

## EFEK KONSENTRASI NANO FLUIDA $Al_2O_3-H_2O$ dan $Al_2O_3-C_2H_6O_2$ TERHADAP KINERJA HAET PIPE

Nandy Putra, Wayan Nata S, H. Rahman

Applied Heat Transfer Research Group Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknik, Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI Depok  
E-mail: nandyputra@eng.ui.ac.id, wayan.nata@me.unud.ac.id

### ABSTRAK

Permasalahan pendinginan komponen elektronik semakin meningkat seiring peningkatan fluks kalor yang dihasilkan oleh peralatan elektronik khususnya CPU komputer. Penggunaan heat pipe dalam pendinginan komponen elektronik tersebut menjadi salah satu solusi alternatif guna menyerap kalor yang dihasilkan. Salah satu faktor untuk meningkatkan kinerja heat pipe adalah fluida kerja. Sementara itu dari perkembangan nano teknologi dan perpindahan kalor banyak hal yang telah dilakukan untuk memperoleh perpindahan kalor yang lebih baik dan efektif antara lain dengan menggunakan nano fluida sebagai fluida kerja di dalam sistem pendingin. Beberapa eksperimen telah dilakukan dan dihasilkan bahwa nanofluida dapat meningkatkan konduktivitas kalor dan memiliki kemampuan perpindahan kalor yang lebih baik dibandingkan dengan cairan konvensional lain. Dalam penelitian ini dilakukan analisa terhadap efek konsentrasi fluida nano  $Al_2O_3-H_2O$  dan nano fluida  $Al_2O_3-C_2H_6O_2$  terhadap kinerja panas pada heat pipe tembaga wick screen mesh. Konsentrasi dari nano partikel  $Al_2O_3$  adalah 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% volume dengan fluida dasarnya air dan Ethylene Glycol. Hasil pengujian ditampilkan dalam distribusi temperature dari daerah evaporator sampai dengan kondensor pada masing-masing konsentrasi fluida nano dan pembebanan ( $Q$ ), yang dibandingkan terhadap fluida konvensional Air dan Ethylene Glycol. Didapatkan bahwa Efek dari konsentrasi nano  $Al_2O_3-H_2O$  dapat meningkatkan kinerja heat pipe dimana pada penggunaan fluida kerja  $Al_2O_3-H_2O$  dan  $Al_2O_3-C_2H_6O_2$  dapat mereduksi temperatur pada bagian evaporator rata-rata  $30.921^{\circ}C$ . Hal ini dikarenakan hambatan termal pada heat pipe yang menggunakan fluida kerja nano  $Al_2O_3-H_2O$  dan  $Al_2O_3-C_2H_6O_2$  semakin kecil dengan meningkatnya konsentrasi dari fluida nano tersebut. Hal ini merupakan suatu indikasi bahwa fluida nano  $Al_2O_3-H_2O$  dan  $Al_2O_3-C_2H_6O_2$  dapat digunakan sebagai fluida pengganti dari fluida kerja konvensional  $H_2O$  dan  $C_2H_6O_2$ .

Kata kunci: Heat pipe, Nano Fluida, Perpindahan kalor, wick screen mesh

### 1. Pendahuluan

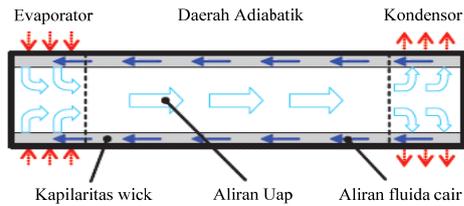
Sejak beberapa dekade, penggunaan *heat pipe* dalam pendingin elektronik telah mengalami peningkatan secara dahsyat. Pada kenyataannya elektronik seperti halnya laptop, computer, box vaksin telah banyak memanfaatkan *heat pipe* sebagai piranti pendingin. Penggunaan *heat pipe* dalam pendinginan komponen elektronik tersebut menjadi salah satu solusi alternatif guna menyerap kalor yang dihasilkan. Salah satu faktor untuk meningkatkan kinerja *heat pipe* adalah fluida kerja[1]. Dari perkembangan nano teknologi dan heat transfer banyak hal yang telah dilakukan untuk memperoleh transfer panas yang lebih baik. Nandy Putra telah melakukan melakukan pengembangan potensi nanofluida sebagai fluida kerja alternatif[2]. Shung-Weng Kang juga telah melakukan penelitian mengenai efek dari konsentrasi nanofluida pada kinerja panas *heat pipe*[3]. Beberapa eksperimen telah menyatakan bahwa

fluida nano dapat meningkatkan konduktivitas panas dan memiliki kemampuan transfer panas yang baik dibandingkan dengan cairan konvensional lain.

