UMPAN UF6 DALAM PABRIK ELEMEN BAKAR NUKLIR", Prima Vol. 8, No. 2, (2011). ISSN: 1411-0296.
- Zamzamian, Amirhossein, Shahin Nasserri Oskouie, Ahmad Doosthoseini, Aliakbar Joneidi, and Mohammad Pazouki. 2011. "Experimental Investigation of Forced Convective Heat Transfer Coefficient in Nanofluids of Al₂O₃/EG and CuO/EG in a Double Pipe and Plate Heat Exchangers under Turbulent Flow." *Experimental Thermal and Fluid Science* 35 (3): 495–502.