

PERANCANGAN PIPA KALOR SEBAGAI ALAT PENDINGIN KOMPUTER

Marwani

Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang

Corresponding author: marwanizk@yahoo.com

ABSTRAK:

Pipa kalor adalah alat penukar kalor yang sederhana, dimana tidak memerlukan energi luar dalam pengoperasiannya. Penggunaan pipa kalor sebagai alat pendingin pada *processor* komputer sangatlah tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan pipa kalor terhadap kemampuannya dalam memindahkan kalor dari sumber panas yang akan didinginkan dengan metode eksperimental.

Telah dilakukan pengkajian secara eksperimental terhadap pipa kalor yang terbuat dari pipa tembaga berdiameter 10 mm dan panjang 20 cm, wick tipe SS 300, dan fluida kerja ethanol; dengan variasi sudut kemiringan $\theta = 0^\circ$, 45° , dan 90° . Hasil penelitian menunjukkan, sudut kemiringan pipa kalor $\theta = 0^\circ$ dapat memindahkan kalor lebih besar dari pada pipa kalor dengan sudut kemiringan $\theta = 45^\circ$ dan $\theta = 90^\circ$ yaitu sebesar 21 Watt dengan suhu sumber panas 53°C ; untuk pipa kalor dengan sudut kemiringan $\theta = 45^\circ$ dan $\theta = 90^\circ$ hanya mampu memindahkan kalor sebesar 5 Watt dengan suhu sumber panas 48°C dan 51°C .

Kata kunci : *Pipa kalor, processor, wick, termokopel*

1. PENDAHULUAN

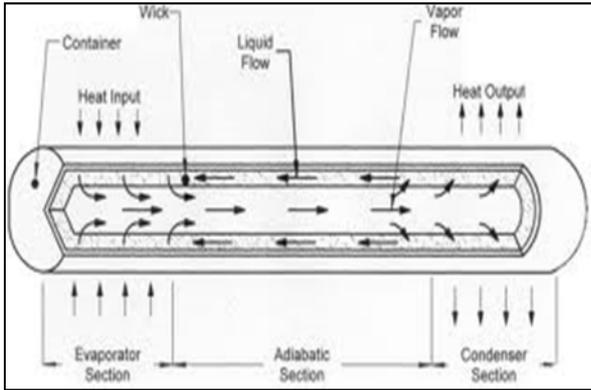
Berkembangan era teknologi dan informatika, penggunaan komputer semakin meningkat dan mempunyai peranan penting sebagai pendukung dan mempermudah manusia untuk mengolah data secara komputerisasi. Selain itu dalam bidang industri, komputer mempunyai peranan penting untuk mengontrol operasi proses produksi dibidang industri tersebut. Ketergantungan penggunaan komputer saat ini dapat melebihi batas kemampuan operasi dari komputer itu sendiri, karena pemakaiannya yang secara kontinu dalam rentan waktu tertentu. Dimana penggunaan komputer secara kontinu akan mengakibatkan menurunnya kinerja dari komputer itu sendiri. Hal ini disebabkan *processor* yang merupakan komponen utama pada komputer akan menghasilkan fluks panas yang berlebih pada saat beroperasi. Hal inilah yang mengakibatkan keterbatasan komputer dalam melakukan operasinya untuk waktu yang lama. Rian Saputra telah melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan jumlah *mesh* berbeda terhadap laju perpindahan kalor pada pipa kalor lurus. Dari penelitian ini diperoleh bahwa, *mesh* dengan jumlah yang lebih banyak mampu memindahkan kalor paling baik. Berdasarkan latar belakang ini, maka dilakukan penelitian yang tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh konfigurasi letak pipa kalor secara horizontal (0°), sudut 45° dan 90° terhadap penurunan temperatur.

