



Pengaruh Partikel Nano Zn dan ZnO terhadap Aliran MHD Fluida Nano pada Lapisan Batas Bola Bermagnet

Yolanda Norasia^{1*}, Zulaikha²

^{1,2} UIN Walisongo Semarang

*yolandanorasia@walisongo.ac.id

ABSTRAK

Fluida terdiri atas fluida Newtonian dan fluida non-Newtonian. Fluida newtonian adalah fluida yang tidak mengalami perubahan viskositas ketika terdapat gaya yang bekerja terhadap fluida tersebut. Fluida non-Newtonian bersifat sebaliknya dari fluida newtonian. Beberapa contoh fluida newtonian adalah air, minyak, dan etanol. Fluida nano adalah salah satu fluida newtonian yang terdiri atas fluida dasar air dan partikel nano. Partikel nano terdiri atas logam dan oksida logam. Partikel nano berupa logam adalah *Zinc* yang memiliki simbol Zn . Partikel nano berupa non logam adalah *Zinc Oxide* yang memiliki simbol ZnO . Pada penelitian ini dibahas mengenai magnetohidrodinamik (MHD) dari aliran fluida nano Zn -Air dan ZnO -Air yang mengalir melewati bola bermagnet dengan pengaruh konveksi campuran. Pemodelan aliran fluida diperoleh dari persamaan pembangun dimensional yang meliputi persamaan kontinuitas, persamaan momentum, dan persamaan energi. Persamaan pembangun dimensional yang terbentuk ditransformasikan ke dalam persamaan non-dimensional. Persamaan non-dimensional kemudian diubah menjadi persamaan similaritas dan diselesaikan menggunakan metode implicit Euler. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketika parameter magnetik ditingkatkan, maka kecepatan dan temperatur aliran fluida nano Zn -Air dan ZnO -Air mengalami penurunan. Ketika fluida nano Zn -Air dan ZnO -Air dibandingkan, kecepatan aliran fluida nano Zn -Air lebih cepat mengalami peningkatan dibandingkan dengan fluida nano ZnO -Air. Sedangkan untuk profil temperatur, fluida nano ZnO -Air lebih cepat mengalami penurunan temperatur dibandingkan dengan fluida nano Zn -Air.

Kata kunci: fluida newtonian, fluida nano, magnetohidrodinamik, implisit euler.

ABSTRACT

There are two types of fluid, newtonian and non-newtonian fluid. Newtonian fluid is defined as fluid which not change viscosity when force acting on fluid. Non-newtonian fluid are opposite of Newtonian fluid. Some example of newtonian fluid are water, oil and ethanol. Nano fluid is a newtonian fluid that consisting of base fluid and nano particles. Nano particles divided into two, metals and metals oxide. Nano particle as metal is Zinc (Zn). Then, nano particle as metal oxide is Zinc Oxide (ZnO). In this research, we discussed about magnetohydrodynamic (MHD) nano fluid flow Zn -Water and ZnO -Water that flow pass a magnetic sphere effected by mixed convection. Fluid flow modelling are obtained from dimensional governing equation which included continuity equation, momentum equation, and energy equation. Then, the dimensional governing equation transformed into non-dimensional equation. The non-dimensional equation are further converted into similarity equation and solved by Euler Implicit method. The results show that when magnetic parameter increase then the velocity and temperature nano fluid flow Zn -water and ZnO -water decrease. When nano fluid Zn -water and ZnO -water compared, the velocity of nano fluid Zn -water faster increases than nano fluid ZnO -water. Then for temperature profile, nano fluid ZnO -water faster decreases than nano fluid Zn -water.

Keywords: newtonian fluid, nano fluid, magnetohydrodynamic, euler implicit.

