

Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Al_2O_3 dengan Metoda Sol Gel menggunakan Pengkelat Ekstrak Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) untuk Aplikasi Nanofluida

Kharisma Marta Judenta¹, Ratnawulan², Dani Gustaman Syarif³

Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang
email: Kharismajudenta@gmail.com

ABSTRACT

Nanofluid has better thermal characteristics and better heat transfer coefficient compared to conventional coolant fluid [6]. This makes the nanofluids has potential as a good alternative coolant fluid compared conventional coolant fluid. Nanofluids are a mixture of basic fluids such as water with solid particles of size 1-100 nm (Nanoparticles). In this study the nanoparticles to be used are Al_2O_3 . The synthesis of Al_2O_3 was conducted by sol gel using chelation of Averrhoa bilimbi with calcination temperature of 1100 for 3 hours. Al_2O_3 powder obtained then characterized by using XRD. Furthermore, Al_2O_3 nanoparticles mixed into 100 ml of distilled water with concentration variations 0,2%; 0,5% dan 0,8% and characterized using test equipment Viscosity, Zeta Potential meter and Critical Heat Flux (CHF). Results obtained in the study was the effect of the addition of Averrhoa bilimbi extract as chelating against nanoparticles of Al_2O_3 to prevent agglomeration/buildup on each other. XRD data showed that the Al_2O_3 nanoparticles has crystallite size of 10,40 nm. Then the effect of addition Al_2O_3 nanoparticle concentration that were suspended in 100 ml of distilled water to the value of fluid Viscosity, Zeta Potential and Critical Heat Flux. Viscosity increases with the addition of Al_2O_3 nanoparticle concentration, at the same temperature (27°C) of optimum viscosity value at 0.8% concentration of 0.9830 mPa.s. Meanwhile, the potential zeta value also increases with the addition of Al_2O_3 nanoparticle concentration. The zeta potential value is optimum at 0.8% concentration of 35 mV. Furthermore the value of CHF at a concentration of 0.2%; 0.5% and 0.8% were 17.29%; 77.04% and 76.70% for each. Overall the value of CHF increases with the addition of Al_2O_3 nanoparticle concentration.

Keywords: Chelating Agent, Al_2O_3 , Averrhoa bilimbi, nanoparticle, nanofluid, sol gel.

PENDAHULUAN

Pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat, penelitian mengenai nanoteknologi menjadi tren dan pusat perhatian para peneliti saat ini. Partikel pada skala nanometer (nanopartikel) memiliki sifat fisis yang lebih khas dari partikel yang berukuran lebih besar. Adapun yang dimaksud dengan nanopartikel adalah suatu partikel yang berada pada skala ukuran 1-100 nm [4]. Dari segi guna nanoteknologi mempunyai peran besar dalam berbagai bidang, khususnya dalam bidang industri.

Di bidang industri, pengaplikasian ilmu nanoteknologi sangat berguna dalam memperbaiki sifat perpindahan kalor yang masih rendah seperti air, *ethylene glycol* dan oli. Jika sifat perpindahan kalor tinggi maka efisiensi dari peralatan perpindahan panas akan meningkat [7]. Sehingga untuk menaikkan sifat perpindahan kalor dibutuhkan fluida pendingin alternatif yang baik dibandingkan dengan air, *ethylene glycol* dan oli.

Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan perpindahan kalor yaitu dengan menambahkan partikel yang berukuran nanometer ke dalam fluida [12]. Produk ini disebut dengan nanofluida. Nanofluida merupakan suspensi stabil yang didalamnya terdapat partikel berskala nano dengan

ukuran 1-100 nm yang terdispersi dalam fluida dasar seperti air, *ethylene glycol* dan oli [14]. Choi (1995) adalah orang pertama yang mengenalkan penggunaan nanofluida untuk peningkatan konduktivitas termal [10]. Karakteristik termal dan koefisien perpindahan kalor yang dimiliki oleh nanofluida lebih baik dibandingkan dengan fluida pendingin konvensional [6].