2. DASAR TEORI

2.1 Pipa Kalor.

Pipa kalor adalah alat penukar kalor yang memindahkan panas laten penguapan fluida kerja pada

sisi evaporator ke sisi kondensor. Umumnya pipa kalor terdiri atas pipa vakum yang tertutup, *wick* dan fluida kerja dengan tekanan uap yang disesuaikan dengan kondisi temperatur kerja. Fluida kerja yang memiliki sifat mudah menguap akan menyerap kalor dari sumber panas pada bagian evaporator, perubahan temperatur pada fluida kerja akan mengakibatkan terjadinya peningkatan tekanan pada fluida kerja sehingga terjadi perubahan fase dari wujud cair menjadi uap. Uap yang dihasilkan kemudian bergerak menuju kondensor dan terjadi pelepasan kalor sehingga fluida kerja kembali ke wujud cair. Proses yang menjadi ciri khas dari *heat pipe* adalah proses kembalinya fluida kerja dari kondensor ke evaporator, tanpa mekanisme kembali fluida kerja yang berasal dari bagian evaporator akan mengalami akumulasi fluida kerja pada bagian kondensor sehingga mengakibatkan keringnya fluida kerja pada bagian evaporator. Oleh karena itu diperlukan mekanisme aliran kembali dari kondensor ke evaporator dengan menggunakan *wick*.



Gambar 2.1. Pipa Kalor (sumber :Reay David and Kew Peter, 2005)

2.2 Panjang Dan Diameter pipa kalor

Diameter dan panjang pipa kalor mempengaruhi aliran panas pada *heat pipe*. Tekanan antara kondensor dan evaporator dibuat berbeda agar suhu panas dapat mengalir dari tempat sumber panas ke tempat pendinginan. Diameter yang besar memungkinkan aliran uap panas dapat mengalir dengan cepat ke bagian pendingin karena luas area penghantaran yang besar. Ukuran panjang *heat pipe* yang pendek akan membuat waktu yang diperlukan oleh uap untuk kembali ke bentuk cairan seperti semula lebih cepat sehingga lebih cepat dalam mendisipasi panas ketika pipa kalor tidak dipengaruhi oleh gravitasi.

2.3 Struktur Wick

Wick merupakan struktur kapilaritas yang berfungsi sebagai saluran balik dari fluida kerja pada daerah kondensor menuju daerah evaporator melalui bagian adiabatik. Banyak faktor yang mempengaruhi pemilihan *wick* pada *heat pipe*, beberapa faktor sangat tergantung hubungannya terhadap fluida kerja. Panas yang diterima oleh *heat pipe* di sekitar evaporator juga harus mampu didistribusikan oleh *wick*.

Ukuran pori dari suatu jenis *wick* berbeda dengan *wick* lainnya. Melakukan pengecilan ukuran pori dari *wick* akan menghasilkan head kapilaritas maksimum dari *wick* tersebut. Sementara nilai permeabilitas akan menurun jika ukuran pori diperkecil, namun demikian untuk suatu jenis *wick* yang sejenis memiliki ukuran pori optimum. Untuk mendapatkan head kapilaritas yang maksimal dapat dilakukan dengan menambah ketebalan *wick*, kemampuan mengalirkan panas pada *heat pipe* akan meningkat saat menambah ketebalan *wick*. Tetapi dengan penambahan ketebalan *wick*, *fluks* panas tidak dapat diserap secara maksimal karena hambatan panas dari sumber panas ke dalam *heat pipe* akan bertambah.

Serat karbon juga dapat dipakai sebagai material *wick*. Filamen serat karbon banyak mempunyai alur-alur longitudinal pada permukaannya dan mempunyai tekanan kapilaritas yang besar. Jumlah penelitian *heat pipe* menggunakan serat karbon untuk aplikasi *heat pipe* panjang hingga 100 m. Kemampuan memindahkan

panas tiga kali lebih baik dari *wick* mesh logam. Penggunaan serat karbon harus diperkuat agar mampu menempel pada dinding, pengembangan serat karbon sebagai *wick heat pipe* banyak diaplikasikan pada peralatan-peralatan aerospace.

2.3.1. Konduktivitas Termal Wick pada Pipa Kalor

Konduktivitas termal (*k*) adalah sifat bahan yang menunjukkan jumlah panas yang mengalir melintasi satu satuan luas jika gradien temperaturnya satu. Persamaan Fourier merupakan persamaan dasar tentang konduktivitas termal. Persamaan tersebut dapat digunakan dalam perhitungan untuk menentukan konduktivitas termal suatu benda. Proses perpindahan kalor dapat digambarkan dengan jaringan tahanan.

