

Effect of Temperature and Volume Fraction on Viscosity and Density of Nano Fluid TiO₂/Termo XT32 Oil

Herry Irawansyah^{1,*} dan Samsul Kamal²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat - Banjarmasin

²Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta

*Korespondensi: herryirawansyah@unlam.ac.id

Abstract. Conventional fluids, such as water, oil, and ethylene glycol have a low coefficient of heat transfer. One of ways that is interesting to improve the performance of the heat transfer fluid is by increasing the value of thermal conductivity, density, and viscosity by used nanofluid. This research was aimed to know the influence of temperature and volume fraction toward the thermophysical properties of TiO₂/termo XT32 oil nanofluid which includes density and viscosity. Measuring the value of density was measured by using piconometer and dynamic viscosity was measured by using viscometer Brookfield. The data of thermophysical properties was taken with varying the temperature and volume fraction of 0.5%, 1% and 1.5% on temperature range 30 °C – 100 °C. Nanofluid was prepared by using the two steps method without the addition of surfactants and by using a magnetic stirrer to stir for one hour, then the ultrasonic cleaner was used for 3 hours to keep so there would be no sedimentation nanoparticles on the base fluid. The results showed that the value of the density and dynamic viscosity of TiO₂/ termo XT32 oil nanofluid increased along with the increase of volume fraction, but the decrease occurred along with the rise of temperature.

Abstrak. Cairan konvensional, seperti air, minyak, dan etilena glikol memiliki koefisien perpindahan panas yang rendah. Salah satu cara yang menarik untuk meningkatkan kinerja fluida perpindahan panas adalah dengan meningkatkan nilai konduktivitas termal, densitas, dan viskositas dengan menggunakan nanofluid. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat thermofisik minyak TiO₂/thermo XT32 nanofluid yang meliputi densitas dan viskositas. Pengukuran nilai densitas diukur dengan menggunakan piknometer dan viskositas dinamis diukur dengan menggunakan viskometer Brookfield. Data sifat thermophysical adalah 0,5%, 1% dan 1,5% pada rentang suhu 30 °C - 100 °C. Nanofluid dibuat dengan menggunakan pengaduk magnet untuk diaduk selama satu jam, kemudian pembersih ultrasonik digunakan selama 3 jam untuk menjaga jadi tidak akan ada sedimentasi nanopartikel pada cairan dasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kerapatan dan viskositas dinamis nanofluida minyak TiO₂/termo XT32 meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume, namun terjadi penurunan seiring dengan kenaikan suhu.

Kata kunci: fluida nano, densitas, viskositas, TiO₂

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan desain suatu produk yang ukurannya semakin kecil menyebabkan area luasan untuk perpindahan kalor pada media pendingin semakin berkurang, sementara fluida konvensional saat ini, seperti air, oli, dan *ethylene glycol* memiliki nilai koefisien perpindahan kalor yang rendah. Ada berbagai cara untuk mengatasi masalah koefisien perpindahan kalor yang rendah ini sehingga meningkatkan kemampuan fluida dalam memindahkan kalor. Salah satu cara yang dianggap menarik adalah dengan cara meningkatkan nilai koefisien perpindahan kalor dengan menggunakan fluida nano, sehingga koefisien perpindahan kalor diharapkan bisa meningkat dan efektif dibanding dengan penggunaan fluida pendingin konvensional. Fluida nano merupakan suatu campuran antara fluida pendingin dengan suatu

partikel padat yang berukuran nano atau yang disebut partikel nano. Ukuran partikel nano berkisar antara 1 nm 100 nm [1].

Berdasarkan suatu review penelitian, partikel nano TiO₂ lebih banyak didespersikan terhadap fluida dasar air sementara penggunaan partikel nano TiO₂ dengan fluida dasar oli belum banyak dilakukan penelitian [2]. Hal tersebut melatarbelakangi peneliti sehingga peneliti merasa perlu melakukan penelitian tentang partikel nano dan fluida untuk memperkaya khazanah ilmu pengetahuan tentang fluida nano dan penggunaannya di bidang industri.

Penelitian ini bertujuan menentukan sifat termofisik fluida nano, meliputi, viskositas, dan densitas dengan memvariasikan temperatur dan fraksi volume. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan aplikasi dalam bidang perpindahan kalor.

Metode Penelitian

Terdapat 3 metode persiapan fluida nano yang sering dilakukan, yaitu mengontrol pH, penambahan surfaktan, dan menggunakan *ultrasonic vibration* atau *magnetic steering*. Pencampuran fluida nano pada penelitian ini akan dilakukan dengan metode *ultrasonic vibration*. Pada penelitian ini partikel nano yang digunakan adalah TiO₂ yang dibeli dari Sigma Aldrich Chemical Pvt Ltd. USA dengan ukuran diameter 21 nm. Sementara fluida dasar yang digunakan adalah oli pemindah panas termo XT32 yang dibeli dari PT. Pertamina (Persero). Pencampuran partikel nano TiO₂ dengan oli pemindah panas termo XT32 tanpa menggunakan surfaktan, TiO₂ dengan konsentrasi 0,5%, 1,5%, dan 1,5% (v/v) didespersi terhadap pelumas termo XT32 dengan *magnetic steering* selama 1 jam kemudian dengan *ultrasonic vibration* selama 3 jam.