*Heat pipe* adalah sebuah teknologi penghantaran panas dengan menggunakan pipa berukuran tertentu yang berisi cairan khusus sebagai penghantar panas dari ujung yang panas ke ujung lain sebagai pendingin. Pipa tersebut biasanya terbuat dari bahan aluminium, tembaga atau tembaga berlapis nikel[4]. Sistem pendingin ini pertama kali diumumkan dan dipatenkan oleh R.S.Gauglerof general motors pada tahun 1942 dan didemonstrasikan pertamaoleh George Grover di LosAlamos National Laboratory pada tahun 1962 dan diumumkan pada jurnal fisika tahun 1964[4,5,6]. Mekanisme penghantaran panas pada *heat pipe* sepertiterlihat pad agambar 1, dilakukan melalui tiga daerah hantaran yaitu, *evaporator*, *adiabatic area* dan *condensor* serta struktur *wick* dimana cairan diuapkan oleh daerah *evaporator* pada keadaan *vapour* melewati



daerah adiabatic mencapai daerah kondensor[3]. Uap dilepaskan pada daerah kondensor sehingga uap mengalami kondensasi dan cairan mengalir menuju daerah *evaporator* kembali melalui daya kapilaritas *wick*. Walaupun *heat pipe* dapat secara berkesinambungan menghantarkan panas ke daerah kondensor, proses ini akan berlanjut selama ada tekanan kapiler yang cukup untuk membawa cairan kembali ke daerah *evaporator*[4,6,7]



Gambar 1 Skema Mekanisme Hantaran Panas pada Heatpipe

Konduktivitas *thermal* yang efektif pada struktur *wick heat pipe* dihitung dari penguapan panas pada daerah *evaporator* dan pembuangan panas pada daerah kondensor, adapun nilai dari konduktivitas *thermal* efektif dari struktur *wick* dapat dihitung melalui persamaan (1) dibawah:

$$R_{eff} = \frac{k_1[(k_1+k_2)-(1-\epsilon)(k_1-k_2)]}{[(k_1+k_2)+(1-\epsilon)(k_1-k_2)]} \quad (1)$$

Hambatan termal seperti pada persamaan 2,3 dari *heat pipe* merupakan suatu perbandingan antara temperatur difference ( $dT = T_{evaporator} - T_{kondensor}$ ) dengan beban panas yang diterima (Q)[10,4], secara matematika dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R = \frac{dT}{Q} \quad (2)$$

$$R = \frac{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}{2\pi} \left( \frac{1}{k_1 h_p} + \frac{1}{k_2 h_p} + \frac{1}{k_2 R_{eff}} + \frac{1}{k_1 R_{eff}} \right) \quad (3)$$

Nano fluida yang dipergunakan sebagai fluida kerja *heat pipe* merupakan campuran antara partikel yang berukuran 1 per miliar dengan fluida dasar, yang secara signifikan lebih kecil dari 100 nm memiliki efek gerak Brown yang terjadi pada partikel-partikel nano ini sekalipun berada dalam pencampurnya. Hal ini mengakibatkan partikel nano selalu melayang-layang dalam fluida pencampurnya dan kemungkinan mengendap sangat kecil[9]. Hambatan termal dari fluida nano diprediksikan sesuai dengan persamaan (4)[11]:

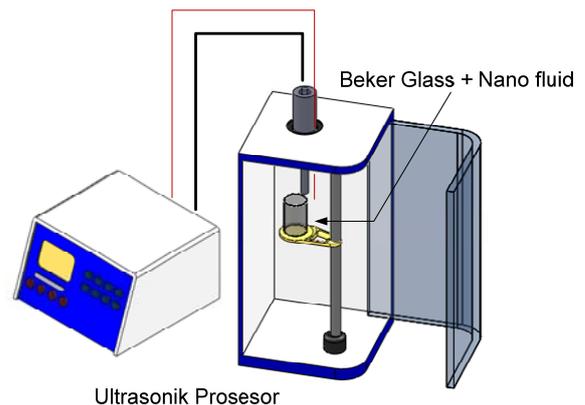
$$R_{nanopartikel} = \frac{d_{nanopartikel}}{k_{partikel}} \quad (4)$$

