



Synthesis of CuO-based Nanofluids Mediated by Egg White for Ethanol Distillation Applications

Sintesis Nanofluida Berbasis CuO Termediasi Putih Telur untuk Aplikasi Destilasi Etanol

Aliefia Noor¹, Evi J¹, Aisyah D. A. T. Safitri¹, Rifqi A. Rafsanjani², and Yuant Tiandho^{1,3*}

¹) Department of Physics, Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka, Bangka Belitung, 33172

²) Department of Physics, Universitas Indonesia
Kampus UI Depok, Kota Depok, Jawa Barat 16424

³) Research Center for Energy and Information Technology, Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka, Bangka Belitung, 33172

* Corresponding author: yuant@ubb.ac.id

ABSTRACT

The use of solar energy to satisfy renewable energy in Indonesia has great potential. To improve the efficiency of solar collectors, some researchers proposed solar collectors that equipped by nanofluids as working fluids. CuO-based nanofluids are known as nanofluids that have excellent conductivity. The purpose of this study is to synthesize CuO nanofluids through egg white mediation methods, and it will be applied to simple distillation systems. Generally, the synthesizing process is arranged based on the modification of the sol-gel method, and by the calcination, it will leave metal oxides, namely CuO-nanoparticles. The calcination temperature variation used is 150°C; 300°C; 500°C and 700°C. According to Debye-Scherrer equations, it is known that, in optimal condition, we obtain CuO crystallite by the size is 42 nm. The use of CuO nanofluids can increase the conductivity of fluids and can increase the effectiveness of ethanol distillation by 81%.

Keywords: energi terbarukan, nanofluida, nanopartikel.

PENDAHULUAN

Keberlanjutan energi merupakan salah satu tantangan terpenting yang dihadapi oleh berbagai negara di dunia. Di sisi lain, isu terkait penggunaan energi rendah karbon terus berkembang seiring dengan meningkatnya dampak negatif perubahan iklim. Karena terletak di daerah tropis, Indonesia memiliki energi surya yang cukup melimpah. Oleh karena itu penggunaan energi surya untuk memenuhi energi terbarukan di Indonesia

memiliki potensi yang cukup besar (Tiandho *et al.*, 2018).

Pada umumnya, pemanfaatan energi surya dapat dilakukan melalui cahaya dan panas yang dihasilkan. Pemanfaatan cahaya surya lebih sering diaplikasikan pada divais berbasis fotovoltaik dengan keluaran berupa energi listrik (Handayani *et al.*, 2019). Adapun panas yang dihasilkan oleh matahari dimanfaatkan oleh sistem kolektor surya dengan keluaran berupa energi panas. Kolektor panas

merupakan sistem penghasil energi yang sering digunakan untuk memenuhi kebutuhan air panas dan sistem pendestilasian alkohol (Budiana, *et al.*, 2011). Permasalahan yang kerap ditemui dari penggunaan kolektor panas terletak pada tingkat efisiensi yang bergantung pada jumlah fluks energi surya dan metode pengkonversian yang diterapkan. Tipe kolektor surya yang banyak dikembangkan terdiri dari permukaan hitam sebagai absorben untuk mentransfer panas pada fluida (biasanya air) yang mengalir pada tabung yang terkoneksi dengan permukaan tersebut (Otanicar, *et al.*, 2010). Karena menggunakan air yang memiliki konduktivitas cukup rendah maka akan cukup banyak kehilangan energi dalam sistem kolektor surya konvensional. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem kolektor surya ini hanya menghasilkan temperatur sekitar 70°C pada puncak panas matahari (Budiana, *et al.*, 2011).

Inovasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi kolektor surya adalah mengembangkan kolektor surya berbasis nanofluida dengan sistem absorpsi secara langsung (Nagarajan, *et al.*, 2014; Mahian *et al.*, 2013). Nanofluida adalah suatu fluida dengan nanopartikel yang terdispersi di dalamnya dalam jumlah yang relatif kecil (Tiandho *et al.*, 2019; Yu & Xie, 2012). Namun, meskipun dalam jumlah yang kecil, kehadiran nanopartikel tersebut akan meningkatkan konduktivitas fluida secara signifikan (Tiandho & Afriani, 2020; Jang & Choi, 2007). Oleh karena itu, penggunaan nanofluida dalam kolektor surya diharapkan dapat memperbaiki nilai efisiensinya melalui peningkatan sifat konduktivitas yang lebih besar dari air. Salah satu nanopartikel dengan konduktivitas paling tinggi adalah CuO (Agarwal, *et al.*, 2016). Oleh karena itu penggunaan nanopartikel CuO dalam fluida diharapkan dapat meningkatkan konduktivitasnya secara signifikan.