Partikel nano yang umum digunakan berasal dari logam yang secara kimia stabil, oksida logam dan karbon dalam berbagai bentuk. Beberapa nanopartikel yang telah ditambahkan kedalam nanofluida yakni seperti ZnO [9]; ZrO_2 [1] dan Fe_3O_4 [13]. Pada penelitian ini nanopartikel yang akan digunakan adalah Al_2O_3 karena bahan baku pembuatannya mudah didapatkan, sangat ekonomis dan merupakan logam yang secara kimia lebih stabil dibandingkan dengan logam lainnya [11]. Aluminium oksida (Al_2O_3 atau alumina) adalah jenis keramik oksida atau keramik teknik yang aplikasinya cukup luas, seperti di bidang elektronik, termal, kimia katalis dan mekanik. Alumina ada dua macam yaitu alumina murni dan alumina tidak murni yang dilihat berdasarkan komposisi. Alumina murni adalah polimorfi material yang digolongkan menjadi dua yaitu γ -Alumina Al_2O_3 dan α -alumina Al_2O_3 atau disebut korondum berdasarkan struktur

kristalnya [8]. Alumina merupakan bahan paling tahan terhadap suhu tinggi hingga 1700°C, juga merupakan material yang sangat keras, kuat dan memiliki konduktivitas listrik sangat rendah sehingga baik digunakan untuk bahan isolator listrik [16]. Sedangkan alumina tidak murni, pada umumnya merupakan kombinasi dari dua macam oksida, yang membentuk struktur baru yaitu dikenal dengan sebutan beta alumina [8]. Adapun tujuan penambahan partikel logam yaitu mampu meningkatkan koefisien perpindahan kalor jika dicampurkan dengan fluida pendingin konvensional [1]. Sementara bahan baku pembuatan Al_2O_3 berasal dari mineral lokal berupa bauksit.

Berdasarkan penelitian mengenai nanofluida dari nanopartikel Al_2O_3 yang telah dilakukan oleh Irawan, dkk., (2013) mengungkapkan bahwa penambahan nanopartikel Al_2O_3 dengan konsentrasi 1,0% pada nanofluida akan meningkatkan koefisien perpindahan kalor. Namun pada penelitian diatas tidak memberikan data mengenai pH dan tidak melihat kestabilan nanofluida yang dapat dilihat dari zeta potensial, viskositas dan *Critical heat Flux* (CHF).

Sebelumnya, nanopartikel Al_2O_3 diperoleh menggunakan metode sol gel. Pemilihan proses sol gel ini hanya memerlukan reagen (zat atau senyawa tambahan) yang sederhana dan temperatur yang lebih rendah untuk menghasilkan nanopartikel dengan kemurnian tinggi [2]. Istiqomah (2016) telah melakukan penelitian mengenai proses sintesis Al_2O_3 dengan metode sol gel yang reagensinya menggunakan sukrosa. Akan tetapi pada penelitian ini reagensinya berasal dari agen pengkelat biomaterial seperti asam sitrat yang diekstrak dari belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) yang ramah lingkungan, memiliki nilai ekonomis relatif rendah dan juga memiliki kandungan asam sitrat yang tinggi berkisar 92,6–133,8 meq asam/100 gram dari total padatan [5].

Hal ini bertujuan untuk menghasilkan nanopartikel stabil. Nanopartikel Al_2O_3 yang didapatkan kemudian dikarakterisasi. kemudian nanopartikel Al_2O_3 digunakan sebagai bahan dasar pembuatan nanofluida air- Al_2O_3 .

METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen.

2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Bahan PSTNT-BATAN Bandung, pada bulan 16 Februari s/d. 5 Mai 2017.

3. Variabel Penelitian

a. Variabel bebas

variasi konsentrasi nanopartikel Al_2O_3 yang ditambahkan kedalam nanofluida air- Al_2O_3 diantaranya : 0,2 gram/100 ml; 0,5 gram/100 ml; dan 0,8 gram/100 ml.

b. Variabel kontrol

Proses sintesis Al_2O_3 dengan metode sol gel yang dipanaskan pada suhu 120°C sampai menjadi gel dan dikeringkan dengan suhu 280°C selama 2.5 jam, kemudian dikalsinasi dengan suhu 1100°C 3 jam dan nilai pH dari nanofluida air- Al_2O_3 sebesar 9,7.

c. Variabel terikat

- 1) Viskositas
- 2) *Critical Heat Flux* (CHF)
- 3) Zeta potensial.