1. PENDAHULUAN

Pemodelan matematika merupakan salah satu bidang ilmu yang menggambarkan fenomena-fenomena dalam pernyataan simbolik matematika. Beberapa permasalahan yang menggunakan penerapan ilmu pemodelan matematika diantaranya adalah konduksi panas, model *prey predator*, model penyakit SIR, dan aliran fluida. Dari beberapa contoh penerapan ilmu tersebut, jurnal ini di fokuskan ke aliran fluida. Fluida adalah zat yang berubah bentuk karena adanya gaya gesek yang bekerja secara terus-menerus atau *continuous*. Fluida memiliki fase cair dan gas. Fluida fase cair tidak mampu mampat/*incompressible* sedangkan fluida fase gas mampu mampat/*compressible* (Widodo, 2012). Berdasarkan viskositas, fluida dibagi menjadi dua yaitu fluida Newtonian dan fluida non-Newtonian. Fluida nano adalah salah satu fluida Newtonian yang diperkenalkan oleh Choi dan East man pada 1995. Fluida nano terdiri atas fluida dasar dan partikel nano berupa logam atau oksida logam. Fluida dasar dapat berupa air, minyak, alkohol, oli, dan sebagainya. Partikel nano berupa logam memiliki sifat konduktor seperti *Fe*, *Al*, *Zn*, dan *Cu*. Sedangkan partikel nano berupa oksida logam memiliki sifat osilator seperti

Magnetohidrodinamik merupakan pergerakan fluida yang dapat menghantarkan listrik akibat pengaruh adanya medan magnet. Partikel nano yang berada di dalam fluida dasar diberi pengaruh medan magnet maka mengakibatkan fluida dapat menghantarkan listrik. Kemampuan fluida tersebut menunjukkan karakteristik magnetohidrodinamik. Penelitian mengenai aliran fluida nano dengan karakteristik magnetohidrodinamik (MHD) dilakukan oleh Muhammad Zubair Akbar (Akbar *et al*, 2016). Penelitian tersebut mempelajari mengenai transfer massa dan panas pada aliran fluida nano. Transfer panas akan mengalami peningkatan dengan bertambahnya bilangan Reynolds. Transfer massa mengalami penurunan dengan bertambahnya bilangan Reynolds. Penelitian selanjutnya mengenai aliran fluida nano yang mengalir melewati silinder berporos dengan variasi parameter magnetik, bilangan Prandtl, parameter porositas, dan parameter fraksi volume (Widodo *et al*, 2017).

Dalam penelitian ini dibahas mengenai model matematika MHD dari aliran fluida nano *Zn – Air* dan *ZnO – Air* yang mengalir melewati bola bermagnet dengan pengaruh konveksi campuran. Daerah yang diamati pada penelitian ini adalah daerah dekat permukaan bola bermagnet sehingga menggunakan teori lapisan batas. Selanjutnya disimulasikan secara numerik menggunakan metode beda hingga Euler dengan *software* MATLAB.

2. METODE

Pada bagian ini menjelaskan mengenai jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, target/sasaran, subjek penelitian, prosedur, dan instrumen data penelitian diberikan sebagai berikut.

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh partikel nano *Zn* dan *ZnO* terhadap aliran MHD fluida nano pada lapisan batas bola bermagnet merupakan penelitian kualitatif.

2.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium pemodelan matematika, Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo Semarang. Selanjutnya, untuk waktu penelitian berlangsung pada Mei 2019 - Agustus 2019 diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu Penelitian

Kegiatan Penelitian	Bulan I		Bulan II				Bulan III				Bulan IV					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																
Pembangunan Model																
Penyelesaian Model																
Simulasi																
Analisis dan Pembahasan																
Finalisasi																

2.3. Prosedur Penelitian

Studi Literatur

Studi literatur membahas dengan beberapa model aliran fluida nano dengan karakteristik MHD hasil penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya mengenai aliran fluida nano dengan karakteristik magnetohidrodinamik (MHD) dilakukan oleh Muhammad Zubair Akbar mempelajari mengenai transfer massa dan panas pada aliran fluida nano. Transfer panas akan mengalami peningkatan dengan bertambahnya bilangan Reynolds. Transfer massa mengalami penurunan dengan bertambahnya bilangan Reynolds. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Basuki Widodo mengenai aliran fluida nano yang mengalir melewati silinder berporos dengan variansi parameter magnetik, bilangan Prandtl, parameter porositas, dan parameter fraksi volume. Pada paper ini dibahas mengenai profil kecepatan dan profil temperatur dari aliran fluida nano $Zn - Air$ dan $ZnO - Air$ yang mengalir melewati bola bermagnet dengan pengaruh konveksi campuran.