Konduktivitas termal efektif dari sebuah *wick* pada *heat pipe* diperlukan untuk menghitung besarnya hambatan panas yang terjadi antara daerah evaporator dengan daerah kondensor. Dalam penentuan konduktivitas termal efektif dari sebuah *wick* terdapat dua model perhitungan, yakni secara paralel dan seri (Busse, C.A., 1967)

Dalam kasus model paralel diasumsikan bahwa konduktivitas termal antara *wick* dengan fluida kerja efektif pada kondisi paralel. Jika *k₁* adalah konduktivitas termal dari fluida kerja dan *k_s* adalah konduktivitas termal dari material *wick*, maka konduktivitas termal efektif dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$k_w = (1 - \epsilon)k_s + \epsilon k_1 \dots\dots\dots(1)$$

dimana;

$$\epsilon = \text{fraksi void} = \frac{\text{volume dari fluida kerja dalam wick}}{\text{total volume wick}}$$

Pada kasus model seri konduktivitas termal antara fluida kerja dan *wick* diasumsikan efektif pada kondisi seri. Konduktivitas termal efektif pada kondisi seri dirumuskan sebagai berikut:

$$k_w = \frac{1}{\frac{1}{(1 - \epsilon)k_s} + \frac{\epsilon}{k_1}} \dots\dots\dots(2).$$

2.3.2. Struktur Wick Homogen

Bentuk pori *wick* yang homogen terdapat pada *screen mesh* dan kasa. Jenis ini banyak diproduksi dalam berbagai ukuran pori maupun material yang digunakan, termasuk stainless steel, nikel, baja, tembaga dan aluminium.

Pada aplikasi pipa kalor melingkar porositas spesifik dan ukuran pori tertentu diperlukan untuk meningkatkan daya kapilaritas secara ekstrim, beberapa material polimer seperti keramik, *polyethylene* digunakan untuk memindahkan *fluks* panas yang besar, hingga 10.000 W/m²K dari evaporator seperti yang dilakukan oleh Figus di Astrium SAS, Perancis. Pori sumbu kapiler dan polimer dibuat sangat kecil untuk

meningkatkan kapilaritas, namun pada kenyataannya, pori yang sangat kecil akan memperkecil kapilaritasnya.

Polimer telah diusulkan untuk digunakan sebagai material dinding pada *heat pipe* dan *wick*, penggunaannya ditujukan untuk flexibilitas atau kelenturan, sehingga dapat dipasang pada semua kondisi geometri sumber panas. Pada aplikasi Loope *Heat pipes* (LPHs) porositas spesifik dan ukuran pori tertentu dibutuhkan untuk meningkatkan daya kapilaritas secara ekstrim, beberapa material polimer seperti keramik, polyethylene digunakan untuk memindahkan *fluks* panas yang besar hingga 10.000 W/m²K dari evaporator, seperti yang dilakukan oleh Figus dan Colleagues di Austrium SAS, Prancis. Pada mulanya pori *wick* dari polimer tersebut dibuat sangat kecil untuk meningkatkan kapilaritas, namun pori yang terlalu kecil kenyataannya akan memperkecil permeabilitasnya pula.

2.3.3. Hambatan Termal *Wick* pada *Heat pipe*

Hambatan termal dari *heat pipe* sangat tergantung dari konduktivitas termal pada jenis *wick* yang digunakan dalam *heat pipe* tersebut.

2.3.4. Jenis Struktur *Wick*

Jenis struktur *wick* pada umumnya terdapat beberapa jenis, *wick* yang banyak digunakan pada produk-produk *heat pipe* komersial diantaranya : *Axial Groove*, *Wire Screen mesh*, *Sintered Powder Metal*, dan *Fiber-Spiral*.

2.4 Pengaruh Kapilaritas

Kapilaritas adalah kemampuan untuk menahan perbedaan tekanan antar cairan dengan gas atau uap dalam sebuah struktur berongga. Kapilaritas berperan dalam perpindahan kalor pada *heat pipe* dengan membuat sebuah mekanisme otomatis mensirkulasikan fluida yang ada di dalam *heat pipe*. Besarnya perbedaan tekanan di evaporator dengan kondensor yang dapat dipertahankan menyebabkan tekanan kapilaritas dapat berlangsung berkesinambungan. Pada *heat pipe*, ketika daya kapilaritas berperan penting terhadap sirkulasi fluida, maka pemilihan fluida kerja berdasarkan wetting dan non-wetting dapat digunakan pada semua jenis *heat pipe*, *heat pipe* dengan fluida kerja dengan non-wetting mempunyai kapilaritas lebih baik. Wheatcraft dan Tyler menjelaskan bahwa pada media berpori yang diameternya semakin besar, maka daya kapilaritasnya akan semakin kecil.