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efek dari konsentrasi partikel nano  $Al_2O_3$  pada fluida dasar  $H_2O$  dan  $C_2H_6O_2$  terhadap kinerja *heat pipe*, sehingga diharapkan fluida nano tersebut dapat digunakan sebagai fluida pengganti atau fluida alternatif dari fluida konvensional yang dapat meningkatkan kinerja *heat pipe*.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Persiapan Fluida Nano $Al_2O_3$ dengan Fluida Dasar $H_2O$ dan $C_2H_6O_2$

Pada penelitian ini dipergunakan partikel nano  $Al_2O_3$  dengan fluida dasar  $H_2O$  dan  $C_2H_6O_2$ . Metode dua langkah[14] digunakan dalam proses pembuatan nano fluida yaitu partikel nano  $Al_2O_3$  didispersikan pada fluida dasar dengan *ultrasonic processor* pada intensitas 100% selama 60 menit. Partikel nano didispersikan pada *ultrasonic processor* untuk mencapai larutan fluida nano yang homogenik dimana persebarannya seragam dan stabil. Selanjutnya fluida nano tersebut didinginkan pada temperatur konstan  $27^\circ C$  pada *thermostatic circulating bath* seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2 Pembuatan Fluida Nano dengan Ultrasonic Processor

Fluida nano  $Al_2O_3$  dibuat pada 5 variasi konsentrasi pada 2 fluida dasar yang berbeda yakni: 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%  $Al_2O_3$  pada 100ml larutan. Karakteristik dari nano fluida ini diuji dengan tes sidimentasi seperti terlihat pada gambar 5, yakni dalam kurun beberapa waktu apakah fluida nano tersebut akan membentuk garis pemisahan antara partikel nano dengan fluida dasar.

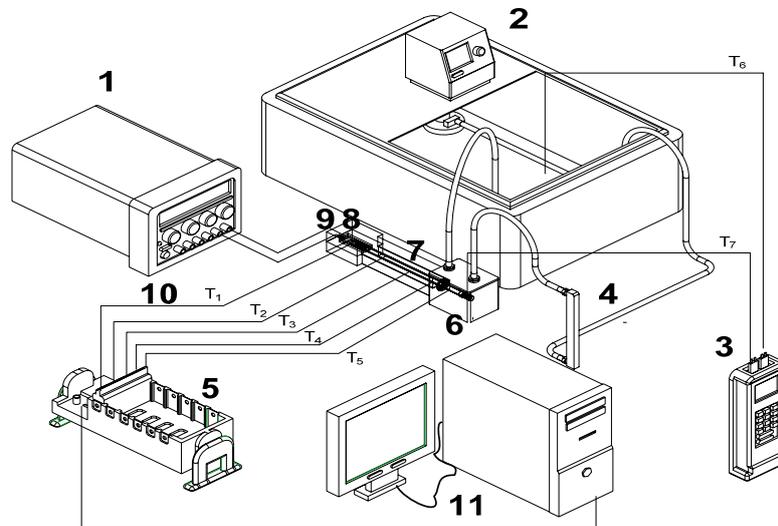
### 2.2 Rancangan Heat pipe

*Heat pipe* dibuat dengan menggunakan pipa tembaga berdiameter 8mm, tebal 0.85mm dengan panjang 200mm, dengan salah satu ujungnya di berikan katup nepel untuk memasukkan fluida kerja. Bahan *wick* adalah stenlisstel screen 200 mesh dengan diameter



screen  $\pm 5,65 \mu\text{m}$  dengan jumlah anyaman 67,416 per  
2.3 Skematik Pengujian *Heatpipe*

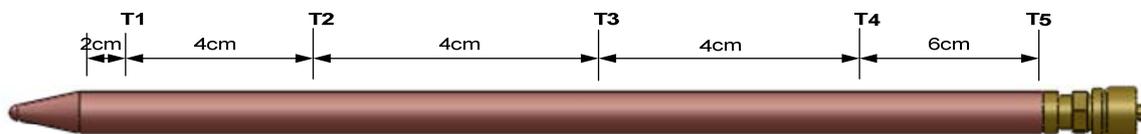
mm. Wick screen mesh pada *heat pipe* dibuat 4 layer.