Pembangunan Model Matematika

Pada tahap ini, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

- i. Penurunan persamaan koversi massa dan hukum hukum Fisika yang berkaitan dengan permasalahan.
- ii. Penentuan kondisi batas dengan melakukan pengamatan terhadap aliran MHD fluida nano yang melewati bola bermagnet.
- iii. Persamaan yang diperoleh kemudian secara berturut-turut menjadi model dimensional dan model non-dimensional lalu mentransformasikan menjadi persamaan similaritas.

Tahap Penyelesaian Model

Persamaan similaritas yang telah diperoleh, diselesaikan dengan metode Implisit Euler.

Tahap Simulasi

Pada tahap ini, dibuat algoritma dari persamaan yang diperoleh. Selanjutnya algoritma yang diperoleh diimplementasikan dalam bentuk program menggunakan MATLAB.

Tahap Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini berisi analisis dan pembahasan dari hasil simulasi untuk mengetahui pengaruh partikel nano *Zn* dan *ZnO* terhadap profil kecepatan dan profil temperatur aliran MHD fluida nano pada lapisan batas bola bermagnet dengan variasi magnetik.

Tahap Finalisasi

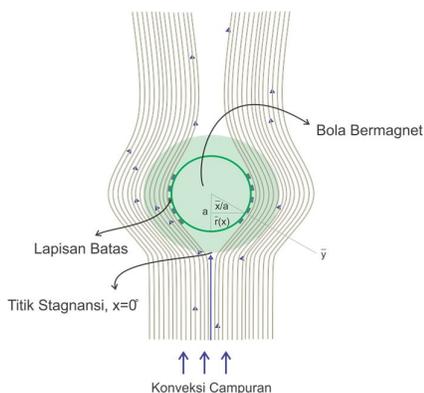
Pada tahap ini ditarik kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan dari tahap sebelumnya.

2.4. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah software MATLAB.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan fluida nano yang terdiri atas partikel nano *Zn* dan *ZnO* dan fluida dasar berupa air. Lapisan batas terbentuk akibat adanya gesekan antara fluida nano dengan permukaan bola bermagnet. Gambaran dari lapisan batas yang terbentuk ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Fisis Objek Penelitian

Persamaan pembangun dimensional yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan konservasi massa dan hukum-hukum kekekalan fisika. Hukum konservasi massa digunakan sebagai dasar dari persamaan kontinuitas, hukum II Newton digunakan sebagai dasar dari persamaan momentum linier, dan hukum I Termodinamika digunakan sebagai dasar dari persamaan energi. Berikut merupakan persamaan-persamaan pembangun dimensional yang diperoleh dari penelitian ini.

Persamaan Kontinuitas

$$\left[\frac{\partial(\bar{r}\bar{u})}{\partial\bar{x}} + \frac{\partial(\bar{r}\bar{v})}{\partial\bar{y}} \right] = 0 \quad (1)$$

Persamaan Momentum

Pada sumbu- X

$$\rho_{fn} \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{t}} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{y}} \right) = -\nabla p + \mu_{fn} \nabla^2 \mathbf{V} + \sigma(B_0)^2 \bar{u} + (\rho_{fn} - \rho_\infty) g_{\bar{x}} \quad (2)$$

Pada sumbu- Y

$$\rho_{fn} \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{t}} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{x}} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{y}} \right) = -\nabla p + \mu_{fn} \nabla^2 \mathbf{V} + \sigma(B_0)^2 \bar{v} + (\rho_{fn} - \rho_\infty) g_{\bar{y}} \quad (3)$$

Persamaan Energi

$$\left(\frac{\partial T}{\partial \bar{t}} + \bar{u} \frac{\partial T}{\partial \bar{x}} + \bar{v} \frac{\partial T}{\partial \bar{y}} \right) = \alpha_{fn} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial \bar{y}^2} \right) \quad (4)$$

dengan kondisi batas sebagai berikut.