Untuk menentukan konsentrasi fraksi volume partikel nano digunakan persamaan:

$$\phi = \frac{V_{Partikel}}{V_{fluida\ dasar}} \quad (1)$$

Sebelumnya ditentukan volume partikel nano TiO₂ dengan persamaan:

$$V_{Partikel} = \frac{W_{Partikel}}{\rho_{partikel}} \quad (2)$$

Pengujian viskositas fluida nano menggunakan alat viskometer Brookfiled DV-II+ Pro dengan memvariasikan temperatur dan fraksi volume. Prinsip kerja alat ini adalah mengamati hambatan pada putaran sebuah *spindle* yang dicelupkan pada sampel yang akan diukur nilai viskositasnya. Pengambilan data viskositas fluida nano dilakukan pada temperatur 30 °C – 100 °C.

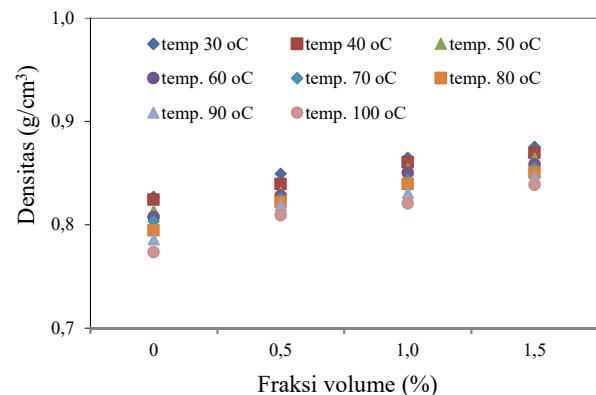
Pada penelitian ini pengukuran densitas fluida nano menggunakan piknometer. Langkah-langkah yang dilakukan adalah pertama, nanofluida dimasukkan ke dalam piknometer sampai penuh dan tidak ada udara yang terjebak, kemudian piknometer ditimbang menggunakan timbangan elektrik dan didapatkan massa dari piknometer yang telah terisi nanofluida. Selanjutnya, massa jenis dari nanopartikel dapat dihitung menggunakan rumus perhitungan densitas menggunakan persamaan berikut,

$$\rho = \frac{m_{nf}}{V_{pik}} \quad (3)$$

dengan: m_{nf}: massa fluida nano (g) V_{pik}: volume piknometer (cm³)

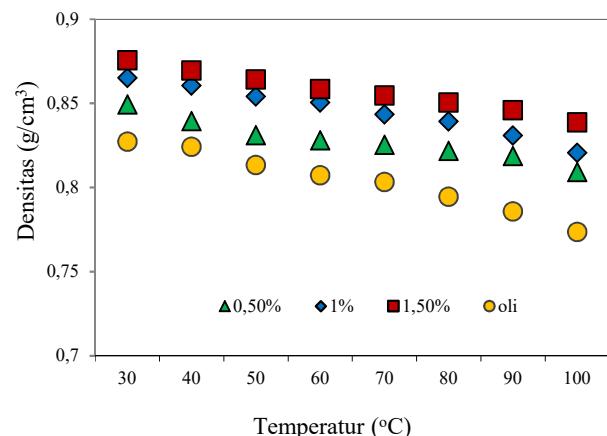
Hasil dan Pembahasan

Densitas merupakan salah satu parameter keberhasilan pembentukan fluida nano. Jika densitas mengalami peningkatan setelah fluida dasar ditambahkan partikel nano, menandakan bahwa kerapatan partikel nano dalam fluida dasar semakin besar sehingga akan meningkatkan konduktivitas termal [3]. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan peneliti yang terdapat pada gambar 1.



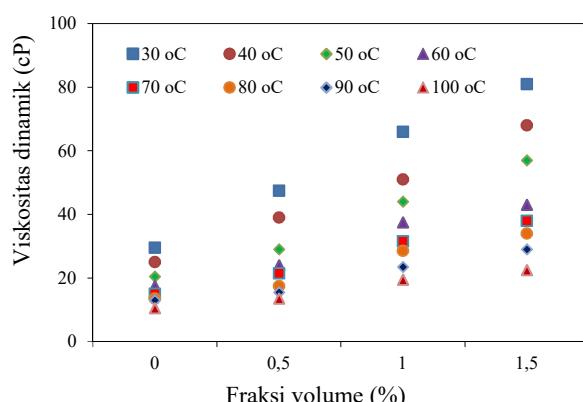
Gambar 1. Pengaruh fraksi volume terhadap densitas fluida nano

Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa nilai densitas mengalami kenaikan seiring dengan penambahan fraksi volume partikel nano, hal ini disebabkan oleh partikel nano TiO₂ yang memiliki massa dan densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan fluida dasar oli. Hal ini juga dibuktikan pada penelitian [3] yang menunjukkan kenaikan nilai densitas seiring dengan penambahan konsentrasi partikel pada fluida dasarnya. Kenaikan nilai densitas dari fluida dasar dengan penambahan fraksi volume 0,5%, 1%, dan 1,5% rata-rata 3,03%; 5,22%; dan 6,67% secara berurutan. Nilai densitas pada fraksi volume 1,5% pada temperatur 30 °C mengalami kenaikan sebesar 5,84% dibandingkan nilai densitas fluida dasar.



