

KINERJA THERMAL *HEAT PIPE* DENGAN VARIASI PANJANG ADIABATIK

Arif Rochman Fachrudin
Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang

Kontak Person:

Arif Rochman Fachrudin
E-mail: rasya_fachrudin@yahoo.com

ABSTRAK

Heat pipe merupakan alat penukar panas yang berupa pipa dengan dinding wick, terdiri dari 3 bagian utama yaitu : evaporator, adiabatik dan kondensor. Bagian evaporator merupakan bagian yang menerima panas dan menyerapnya untuk di bawa kebagian kondensor, yaitu bagian yang melepas panas ke lingkungan. Diantara evaporator dan kondensor ada bagian yang memisahkan,yaitu bagian adiabatik sebagai bagian yang terisolasi sehingga tidak ada pertukaran temperatur dengan lingkungan. Didalam pipa itu terdapat fluida kerja yang berfungsi membawa panas dari evaporator dan melepaskannya di kondensor.

Dalam penelitian ini, *heat pipe* dibuat dari tembaga dengan diameter 12,7 mm dan panjang 500 mm dengan panjang kondensor 195 mm. Daerah evaporator sebagai sisi yang dikenai sumber panas, bagian adiabatik diisolasi sehingga tidak ada pertukaran panas dengan lingkungan dan daerah kondensor dipasang *heat sink* yang bertujuan untuk membuang panas dari *heat pipe* ke lingkungan. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasi panjang bagian adiabatik untuk mendapatkan kinerja thermal yang optimal.. Variasi Panjang bagian adiabatik yang digunakan dalam penelitian ini adalah prosentase dari panjang adiabatik terhadap bagian bagian kondensor, yaitu 25%, 50%, 75%, 100%,125%, 150% 200%. Data yang diperlukan adalah temperatur pada evaporator (T_e), temperatur bagian kondensor (T_{k1} , T_{k2} , T_{k3}) dan temperature udara (T_u).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, Tahanan thermal paling kecil pada saat panjang bagian adiabatik sama dengan panjang kondensor (perbandingan panjang 100% panjang evaporator).Pada panjang adiabatik yang sama, semakin tinggi temperatur, maka semakin besar fluks kalor dan daya output. Proses pada eksperimen ini daya output terbesar dan kapasitas terbesar terjadi pada panjang adiabatik sama dengan panjang kondensor(100%) dan pada temperatur tertinggi (120%).

Kata kunci : heat pipe, pipa kalor, adiabatik,heat exchanger,kondensor

efficiently. The calculation result consistensi Ratio (CR) showed 2%, according to standard CR below 10% then the result is acceptable, meaning that the weighting is still considered to be consistent.

Keywords: *Decision Support Systems, Recruitment, Analytical Hierarchy Process, CR.*

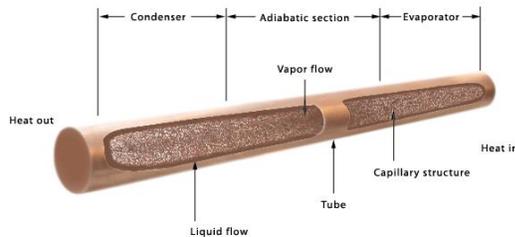
1. PENDAHULUAN

Alat penukar kalor yang berfungsi sebagai pendingin mempunyai peran yang sangat besar terutama pendinginan dalam bidang komponen elektronika. Dengan sistem pendinginan maka temperatur komponen akan terjaga sehingga terhindar dari kerusakan kerusakan yang diakibatkan dari panas yang berlebih (*over*

heating). Berbagai macam pendinginan digunakan dalam hal ini diantaranya dengan menggunakan energi dari luar, yaitu menggunakan kipas. Kipas dihembuskan kealat pendingin berupa sirip sirip dari aluminium. Pendinginan ini digunakan untuk pendinginan dengan kapasitas yang relatif kecil, karena membutuhkan ruang yang besar untuk kipas dan *heatsink* dan suara kipas yang yang

mengganggu. Pendinginan ini memerlukan energi dari luar sehingga kurang efisien dan *lifetime* kipas juga terbatas.