4. Prosedur Kerja

a. Pembuatan Ekstrak Belimbing Wuluh

1 kilogram belimbing wuluh disiapkan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*).

Kemudian belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) di potong dan di blender. Larutan dari hasil blender disaring menggunakan kain untuk menyaring partikel padatnya. Penyaringan dilakukan sebanyak 3 kali. Larutan dimasukkan kedalam gelas beker dan dicatat volumenya. Kemudian mengukur pH belimbing wuluh dengan pH meter dan didapatkan pH sebesar 1,71.

b. Sintesis Nanopartikel Al_2O_3

50 gram Bauksit digerus (gerincing) sampai halus dan dilarutkan dengan menggunakan aquades 1000 ml dan NaOH 90 gram sambil dipanaskan dengan suhu 200 °C yang diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan putar 250 rpm selama 100 menit. Kemudian didiamkan selama satu hari agar residunya mengendap. Selanjutnya disaring dengan kertas saring, sehingga yang diperoleh merupakan filtrat berupa larutan natrium

aluminat yang bening. Filtrat yang diperoleh dipanaskan dan ditambahkan dengan HCl 10% hingga pH nya menjadi 6 dan terbentuk endapan $\text{AlO}(\text{OH})$. Kemudian endapan tersebut dilakukan pencucian guna menghilangkan kadar garam yang terkandung. Pencucian dilakukan menggunakan air keran selama 30 kali pencucian dan 2 kali dengan *aquades*. Setelah bebas garam, $\text{AlO}(\text{OH})$ dikeringkan dengan suhu rendah 100°C selama 3,5 jam.

Kemudian $\text{AlO}(\text{OH})$ dicampur dengan ekstrak belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) dengan metode sol gel. Sintesis nanopartikel Al_2O_3 diproses dengan suhu 100°C hingga menjadi gel, suhu 280°C selama 2,5 jam hingga kering dan berwarna hitam kecoklatan, dan suhu kalsinasi 1100°C dengan produk berwarna putih. Setelah nanopartikel Al_2O_3 terbentuk maka dilakukan uji karakteristik terhadap fasa yang terbentuk pada serbuk Al_2O_3 dengan alat uji XRD.

c. Sintesis Nanofluida air- Al_2O_3

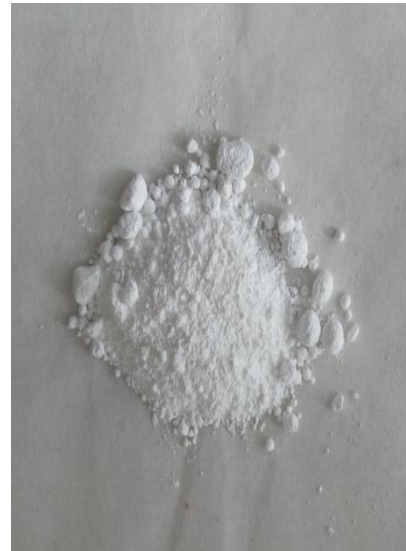
0,2 gram; 0,5 gram; dan 0,8 gram nanopartikel Al_2O_3 dicampurkan dengan 100 mL *aquades* untuk masing-masingnya kedalam botol, kemudian dikocok hingga homogen. Kemudian diultrasonik selama 2 jam agar nanopartikelnya terdispersi merata, lalu mengukur pH nanofluida dengan pH meter. Setelah itu meneteskan ammonia 10% kedalam masing-masing botol yang berisi nanofluida air- Al_2O_3 dengan konsentrasi nanopartikel yang berbeda hingga pH mencapai 9,7. Selanjutnya melakukan ultrasonik kembali selama 2 jam. Mengamati suspensi yang terbentuk selama beberapa hari. Nanofluida air- Al_2O_3 yang telah dibuat dilihat sifat fisisnya terhadap viskositas, Critical Heat Flux (CHF), Zeta Potensial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian dan Pembahasan