**Keterangan:**

- |                                        |                                          |
|----------------------------------------|------------------------------------------|
| 1. DC Power Supply                     | 7. <i>Heatpipe</i>                       |
| 2. Thermostatic Circulating bath       | 8. Heater                                |
| 3. Thermometer Digital                 | 9. Isolator Polyurethane                 |
| 4. Flowmeter                           | 10. Thermocouple jenis K                 |
| 5. Casis NI cDAQ-9172 + module NI 9211 | 11. Unit Komputer + Software Labview 8.5 |
| 6. Reservoir                           |                                          |

Gambar 3 Skematik pengujian



Gambar 4 Posisi Thermocouple

Pada gambar 3 dapat dilihat skema pengujian *heat pipe*, yang dilakukan dengan mengukur temperatur pada beberapa titik *heat pipe* dengan posisi *thermocouple* 2cm, 6cm, 10cm, 14 cm dan 20 cm dari salah satu ujung *heat pipe* seperti terlihat pada gambar 4, yang difungsikan sebagai *evaporator*. *Heater* kabel (*fleksibel heater*) dililitkan pada sisi *evaporator* dan bagian kondensator dimasukkan pada reservoir yang temperturnya dibuat konstan pada 25°C dengan *thermostatic circulating bath*. Untuk menghindari kehilangan kalor pada bagian *evaporator*, adiabatik serta bagian kondensator yang berada pada bagian luar reservoir, *heat pipe* di isolasi menggunakan *fiberglass wool* dan *polyurethane* box 20cm x 10cm x 10cm. Daya (Q) dari DC-power supply divariasikan pada 2Watt, 3Watt, 5Watt dan 8Watt. Data temperatur yang terukur oleh *thermocouple* jenis K pada beberapa posisi tersebut dihubungkan dan diproses

menggunakan data acquisition NI cDAQ-9172 dan module NI 9211 dengan pengolah data berupa software Labview 8.5. Untuk mengetahui laju aliran air dari *thermostatic circulating bath* ke reservoir di pasang satu buah flow meter serta temperatur air pada *thermostatic circulating bath* dan reservoir dikalibrasi menggunakan termometer digital.

Disamping posisi horizontal yang didinginkan menggunakan reservoir, metode pengujian juga dilakukan dengan memfokuskan *heat pipe* secara vertikal dan tanpa pendingin dari *thermostatic circulating bath* maupun fan. Bagian kondensator di biarkan bersentuhan secara langsung dengan udara pada temperatur ruangan  $\pm 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa proses kerja *heat pipe* memang berlangsung.





(a) Hari ke-1

(b) Hari ke-64

Gambar 5 Nano fluida  $Al_2O_3-H_2O$



(a) Hari ke-1

(b) Hari ke-48

Gambar 6 Nano fluida  $Al_2O_3-C_2H_6O_2$

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Heat pipe dan Kinerja Heat pipe

Heat pipe tembaga yang lurus dibuat dengan pipa tembaga berdiameter 8mm dengan wick sreen mesh. Heat pipe yang telah dibuat seperti gambar 7 diisi dengan fluida kerja baik fluida kerja konvensional  $H_2O$  dan fluida kerja nano  $Al_2O_3-H_2O$  dan fluida kerja  $Al_2O_3-C_2H_6O_2$  dengan volume fluida kerja memenuhi volume heat pipe (volume pipa – volume wick screen mesh 4 layer).



Gambar 7. Heatpipe tembaga  $\varnothing$  8mm, wick screen mesh

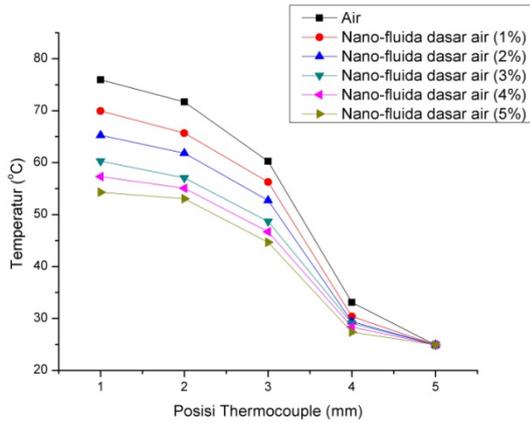
Gambar 8,9,10,11,12 dan 13 memperlihatkan distribusi temperatur pada heat pipe menggunakan  $H_2O$ , Ethylene Glycol dan fluida nano  $Al_2O_3-H_2O$  serta  $Al_2O_3-C_2H_6O_2$  pada daya (Q) 2Watt, 3Watt, 5Watt, dan 8Watt. Temperatur pada sepanjang heat pipe menurun dari posisi evaporator sampai pada daerah kondensor. Seperti yang terlihat pada gambar tersebut temperatur