Alat pendingin yang memungkinkan lebih efektif dalam memindahkan panas dalam hal ini adalah *heat pipe*. *Heat pipe* merupakan alat penukar panas yang berupa pipa dengan dinding wick, terdiri dari 3 bagian utama yaitu : evaporator, adiabatik dan kondensor. Bagian evaporator merupakan bagian yang menerima panas dan menyerapnya untuk di bawa kebagian kondensor, yaitu bagian yang melepas panas ke lingkungan. Diantara evaporator dan kondensor ada bagian yang memisahkan,yaitu bagian adiabatik sebagai bagian yang terisolasi sehingga tidak ada pertukaran temperatur dengan lingkungan. Didalam pipa itu terdapat



fluida kerja yang berfungsi membawa panas dari evaporator dan melepaskannya di kondensor.

Sumber : Sathaye N (2000 : 18)

Gambar 1. *heat pipe*

Apabila sejumlah panas diberikan pada bagian evaporator panas,maka fluida kerja akan menguap melalui inti tengah. Uap yang dibangkitkan bertekanan yang besar melebihi tekanan cairan sehingga uap akan menuju ke bagian kondensor. Pada bagian kondensor, fluida kerja yang berupa uap dikondensasikan dengan melepas panas dan fluida yang telah terkondensasi kembali ke bagian evaporator melalui dinding berdasarkan gravitasi. Proses ini berjalan secara terus menerus, panas dipindahkan dari evaporator ke kondensor adalah berbentuk panas laten penguapan.

Beberapa penelitian mengenai *heat pipe* telah banyak dilakukan untuk memperoleh peningkatan kinerja thermalnya diantaranya dengan memvariasi fluida, bentuk kondensor,

sudut kemiringan, volume fluida, diputar secara rotasi maupun revolusi. A. K. Mozumder, A. F. Akon, M. S. H. Chowdhury dan S. C. Banik (2010) melakukan penelitian dengan memvariasi volume fluida pada *heat pipe* dan menyimpulkan bahwa prosentase volume fluida pada kondensor sangat mempengaruhi kinerja thermal *heat pipe*, yaitu semakin besar prosentase volume fluida kerja maka kinerja thermal akan naik. Susilo H.S (2004) dan Masaru (2001) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa sudut kemiringan berpengaruh terhadap kinerja thermal *heat pipe*. Pada beberapa penelitian sebelumnya belum ada informasi bagaimana fenomena pada *heat pipe* dengan berbagai dimensi dan dengan variasi bagian adiabatik.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka pengujian ini dititik beratkan pada masalah kinerja thermal *heat pipe* dengan variasi panjang adiabatik dan berapakah ukuran yang paling efektif untuk panjang adiabatik.

2. METODE PENELITIAN

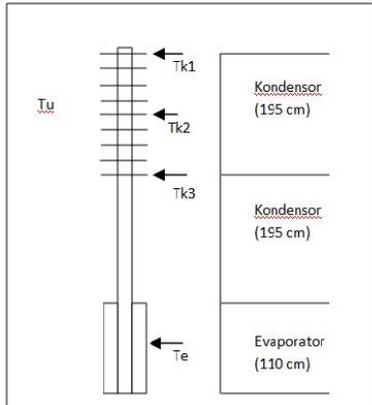
Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh dan hubungan antara panjang adiabatik dengan kinerja thermal, sehingga untuk mendapatkan variasi parameter – parameter tersebut di atas dilakukan dengan jalan memvariasi panjang adiabatik yang digunakan sebagai penukar panas. Panjang adiabatik dalam penelitian ini dalam satuan persen di dibandingkan dengan panjang bagian kondensor.

