

PENGARUH KONSENTRASI CAMPURAN ASETON DAN METANOL TERHADAP UNJUK KERJA *TERMAL REVOLVING HEAT PIPE* DENGAN ALUR MEMANJANG

Heri Soedarmanto ⁽¹⁾, Teguh Suprianto ⁽¹⁾ dan Sigit Mujiarto ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Heat pipe adalah suatu alat penukar kalor yang memungkinkan perpindahan sejumlah besar kalor melalui luas permukaan yang sangat kecil. *Heat pipe* terdiri dari evaporator, adiabatik dan kondensor. Penelitian ini bertujuan untuk memahami pengaruh konsentrasi volume aseton – metanol fluida kerja terhadap kinerja termal dan karakteristiknya pada pipa kalor.

Pipa kalor dibuat dari pipa tembaga $\varnothing 12,7 \times 500$ mm, daerah evaporator dan adiabatik diisolasi, sedangkan daerah kondensornya diberi sirip untuk penyerapan kalor. Panjang daerah evaporator 110mm, adiabatik 230 mm, dan kondensor 160 mm. Variasi konsentrasi volume aseton – metanol fluida kerja yang digunakan adalah 0% (metanol), 20%, 40%, 60%, 80%, 100%. Daya input yang digunakan adalah 6; 11,4; 17,2; 25; 32,2; 40,1; 50; 61 Watt. Data yang diperlukan adalah temperatur di evaporator (T_e), kondensor (T_{k1} , T_{k2} , T_{k3}), udara (T_u).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pada semua variasi fluida kerja kecuali metanol, semakin besar konsentrasi volume aseton menghasilkan temperatur di bagian evaporator, end to end ΔT , dan tahanan termal yang semakin kecil. Semua variasi fluida kerja pada daya input yang rendah mempunyai tahanan termal tertinggi kemudian terus menurun sampai daya input terbesar. Karakteristik fluida kerja pada daya input yang tinggi tidak menjamn bahwa, dengan nilai tahanan termal kecil dapat menghasilkan kapasitas perpindahan panas (fluk kalor) yang tinggi.

Kata Kunci : pipa kalor, revolusi, konsentrasi fluida

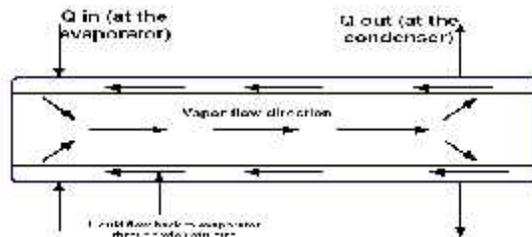
1. PENDAHULUAN

Pendinginan pada bidang elektronik dan mekanik sangatlah penting karena perfomansi dari komponen-komponen dalam bidang tersebut sangat dipengaruhi oleh fluktuasi suhu yang terjadi, padahal sistem kalor yang dibangkitkan harus dibuang dari permukaan yang kecil. Beberapa komponen akan mengalami kerusakan bila mengalami kelebihan kalor (*over heating*).

Dalam perkembangannya, alat pendingin yang sering digunakan adalah sirip yang terbuat dari aluminium (*extruded heat sink*) dan diatasnya diberi kipas (*heat sink fan*). Pendingin jenis ini dapat dipakai bila panas yang diserap atau dibuang oleh pendingin tersebut relatif kecil. Untuk daya yang besar dengan densitas panas (*heat flux*) yang tinggi, pendingin ini mempunyai keterbatasan, diantaranya adalah *noise* kipas yang tinggi dan ukuran *heat sink* yang sangat besar. Adapun kelemahan pendingin tersebut adalah umur (*life time*) kipas sangat terbatas.

Suatu alat yang memungkinkan perpindahan sejumlah besar kalor melalui luas permukaan yang sangat kecil adalah pipa kalor (*heat pipe*). *Heat pipe* merupakan pipa penukar kalor

yang terdiri dari evaporator (penyerap kalor), adiabatik dan kondensor (pelepas kalor). Pada pipa itu diisi fluida kerja yang *condensable*. Skema operasi *heat pipe* dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 1. Skema operasi *heat pipe*
Sumber : Sathaye N. D. (2000:18)

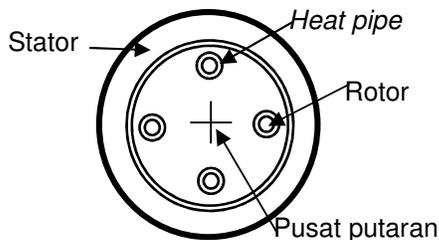
Bila salah satu ujung pipa (evaporator) ditambahkan kalor, zat cair (fluida kerja) menguap melalui inti tengah. Uap yang dibangkitkan pada evaporator mempunyai tekanan lebih besar dari pada cairan sehingga uap berjalan menuju bagian kondensor Pada ujung pipa satunya lagi (kondensor), kalor dikeluarkan dan uap berkon-

densasi Tekanan kapiler mengembalikan fluida yang terkondensasi kembali ke bagian evaporator melalui dinding *wick*. Peredaran ini berulang secara kontinyu dan panas ditransportasikan dari evaporator ke kondensator dalam bentuk panas laten dari penguapan.