heat pipe pada bagian evaporator, yang menggunakan fluida nano  $Al_2O_3-H_2O$  dan  $Al_2O_3-C_2H_6O_2$  memiliki temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan heat pipe yang memakai fluida kerja masing-masing fluida dasarnya. Temperatur evaporator semakin rendah untuk fluida nano yang konsentrasinya semakin tinggi, dalam hal ini temperatur evaporator paling rendah pada fluida nano  $Al_2O_3-H_2O$  dengan konsentrasi 5%. Penurunan temperatur bagian evaporator sangat signifikan rata-rata  $30.921^\circ C$  jika fluida kerja heat pipe mempergunakan fluida nano  $Al_2O_3-H_2O$  5% dibandingkan dengan mempergunakan fluida kerja konvensional  $H_2O$ . Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi nano fluida  $Al_2O_3$ -water dan  $Al_2O_3$ -Ethylene glycol memiliki efek yang cukup bagus dalam mereduksi temperatur saat evaporator bekerjaseperti yang dikatakan oleh Shung-Weng Kang [3], dan Wei-Chiang Wei [10].

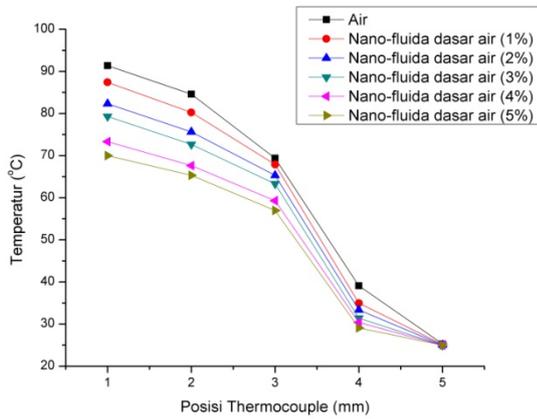
Fluida nano yang fluida dasarnya Ethylene Glycol, kondisinya berada diatas fluida nano yang fluida dasarnya air. Akan tetapi fluida nano ini tetap memiliki temperature evaporator yang lebih rendah daripada air dan Ethylene Glycol. Fluida nano yang menggunakan fluida dasar Ethylene Glycol memiliki temperatur evaporator yang lebih tinggi karena viskositas dari



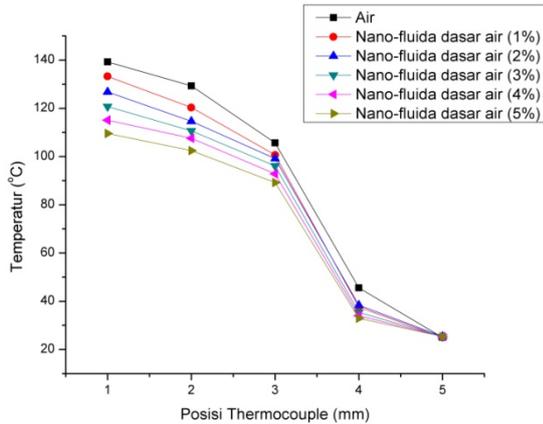
fluida dasar yang lebih tinggi sehingga nilai konduktivitas termal dari nano fluida menjadi lebih rendah.



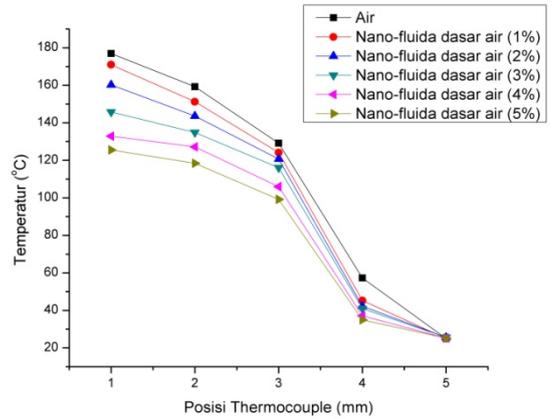
Gambar 8 Distribusi temperatur heat pip, fluida kerja air dan nano-air pada  $Q=2$ Watt