$\bar{t} = 0 ; \bar{u} = \bar{v} = 0, \bar{T} = T_\infty$, untuk setiap \bar{x}, \bar{y}

$\bar{t} > 0 ; \bar{u} = \bar{v} = 0, \bar{T} = T_w$, pada saat $\bar{y} = 0$

$\bar{u} = \bar{u}_e(\bar{x}), \bar{u} = \bar{v}, T = T_\infty$, pada $\bar{y} \rightarrow \infty$

Selanjutnya, persamaan pembangun dimensional ditransformasikan ke dalam persamaan non-dimensional dengan menggunakan variabel non-dimensional. Variabel-variabel non-dimensional didefinisikan sebagai berikut (Mohammad, 2014).

$$x = \frac{\bar{x}}{a} ; y = Re^{1/2} \frac{\bar{y}}{a} ; t = \frac{U_\infty \bar{t}}{a} ; U_e = \frac{\bar{U}_e(\bar{x})}{v_\infty} ; u = \frac{\bar{u}}{U_\infty} ; v = Re^{1/2} \frac{\bar{v}}{U_\infty} ;$$

$$T = \frac{\bar{T} - T_\infty}{T_w - T_\infty} ; p = \frac{\bar{p}}{\rho_{fn} U_\infty^2} ; r(x) = \frac{\bar{r}(\bar{x})}{a} ; u_e = \frac{\bar{u}_e(\bar{x})}{U_\infty}$$

Menurut (Kasim & Abdul, 2014), percepatan gravitasi didefinisikan sebagai berikut

$$g_{\bar{x}} = -g \sin \left(\frac{\bar{x}}{a} \right)$$

$$g_{\bar{y}} = g \cos \left(\frac{\bar{x}}{a} \right)$$

Persamaan pembangun non dimensional diperoleh sebagai berikut.

Persamaan Kontinuitas

$$\left[\frac{\partial(\bar{r}\bar{u})}{\partial \bar{x}} + \frac{\partial(\bar{r}\bar{v})}{\partial \bar{y}} \right] = 0 \quad (5)$$

Persamaan Momentum

Pada sumbu- X

$$\rho_{fn} \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{t}} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{y}} \right) = -\nabla p + \mu_{fn} \nabla^2 \mathbf{V} + \sigma(B_0)^2 \bar{u} + (\rho_{fn} - \rho_\infty) g_{\bar{x}} \quad (6)$$

Pada sumbu- Y

$$\rho_{fn} \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{t}} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{x}} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{y}} \right) = -\nabla p + \mu_{fn} \nabla^2 \mathbf{V} + \sigma(B_0)^2 \bar{v} + (\rho_{fn} - \rho_\infty) g_{\bar{y}} \quad (7)$$

Persamaan Energi

$$\left(\frac{\partial T}{\partial \bar{t}} + \bar{u} \frac{\partial T}{\partial \bar{x}} + \bar{v} \frac{\partial T}{\partial \bar{y}} \right) = \alpha_{fn} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial \bar{y}^2} \right) \quad (8)$$

Dengan melakukan pendekatan lapisan batas, maka bilangan Reynolds pada persamaan pembangun non-dimensional mendekati takhingga ($Re \rightarrow \infty$) sehingga $\frac{1}{Re} \rightarrow 0$. Dengan menggunakan teoripotensi, fungsi alir dan kecepatan potensial diterapkan dalam persamaan pembangun non-dimensional. Fungsi alir dinyatakan sebagai berikut (White, 2011).

$$u = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial y}; v = -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial x}$$

Selanjutnya, persamaan pembangun non-dimensional ditransformasikan kedalam variable similaritas sebagai berikut.

$$\Psi = t^{\frac{1}{2}} u_e(x) r(x) f(x, \eta, t); \eta = \frac{y}{t^{1/2}}; T = s(x, \eta, t)$$

diperoleh Persamaan momentum dan energi sebagai berikut.