Pengambilan data pada pengujian ini dilakukan secara langsung, yaitu semua variabel diukur langsung saat melakukan pengujian. Tahap – tahap yang dilakukan dalam melakukan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Mengisi fluida methanol pada alat uji.
2. Memasang alat ukur Temperatur (termokopel) pada evaporator pada 3 titik, T1, T2, T3 dan temperatur lingkungan (Tu)
3. Memasang *heater* pada evaporator dilengkapi alat pengatur arus.
4. Memasang isolasi pada bagian adiabatik .
5. Menjalankan alat uji sampai *heat pipe* berfungsi normal.

6. Mencatat tegangan dan arus yang masuk ke heater (V dan I) dengan multimeter.
7. Mencatat temperatur yang ditunjukkan oleh pengukur temperatur.
8. Mengulangi pengujian sampai 5 kali dengan alat uji dengan panjang adiabatik berbeda

- 50% = 97,5 mm
- 75% = 146,25 mm
- 100% = 195 mm
- 125% = 243,75 mm
- 150% = 292,5 mm
- 200% = 390 mm



Gambar 2
Susunan Alat Uji Heat Pipe

Spesifikasi Heat Pipe

Tabel 1. Spesifikasi Heat Pipe

| SPEKIFIKASI | KET |
|-------------------------|-----------|
| Panjang total (mm) | 500 |
| Panjang kondensor (mm) | 195 |
| Panjang adiabatik (mm) | divariasi |
| Panjang Evaporator (mm) | 110 |
| Diameter Pipa (mm) | 12,7 |
| Tebal Pipa (mm) | 0,5 |
| Lebar Groove (mm) | 1 |
| Jumlah Groove | 18 |
| Kedalaman Groove | 0,5 |
| Fluida kerja | Metanol |
| Jumlah sirip | 23 |
| Diameter sirip | 48 |
| Bahan Pipa | Cu |

Prosedur pengambilan Data

Pada eksperimen ini ada 7 variasi panjang bagian adiabatik yang dinyatakan dengan perbandingan (prosentase) panjang adiabatik dengan panjang kondensor. Prosentase yang diberikan adalah : 25%, 50%, 75%, 100%,125%,150%,200% dan temperatur yang diberikan adalah 60°C, 75°C,90°C, 105°C, 120°C. Panjang kondensor adalah 195 mm, , sehingga bisa dihitung untuk panjang adiabatik terhadap kondensor:

- 25% = 48,75 mm

Daya input dihitung berdasarkan tegangan dan arus yang diterima oleh pemanas (heater), yaitu bias dihitung :

$$Q_{in} = V \cdot I$$

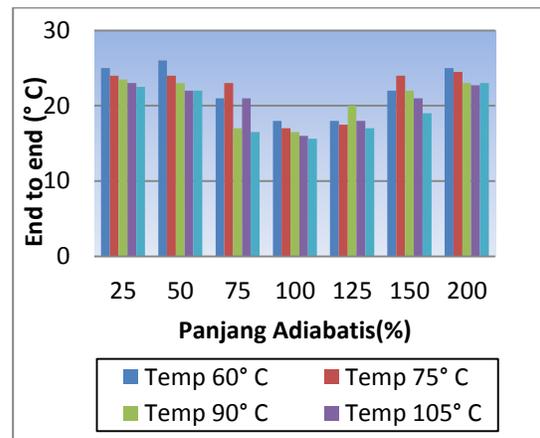
Pengambilan data temperatur adalah pada bagian, evaporator (Te), kondensor (Tk1, Tk2, Tk3), dan temperatur ruangan/udara (Tu). Pengambilan data dilakukan setelah kondisi kerja *heat pipe* stabil, yaitu kurang lebih 30 menit setelah *heat pipe* mulai beroperasi. Pengukuran dilakukan 3 kali dan setiap temperatur diambil datanya 10 data dengan jeda pengambilan data 5 menit, sehingga setiap temperatur memperoleh 30 data.