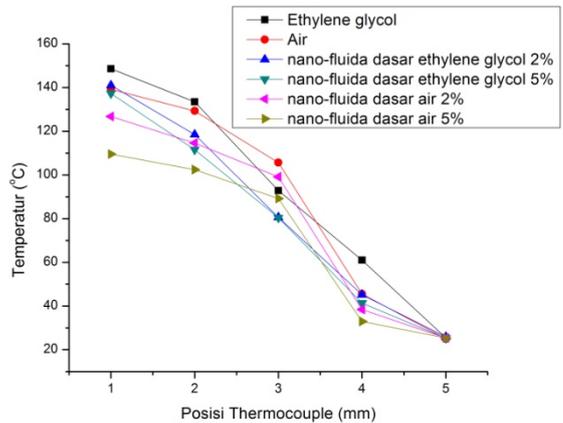
Gambar 9 Distribusi temperatur heat pip, fluida kerja air dan nano-air pada  $Q=3$ Watt



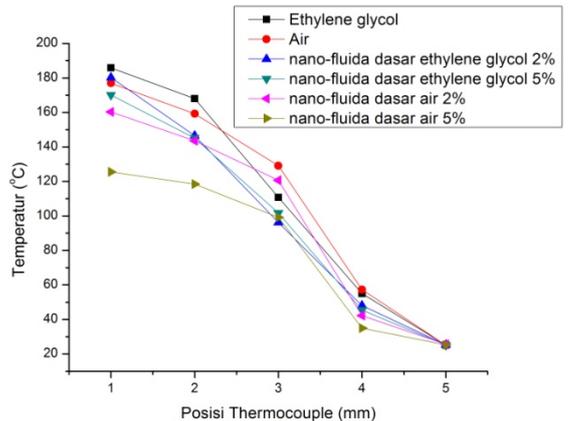
Gambar 10 Distribusi temperatur heat pip, fluida kerja air dan nano-air pada  $Q=5$ Watt



Gambar 11 Distribusi temperatur heat pip, fluida kerja air dan nano-air pada  $Q=8$ Watt



Gambar 12 Distribusi temperatur heat pipe, fluida kerja air, ethylene glycol dan nano pada  $Q=5$ Watt



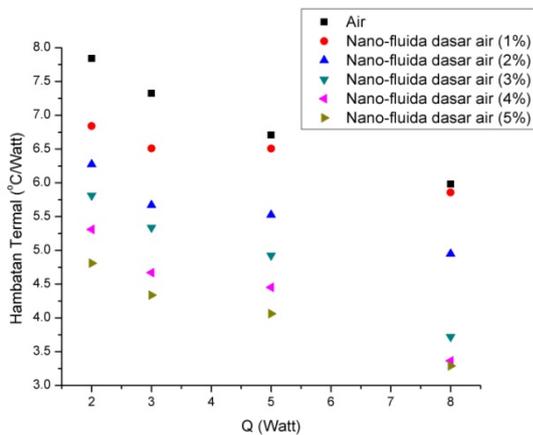
Gambar 13 Distribusi temperatur heat pipe, fluida kerja air, ethylene glycol dan nano pada  $Q=8$ Watt

Hambatan termal pada *heat pipe* dihitung berdasarkan kondisi temperatur pada bagian *evaporator* dengan temperatur pada daerah *adiabatik* terhadap

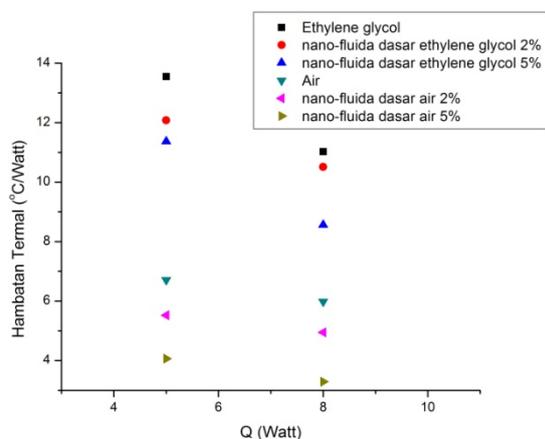


pembebedan yang diberikan. Gambar 14 dan 15 memperlihatkan bahwa hambatan panas pada fluida kerja H<sub>2</sub>O lebih besar dibandingkan dengan fluida kerja nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Dan hambatan panas akan semakin kecil pada peningkatan pembebanan atau penambahan Q. Hal ini merupakan salah satu karakteristik dari *heat pipe* seperti yang dikatakan oleh David Reay dan Peter Kew [1].

