PENGARUH FRAKSI VOLUME NANOFLUIDA PADA POLA TRANSFER PANAS FLUIDA MENGALIR

Aisyah Deri Ayu Tungga Safitri[1], Fitri Afriani[1], dan Yuant Tiandho[1,2,a]

[1)] Jurusan Fisika, Universitas Bangka Belitung
Jl. Kampus Peradaban, Bangka, Kep. Bangka Belitung 33172
[2)] Pusat Kajian Energi dan Teknologi Informasi, Universitas Bangka Belitung
Jl. Kampus Peradaban, Gd. Pengabdian Lt. 2, Bangka, Kep. Bangka Belitung 33172

[a)] *email korespondensi: yuant@ubb.ac.id*

ABSTRAK

Transfer panas fluida memiliki peranan yang sangat penting.dalam banyak aplikasi. Berbagai pengembangan teknologi yang mereduksi dimensi dan meningkatkan performa tidak dapat dihindarkan dari aspek transfer panas. Salah satu metode yang berpotensi untuk meningkatkan karakteristik transfer panas adalah pengembangan aplikasi nanofluida. Hal ini dikarenakan nanofluida dapat meningkatkan konduktivitas termal dibandingkan fluida dasarnya. Berkaitan dengan hal tersebut, di dalam penelitian ini dikembangkan model simulasi kajian pola transfer panas nanofluida mengalir berdasarkan variasi fraksi volume nanofluida. Simulasi dilakukan berdasarkan hubungan antara jumlah nanofluida dengan bilangan Reynolds dan bilangan Prandtl. Dari proses simulasi diketahui bahwa jumlah nanofluida memiliki dampak yang signifikan terhadap sebaran temperatur fluida.

Kata kunci: *nanofluida, konduktivitas termal, Reynolds, Prandtl*

PENDAHULUAN

Penelitian nanoteknologi menjadi salah satu pusat perhatian para peneliti seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat. Nanoteknologi memiliki peranan yang sangat penting dalam berbagai aplikasi seperti dalam bidang industri. Pengaplikasian ilmu nanoteknologi dalam bidang industri berguna untuk mereduksi dimensi dan meningkatkan performa transfer panas (Judenta, et al., 2017).

Salah satu solusi peningkatan kinerja transfer panas selain dengan fluida konvensional yaitu dengan pengembangan aplikasi nanofluida yang pertama kali dicetuskan oleh Choi dan Eastman (Septiadi, et al., 2018). Nanofluida merupakan suspensi koloid stabil nanopartikel, biasanya adalah logam oksida, di dalam fluida konvensional (Septiadi, et al., 2018; Mukherjee, et al., 2019). Campuran nanopartikel dan fluida konvensional menghasilkan peningkatan koefisien transfer panas dan konduktivitas termal yang lebih baik dibandingkan fluida konvensional (Mukherjee, et al., 2019; Judenta, et al., 2017).

Karakteristik termofisik nanofluida seperti viskositas dinamis, konduktivitas termal dan kapasitas panas pada dasarnya bergantung pada fraksi volume nanopartikel yang diaplikasikan sehingga mempengaruhi nilai koefisien transfer panas nanofluida (Masoumi, et al., 2009; Alade, et al., 2019). Hubungan viskositas dinamis dengan fraksi volume dinyatakan sebagai

$$\frac{\mu_{eff}}{\mu_{Bf}} = \frac{1}{(1-f)^{2.5}} \qquad (1)$$

dengan μ_{eff} adalah viskositas dinamis nanofluida, μ_{Bf} adalah viskositas dinamis fluida, dan f adalah fraksi volume (Masoumi, et al., 2009).

Sedangkan hubungan antara konduktivitas termal nanofulida dengan fraksi volume dinyatakan dalam persamaan,

$$\frac{K_{eff}}{K_{Bf}} = \frac{(1+2\alpha)+2f(1-\alpha)}{(1+2\alpha)-f(1-\alpha)} \qquad (2)$$

dengan K_{eff} adalah konduktivitas termal nanofluida, K_{Bf} adalah konduktivitas termal fluida dengan α yaitu $\alpha = \frac{2R_bK_{Bf}}{d}$ dengan nilai R_b yaitu sebesar 1×10^{-8} (Prasher, et al., 2006). Hubungan viskositas dinamis dengan fraksi volume dinyatakan dalam persamaan,

$$Cp_{eff} = \frac{(1-f)\rho_{Bf}Cp_{Bf} + f\rho_{Np}Cp_{Np}}{\rho_{eff}} \qquad (3)$$