Banyak penelitian mengenai *heat pipe*, guna memperoleh peningkatan kinerja termalnya dengan memodifikasi fluida, orientasi, kecepatan putar dan dinding *wick* dalam penggunaannya di lapangan.

Ada berbagai macam aplikasi dari *heat pipe* sebagai alat pendingin. Aplikasi *heat pipe* sebagai pendingin antara lain dapat dijumpai pada komponen komputer yaitu sebagai pendingin processor, hardisk dan VGA.

Heat pipe juga dapat digunakan sebagai pendingin motor listrik, yaitu dengan meletakkan *heat pipe* pada rotor, diluar pusat putaran (*centerline*), sehingga *heat pipe* berputar secara revolusi atau disebut *revolving heat pipe*.



Gambar 2. Penempatan *Heat pipe* pada motor listrik

Beberapa penelitian mengenai putaran dan konsentrasi fluida kerja pada *heat pipe* telah dilakukan oleh Hopkins, dkk (1999) yang menggunakan fluida kerja air, bahan pipa kalor dari tembaga, dengan 3 variasi bentuk alur permukaan dalam pipa. Dan didapatkan bahwa tahanan termal berharga tinggi pada saat daya input yang rendah (dibawah 20 W) selanjutnya seiring dengan peningkatan beban kalor harga tahanan termal menurun sampai mencapai harga minimum.

Klasing S. K, Thomas S. dan Yerkes (1998). melakukan penelitian tentang prediksi batas kapiler *heat pipe* pada variasi kecepatan dan kemiringan dengan posisi evaporator diatas kondensator menyimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan putar maka tahanan termal semakin menurun dan semakin besar sudut kemiringan, maka batas kapiler semakin menurun dan tahanan termal semakin naik.

Untuk itu, permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh konsentrasi volume aseton terhadap kinerja termal *heat pipe* putar (*revolving heat pipe*) dengan posisi kondensator dibawah evaporator dengan kecepatan putar konstan 50 RPM

2. TINJAUAN PUSTAKA

Heat pipe merupakan alat penukar kalor dengan dimensi yang kecil tetapi dapat meminimalkan kalor yang besar. Dalam menjalankan fungsinya sebagai penukar kalor *heat pipe* lebih menggunakan panas laten dari fluida kerja, dari pada menggunakan panas *sensible* sehingga *heat pipe* mempunyai konduktivitas termal yang besar..

Heat pipe terdiri dari wadah tertutup (pipa) dan didalamnya diinjeksikan fluida kerja yang *condensable*. Panjang dari *heat pipe* dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu evaporator, adiabatik dan kondensator. Dalam *heat pipe* standar, didalam wadah dilapisi oleh material *wick*. Ruang untuk penghantaran uap terletak didalam wadah. Sirip-sirip (*heat sink*) diberikan pada kondensator untuk meningkatkan kecepatan perpindahan kalor sesuai dengan aplikasi.

Ada tiga hal utama dari *heat pipe*, yaitu tabung, fluida kerja, dan dinding struktur kapiler (*Wick*). Tabung berfungsi sebagai tempat fluida kerja dan berfungsi untuk mengisolasi fluida kerja dari lingkungan sekitar. Pemilihan fluida kerja untuk *heat pipe* tergantung dari kondisi kerja yang didinginkan karena berhubungan dengan kalor, temperatur, dan tekanan yang dibutuhkan untuk mengubah fase fluida kerja (Dunn, P D, 1993). *Wick* atau struktur kapiler pada *heat pipe* adalah untuk membangkitkan tekanan kapiler yang berfungsi memindahkan fluida kerja dari kondensator ke evaporator (Sathaye, 2000).

Beberapa penelitian terdahulu Castle, dkk (2000) Melakukan penelitian yang berhubungan dengan pengaruh perbandingan volume fluida kerja dengan volume total alur helik (*working fluid inventory*) terhadap kinerja (*performance*) pipa kalor. Mereka menggunakan tiga variasi perbandingan volume tersebut yaitu dengan istilah $G = 0,5$; $G = 1,0$; $G = 1,5$. Dalam prosedur penelitiannya juga menetapkan 6 variasi percepatan radial (a_r). Daya input yang digunakan mulai 10 Watt – 180 Watt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *cavilarity limit* meningkat dan tahanan termalnya menurun secara signifikan seiring dengan peningkatan jumlah fluida kerja dalam pipa kalor.