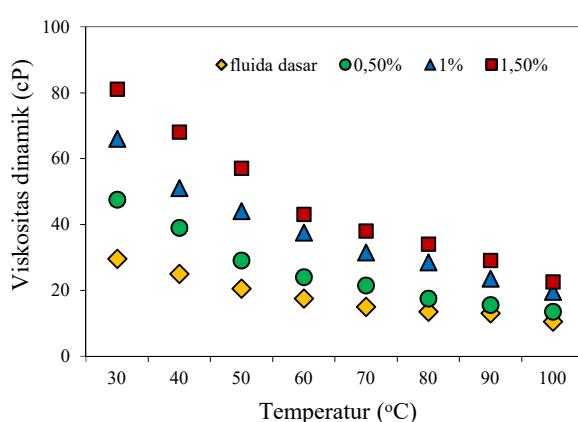
Gambar 2. Pengaruh temperatur terhadap densitas fluida nano

Sementara itu, pada gambar 2 densitas mengalami penurunan seiring dengan kenaikan temperatur. Nilai densitas mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,687 %; 0,749 %; 0,612 % setiap kenaikan 10 °C pada fraksi 0,5 %; 1 %, dan 1,5 % secara berurutan. Adanya penambahan kalor pada fluida nano mengakibatkan jarak antar partikel-partikel dalam fluida akan semakin jauh, sehingga dalam volume yang sama, jumlah partikelnya akan berkurang yang menyebabkan densitas fluida nano menurun [5].



Gambar 3. Pengaruh fraksi volume terhadap viskositas dinamik

Berdasarkan gambar 3 hubungan fraksi volume terhadap nilai viskositas menunjukkan bahwa viskositas merupakan fungsi dari fraksi volume dan temperatur. Nilai viskositas dinamik fluida nano mengalami kenaikan seiring dengan penambahan fraksi volume partikel nano. Nilai viskositas terbesar sekitar 81 cP dan mengalami kenaikan 175% dibandingkan fluida dasarnya terjadi pada fraksi volume 1,5% pada temperatur 30 °C. Hal ini dikarenakan penambahan konsentrasi partikel terhadap fluida dasar, menyebabkan interaksi hidrodinamik antara partikel yang memberikan gangguan pada sekitar partikel terhadap partikel lainnya pada konsentrasi partikel yang lebih tinggi.



Gambar 4. Pengaruh temperatur terhadap viskositas dinamik

Sementara itu, pada gambar 4 nilai viskositas menurun seiring dengan kenaikan temperatur. Penurunan nilai viskositas terbesar terjadi pada fraksi volume 1,5% dari temperatur 30 °C ke temperatur 100 °C yaitu sekitar 64%. Penurunan viskositas karena pengaruh temperatur terjadi karena gaya kohesi antara molekul fluida dasar dengan partikel nano semakin lemah akibatnya nilai viskositas menurun seiring dengan kenaikan temperatur [5].

Kesimpulan

Penelitian pengaruh temperatur dan fraksi volume terhadap viskositas dan densitas fluida nano TiO₂/Termo XT32 berhasil dilakukan dengan kesimpulan sebagai berikut:

1. Viskositas dinamik fluida nano TiO₂/oli termo XT32 meningkat dibandingkan fluida dasarnya seiring kenaikan fraksi volume partikel, namun menurun seiring kenaikan temperatur.
2. Densitas fluida nano TiO₂/oli termo XT32 meningkat dibandingkan fluida dasarnya seiring kenaikan fraksi volume partikel, namun menurun seiring kenaikan temperatur.

Referensi

- [1] Choi, S.U.S dan Eastman, J.A., 1995. Enhancing Thermal Conductivity Of Fluids With Nanoparticles, ASME FED, Hal. 99-105.
- [2] Haddad, Z. dkk., 2014. A Review on How the Researchers Prepare Their Nanofluids, International Journal of Thermal Sciences, Vol. 76 Hal. 168-189.
- [3] Ho, C.J. dkk., 2010. Natural Convection HeatTransfer Of Alumina-Water Nanofluid Invertical Square Enclosures : An Experimental Study International, Journal Of Thermal Sciences, Vol. 49 Hal. 1345-1353.
- [4] Pakdaman, M. dkk., 2012. An Experimental Investigation on Thermo-Physical Properties and Overall, Experimental Thermal and Fluid Science, Vol. 40 Hal. 103–111.
- [5] Wildan, M. dkk., 2013. Pengaruh Variasi Prosentasi Massa Nanopartikel, Temperatur, dan Fluida nano terhadap Fluida Properties Fluida nano H₂O-Al₂O₃, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Uiversitas Brawijaya, Malang.