dengan Cp_{eff} adalah kapasitas panas nanofluida, ρ_{Bf} adalah massa jenis fluida, Cp_{Bf} adalah kapasitas panas fluida, ρ_{Np} adalah massa jenis nanopartikel, Cp_{Np} adalah kapasitas panas nanopartikel dengan ρ_{eff} yaitu (Tiandho, et al., 2018),

$$\rho_{eff} = (1-f)\rho_{Bf} + f\rho_{Np} \qquad (4)$$

Meskipun nanofluida memiliki potensi yang besar seiring dengan pengembangan divais berperforma tinggi namun sampai saat ini model dan teori nanofluida masih terus dikaji. Beberapa model yang

 ISBN : 978-979-1373-56-2

banyak dikaji dalam proses transfer panas nanofludida saat ini masih bersifat statis dan belum terlalu memperhitungkan aspek pergerakan fluida. Padahal di sisi lain, model nanofluida mengalir lebih relevan dengan kondisi eksperimen. Oleh karena itu, untuk mengakomodir hal tersebut maka dalam artikel ini akan dipaparkan model transfer panas pada nanofluida mengalir.

PENGARUH FRAKSI TERHADAP BILANGAN REYNOLD, BILANGAN PRANDLT DAN BILANGAN NUSSELT

Untuk memperoleh hubungan pengaruh fraksi terhadap bilangan Reynold, bilangan Prandlt serta bilangan Nusselt digunakan model untuk dua jenis nanopartikel dalam fluida yaitu Al_2O3 dan CuO. Karakteristik termofisik nanopartikel dan air pada suhu 298 K tercantum dalam Tabel 1. (Mukherjee, et al., 2019). Nilai fraksi volume tiap nanopartikel bervariasi dari 5% sampai 45%.

Tabel 1. Parameter termofisik nanopartikel dan fluida dasar (satuan SI)

Bahan	μ	k	C	ρ
Air	0,00089	0,605	4179	997,13
Al_2O_3		40	765	3970
CuO		32,9	551	6500

Bilangan Prandlt, bilangan Reynolds dan bilangan Nusselt diperoleh dengan persamaan (Tiandho, et al., 2018; Liou, et al., 2018), dan (Tomitika, et al., 1953) yang ditunjukkan pada persamaan-persamaan berikut,

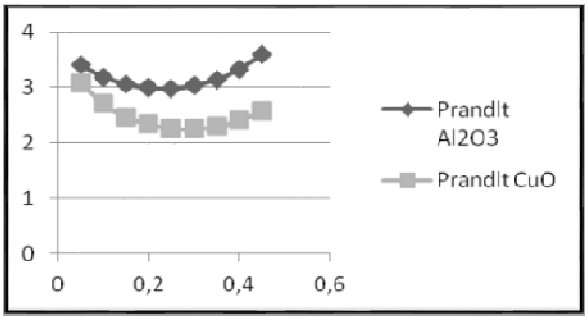
$$\mathrm{Pr} = \frac{Cp_{eff}\,\mu_{eff}}{K_{eff}} \qquad (5)$$

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho_{eff}\,v_{eff}\,d}{\mu_{Bf}} \qquad (6)$$

Dengan nilai v_{eff} sebagai kecepatan nanofluida yaitu 0,001 m/s, dan d sebagai diameter partikel sebesar 1 m.

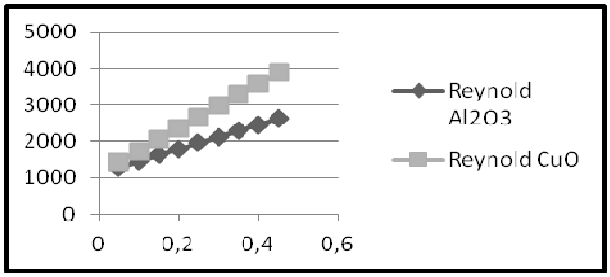
$$Nu = 2 + 0.5\,\mathrm{Re}\,\mathrm{Pr} \qquad (7)$$

diperoleh hubungan fraksi volume terhadap bilangan Prandlt, bilangan Reynold serta bilangan Nusselt yang ditunjukkan pada Gambar (1) - (3). Melalui Gambar 1 tampak bahwa Bilangan Prandtl mengalami penurunan sampai pada kisaran nilai fraksi sebesar 0,2 sampai 0,4 lalu mengalami peningkatan kembali pada nilai fraksi volume lebih dari 0,4.