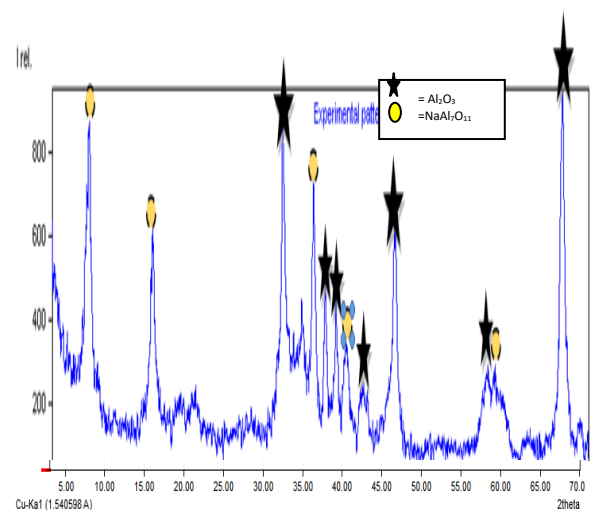
a. Pengaruh Ekstrak Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai Pengkelat Terhadap Fasa dari Nanopartikel Al_2O_3 menggunakan XRD (X-Ray Diffraction).

Pada penelitian ini, dilakukan uji XRD terhadap fasa dari serbuk Al_2O_3 (Gambar 2) setelah proses sol gel.



Gambar 2. Serbuk Al_2O_3 .

Setelah Serbuk Al_2O_3 hasil sintesis di karakterisasi menggunakan XRD maka, profil puncak difraksi yang diamati ditunjukkan ada Gambar 3.



Gambar 3. Gambar Pola Difraksi dari Serbuk Nanopartikel Al_2O_3 .

Pada Gambar 3 terlihat 7 puncak didominasi oleh Al_2O_3 dan 5 puncak oleh $\text{NaAl}_7\text{O}_{11}$ /garam. Dari Gambar 1 tidak terlihat keberadaan asam sitrat, hal ini dikarenakan asam sitrat hanya mengikat nanopartikel Al_2O_3 agar tidak teraglomerasi. Pada Tabel 1 dapat dilihat sudut 2θ dan intensitas dari ke-7 puncak Al_2O_3 yang telah dicocokkan dengan data JCPDS.

Tabel 1. Puncak-puncak Al_2O_3 pada pola difraksi serbuk nanopartikel Al_2O_3

2 θ	Intensitas
31.96	92
37.62	56
39.44	34
41.5	32
45.82	82
57,48	38
66.82	104

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa puncak tertinggi dimiliki oleh sudut 2θ 66,82 dengan Intensitas sebesar 104. Partikel Al_2O_3 memiliki ukuran kristalit sebesar 10,40 nm yang didapatkan dari persamaan *Debye Scherrer* [15]:

$$L = \frac{0.9 \lambda}{B \cos \theta} \quad (1)$$

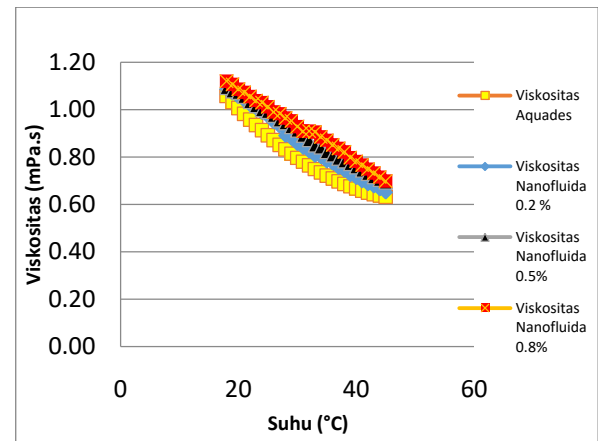
Dengan :