Toningkiat, dkk (2000), Melakukan penelitian yang bertujuan untuk memperoleh kinerja *thermal* (*thermal performance*) *thermosyphon* pipa kalor yang menggunakan fluida kerja etanol – air dengan variasi parameternya adalah konsentrasi etanol dalam air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada temperatur kerja yang rendah dari sumber panas (dibawah 80°C) fluida kerja yang berasal dari campuran etanol – air mempunyai kapasitas perpindahan panas (*heat transfer*) yang lebih tinggi dari fluida kerja yang berasal dari air dan etanol murni.

Revolving heat pipe, merupakan *heat pipe* yang berputar secara revolusi terhadap satu aksis tertentu mengikuti gerakan berputar benda yang didinginkan, yaitu diluar *centerline*. *Revolving Heat pipe* telah dimanfaatkan untuk pendingin motor dan penukar panas putar (Thoren (1984), Gi dan Maezawa (1990) dalam Klasing S. K, Thomas S dan Yerkes (1998)). Castle M.R., Tomas, SK, Yerkes K.L (2000) menyebutkan bahwa *heat pipe* putar mempunyai potensi aplikasi termal pada alternator pesawat, putaran satelit dan skala besar motor listrik.

Kinerja termal (*performance heat pipe*) tergantung pada beberapa hal antara lain fluida kerja, struktur dinding dalam pipa (*wick*), bahan pipa, bentuk, panjang pipa kalor dan kecepatan putaran. Kriteria pokok dari kinerja termal ditentukan dari beda temperatur evaporator dan kondensor (*end to end T*), tahanan termal, kapasitas perpindahan kalor (*fluk kalor*) dan daya output.

Secara teori tahanan termal (R_{th}) pipa kalor dapat dihitung dengan persamaan (Hopkin *et al.*, 1999) :

$$R_{th} = \frac{T_e - T_{k1}}{Q_{out}}$$

Semakin rendah harga tahanan termal maka kinerja *heat pipe* semakin baik dan begitu juga sebaliknya.

Pada kondisi ideal kalor yang keluar harus sama dengan kalor yang masuk, karena pada kondisi stedi kalor yang dibutuhkan untuk penguapan fluida kerja di evaporator akan sama dengan kalor yang dilepaskan pada saat proses kondensasi uap di daerah kondensor. Kalor yang keluar melauai kondensor dapat dihitung sebagai berikut : $Q_{out} = \eta \cdot At \cdot h \cdot (T_w - T_u)$

Fluk kalor didapatkan dari kalor yang keluar (Q_{out}) persatuan luas. Koefesien perpindahan kalor konveksi (h) diperoleh dengan rumus empiris, khususnya untuk konveksi paksa dengan aliran turbulen dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi sebagai berikut (Holman, 1994 : 60):

$$h = \frac{Nu \cdot k}{Lk}$$

Angka Nusselt diperoleh dari (Holman 1994: 252) : $Nu_d = 0,023 Re_d^{0,8} Pr^n$

3. METODE PENELITIAN

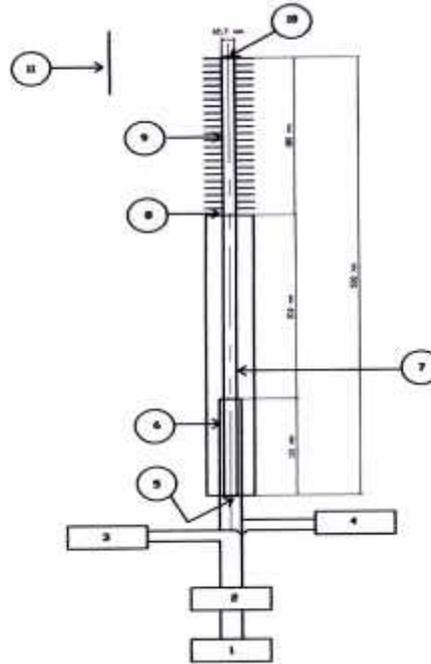
Penelitian ini dilakukan secara eksperimen di Laboratorium Riset Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin

Metode yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu untuk menguji secara eksperimen pengaruh sudut kemiringan terhadap kinerja termal *revolving heat pipe* alur memanjng.

Dalam penelitian ini *heat pipe* dipanaskan oleh *heater* dari sumber arus melalui transmisi pemanas dan diputar oleh motor listrik dengan kecepatan putaran konstan, yaitu 50 Rpm..