Untuk menghindari dampak negatif terhadap lingkungan maka di dalam penelitian ini diajukan sebuah metode sintesis nanopartikel dengan menggunakan mediasi putih telur (ovalbumin) dari ayam. Metode ini disusun berdasarkan modifikasi metode sol-gel (Thangaraj *et al.*, 2011). Melalui pencampuran larutan prekursor nanopartikel dengan polimer putih telur akan diperoleh matriks yang dapat berperan untuk mendispersi kation (Dhara, 2005). Sehingga dengan proses pemanasan akan terjadi evaporasi polimer dan diharapkan tertinggal logam oksida berupa CuO berukuran nanometer. Selain itu, untuk

mengetahui potensi peningkatan konduktivitas nanofluida yang disintesis dalam penelitian ini maka nanofluida tersebut diintegrasikan dengan sistem destilasi etanol sederhana.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari: tembaga sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), putih telur, NaOH, akuades, dan etanol.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari: peralatan gelas, neraca analitik, kertas saring Whatman no. 1, *magnetic stirrer*, *oven*, *furnace*, pH meter, EC meter, sistem destilasi etanol sederhana yang terbuat dari aluminium dan tembaga, serta peralatan difraksi sinar-x (XRD).

Prosedur

Secara ringkas, metode dari penelitian ini terdiri dari dua tahapan: (i) sintesis nanopartikel termediasi putih telur dan (ii) pengujian performa nanofluida yang dihasilkan.

Seberat 50 gram $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan ke dalam 100 mL akuades dengan suhu 100°C. Selanjutnya untuk sintesis nanopartikel, CuSO_4 terlarut tersebut dipisah menjadi dua bagian. Bagian pertama untuk kebutuhan sintesis dengan mediasi putih telur ayam dan lainnya sebagai kontrol (tanpa mediasi putih telur). Sejumlah 15 mL putih telur ayam ditambahkan dalam larutan CuSO_4 pertama pada temperatur 50°C dan diaduk hingga homogen. Sejumlah 15 mL NaOH 5 M ditambahkan ke dalam larutan tersebut pada temperatur 80°C. Setelah homogen larutan kemudian di-aging selama 24 jam agar diperoleh gel. Selanjutnya, gel yang diperoleh dikeringkan pada temperatur 150°C selama 1 jam dan dikalsinasi pada variasi temperatur 150°C, 300°C, 500°C, dan 700°C selama 3 jam. Karakteristik sampel dianalisis menggunakan XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk serta ukuran kristalinitasnya berdasarkan persamaan Debye-Scherrer.

Karakteristik konduktivitas termal nanofluida yang disintesis dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan model konduktivitas nanofluida:

$$k_{nf} = k_f \left(1 + \frac{3(\alpha - 1)v}{(\alpha + 2) - (\alpha - 1)v} \right) \quad (1)$$

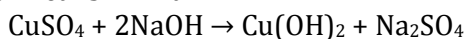
dengan k adalah konduktivitas, α adalah rasio konduktivitas antara nanopartikel dengan fluida basis, yaitu air, ν adalah rasio volume antara nanopartikel dengan fluida, dan $subscript\ nf$ adalah nanofluida sedangkan f adalah fluida basis. Untuk memvalidasi, nilai konduktivitas termal yang diperoleh dibandingkan dengan nilai konduktivitas listriknya berdasarkan hukum hukum Wiedemann-Franz.

Performa nanofluida dalam mendistilasi etanol ditentukan melalui pendispersian nanopartikel CuO kedalam campuran etanol dengan air (rasio 1:2). Selanjutnya campuran tersebut dipanaskan menggunakan *hotplate* pada temperatur 85°C menggunakan sistem distilasi etanol sederhana. Tingkat efektivitas nanofluida dalam distilasi etanol ditentukan berdasarkan perbandingan antara jumlah etanol yang diperoleh pada nanofluida CuO dan kontrol (tanpa CuO).