2.5 Fluida Kerja

Pertimbangan pertama dalam mencari fluida kerja yang cocok dalam sebuah *heat pipe* adalah rentang temperatur kerja fluida, yang dapat dilihat dari tabel 1.

Untuk mendapatkan pemilihan fluida kerja yang tepat pada *heat pipe*, beberapa kriteria diantaranya adalah:

- Kecocokan antara *wick* dan material dinding
- Mempunyai stabilitas termal yang baik

- Mempunyai daya basah (wettability) yang baik dengan *wick*
- Tekanan uap tidak terlalu tinggi atau tidak terlalu rendah sesuai rentang temperatur kerja
- Mempunyai panas laten tinggi
- Mempunyai konduktivitas termal tinggi
- Mempunyai ketebalan rendah saat fase uap maupun cairan
- Mempunyai tekanan permukaan tinggi

Untuk menghitung nilai kalor yang mampu dilepaskan pipa kalor, maka digunakan formula sebagai berikut

$$q = mc_p \Delta T \dots\dots\dots(3)$$

Dimana : q = kalor yang dilepaskan (kJ)

m = massa (kg)

c_p = kalor spesifik (kJ/kg.°C)

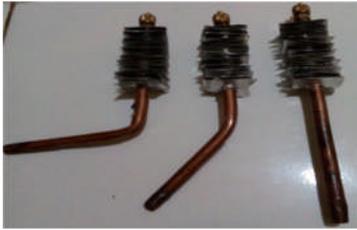
ΔT = perubahan temperatur (°C)

3. METODOLOGI PENELITIAN

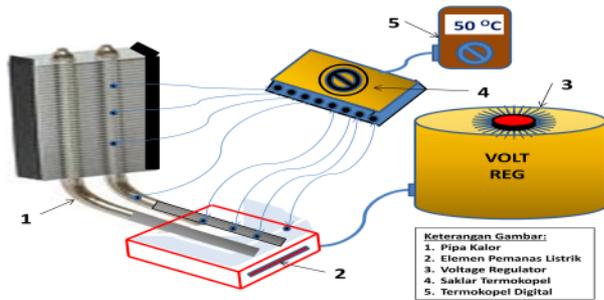
Penelitian ini menggunakan metoda eksperimental yaitu dengan membuat perancangan perangkat uji, kemudian melakukan kaji eksperimental dengan mengambil data-data yang diperlukan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 4 lapisan *wick*, fluida kerjanya ethanol dengan konfigurasi letak pipa kalor berturut-turut secara horizontal (0°), sudut 45° dan 90° terhadap elemen pemanas. Pengaturan voltase dan arus sesuai yang kita inginkan. Parameter yang diukur adalah temperatur di daerah evaporator, adiabatik dan kondensor yaitu di titik-titik setiap 2 cm sepanjang pipa kalor dan temperatur elemen pemanas. Semua parameter diukur pada setiap selang waktu yang telah ditentukan.

Tabel 1 Parameter Data Pipa kalor

Prameter	bahan/dimensi
Bahan pipa kalor	Tembaga
Diameter pipa kalor	10 mm
Panjang pipa kalor	200 mm
Panjang bagian evaporator	70 mm
Panjang bagian adiabatik	60 mm
Panjang bagian kondensor	70 mm
Fluida kerja	Ethanol (96%)
Jenis <i>wick</i>	SS-300mesh
Jumlah lapisan <i>wick</i>	4 lapis
Bahan fin	lembaran Aluminium
Ukuran fin	(30 x30x 2) mm