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- ❖ *Non Contact Infrared Thermometer*
- ❖ Thermokoppel
- ❖ Multimeter digital



Keterangan :

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. Sumber arus | 2. Switch |
| 3. Ampere meter | 4. Volt Meter |
| 5. Non contact infrared thermometer (T_e) | |
| 6. Heater / pemanas | 7. Heat pipe |
| 8. Temperatur kondensor (T_{k3}) | 9. Temperatur kondensor (T_{k2}) |
| 10. Temperatur kondensor (T_{k1}) | 11. Termometer digital (T_u) |

Gambar 3. Susunan alat uji heat pipe

Spesifikasi Heat Pipe

Tabel 1 Sepesifikasi *heat pipe*

SPESIFIKASI	KETERANGAN
Panjang total (mm)	500
Panjang kondensor (mm)	160
Panjang adiabatik (mm)	230
Panjang evaporator (mm)	110
Diameter pipa (mm)	12,7
Tebal pipa	0,5
Lebar groove (mm)	1
Jumlah groove	18
Fluida kerja	Metanol - Aseton
Jumlah sirip	23
Diameter sirip	48
Bahan Pipa	Cu

Prosedur Pengambilan Data

Sebagai langkah awal dalam penelitian yaitu dengan melakukan Mengisi fluida kerja aseton 7,5 mL dalam pipa kalor, menghidupkan po-

wer dan mengatur kedudukan auto travo, sehingga diperoleh daya input 10 Watt atau input temperatur 50 °C. Setelah kondisi stedi mencatat data temperatur dievaporator (T_e), temperatur kondensor (T_{k1} , T_{k2} , T_{k3}), dan temperatur udara (T_u) masing – masing 10 kali dengan selang waktu 30 detik.

Ada 6 variasi konsentrasi volume aseton yang menjadi obyek penelitian ini yaitu : 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Daya input yang diberikan adalah 6 ; 11,4 ; 17,2 ; 25 ; 32,2; 40,1; 50 dan 61 Watt.

Pengambilan data temperatur di evaporator (T_e), kondensor (T_{k1} , T_{k2} , T_{k3}), dan temperatur udara (T_u) dilakukan setelah kondisi stedi, yaitu ± 120 menit setelah power dihidupkan, dan untuk daya input selanjutnya berselang ± 30 menit. Pengukuran dilakukan pada saat *heat pipe* berputar.

Analisa Data

Berdasarkan pengambilan data dari hasil percobaan dan memilih data-data yang mendekati seragam serta dihitung rata-ratanya dengan menggunakan statistik dan diolah dengan persamaan-persamaan sebelumnya. Langkah berikutnya dari data yang ada dihitung *end to end* T , tahanan termal ,daya output dan fluk kalor yang terjadi. Hasil perhitungan selanjutnya dibuat grafik dengan *Software Microsoft Excel*, untuk mengetahui hubungan antara variabel-variabel data tersebut

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi

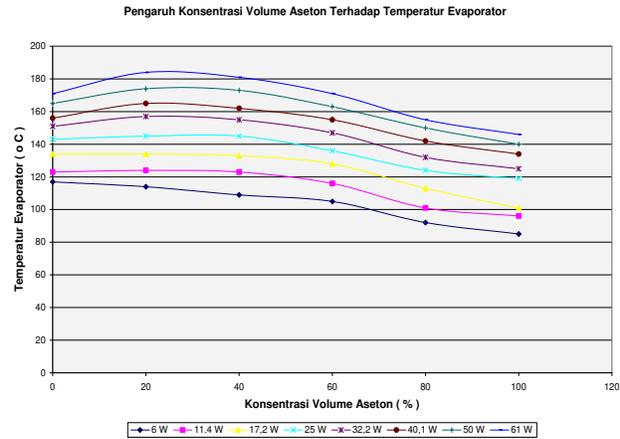
Untuk mengetahui pengaruh putaran dalam pengukuran, maka dilakukan pengamatan temperatur pada saat *heat pipe* berputar secara stedi dan pada saat berhenti berputar.

Dari kalibrasi data hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium tersebut dan perhitungan dapat diketahui akurasi *non contact infrared thermometer* berkisar pada 1,73 % - 2,09%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaruh putaran dalam pengukuran sangat kecil.

Analisa Grafik Pengaruh Konsentrasi Volume Aseton Terhadap Temperatur Evaporator

Berdasarkan grafik dalam gambar 4 berikut, kecendrungan penurunan temperatur di bagian evaporator akibat kenaikan konsentrasi volume aseton. Pada daya input yang rendah kecendrungan penurunannya lebih tajam dibandingkan pada daya input yang tinggi. Gambar ini menunjukkan data titik didih fluida kerja dibagian evaporator, yang pada dasarnya dipengaruhi oleh tekanan uap didalam pipa dan konsentrasi

volume aseton. Semakin besar daya input juga terlihat adanya kenaikan temperatur pada bagian evaporator.