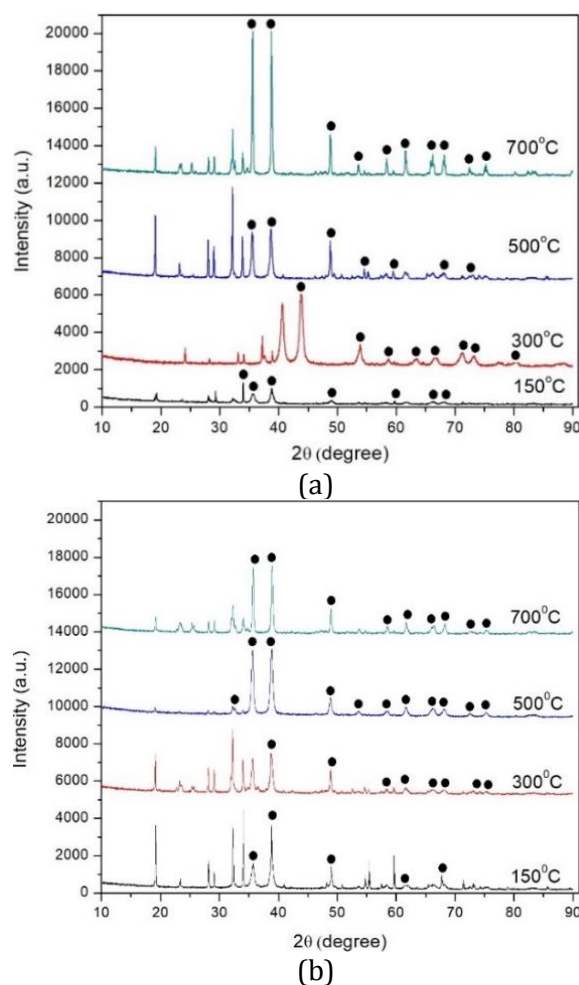
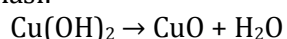
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis XRD pada sintesis CuO, baik menggunakan putih telur sebagai pemediator maupun tanpa putih telur, ditunjukkan oleh Gambar 1. Melalui hasil tersebut dapat dikonfirmasi terbentuknya CuO melalui metode yang dikembangkan dalam penelitian untuk seluruh temperatur, yaitu 150°C; 300°C; 500°C dan 700°C. Intensitas tertinggi pada hasil sintesis CuO baik tanpa mediasi putih telur maupun dengan mediasi putih telur terjadi pada puncak-puncak sekitar 35,62° dan 38,80°. Kedua puncak tersebut merupakan indikasi bahwa CuO yang disintesis dalam penelitian ini memiliki struktur monoklinik dan sesuai dengan CuO yang dipreparasi dalam beberapa penelitian sebelumnya (Padil & Cernik, 2013; Ashok *et al.*, 2014). Selain fasa CuO juga terbentuk senyawa garam Na_2SO_4 dalam proses sintesis yang ditunjukkan oleh puncak-puncak yang tidak diberi tanda bulat.

Terbentuknya garam Na_2SO_4 merupakan hasil samping yang diperoleh akibat adanya sisa reaksi antara CuSO_4 dengan NaOH yang tidak ikut terlarut pada proses pencucian. Terbentuknya hasil samping tersebut sesuai dengan reaksi kimia:



Sedangkan terbentuknya CuO pada penelitian ini akibat dekomposisi senyawa Cu(OH)_2 akibat proses kalsinasi:



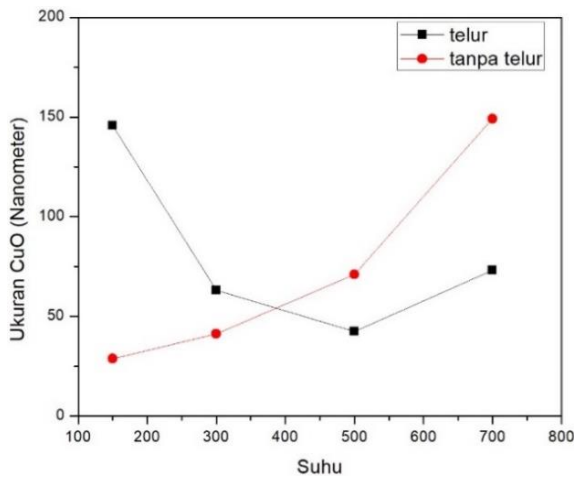
Gambar 1. Hasil analisis XRD CuO: (a) tanpa mediasi putih telur; (b) termediasi putih telur

Melalui hasil analisis XRD juga dapat diindikasikan bahwa penggunaan mediasi putih telur dalam proses sintesis nanopartikel CuO tidak menyebabkan terbentuknya fasa kristal lain. Secara umum putih telur tidak mengganggu proses dekomposisi Cu(OH)_2 menjadi CuO karena putih telur juga turut terdekomposisi akibat pemanasan.