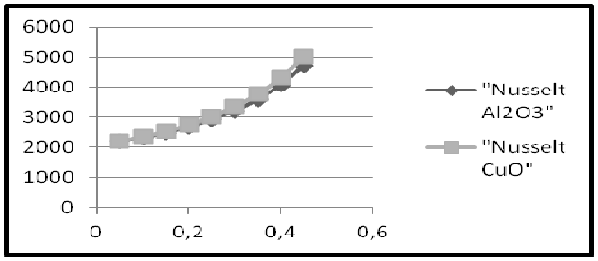
Gambar 1. Grafik Hubungan Fraksi Volume dengan Bilangan Prandlt

Pada Gambar 2, hubungan yang diperoleh dari fraksi dan bilangan Reynold menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai fraksi maka semakin tinggi pula nilai bilangan Reynold yang diperoleh.



Gambar 2. Grafik Hubungan Fraksi Volume dengan Bilangan Reynold

Begitu pula dengan hasil yang diperoleh pada Gambar 3. yang menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi volume maka bilangan Nusselt juga semakin tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi nilai fraksi volume nanopartikel dalam nanofluida maka akan meningkatkan nilai konduktivitas termalnya.



Gambar 3. Grafik Hubungan Fraksi Volume dengan Bilangan Nusselt

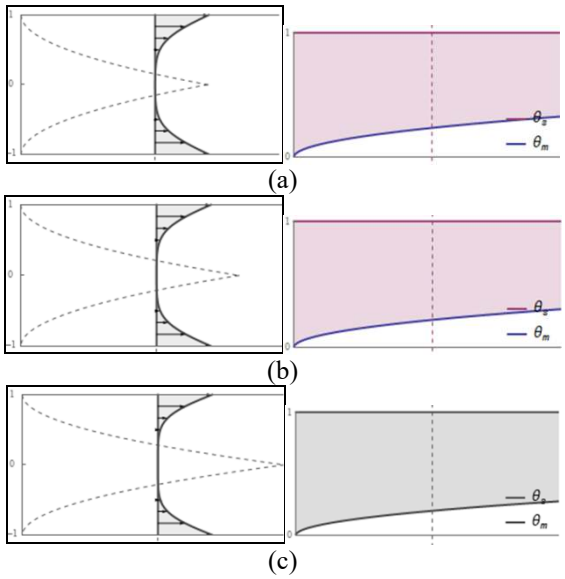
POLA TRANSFER PANAS NANOFLUIDA MENGALIR TERHADAP FRAKSI

Model transfer panas nanofluida mengalir dikonstruksi berdasarkan model yang diajukan oleh Cho dan Vick (Cho & Vick, 2014). Pola transfer panas nanofluida Al_2O_3 disajikan pada Gambar 4 untuk kondisi temperatur permukaan konstan dengan fraksi volume nanopartikel yang berbeda (10%, 20% dan 30%). Di dalam model ini temperatur dinyatakan oleh hubungan,

$$\theta = \frac{T - T_m}{T_s - T_m} \qquad (8)$$

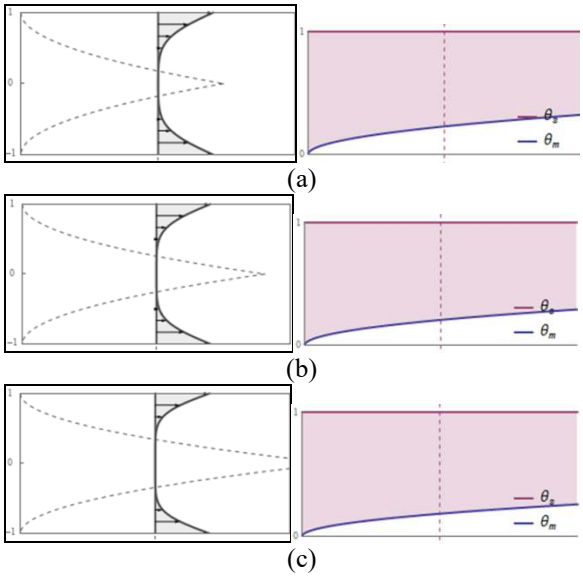
dengan subskrip m berkaitan dengan kondisi rata-rata dan subskrip s berkaitan dengan permukaan. Pada Gambar 4 tampak bahwa pada fraksi volume yang berbeda maka panjang aliran dalam *thermal boundary* juga akan berbeda. Nilai θ_m yang dihasilkan akan menjadi lebih rendah ketika fraksi volume yang digunakan semakin meningkat. Begitu pula dengan lebar aliran yang dihasilkan pada *thermal boundary*, semakin tinggi fraksi volume yang diaplikasikan maka semakin lebar aliran yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh ini dapat dipandang sebagai dampak dari perubahan bilangan Prandlt dan bilangan Reynolds akibat kenaikan fraksi volume.