Gambar 4. Hubungan konsentrasi volume aseton terhadap temperatur evaporator

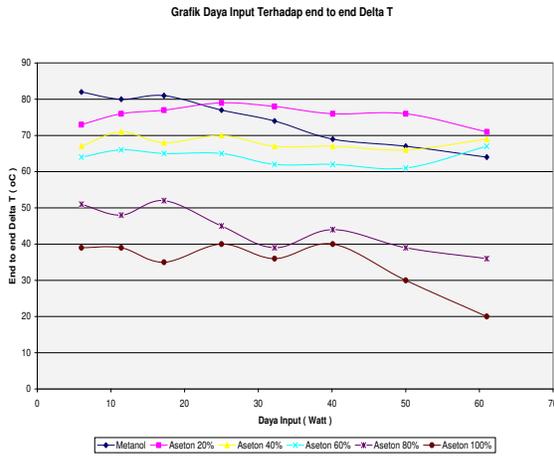
Temperatur di bagian evaporator mengalami penurunan dengan kenaikan konsentrasi volume aseton dan mengalami kenaikan dengan bertambahnya daya input. Hal ini sesuai dengan ketentuan teori ($Q_{in} = m \cdot h_{fg}$), sehingga aliran massa uap akan terus bertambah dengan bertambahnya daya input, yang berakibat meningkatnya tekanan uap dalam pipa. Kenaikan konsentrasi volume aseton berpengaruh terhadap penurunan titik didih fluida kerja yang berada dibagian evaporator, karena titik didih aseton lebih rendah daripada metanol. Khusus untuk fluida dengan konsentrasi metanol (0% aseton) temperatur pada evaporator sangat tinggi, dan dengan penambahan konsentrasi aseton temperatur pada evaporator akan menurun seiring dengan peningkatan daya input, dan penurunan temperatur lebih stabil pada volume aseton 40% - 100%, dan fluida kerja yang tersisa di evaporator konstan.

Grafik Daya Input Terhadap end to end ΔT .

Pada gambat 5 terlihat bahwa perbedaan temperatur dibagian evaporator dan kondensor untuk semua fluida kerja pada daya input yang rendah harga *end to end* ΔT cukup tinggi dan semakin besar daya input nilainya semakin kecil. Khususnya untuk fluida kerja aseton pada daya input 6 Watt nilainya tertinggi selanjutnya mengalami penurunan. Fluida kerja yang mempunyai *end to end* ΔT terkecil adalah yang mempunyai unjuk kerja termal yang baik.

Pada fluida kerja dengan konsentrasi metanol (0% aseton) temperatur *end to end* ΔT menurun dengan bertambahnya daya input, tetapi pada fluida kerja dengan konsentrasi aseton 20%, 40%, dan 60 % temperatur *end to end* ΔT cenderung konstan atau stabil dengan bertam-

bahnya daya input. Sedangkan pada konsentrasi aseton 80% dan 100% temperatur *end to end* ΔT cenderung menurun dengan bertambahnya daya input.



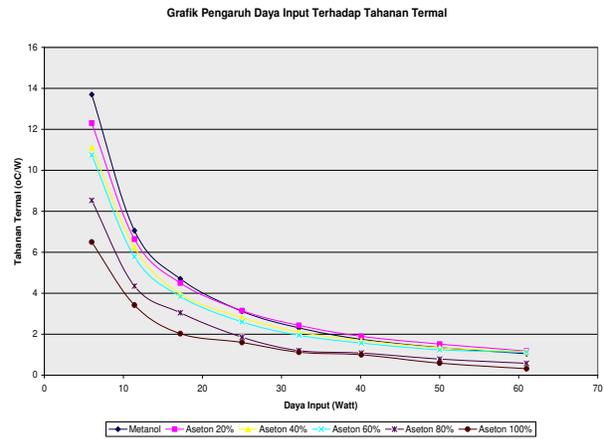
Gambar 5. Hubungan antara daya input terhadap *end to end* ΔT

Hal ini menunjukkan bahwa terjadi pengaruh yang tidak sama antara tekanan uap, volume spesifik, dan temperatur di bagian evaporator terhadap temperatur di kondensor (T_{K1}), karena memang komposisi uap yang terjadi juga tidak sama dan tidak dapat di prediksi dengan tepat. Temperatur di evaporatur (T_e) dengan bertambahnya konsentrasi volume aseton cenderung menunjukkan penurunan dan sebaliknya temperatur di kondensor (T_{K1}) cenderung menunjukkan kenaikan. Hal ini menunjukkan kenaikan tekanan uap dan volume spesifik akibat kenaikan sirkulasi massa uap mempunyai pengaruh lebih kecil dibanding pengaruh berkurangnya konsentrasi volume aseton terhadap titik didih fluida atau temperatur di evaporator (T_e). Kenaikan temperatur di kondensor (T_{K1}) berdasarkan analisis termodinamika dipengaruhi oleh tekanan uap dan volume spesifik ($p.v = R.T$).