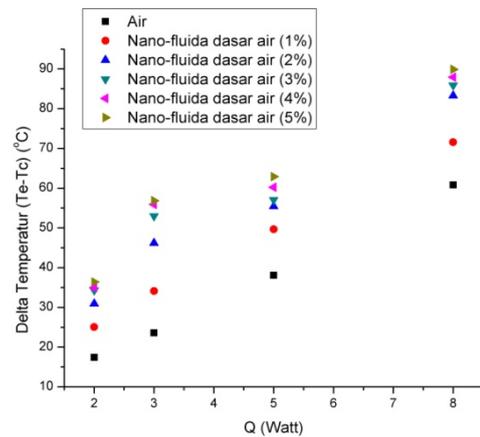
Hambatan termal yang lebih kecil menyebabkan reduksi panas pada bagian *evaporator* menjadi lebih besar. Karena hambatan termal fluida nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-water lebih kecil dibandingkan H<sub>2</sub>O mengakibatkan reduksi panas pada bagian *evaporator* yang dilakukan oleh fluida kerja nano lebih bagus dibandingkan dengan H<sub>2</sub>O. Dan C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>, hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Wei-Chiang Wei [10].



Gambar 14. Hambatan termal diantara evaporator dan daerah adiabetic, fluida kerja air dan nano-air



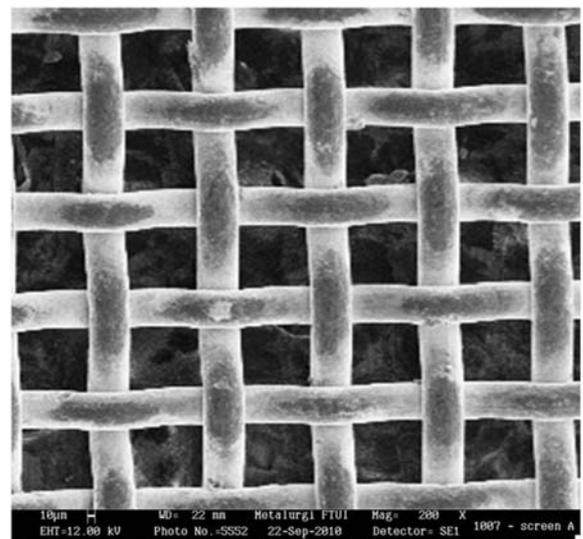
Gambar 15. Hambatan termal diantara evaporator dan daerah adiabetic, fluida kerja air, ethylene glycol dan nano



Gambar 16. Delta Temperatur pada pengujian heatpipe tanpa reservoir

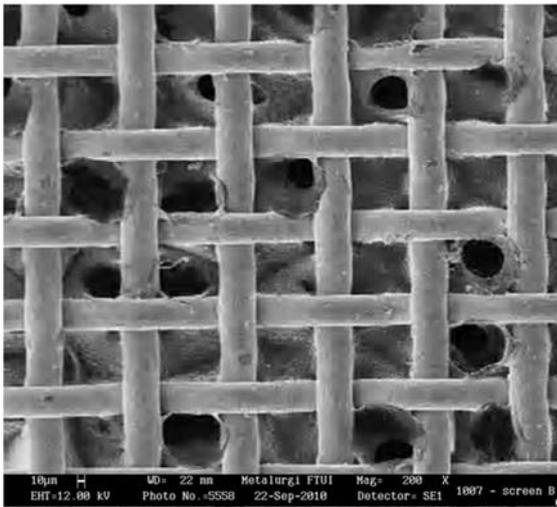
Pada pengujian *heat pipe* dengan bagian kondensor yang langsung bersentuhan dengan udara ruangan terlihat bahwa  $\Delta T$  mengalami peningkatan pada pemakaian nano fluida Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-water yang konsentrasinya semakin meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa laju perpindahan panas antara daerah evaporator menuju daerah kondensor semakin meningkat pada pemakaian fluida nano dibandingkan dengan fluida H<sub>2</sub>O. Konduktivitas thermal yang bagus pada nano fluida Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mengakibatkan laju perpindahan panas yang baik dibandingkan dengan penggunaan fluida konvensional, seperti terlihat pada gambar 16.