- L = ukuran partikel
- B = lebar setengah puncak (FWHM) dalam radian
- λ = panjang gelombang sinar-X
- θ = sudut difraksi (setengah dari sudut Bragg 2θ).

b. Pengaruh Variasi Konsentrasi Nanopartikel Al_2O_3 terhadap Sifat Fisis dari Nanofluida air- Al_2O_3

1) Viskositas/Kekentalan Fluida dari Nanofluida air- Al_2O_3

Uji viskositas fluida bertujuan untuk mengetahui tingkat kekentalan zat pada nanofluida air- Al_2O_3 yang terjadi akibat dari pengaruh variasi konsentrasi pada nanopartikel Al_2O_3 yang tercampur dalam 100 ml *aquades*. Pada Gambar 4 berikut dapat dilihat grafik hubungan nilai viskoitas fluida pada *aquades* dan nanofluida air- Al_2O_3 untuk beberapa konsentrasi terhadap perubahan suhu.



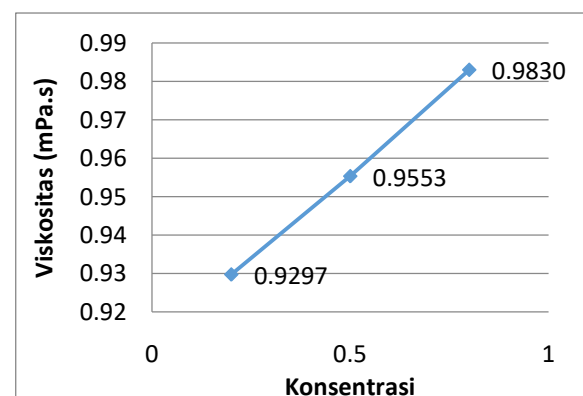
Gambar 4. Grafik Hubungan Nilai Viskoitas Fluida pada *Aquades* dan Nanofluida Air- Al_2O_3 untuk Beberapa Komposisi terhadap Perubahan Suhu.

Berdasarkan Gambar 4 nilai viskositas fluida *aquades* menempati nilai paling rendah dibandingkan dengan viskositas nanofluida air- Al_2O_3 dengan variasi konsentrasi 0,2 gram/100 ml; 0,5 gram/100 ml; dan 0,8 gram/100 ml. Setelah diperlihatkan grafik uji viskositas fluida maka dapat ditentukan nilai viskositas terhadap komposisi pada suhu 27°C yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Viskositas Nanofluida Air- Al_2O_3 terhadap Konsentrasi Nanopartikel Al_2O_3

Konsentrasi (gram/100 ml)	Viskositas (mPa.s)
0,2	0,9297
0,5	0,9553
0,8	0,9830

Tabel 2 diatas dapat dilihat grafik hubungan antara viskositas fluida terhadap konsentrasi dari nanofluida air- Al_2O_3 yang diambil pada suhu 27° yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Nilai Viskositas terhadap Konsentrasi Nanopartikel Al_2O_3

Pada Gambar 4 dan Gambar 5 terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi nanopartikel Al_2O_3 yang tersuspensi ke dalam 100 ml *aquades* maka nilai viskositas nya semakin naik dibandingkan dengan fluida dasar yakni *aquades*. Hal ini disebabkan karena keberadaan nanopartikel yang tersuspensi di dalam *aquades* mampu meningkatkan kerapatan dari zat nanofluida air- Al_2O_3 sehingga akan menyebabkan pula meningkatnya kekentalan dari nanofluida tersebut. Selanjutnya semakin tinggi suhu fluida maka nilai viskositas dari *aquades* dan nanofluida air- Al_2O_3 semakin turun. Begitupun sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh pemanasan zat cair yang mengakibatkan molekul mendapatkan energi sehingga dapat bergerak cepat dan menyebabkan gaya interaksi antar molekul melemah sehingga nilai viskositas menurun.