Untuk setiap panjang adiabatik yang berbeda , diberikan 5 variasi temperatur dan untuk panjang adiabatik berikutnya diulang dari awal seperti sebelumnya. Hasil penelitian ini digambarkan dalam suatu grafik.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisa Grafik

1. Hubungan Perbandingan panjang bagian adiabatik dengan *end to end*. ΔT



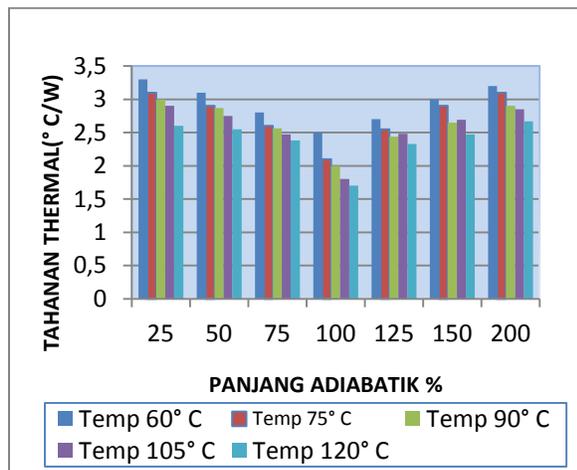
Gambar,3

Gambar 3 menunjukkan bahwa perbedaan temperatur (*end to end* ΔT) dibagian evaporator dan kondensor pada panjang bagian adiabatik 25%, *end to end* ΔT nya cukup tinggi, dan semakin tinggi temperatur maka semakin kecil dan semakin menurun seiring pertambahan panjang adiabatik. Untuk panjang adiabatik 25% pada semua temperatur mempunyai harga *end to end* ΔT terbesar. Sebaliknya untuk panjang adiabatik 100% mempunyai *end to end* ΔT yang terkecil. Dengan panjang adiabatik 100% mempunyai *end to end* ΔT terkecil adalah menunjukkan mempunyai unjuk kerja thermal yang terbaik.

Ketika panjang adiabatik 25%, maka, fluida yang berada pada evaporator belum sepenuhnya mencapai suhu kondensasi langsung masuk ke kondensor sehingga mempunyai *end to end* ΔT tinggi.

Pengaruh kenaikan temperatur ini menyebabkan meningkatnya temperatur evaporator, dan kenaikan ini relatif lebih kecil dibanding dengan kenaikan yang terjadi di kondensor. Dengan bertambah panjang bagian adiabatik maka, mekanisme perpindahan panas yang di bawa oleh fluida kerja dari evaporator ke kondensor akan semakin besar semakin efektif, sehingga mempunyai efisiensi thermalnya semakin besar. Tetapi ketika panjang adiabatik semakin melebihi panjang kondensor maka *end to end* semakin naik sehingga mempunyai efisiensi thermal semakin mengecil.

2. Hubungan Perbandingan panjang bagian adiabatik terhadap tahanan Thermal

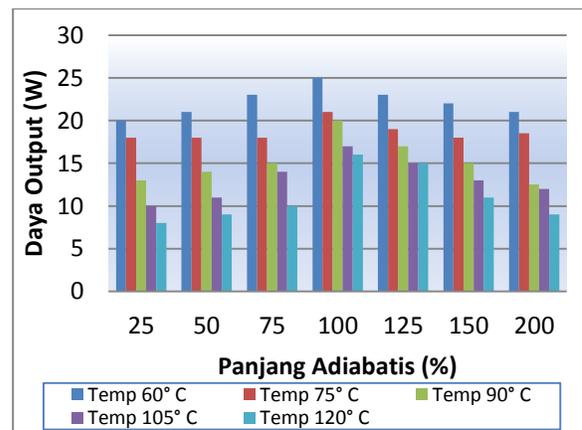


Gambar.4

Pada gambar 4 hubungan antara panjang adiabatik dengan tahanan thermal terlihat bahwa ketika panjang adiabatik minimal = 25%, tahanan thermal sangat besar, semakin panjang adiabatik maka tahanan thermalnya semakin turun dan akhirnya naik lagi setelah melalui panjang 100%. Hal ini terlihat pada adiabatik = 25%, dengan temperatur 60°C mempunyai tahanan thermal 3,3 °C/W kemudian semakin turun sampai pada panjang adiabatik 100% = 2,5 °C/W dan naik lagi sampai panjang adiabatik 200% = 3,2, 2,5 °C/W