Persamaan Momentum

$$\left[\frac{1}{(1-\chi)^{2.5} \left[(1-\chi) + \left(\frac{\rho_s}{\rho_f} \right) \right]} \right] \left[\frac{\partial^2 u}{\partial \eta^2} + \frac{\eta \partial u}{2 \partial \eta} + \frac{3}{2} t \cos x \left(1 - (u)^2 + 2f \frac{\partial u}{\partial \eta} \right) \right] \\ = t \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{3}{2} t \sin x \left(u \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial \eta} \right) + Mt(1-u) - \frac{2}{3} \lambda st \quad (9)$$

Persamaan Energi

$$\text{Pr } t \frac{\partial s}{\partial t} = \left[\frac{(k_s + 2k_f) - 2\chi(k_f - k_s)}{((k_s + 2k_f) + \chi(k_f - k_s)) \left((1-\chi) + \left(\frac{\chi \rho(Cp)_s}{\rho(Cp)_f} \right) \right)} \right] \frac{\partial^2 s}{\partial \eta^2} + \text{Pr} \frac{\eta}{2} \frac{\partial s}{\partial \eta} + 3 \text{Pr } t f \frac{\partial s}{\partial \eta} \quad (10)$$

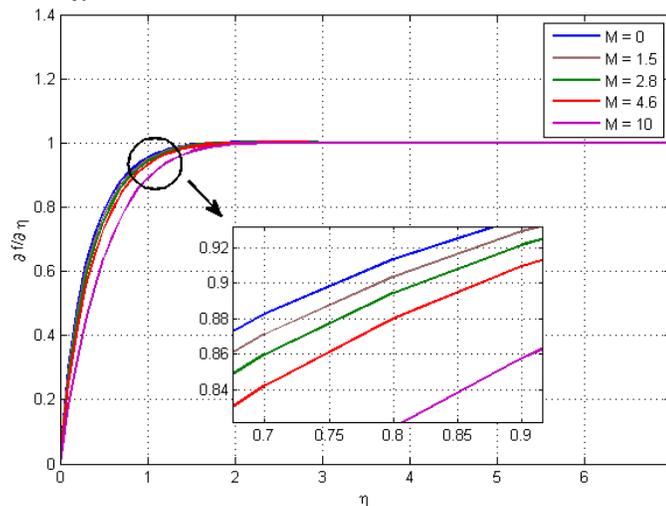
dengan kondisi batas sebagai berikut

$$t = 0 : f = \frac{\partial f}{\partial \eta} = s = 0 \text{ untuk setiap } x, \eta$$

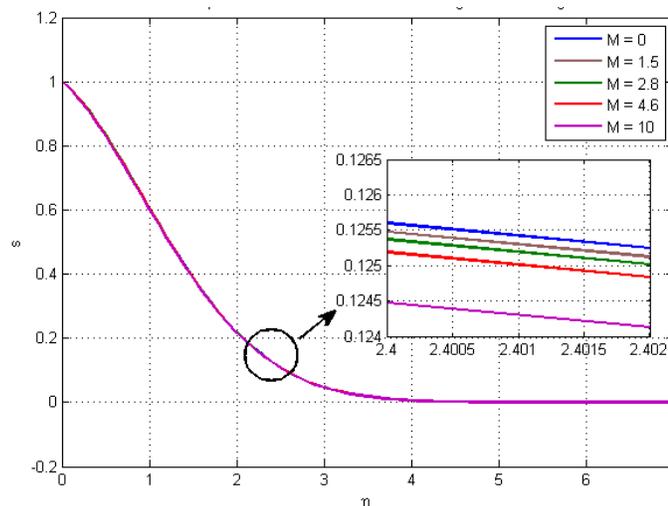
$$t > 0 : f = \frac{\partial f}{\partial \eta} = 0, s = 1 \text{ ketika } \eta = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} = 1, s = 0 \text{ ketika } \eta \rightarrow \infty$$

Pada simulasi ini digunakan fluida nano dengan partikel nano *Zn* dan *ZnO* serta fluida dasar berupa air. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter magnetik terhadap profil kecepatan dan temperatur fluida dengan partikel nano *Zn* dan *ZnO*. Selain itu juga, tujuan dari simulasi ini adalah untuk melihat perbandingan profil kecepatan dan temperatur fluida antara partikel nano *Zn* dengan partikel nano *ZnO*. Inputan yang digunakan dalam simulasi adalah dengan memberikan nilai parameter variasi magnetik, konveksi campuran, bilangan Prandtl dan *volume fraction* yaitu masing-masing sebesar $M = 0, 1.5, 2.8, 4.6, 10, \lambda=1, Pr=1$, dan $\chi = 0.1$.