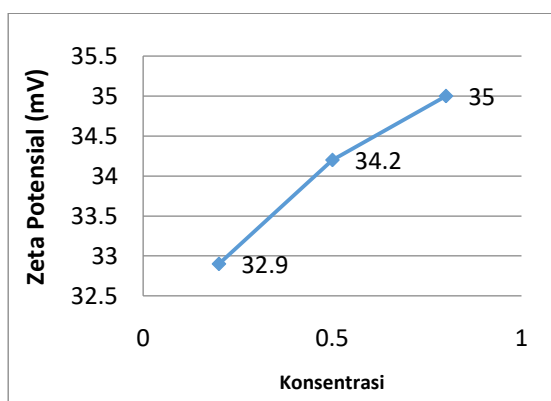
2) Zeta dari Nanofluida air- Al_2O_3

Pengukuran uji zeta potensial nanofluida air- Al_2O_3 menggunakan alat zeta potensial meter yang ada di Laboratorium Fisika Bahan BATAN Bandung. Pengukuran zeta potensial dilakukan dengan cara mengencerkan nanofluida air- Al_2O_3 sebanyak 5 ml ke dalam 20 ml *aquades*. Hal ini sesuai dengan prosedur pemakaian alat uji zeta potensial. Data hasil pengujian zeta potensial dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Uji Zeta Potensial Nanofluida Air- Al_2O_3

komposisi (gram/100 ml)	Zeta Potensial (mV)
0,2	32,9
0,5	34,2
0,8	35

Kemudian dibuat grafik hubungan antara zeta potensial nanofluida air- Al_2O_3 yang ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Zeta Potensial terhadap Konsentrasi Nanofluida Air- Al_2O_3 .

Dari Gambar 6 terlihat bahwa nilai zeta potensial dari nanofluida air- Al_2O_3 secara keseluruhan naik seiring dengan naiknya konsentrasi dari nanopartikel Al_2O_3 . Hal ini karena semakin banyak partikel yang ada pada fluida menyebabkan jarak antar partikel semakin rapat. Semakin rapat jarak antar partikel membuat partikel cenderung stabil. Dari semua nilai zeta potensial yang diperoleh untuk setiap konsentrasi memenuhi literatur bahwa untuk partikel yang stabil memiliki nilai potensial zeta lebih dari 30 mV.

3) Critical Heat Flux (CHF) dai *Aquades* dan Nanofluida Air- Al_2O_3 .

Pengujian *Critical Heat Flux* (CHF) bertujuan untuk mengetahui tingkat daya per satuan luas permukaan kawat penghantar ketika suatu arus listrik melewati suatu penghantar yang tercelup pada nanofluida air- Al_2O_3 . Pada pengukuran CHF data yang diperoleh yaitu nilai tegangan, arus dan panjang kawat. Pengukuran dilakukan pada *aquades* dan nanofluida air- Al_2O_3 dengan variasi konsentrasi 0,2 gram/100 ml; 0,5 gram/100 ml dan 0,8 gram/100 ml. Untuk menghitung nilai CHF digunakan persamaan [15]:

$$q'' = \frac{VI}{\pi dL} \quad (2)$$

Dengan :

q'' = nilai CHF

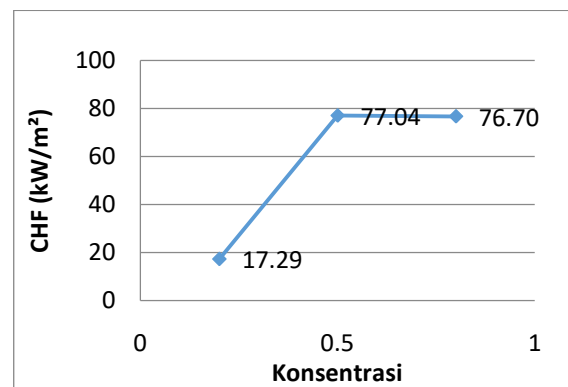
V = tegangan listrik maksimum saat kawat putus

I = arus listrik saat kawat putus

d = diameter kawat

L = panjang kawat.