### 3.2 Kondisi wick pada pemakaian fluida nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>



Gambar 17. Screen sebelum digunakan





Gambar 18. Kondisi wick screen pada pemakaian fluida nano  $Al_2O_3-H_2O$  dan  $Al_2O_3-C_2H_6O_2$

Kondisi wick screen pada pengoperasian nano fluida  $Al_2O_3$ -water dan  $Al_2O_3$  ethylene glycol di cek menggunakan metode foto SEM dengan pembesaran 200x dan skala  $10\mu m$  seperti terlihat pada gambar 17 dan 18. Terlihat bahwa setelah pemakaian nano fluida wick screen terdapat suatu endapan yang menyelimuti heat pipe, bagian ini adalah endapan dari bagian fluida nano yang digunakan sebagai fluida kerja. Walaupun terjadi endapan namun hal ini tidak terlalu berpengaruh karena endapan dari nano fluida sangat sedikit dibandingkan dengan peningkatan konduktivitas termal.

#### 4. Kesimpulan

Efek dari konsentrasi nano  $Al_2O_3-H_2O$  dapat meningkatkan kinerja heat pipe dimana pada penggunaan fluida kerja  $Al_2O_3-H_2O$  dapat mereduksi temperatur pada bagian evaporator rata-rata  $30.921^\circ C$ . Hal ini dikarenakan hambatan termal pada heat pipe yang menggunakan fluida kerja nano  $Al_2O_3-H_2O$  dan  $Al_2O_3-C_2H_6O_2$  semakin kecil dengan meningkatnya konsentrasi dari fluida nano tersebut. Perbedaan temperatur  $\Delta T$  pada daerah evaporator dengan daerah kondensor lebih tinggi pada heat pipe yang mempergunakan fluida kerja  $Al_2O_3-H_2O$  dan  $Al_2O_3-C_2H_6O_2$  pada semua pembebanan (Q), sehingga laju perpindahan panas pada heat pipe dari daerah kerja evaporator ke bagian kondensor menjadi lebih besar. Hal ini merupakan suatu indikasi bahwa fluida nano dapat digunakan sebagai fluida pengganti dari fluida kerja konvensional  $H_2O$  dan  $C_2H_6O_2$ .

#### Ucapan Terima Kasih :

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepada DRPM UI atas dukungan dana penelitian melalui hibah pasca sarjana 2010.

#### Referensi

- [1]. David Reay, Peter Kew. *Heatpipes, Teory, Design and Applications*, Butterwort-Heinemann is an imprint of Elsevier.(2006)
- [2]. Nandy putra, *Pengembangan Nano Fluida Sebagai Fluida kerja Alternatif*. (2003)
- [3]. Shung-Weng Kang, *Effect of Nanofluid Concentration on Heatpipe Thermal Performance*, Taiwan: Departement of Mechanical an Electro-Mechanical Engineering Tamkang University.
- [4]. Jay M Ochterbeck, *Heatpipe*, Clemson South Calorina: Departement of Mechanical Engineering Clemson University.
- [5]. Gaugler, Richard, *Heat Transfer divices*, Dayton, Ohio: U.S. Patent Office, pp.4,2350348, (1994).
- [6]. Arthur P.Fraas, *Heat Exchnger Design*, Second Edition, New York: John Wiley & Sons, (1989).
- [7]. Shoeib Mahjoub, Ali mahtabroshan, *Numerical Simulation of a Conventional Heatpipe*, Word Academy of science: Engineering and Technology 39, (2008).
- [8]. Mapa, Sana Nazhar, *Heat Transfer In Mini Heat Exchanger Using Nanofluids*, Northern Illinois University, DeKalb, (2005).
- [9]. Fabian Korn, *Heatpipes and its Applications*, Sweden: Dep. Of Energy Science, Faculty of Engineering, Lund University, (2008).
- [10]. Wei-Chiang Wei, Shung-Wen Kang, Sheng Hong Tsai, Shih-Yu Yang, *Experimental investigation of silver nano-fluid on heatpipethermal performance*, Journal Applied Thermal Engineering, Sciencedirect, (2006).
- [11]. Seok Pil Jang, *Effect of Various Parameters on Nanofluid Thermal Conductivity*, Journal of Heat Transfer : ASME, (2007).
- [12]. Kek-Kiong Tio, Chang Yu Liu, Kok Chuan Toh, *Thermal Analysis of Micro Heatpipe Using a Porous-Medium Model*, Journal Heat and Mass Transfer: Springer (2000).
- [13]. Masaru Oomi , Toshiro Fukumoto , Takao Kobayashi Masanobu Sugiura, Katsuo Nakayama and Ken'ichi Namba, *State-of-the-art Technologies of Micro Heat-Pipe Heat-Sinks for Notebook PCs*,(2005)