Gambar 3.1. Pipa kalor



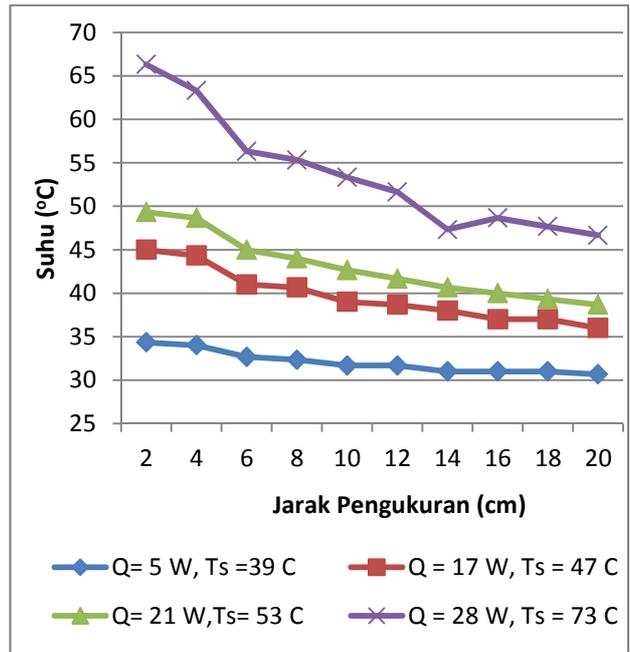
Gambar 3.2 Skematik Perangkat Uji



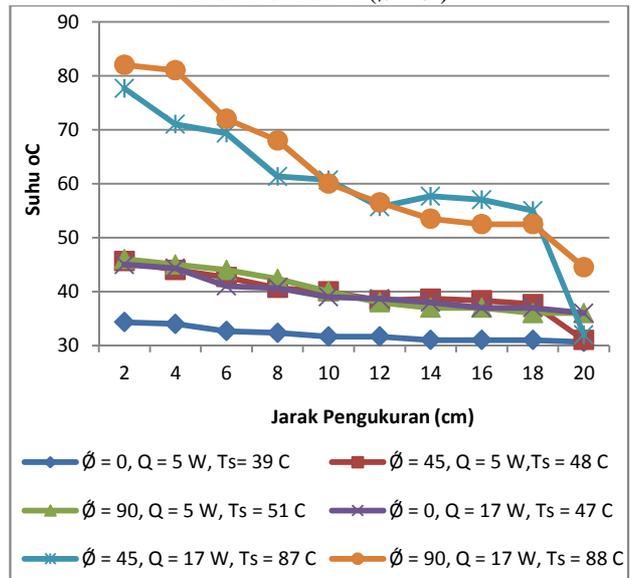
Gambar 3.3 Perangkat uji

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2 berikut :



Gambar 4.1 Grafik Jarak Pengukuran vs Suhu Pipa Kalor Horizontal ($\theta = 0^\circ$)



Gambar 4.2 Grafik Jarak Pengukuran vs Suhu Pipa Kalor dengan Sudut Kemiringan $0^\circ, 45^\circ$ dan 90°

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa untuk pipa kalor horizontal (sudut kemiringan, $\theta = 0^\circ$) semakin besar laju kalor yang dipindahkan dari sumber panas, maka akan semakin besar pula suhu pipa kalor; suhu tertinggi pada bagian evaporator dan menurun ke arah bagian kondensator. Pada laju perpindahan kalor sebesar 5 Watt suhu sumber panas dapat dipertahankan, $T_s = 39^\circ C$, dengan suhu evaporator rata-rata $33,6^\circ C$. Pada laju perpindahan kalor 17 Watt suhu sumber panas dapat dijaga $T_s = 47^\circ C$ dengan suhu evaporator rata-rata $43,3^\circ C$, untuk laju perpindahan kalor 21 Watt suhu sumber

panas dapat dipertahankan $T_s=53\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan suhu evaporator rata-rata $47,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan pada laju perpindahan kalor 28 Watt suhu sumber panas panasnya, $T_s=73\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan suhu rata-rata evaporator $61,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jadi pipa dengan sudut kemiringan $\theta = 0^{\circ}$, hanya mampu memindahkan kalor dibawah 28 Watt, yaitu dimana suhu sumber panasnya dibawah $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (suhu maksimum dari CPU komputer).