Dari kejadian diatas disebabkan semakin panjang bagian adiabatik, proses mekanisme fluida semakin pendek untuk mengembalikan fluida dari kondensor ke evaporator, sehingga perpindahan panas berjalan semakin efektif, tetapi sampai pada ukuran panjang ideal, semakin panjang adiabatik maka mekanismenya semakin panjang sehingga tahanan thermalnya cenderung naik.

3. Hubungan Perbandingan panjang bagian adiabatik terhadap Daya Output (Qout)

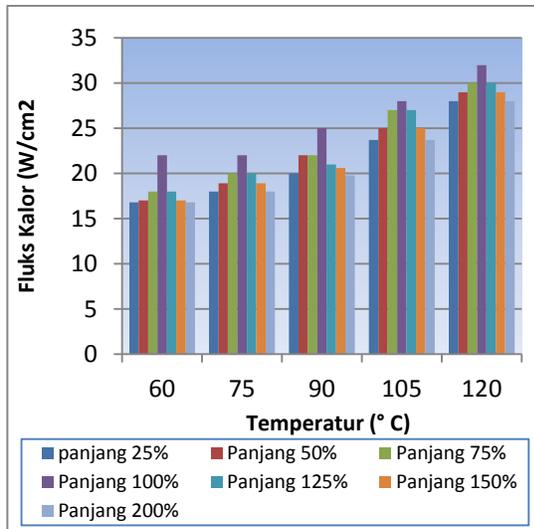


Gambar.5

Gambar 5 menunjukkan bahwa bertambahnya bagian adiabatik dengan temperatur yang sama akan meningkatkan daya output. Pada temperatur 60° C dengan bagian adiabatik 25% diperoleh daya output 20 W sedang pada panjang adiabatik 100% diperoleh daya output 25 W. Hal ini disebabkan dengan semakin besar panjang adiabatik maka tahanan thermal semakin kecil sehingga daya output akan semakin besar sampai panjang adiabatik 100% kemudian tahanan thermal naik. Daya Output semakin mengecil sesuai dengan semakin panjangnya

bagian adiabatik setelah melebihi panjang adiabatik 100%.

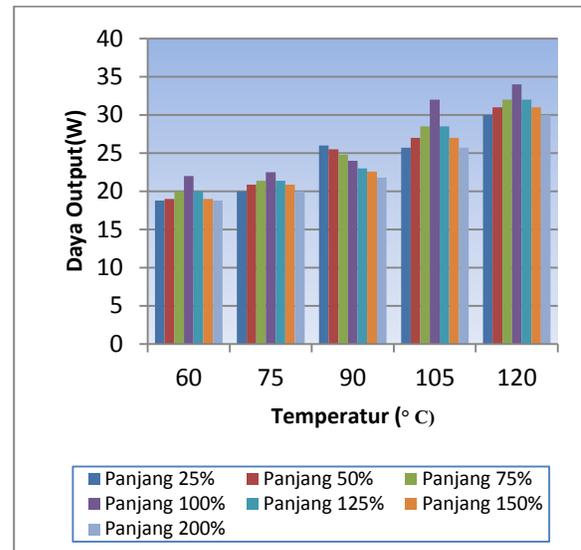
4. Hubungan Temperatur dengan Fluks Kalor.