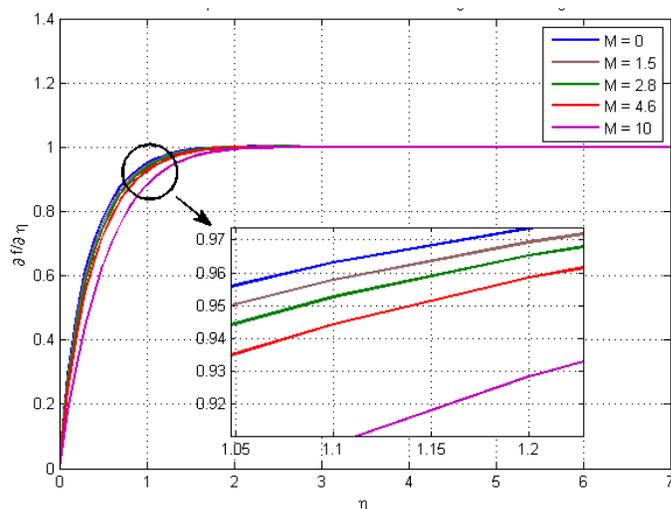


Gambar 2. Kurva Kecepatan Aliran Fluida Nano Zn-Air dengan Variasi Magnetik

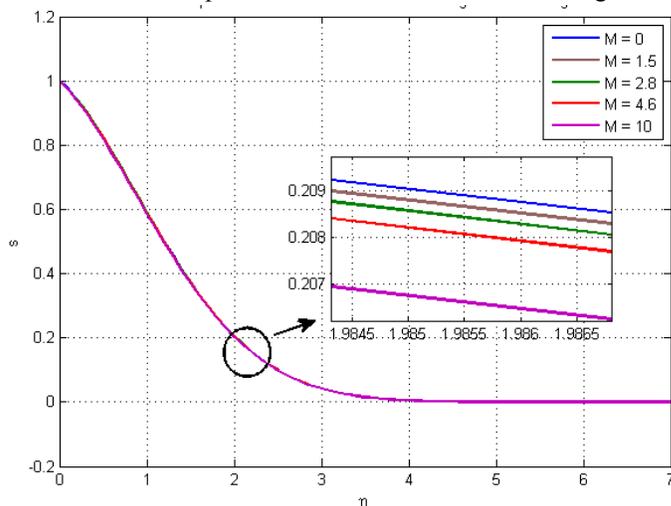


Gambar 3. Kurva Temperatur Aliran Fluida Nano Zn-Air dengan Variasi Magnetik

Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan kecepatan dan temperatur aliran fluida nano dengan partikel nano Zn. Dari Gambar 2, ditunjukkan bahwa ketika parameter magnetik ditingkatkan, maka kecepatan aliran fluida nano dengan partikel nano Zn mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh gaya Lorentz. Dari Gambar 3, ditunjukkan bahwa ketika parameter magnetik ditingkatkan, maka temperatur aliran fluida nano dengan partikel nano Zn juga mengalami penurunan.