Dari gambar 3.2, untuk pipa kalor dengan sudut kemiringan $\theta = 45^{\circ}$ dan $\theta = 90^{\circ}$ juga terlihat bahwa semakin besar daya yang dipindahkan maka akan semakin besar pula suhu pipa kalor pada bagian evaporator, terutama untuk pipa kalor dengan sudut kemiringan $\theta = 45^{\circ}$ dan $\theta = 90^{\circ}$ pada laju perpindahan kalor 17 Watt. Pada laju perpindahan kalor 5 Watt, suhu sumber panas dapat dipertahankan $T_s=48^{\circ}\text{C}$ dengan suhu rata-rata evaporator $44,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk pipa kalor dengan sudut kemiringan $\theta = 45^{\circ}$; dan $T_s= 51\text{ }^{\circ}\text{C}$; dengan suhu rata-rata evaporator $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk pipa kalor dengan sudut kemiringan $\theta = 90^{\circ}$. Sedangkan untuk laju kalor 17 Watt, suhu sumber panasnya. $T_s=87\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan suhu evaporator rata-rata $72,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk pipa kalor dengan sudut kemiringan $\theta = 45^{\circ}$, dan untuk pipa kalor dengan sudut kemiringan $\theta = 90^{\circ}$ suhu sumber panas $T_s = 88\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan suhu evaporator rata-rata $78,3^{\circ}\text{C}$ Jadi pipa kalor dengan sudut kemiringan $\theta = 45^{\circ}$ dan $\theta = 90^{\circ}$ hanya mampu memindahkan kaor sebesar 5 Watt, dengan suhu sumber panasnya dibawah $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4. KESIMPULAN

1. Untuk konfigurasi letak pipa kalor dengan posisi horizontal ($\theta = 0^{\circ}$), dapat memindahkan kalor lebih besar dari pada pipa kalor dengan sudut $\theta = 45^{\circ}$ dan $\theta = 90^{\circ}$ yaitu sebesar 21 Watt.
2. Untuk konfigurasi /letak pipa kalor dengan sudut $\theta = 45^{\circ}$ dan $\theta = 90^{\circ}$ hanya mampu memindahkan kalor sebesar 5 Watt
3. Semakin besar daya yang dipindahkan, semakin besar pula suhu pada evaporator.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Holman, J.P Jasfji, E. 1994. *Perpindahan Kalor*, edisi keenam. Jakarta : Erlangga
- (2) Nasa.1979. *Heat Pipe Design Handbook*, 1st volume. Maryland : B & K Engineering
- (3) Cornwell, K. 1977. *The Flow of Heat*. low-priced edition. Bodmin : Robert Hartnoll Ltd
- (4) A.Cengel, Yunus, *Heat and Mass Transfer*, 3th edition
- (5) Reay David, Kew Peter. 2006. *Heat Pipes, Theory, Design and Application*, Fifth Edition. Burlington : Butterworth-Heinemann

- (6) Putera, Rian. 2011. Pengaruh Number of Screen Mesh Wick Terhadap Kinerja Straight Heat Pipe. Program Sarjana Teknik Mesin Universitas Indonesia : Tugas Akhir tidak diterbitkan
- (7) Kempers, R., dkk. 2006. “*Effect of Number of Mesh Layers and Fluid Loading on The Performance of Screen Mesh Wick Heat Pipe*”. *International Journal of Applied Thermal Engineering*. 26(5), 589-595.
- (8) Peyghambarzadeh, S.M., dkk. 2013. “*Thermal Performance of Different Working Fluids in a Dual Diameter Circular Heat Pipe*”. *Ain Shams Engineering Journal*. 4(4), 855-861.
- (9) Putra, Nandy., dkk. 2012. “*Thermal Performance of Screen Mesh Wick Heat Pipes With Nanofluids*”. *Mechanical Engineering Department of Indonesia University*. 40, 10-17
- (10) Ahmed Imtiaz, dkk. 2008 “*Cooling of Desktop Processor Using Paralel Micro Heat Pipes, International Conference on Thermal Engineering, Dhaka, bangladessh*.”
- (11) M.C.Zaghdoudi, S, Maalej, at all, 2011. “*Flat Miniatur Heat Pipes for Electronics Cooling: state of the Art, Experimental and Theoretical Analysis, World Academic of Science, Engineering and Technology* 75
- (12) Per Wallin, 2012, “*Heat Pipe, selection of working fluid*”, *MVK160 Heat and Mass Transfer May 7, 2012, Lund, Sweden*.