Dengan menggunakan persamaan Debye-Scherrer dan data puncak kristal CuO dapat ditentukan ukuran kristalit dari CuO yang disintesis dalam penelitian ini seperti ditunjukkan oleh Gambar 2. Tampak bahwa CuO yang disintesis memiliki ukuran kristalit dalam rentang sekitar 28 – 149 nm.

Ketika proses sintesis CuO dilakukan tanpa menggunakan putih telur tampak bahwa proses pemanasan secara efektif akan meningkatkan ukuran kristalit CuO akibat adanya interaksi antar partikel sehingga saling beraglomerasi membentuk partikel yang lebih besar. Oleh karena itu ukuran kristalit CuO terkecil ketika proses sintesis tidak dimediasi oleh putih telur terjadi pada temperatur 150°C.

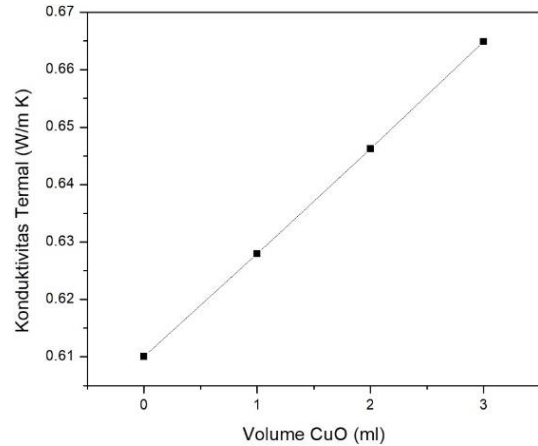
Hal yang berbeda ditunjukkan oleh hasil sintesis CuO yang dimediasi dengan putih telur. Proses pemanasan hingga 500°C akan mereduksi ukuran kristalit CuO. Mediasi dengan putih telur akan membantu partikel terhindar dari aglomerasi (Moshafi *et al.*, 2019). Di atas temperatur 500°C sintesis CuO yang dimediasi putih telur akan menghasilkan ukuran partikel yang semakin besar dikarenakan semakin tipisnya penghalang yang dibentuk oleh putih telur. Temperatur optimal yang dapat menghasilkan partikel CuO terendah pada sintesis dengan mediasi putih telur adalah 500°C dengan ukuran partikel sekitar 42 nm.



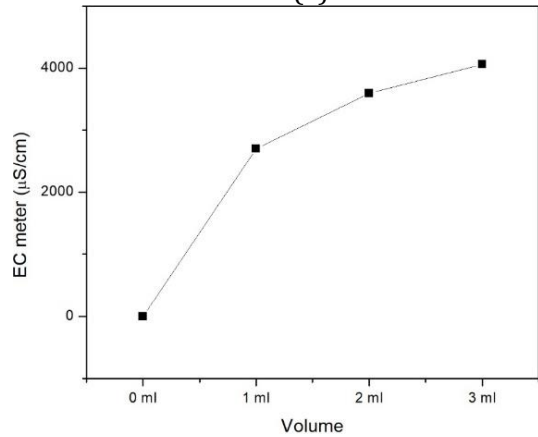
Gambar 2. Ukuran kristalit CuO terhadap temperatur kalsinasi

Melalui pers. (1) dan berdasarkan data empiris konduktivitas nanopartikel CuO diperoleh nilai konduktivitas termal nanofluida sebagai fungsi volume nanopartikel seperti ditunjukkan oleh Gambar 3(a). Melalui pengujian EC meter pada Gambar 3(b) juga tampak bahwa semakin tinggi nanopartikel CuO yang ditambahkan dalam fluida air akan meningkatkan nilai konduktivitas listriknya. Tampak bahwa semakin tinggi kadar CuO di dalam nanofluida CuO maka semakin tinggi konduktivitas listriknya. Hal ini dapat dipahami karena serbuk nanopartikel CuO memiliki nilai konduktivitas listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan nanopartikel air (Kumar *et al.*, 2014). Hubungan antara konduktivitas listrik dengan konduktivitas termal nanofluida CuO ditunjukkan oleh Gambar 3(c). Tampak bahwa semakin tinggi konduktivitas listrik (σ) nanofluida maka semakin tinggi konduktivitas termalnya (k) dan hal ini sesuai dengan hukum Wiedemann-Franz. Berdasarkan relasi tersebut maka dapat ditentukan konstanta Wiedemaan-Franz (C_{WF}) dalam nanofluida CuO bernilai:

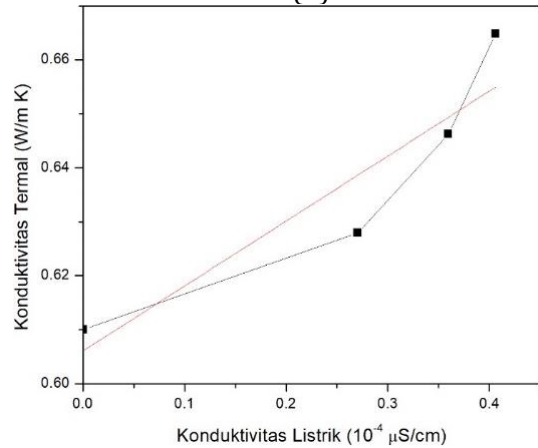
$$C_{WF} = \frac{k}{\sigma} = 0,12 \quad (2)$$



(a)



(b)

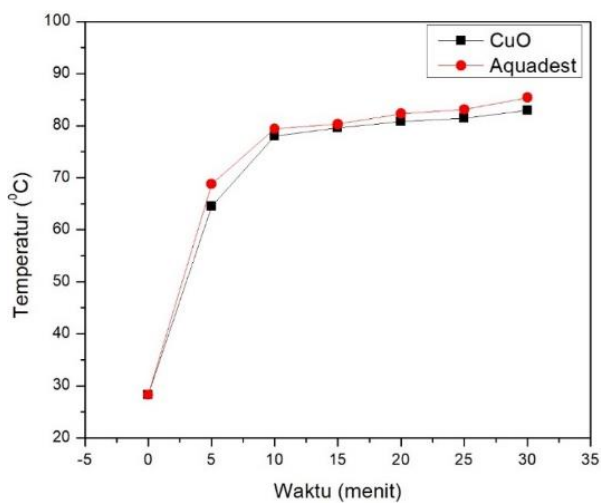


(c)

Gambar 3. Hubungan antara jumlah volume CuO terhadap konduktivitas: (a) termal; (b) listrik dari nanofluida; dan (c) hubungan antara konduktivitas listrik dengan konduktivitas termal

Hasil pengukuran temperatur cairan pada proses distilasi etanol ditunjukkan oleh Gambar 4. Pada Gambar 4 tampak bahwa nanofluida CuO dan air keduanya akan menuju nilai asimptotik di sekitar temperatur 85°C. Namun temperatur nanofluida CuO berada dibawah temperatur campuran berbasis air

(akuades) sebagai indikasi pada nanofluida CuO proses penguapan etanol lebih mudah terjadi karena konduktivitasnya lebih tinggi. Hal ini dibuktikan oleh jumlah etanol yang diperoleh dari kedua sistem tersebut. Pada larutan berbasis air diperoleh etanol sejumlah 2,2 mL sedangkan pada nanofluida CuO diperoleh etanol sejumlah 4 mL. Sehingga dapat dinyatakan bahwa uap etanol yang dihasilkan pada proses distilasi menggunakan nanofluida CuO lebih banyak dibandingkan dengan proses distilasi tanpa perlakuan. Berdasarkan nilai tersebut juga dapat dikalkulasi bahwa penggunaan nanofluida CuO dapat meningkatkan efektivitas distilasi etanol hingga 81%.