Hasil uji CHF dari *aquades* dan nanofluida air- Al_2O_3 dibandingkan untuk mendapatkan selisih kenaikan CHF nanofluida air- Al_2O_3 untuk masing-masing konsentrasi yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan antara Kenaikan *Critical Heat Flux* (CHF) terhadap Konsentrasi Nanofluida Air- Al_2O_3 .

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa nilai CHF dari nanofluida air- Al_2O_3 secara keseluruhan meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi dari nanopartikel Al_2O_3 yang tersuspensi dalam nanofluida. Hal ini disebabkan bahwa keberadaan nanopartikel yang tersuspensi di dalam *aquades* mampu meningkatkan daya yang mengalir melalui suatu kawat penghantar yang tercelup dalam nanofluida air- Al_2O_3 tiap luas penampang kawat penghantar. Namun pada konsentrasi 0.8 gram/100 ml nanofluida air- Al_2O_3 terjadi penurunan nilai *Critical Heat Flux* (CHF).

c. Kestabilan Nanofluida air- Al_2O_3 Secara Visual

Untuk melihat kestabilan dari nanofluida air- Al_2O_3 secara visual dapat dilihat pada Gambar 8.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 8. Kestabilan Nanofluida Air- Al_2O_3 Secara Visual (a) hari pertama, (b) setelah 1 hari, (c) setelah 3 hari; dan (d) setelah 5 hari.

Pada Gambar 8 dapat dilihat kestabilan dari nanofluida air- Al_2O_3 secara visual berdasarkan perbedaan hari pengamatan.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh penggunaan asam sitrat sebagai pengkelat dari ekstrak belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terhadap fasa nanopartikel Al_2O_3 membuat partikel Al_2O_3 tidak teraglomerasi/menumpuk antar sesamanya.
2. Pengaruh variasi penambahan konsentrasi nanopartikel Al_2O_3 yang tersuspensi pada 100

ml *aquades* terhadap sifat fisis dari nanofluida air- Al_2O_3 .

- a. Semakin besar konsentrasi nanopartikel Al_2O_3 yang tersuspensi di dalam 100 ml *aquades* maka nilai viskositas pada nanofluida air- Al_2O_3 semakin naik. Pada suhu yang sama (27°C) nilai viskositas optimum dimiliki oleh konsentrasi 0,8 gram/100 ml nanofluida air- Al_2O_3 .
- b. Semakin besar konsentrasi nanopartikel Al_2O_3 yang tersuspensi di dalam 100 ml *aquades* menyebabkan nilai zeta potensial pada nanofluida air- Al_2O_3 semakin besar. Semakin besar nilai zeta potensial yang diperoleh maka nanopartikel Al_2O_3 didalam fluida menjadi lebih stabil karena tidak terjadinya flokulasi/peristiwa penggabungan koloid dari yang kecil menjadi besar. Nilai zeta potensial optimum pada konsentrasi 0,8 gram/100 ml nanofluida air- Al_2O_3 sebesar 35 mV.
- c. Semakin besar konsentrasi nanopartikel Al_2O_3 yang tersuspensi di dalam 100 ml *aquades* menyebabkan nilai *Critical Heat Flux* (CHF) semakin meningkat. Nilai CHF optimum pada konsentrasi 0,5 gram/100 ml nanofluida air- Al_2O_3 sebesar 1768,86 Kw/m².

B. Saran

Saran dalam penelitian ini adalah Perlu penelitian lanjutan:

1. Membersihkan kandungan garam pada nanopartikel Al_2O_3 .
2. Menentukan ukuran partikel dari nanopartikel Al_2O_3 dengan menggunakan alat uji Surface Area Meter (SAM) atau alat uji SEM.
3. Mengenai nilai *Critical Heat Flux* (CHF) dari nanofluida air- Al_2O_3 . Nilai *Critical Heat Flux* (CHF) dari nanofluida air- Al_2O_3 diharapkan semakin naik seiring bertambahnya konsentrasi dari nanopartikel Al_2O_3 .