Sedangkan besarnya tekanan uap (p) dan volume spesifik (v) tergantung pada konsentrasi volume aseton fluida kerja, karena hal ini berkaitan dengan perbedaan panas laten metanol dan aseton dan komposisi uap dalam pipa.

Grafik Pengaruh Daya Input Terhadap Tahanan Termal.

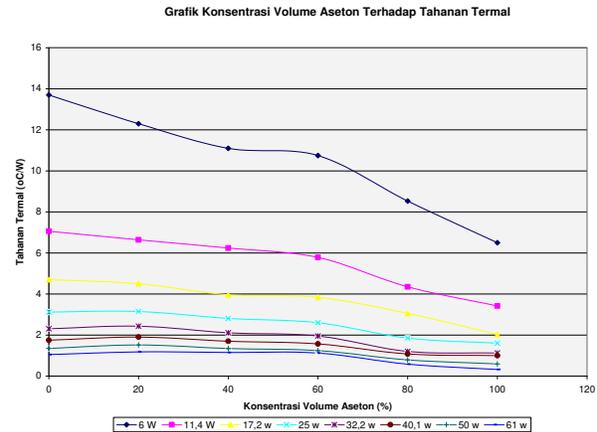
Pada gambar 6 terlihat bahwa untuk semua variasi fluida kerja tahanan termal terbesar terjadi pada daya input yang rendah, kemudian dengan bertambahnya daya input tahanan termal mengecil sampai harga minimum. Kecendrungan ini sesuai dengan data hasil perhitungan perbedaan temperatur dibagian evaporator dan kondensor yang semakin menurun dengan bertambahnya daya input.



Gambar 6. Hubungan antara pengaruh daya input terhadap tahanan termal

Hasil penelitian ini jika ditinjau dari hubungan tahanan termal dan daya input adalah mirip dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hopkins, dkk. (1999) dan hasil penelitian yang dilakukan oleh Castle, dkk. (2000) walaupun variabel yang digunakan ke dua kelompok peneliti tersebut berbeda.

Grafik Konsentrasi Volume Aseton Terhadap Tahanan Termal.



Gambar 7. Hubungan konsentrasi volume aseton terhadap tahanan termal

Pada gambar 7 terlihat bahwa semakin besar konsentrasi volume aseton fluida kerja, nilai tahanan termal mengalami penurunan yang semuanya mendekati linier. Semakin besar daya input gradien persamaan semakin kecil atau mendekati nol, sehingga kondisi ini memperlihatkan pengaruh konsentrasi volume metanol terhadap tahanan termal pada daya input yang semakin besar akan semakin kecil atau hilang.

Hal ini menunjukkan bahwa kandungan aseton pada fluida kerja yang tersisa, semakin kecil atau semua aseton sudah menjadi uap, karena

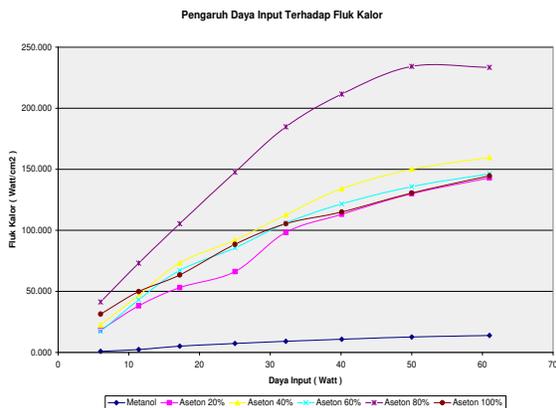
titik didih dan nilai panas latennya yang relatif lebih rendah dibandingkan fluida metanol.

Kesimpulan yang dapat diambil dari data atau grafik tahanan thermal ini adalah untuk semua variasi fluida kerja kecuali metanol, semakin besar konsentrasi volume aseton fluida kerja akan mempunyai kinerja yang baik untuk sistem pipa kalor dan fluida kerja dengan konsentrasi volume aseton 100% yang mempunyai kinerja terbaik pada sistem pipa kalor ini.