Gambar.6

Pada gambar 6 terlihat bahwa untuk semua variasi panjang badiabatik, kapasitas perpindahan perpindahan kalor persatuan luas melintang pipa (fluks kalor) meningkat seiring dengan semakin besar daya. Hal ini ditunjukkan bahwa pada panjang 25% pada temperatur 60 °C mempunyai fluks kalor 16,8 W/cm² sedangkan pada temperatur 120°C mempunyai fluks kalor 28 W/Cm². Gambar diatas juga menunjukkan bahwa fluk kalor terbesar adalah pada saat panjang adiabetic 100% dari evaporator. Hal ini ditunjukkan pada temperatur yang sama, fluks kalor terbesar pada pada panjang 100% dan semakin menurun pada panjang adiabetic semakin kecil atau semakin besar. Hal ini dipegaruhi oleh volume spesifik uap dan kandungan panas laten dari fluida kerja, maka dengan panjang adiabatik pada 100%, mempunyai kandungan panas laten yang tinggi dan komposisi uap akan semakin banyak, sehingga mekanisme proses transfer panas semakin besar. Hal ini menyebabkan fluks kalor semakin tinggi. Pada panjang adiabatik melebihi 100% kandungan uap panas laten semakin menurun sehingga mempunyai fluks kalor yang semakin menurun.

5.. Hubungan Temperatur dengan Daya Output



Gambar.7

Pada gambar.7 menunjukkan bahwa pada semua panjang fluida, semakin besar temperatur maka daya output juga akan bertambah besar. Pada temperatur yang sama, daya output terkecil adalah pada panjang adiabatik 25% pada temperatur 60°C (18,8 W), dan meningkat mencapai daya input terbesar pada panjang adiabatik 100% temperatur 120°C (34 W). Hal ini dikarenakan pada panjang adiabatik 100%, perpindahan panas akan berjalan sangat baik karena fluida secara sempurna menjadi uap pada saat memasuki bagian kondensor. Pada panjang adiabatik yang semakin pendek, fluida belum sepenuhnya menjadi uap pada saat memasuki bagian kondensor. Begitu juga pada panjang adiabatik yang semakin panjang, panas laten akan semakin menurun sehingga menimbulkan end to end yang tinggi dan daya output yang semakin rendah.

PENUTUP

1. Semakin besar panjang adiabatik *end to end* semakin kecil sampai pada panjang 100% dan *end to end* mulai semakin besar dengan bertambahnya panjang adiabatik. *End to end* tertinggi pada temperatur 60 °C dengan panjang adiabatik fluida 20% (25 °C) dan *end to end* terendah pada temperatur 120 dengan panjang adiabatik 100% (15,6 °C)
2. Pada semua temperatur, semakin besar prosentase panjang adiabatik maka tahanan thermal akan menurun. Tahanan thermal tertinggi panjang adiabatik 25% terhadap evaporator pada temperatur 60 °C (3.30 C/W) dan terendah pada

panjang adiabatik 100% pada temperatur 120°C (1,7 C/W)

3. Pada semua temperatur, semakin besar prosentase panjang adiabatik semakin besar fluk kalor dan daya output sampai pada panjang 100% dan lebih dari 100% fluks kalor dan daya input nilainya semakin menurun.
4. Pada panjang adiabatik yang sama semakin tinggi temperatur, maka semakin besar fluks kalor dan daya output. Proses pada eksperimen ini paling efisien pada panjang adiabatik sama dengan panjang evaporator (100%) dan pada temperatur tertinggi (120%).

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harianto, Kristanto. 1994. *Pemrograman Konsep dan Perancangan Database*. Andi Offset: Yogyakarta
- [2] Iryanto, 2004. *Perbandingan Berpasangan dalam Proses Analiti Hierarchy*.
- [3] Jurnal Pelangi Ilmu. Volume 2, No. 5, Mei 2009
- [4] Marimin, 2004. "Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk." Grafindo.
- [5] Padmowati, Rosa de Lima Endang. 2009. "Pengukuran Index Konsistensi dalam Proses Pengambilan Keputusan Menggunakan Metode AHP." UPN Yogyakarta.
- [6] Pandjaitan, W. Lanny. (2007). *Dasar-dasar Komputasi Cerdas*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- [7] Supriyono, Dkk, 2007. "Sistem Pemilihan Pejabat Struktural dengan Metode AHP." Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN.
- [8] Saaty, T.L., 1990, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York .
- [9] Turban, E., 1991. "Decision Support System and Expert System, 4th edition," Prentice