Gambar 4. Hubungan temperatur terhadap fungsi waktu pada proses destilasi etanol

KESIMPULAN

Melalui perbandingan ukuran kristalit CuO yang disintesis dengan mediasi putih telur dan tanpa mediasi putih telur, tampak bahwa keduanya memiliki pola perubahan ukuran kristalit terhadap temperatur yang berbeda. Penggunaan putih telur dapat menahan laju aglomerasi partikel CuO pada temperatur yang lebih tinggi tanpa mengubah fasa CuO serta impuritas yang menyertainya. Ukuran kristalit CuO paling optimal yang diperoleh dalam penelitian ini adalah 42 nm. Semakin tinggi kadar nanopartikel CuO dalam nanofluida maka semakin tinggi konduktivitas termal nanofluida tersebut. Selanjutnya, efektivitas distilasi etanol menggunakan nanofluida CuO mengalami peningkatan hingga 81%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini difasilitasi oleh Laboratorium Fisika, Universitas Bangka Belitung dan Laboratorium UPP-IPD, Universitas Indonesia.

REFERENSI

- Agarwal, R., Verma, K., Agrawal, N. K., Duchaniya, R. K., & Singh, R., 2016. Synthesis, characterization, thermal conductivity and sensitivity of CuO nanofluids. *Applied Thermal Engineering*, Volume 102, pp. 1024-1036.
- Ashok, C. H., Rao, K. V., Chakra, C. H. S., 2014. Structural analysis of CuO nanomaterials prepared by novel microwave assisted method. *Journal of Atoms and Molecules*, Volume 4(5), pp. 803-806.
- Budiana, E., Kristiawan, B. & Dyartanti, E., 2011. Pengembangan teknologi hemat energi dengan memanfaatkan solar oil heater (SOH) pada pilot plant distilasi bioetanol. *Mekanika*, Volume 10(1), pp. 45-50.
- Dhara, S., 2005. Synthesis of nanocrystalline alumina using egg white. *J. Am. Ceram. Soc.*, Volume 88(7), pp. 2003-2004.
- Handayani, T.P., Hulukati, S.A., Jaya, R., Tiandho, Y. & Abdullah, R., 2019. The prototype of solar-powered building lighting IoT. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 486(1), p. 012079.
- Jang, S. & Choi, S., 2007. Effects of various parameters on nanofluid thermal conductivity. *Journal of Heat Transfer*, Volume 129, pp. 617-623.
- Kumar, S., Sokhal, G.S., Singh, J., 2014. Effect of CuO-distilled water based nanofluids on heat transfer characteristics and pressure drop characteristics. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, Volume 4(9), pp. 28-37.
- Mahian, O. *et al.*, 2013. A review of the application of nanofluids in solar energy. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 57, pp. 582-594.
- Moshafi, M. H., Ranjbar, M., Ilbeigi, G., 2019. Biotemplate of egg white albumen for synthesized iron oxide quantum dots nanoparticles (QDNPs) and investigation of antibacterial effect against pathogenic microbial strains. *International Journal of Nanomedicine*, Volume 14, pp. 3273-3282.

- Nagarajan, P., Subramani, J., Suyambazhahan, S. & Sathyamurthy, R., 2014. Nanofluids for solar collector applications: a review. *Energy Procedia*, Volume 61, pp. 2416-2434.
- Otanicar, T. *et al.*, 2010. Nanofluid-based direct absorption solar collector. *Journal of Renewable and Sustainable energy*, Volume 2(3), p. 033102.
- Padil, V. V. T. & Cernik, M., 2013. Green synthesis of copper oxide nanoparticles using gum karaya as a biotemplate and their antibacterial application. *International Journal of Nanomedicine*, Volume 8, pp. 889-898.
- Thangaraj, P., Rajan, J., Durai, S., Kumar, S., RatnaPhani, A., & Neri, G. 2011. The role of albumen (egg white) in controlled particle size and electrical conductivity behavior of zinc oxide nanoparticles. *Vacuum*, Volume 86(2), 140-143..
- Tiandho, Y. & Afriani, F., 2020. Model konduktivitas termal nanofluida berdasarkan grup tak-berdimensi dengan parameter termofisika kompleks. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, Volume 17(1), pp. 30-36.
- Tiandho, Y., Afriani, F. & Puriza, M. Y. 2019. An explicit model of temperature-dependent thermal conductivity for nanofluids. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 353(1), p. 012013.
- Tiandho, Y., Gusa, R., Dinata, I. & Sunanda, W., 2018. Model for nanofluids thermal conductivity based on modified nanoconvective mechanism. *E3S Web of Conferences*, Volume 73, p. 01015.
- Yu, W. & Xie, H., 2012. A review on nanofluids: preparation, stability, mechanisms, and applications. *Journal of Nanomaterials*, Volume 2012, p. 435873.