 ISBN : 978-979-1373-56-2



Gambar 4. Pola aliran dan temperatur Al_2O_3 dengan fraksi volume: (a) 10%, (b) 20%, dan (c) 30%.

Pola transfer panas nanofluida CuO ditunjukkan pada Gambar 5. Seperti pada nanofluida Al_2O_3 semakin tinggi fraksi volume yang digunakan maka semakin lebar aliran yang dihasilkan pada thermal boundary. Ketiga kondisi nanofluida CuO mempunyai bentuk aliran thermal boundary yang lebih panjang dibandingkan dengan nanoflida Al_2O_3 pada ketiga fraksi yang diaplikasikan. Hal ini diakibatkan oleh bilangan Prandlt dan bilangan Reynold nanofluida CuO yang lebih tinggi dibandingkan nanofluida Al_2O_3.



Gambar 5. Pola aliran dan temperatur CuO dengan fraksi volume (a) 10%, (b) 20%, dan (c) 30%

KESIMPULAN

Melalui simulasi hubungan antara bilangan Prandlt untuk kedua jenis nanofluida (alumina dan CuO) diperoleh kesimpulan bahwa bilangan Prandlt akan menurun sampai pada kisaran fraksi volume 20% sampai 40%, lalu meningkat pada fraksi volume lebih dari 40%. Hal ini disebabkan karena adanya penurunan yang signifikan pada kapasitas panas akibat fraksi volume yang semakin tinggi. Dari kedua jenis nanofluida yang diaplikasikan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi fraksi volume maka bentuk aliran pada *thermal boundar*y semakin panjang dan lebar, tetapi temperatur θ_m yang dihasilkan semakin menurun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi melalui skema pendanaan Penelitian Dosen Pemula 2019 (No. DIPA: 042.06.1.401516/2019)

DAFTAR PUSTAKA

Alade, I. O., Rahman, M. A. A. & Saleh, T. A., 2019. Modeling and prediction of the specific heat capacity of Al2O3/water nanofluids using hybrid genetic algorithm/support vector regression model. *Nano-Structures & Nano-Objects 17,* p. 103–111.

Cho, A. & Vick, B., 2014. *Heat Transfer in Fluid Flow.* [Online] Available at: http://demonstrations.wolfram.com/HeatTransferInFluidFlow/ [Diakses 7 Januari 2019].

Judenta, K. M., Ratnawulan & Syarif, D. G., 2017. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Al2O3 dengan Metoda Sol Gel menggunakan Pengkelat Ekstrak Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi) untuk Aplikasi Nanofluida. *Pillar of Physics,* Volume 10, pp. 39-46.

Liou, T.-M., Wei, T.-C. & Wang, C.-S., 2018. Investigation of nanofluids on heat transfer enhancement in a louvered microchannel with lattice Boltzmann method. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry.*

Masoumi, N., Sahrobi, N. & Behzadmehr, A., 2009. A New Model For Calculating The Efective Viscosity of Nanofluids. *Journal of Physics D: Applied Physics,* pp. 1-6.

Mukherjee, S., Mishra, P. C. & Chaudhuri, P., 2019. Energy and Exergy Viability Analysis of Nanofluids As A Coolant for Microchannel Heat Sink. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering,* 16(1), pp. 6090-6107.

Prasher, R., Bhattacharya, P. & Phetan, P. E., 2006. Brownian-Motion-Based Convective-Conductive Model for the Effective Thermal Conductivity of Nanofluids. *Journal of Heat Transfer,* Volume 128, pp. 588-595.

Septiadi, W. N., Trisnadewi, I. A. N. T., Murti, M. R. & Putra, N., 2018. Konduktivitas Termal Efektif Hybrid Nanofluida Al2O3–TiO2–Air Pada Konsentrasi Rendah dan Tinggi. *Prosiding KITT (Konferensi Ilmiah Teknologi Texmaco),* Volume 1, pp. 227-236.

Tiandho, Y., Gusa, R. F., Dinata, I. & Sunanda, W., 2018. Model for Nanofluids Thermal Conductivity Based on Modified Nanoconvective Mechanism. *E3S W eb of C onferences 73.*

Tomitika, S., Aoi, T. & Yosinabu, H., 1953. *Proc. R. S oc London,* Volume 219, pp. 233-244.