Grafik pengaruh Daya Input Terhadap Fluk Kalor.

Pada gambar 8, terlihat bahwa untuk semua variasi fluida kerja, kapasitas perpindahan kalor persatuan luas (fluk kalor) meningkat seiring peningkatan daya input. Kecendrungan yang terjadi untuk semua jenis fluida kerja adalah relatif sama, sedang perbedaannya ditunjukkan pada nilai fluk kalor untuk setiap variasi daya input. Data ini mempunyai arti bahwa fluida kerja yang mempunyai fluk kalor terbesar adalah yang mempunyai unjuk kerja termal yang baik. Pada gambar terlihat bahwa pada umumnya nilai fluk kalor untuk setiap variasi daya input yang terbesar pada fluida kerja yang berasal dari campuran metanol dan aseton, terutama aseton 80%.

Hasil penelitian ini ada kemiripan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Tanongkiat, dkk. (2000) yang menggunakan fluida kerja air dan ethanol dengan variasi kandungan campuran atau konsentrasi volume ethanol yang menghasilkan bahwa fluida kerja yang berasal dari campuran air dan ethanol mempunyai kapasitas perpindahan panas yang lebih tinggi daripada fluida kerja air dan ethanol murni.

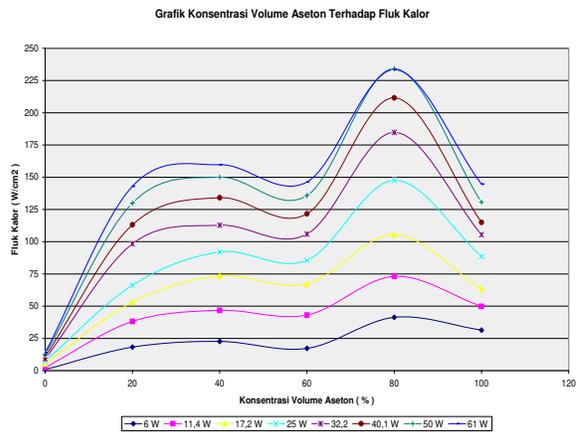


Gambar 8. Hubungan pengaruh daya input terhadap fluk kalor

Grafik Konsentrasi Volume Aseton Terhadap Fluk Kalor.

Pada dasarnya kapasitas perpindahan panas ini dipengaruhi oleh volume spesifik uap dan kandungan panas laten, tetapi kedua faktor ini dalam kenyataannya selalu bertolak bel-

akang, karena aseton yang mempunyai kandungan panas laten yang relatif kecil selalu mempunyai komposisi yang lebih besar daripada metanol yang mempunyai kandungan panas laten yang relatif lebih besar. Kondisi ini menghasilkan kesimpulan bahwa untuk pemakaian daya input yang semakin besar, kandungan aseton dalam fluida kerja harus semakin kecil untuk memperoleh kapasitas perpindahan panas yang besar begitu sebaliknya untuk pemakaian daya input yang kecil, konsentrasi volume aseton harus semakin besar.



Gambar 9. Hubungan konsentrasi volume aseton terhadap fluk kalor

Pada gambar 9 terlihat bahwa semakin besar konsentrasi volume aseton fluida kerja perpindahan panas persatuan luas (fluk kalor) mengalami kenaikan dan menurun pada konsentrasi 100% aseton. Semakin besar daya input fluk kalornya terlihat semakin besar, tetapi pengaruh konsentrasi volume aseton pada grafik terlihat semakin menurun setelah konsentrasi 80%, sehingga kondisi ini memperlihatkan pengaruh konsentrasi volume aseton terhadap fluk kalor pada daya input yang semakin besar akan semakin kecil.

Daftar Notasi

- A_t = Luasan total sirip (m^2)
- h = Koefisien perpindahan kalor konveksi ($W/m^2 \cdot ^\circ K$)
- I = Arus listrik
- L_k = Panjang kondensor (mm)
- Nu = Bilangan nussel
- Pr = Angka Prandtl
- R_{th} = Tahanan thermal ($^\circ C/W$)
- Q_{in} = Panas Yang Masuk (Watt)
- Q_{out} = Kalor masuk (W)
- T_e = Temperatur evaporator ($^\circ C$)
- T_k = Temperatur kondensor ($^\circ C$)
- T_u = Temperatur udara ($^\circ C$)
- T_w = Temperatur dinding ($^\circ C$)

- V = Tegangan (V)
 ΔP_g = Pressure drop akibat gaya gravitasi (Bar)
 ΔP_c = Pressure drop kapiler (Bar)
 ΔT = Perbedaan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
 η = Effisiensi sirip (%)