Gambar 4. Kurva Kecepatan Aliran Fluida Nano ZnO-Air dengan Variasi Magnetik

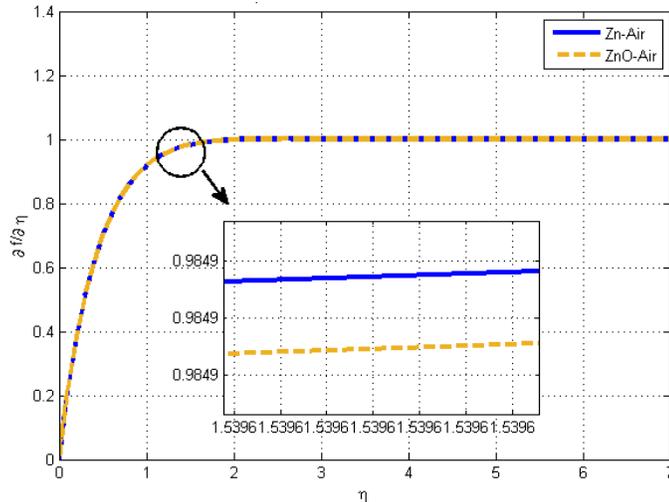


Gambar 5. Kurva Temperatur Aliran Fluida Nano ZnO-Air dengan Variasi Magnetik

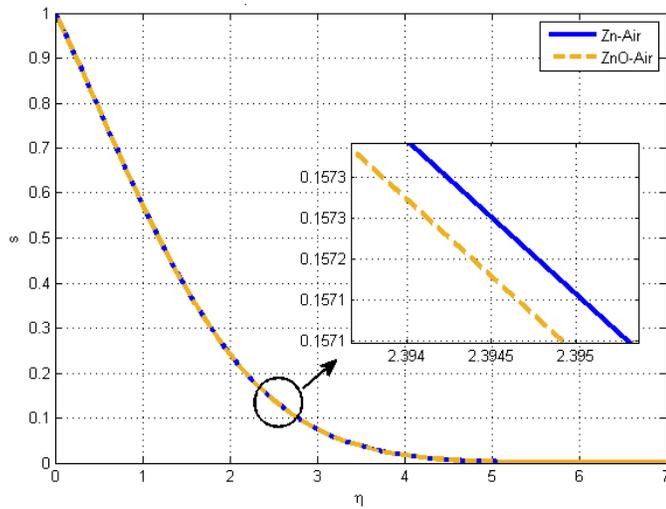
Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan kecepatan dan temperatur aliran fluida nano dengan partikel nano ZnO. Dari Gambar 4, ditunjukkan bahwa ketika parameter magnetik ditingkatkan, maka kecepatan aliran fluida nano partikel nano ZnO juga mengalami penurunan. Dari Gambar 5, ditunjukkan bahwa ketika parameter magnetik ditingkatkan, maka temperatur aliran fluida nano partikel nano ZnO juga mengalami penurunan.

Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan kecepatan dan temperatur aliran fluida nano dengan partikel nano Zn dan ZnO. Dari Gambar 6, ditunjukkan bahwa kecepatan aliran fluida nano Zn-Air lebih cepat mengalami peningkatan dibandingkan dengan fluida nano ZnO-Air.

Dari Gambar 7, ditunjukkan bahwa temperatur aliran fluida nano ZnO -Air lebih cepat mengalami penurunan dibandingkan dengan fluida nano Zn -Air.



Gambar 6. Kurva Kecepatan Aliran Fluida Nano Zn -Air dan ZnO -Air



Gambar 7. Kurva Temperatur Aliran Fluida Nano Zn -Air dan ZnO -Air

4. SIMPULAN

Semakin meningkatnya parameter magnetik, maka kecepatan dan temperatur aliran fluida nano Zn -Air dan ZnO -Air semakin menurun. Kecepatan aliran fluida nano Zn -Air lebih cepat mengalami peningkatan dibandingkan dengan fluida nano ZnO -Air. Sedangkan untuk profil temperatur, fluida nano ZnO -Air lebih cepat mengalami penurunan temperatur dibandingkan dengan fluida nano Zn -Air.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adair, J. (1988). *Effective time management: How to save time and spend it wisely*, London: Pan Books.
- Akbar, M. Z., Ashraf, M., Iqbal, M. F., & Ali, K. (2016). Heat and Mass Transfer Analysis of Unsteady MHD nanofluid flow through a Channel with Moving Porous Walls and Medium. *AIP ADVANCES*, 6, 045222.
- Kasim, Abdul Rahman Muhd. (2014). Convective Boundary Layer flow of Viscoelastic Fluid (Thesis tidak dipublikasikan). Universiti Teknologi Malaysia.
- Mohammad, N. F., (2014), Unsteady Magnetohydrodynamic Convective Boundary Layer Flow Past a Sphere In Viscous And Micropolar Fluids (Thesis tidak dipublikasikan). Universiti Teknologi Malaysia.
- White, F. M., (2011). *Fluid Mechanics*, Seventh Edition, McGraw-Hill Companies, New York
- Widodo, B., *Pemodelan Matematika*, ITSPress, Surabaya, 2012
- Widodo, B., Arif, D. K., Aryany, D., Asiyah, N., Widjajati, F. A., & Kamiran. (2017). The effect of magnetohydrodynamic nano fluid flow through porous cylinder. *AIP ADVANCES*, 6, 020069.