DAFTAR PUSTAKA

1. Arya, D. T. 2016. *Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Zirkonium Dioksida (ZrO_2) dengan Metode Sol Gel Menggunakan Ekstrak Nanas sebagai Pengkelat untuk Aplikasi Nanofluida Pendingin*. Skripsi S1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNP, Padang. 89 hal.
2. Bahadur, D., S. 2006. Rajakumar, Ankit Kumar. *Influence of Fuel Ratios on Auto Combustion Synthesis of Barium Ferrite Nanoparticle*, J. Chem. Sci. Vol. 118 No. 1. 15-21.
3. Irawan, dkk. 2013. *Studi Eksperimental Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Nano Al_2O_3 /Ethylene Glycol Pada Circular Tube di*

Bawah Kondisi Fluks Kalor Konstan. Jurnal Mekanika. Vol. 11 Nomor 2. Universitas Sebelas Maret.

4. Istiqomah, D. S., dkk. 2016. *Sintesis Al_2O_3 Nanopartikel dari Bahan Biji Bauksit untuk Aplikasi pada Model Radiator*. Jurnal Skripsi Dipublikasikan. Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom. Bandung.
5. Lathifah, Q. A. 2008. *Uji Efektifitas Ekstrak Kasar Senyawa Antibakteri pada Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dengan Variasi pelarut*. Skripsi S1 Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Ilmu Teknologi UIN Malang, Malang.
6. Nazar, R. 2016. *Karakteristik Perpindahan Panas Konveksi Alamiah Aliran Nanofluida Al_2O_3 -Air di Dalam Pipa Anulus Vertikal*. Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – BATAN.
7. Putra, dkk. 2005. *Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Air Bersuspensi Nano Partikel (Al_2O_3) pada Fintube Heat Exchanger*. Jurnal Teknologi. Edisi No. 2. Page 116-125.
8. Ramlan, dkk. 2007. *Pembuatan Keramik Beta Alumina ($\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3$) dengan Aditif Mgo dan Karakterisasi Sifat Fisis Serta Struktur Kristalnya*. Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia, Vol. 7 No. 1.
9. Samat, A.N., dan Nor, M. R. 2012. *Sol gel Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticle using Citrus Aurantifolia Extracts*. Ceramics International 39, Departement of Mathematics and Science. School of Engineering. Science and Technology, Persiaran Universiti, Malaysia.
10. Septiadi, et all. 2015. *Karakterisasi Konduktivitas Termal Nanofluida Oksida Berbasis Fluida Dasar H_2O* . Jurnal Energi dan Manufaktur Vol.8, No.2.
11. Singh, K., dkk. 2013. *Experimental Study of Thermophysical Properties of Al_2O_3 /Water Nanofluid*. International Journal of Research in Mechanical Engineering and Technology. Vol. 3 No. 2. Page 229-233. India.
12. Suroso, dkk. 2015. *Pengaruh Temperatur dan Fraksi Volume terhadap Nilai Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Nano TiO_2 /Oli Termox32 Pada Penukar Kalor Pipa Konsentrik*. Jurnal MEKANIKA, Volume 13 Nomor 2. Hal 79-85.

13. Syarif, D. G., dan Prajitno, H. 2016. *Synthesis and Characterization of Fe_3O_4 Nanoparticles for Nanofluids from Local Material through Carbothermal Reduction and Precipitation. Journal of The Australian Ceramic Society. Volume 52 (2). Page 76 – 81. Center for Applied Nuclear Science and Technology (PSTNT)-BATAN, Bandung.*
14. Syarif, dkk. 2015. *Synthesis of Al_2O_3 Nanoparticles from Local Bauxite for Water- Al_2O_3 Nanofluids* egy. International Conference on Advances in Nuclear Science and Engineering, 1-8.
15. Syarif, D. G. 2016. *Nanopartikel dan Nanofluida Perpindahan Panas*. Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN press). Edisi 1.
16. Wardani dan Pratapa. 2014. *Identifikasi Fasa pada sintesis Al_2O_3 dengan Metode Logam-Terlarut Asam*. Jurnal Sains dan Seni POMITS Vol. 3 No. 2.