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Kecuali pada fluida kerja metanol, semakin besar konsentrasi volume aseton menghasilkan temperatur pada bagian evaporator, perbedaan temperatur *end to end*, dan tahanan termal yang semakin kecil.
2. Pada daya input yang rendah untuk semua variasi konsentrasi volume aseton fluida kerja mempunyai nilai tahanan termal terbesar, kemudian dengan bertambahnya daya input nilainya menurun sampai harga minimum.
3. Berdasarkan harga tahanan termal, fluida kerja dengan konsentrasi volume aseton 100% mempunyai kinerja termal yang terbaik.
4. Semakin besar konsentrasi volume aseton kapasitas perpindahan panas (fluk kalor) semakin besar.
5. Karakteristik fluida kerja pada daya input yang tinggi tidak menjamin bahwa dengan nilai tahanan termal kecil dapat menghasilkan kapasitas perpindahan panas (fluk kalor) yang tinggi.

Saran-saran

Saran-saran untuk penelitian berikutnya :

1. Perlu dilakukan penelitian yang berhubungan dengan stabilitas termal pada fluida kerja dengan konsentrasi fluida lain.
2. Perlu dilakukan penelitian yang mengarah pada aplikasi pemasangan obyek dengan menggunakan variasi volume aseton sebagai fluida kerja untuk mendapatkan daya input yang kecil untuk penghematan energi.
3. Konstruksi sambungan harus betul – betul rapat, sehingga tidak terjadi kebocoran uap, karena selain uap aseton cukup berbahaya, pipa kalor akan cepat mengalami kekeringan.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous, S. 2001. Basic Heat Pipe? <http://www.enerton.inc.com/> ..Agust,13.
2. Castle, M.R., Tomas, SK, Yerkes K.L. 2000. *The Effect Of Working Fluid Inventory On The Performance of Revolving Helically-Grooved Heat Pipe*, p.1-13. *Proc of NHTC'00, 34th National Heat Transfer Con-*

ference, Agust 20-22, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.

3. Dunn, P.D. and D.A. Reay. 1994. *Heat pipe*, Fourth Edition, Pergamon Press, El-selvier Science Ltd.
4. Faghri, A. 1995. *Heat Pipe Science and Technology*, Taylor and Francis.
5. Gustavo, Gutierrez and Tien Chien Jen. 2002. *Axial Rotating Heat Pipe In Drilling Application. 9th Latin American in Heat and Mass Transfer*, San Juan, Puerto Rico.
6. Holman J.P. 1986. *Heat Transfer*. Mc. Graw Hill, Ltd. E. Jasjfi (penerjemah). *Perpindahan Kalor*, Edisi keempat. Erlangga, Jakarta.
7. Hopkin, R., Faghri, A. and Krustalev, D. 1999. Flat Miniatur Heat Pipe With Micro Capillary Grooves, *Journal of Heat Transfer*, Vol 121 No102, pp102 – 109,
8. Incopera. F.P. and De Witt, D.P., 1986. *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, Fourth Edition, John Wiley and Sons, New York.
9. Klasing, S. K., Thomas S., and Yerkes., 1998. Prediction Of The Operating Limits of Revolving Hellically-Grooved Heat Pipe, Wright State University, Dayton.
10. Masaru Oomi, Toshiro Fukumoto, Takao Kobayashi, Masamobu Sugiura, Katsuo Nakayama, and Ken"ichi Namba. 2000. *State of the art Technologies of Micro Heat Pipe Heat Sink for Notebook PCS*.
11. Narayan, S. 2004. What is the Heat Pipe? <http://www.cheresources.com/..Juny,13,2005>
12. Peterson, G.P., 1994. *An Introduction to Heat Pipe*, John Wiley and Sons, Inc.
13. Sathaye, N.D. 2000. *Incorporation of Heat Pipe Into Engine Air Pre Cooling*, Master Thesis, B.E., University of Pune.
14. Streeter, V.L. Fluid Mechanic. Mc.Graw Hill, Inc. Benjamin (penerjemah).,1999. *Mekanika Fluida*. Edisi keenam. Erlangga, Jakarta.
15. Santoso., 2003. *Pengaruh Konsentrasi Metanol terhadap Kinerja Thermal Pipa Kalor Alur Memanjang*, Tesis Universitas Brawijaya, Malang.
16. Tanongkiat. *et al.*, 2000. Thermal Performance Enhancement Of Thermoshipon Heat Pipe With Binary Working Fluid, *Experimental heat transfer*, 13 : 137-152.
17. Xie, M, *et al.*, 1995. Thermal Solution of Pentium Processor in TCP in Note Books and Sub-notebooks. Dipresentasikan ETC ke 45, Las Vegas Nevada.