

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGUJIAN *HEAT PIPE* DENGAN
VARIASI FLUIDA KERJA UNTUK APLIKASI PADA SISTEM
PENGKONDISIAN UDARA**



*Mencerdaskan &
Memartabatkan Bangsa*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD SAMUDERA ZAHRAN

1502619016

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2024

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Studi Eksperimental Pengujian *Heat Pipe* Dengan Variasi
Fluida Kerja Untuk Aplikasi Pada Sistem Pengkondisian
Udara
Penyusun : Muhammad Samudera Zahran
NIM : 1502619016
Tanggal Ujian : 19 Januari 2024

Disetujui Oleh:

Pembimbing I



Dr. Ragil Sukarno, S.T., M.T.

NIP. 197902112012121001

Pembimbing II

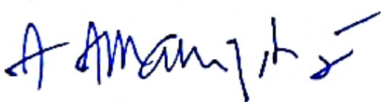


Dr. Riyadi Joyokusumo, S.T., M.T.

NIP. 196304201992031002

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi:

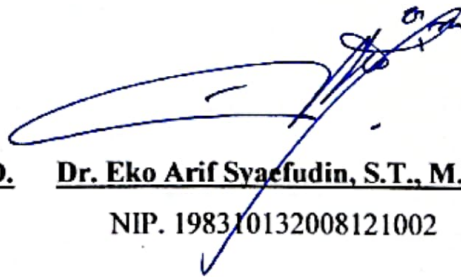
Ketua Sidang



Aam Amanningsih Jumhur, Ph.D.

NIP. 197110162008122001

Sekretaris Sidang



Dr. Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T.

NIP. 198310132008121002

Dosen Ahli



Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T.

NIP. 197602052006041001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Drs. Sopiyan, M.Pd.

NIP. 196412231999031002

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Muhammad Samudera Zahran
No. Registrasi : 1502619016
Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 20 September 2001
Alamat : Sidamukti Rt.01/Rw.08 No.92, Kel. Sukamaju, Kec.
Cilodong, Depok Timur 16475

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan secara tertulis kecuali tercantum sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh, serta sanksi dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2024



Muhammad Samudera Zahran

NIM. 1502619016

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat serta Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar.

Adapun penulisan laporan yang berjudul “**Studi Eksperimental Pengujian Heat Pipe Dengan Variasi Fluida Kerja Untuk Aplikasi Pada Sistem Pengkondisian Udara**”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan laporan ini tidak mungkin penulis menyelesaikan tanpa adanya dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs. Sopiyan, M.Pd. selaku Koordinator Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
2. Dr. Ragil Sukarno, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan semangat kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Dr. Riyadi Joyokusumo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan semangat kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Drs. Adi Tri Tyassmadi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Akademik kelas A 2019 Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
5. Seluruh Dosen, *Staff* Tata Usaha, *Staff* Laboratorium, serta Karyawan Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
6. Kedua orang tua serta anggota keluarga lainnya yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada saya.
7. Keluarga besar Pendidikan Teknik Mesin angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat kepada saya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat pada laporan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar penulis dapat lebih baik lagi dalam penyusunan laporan di kemudian hari. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca untuk menambah pengetahuan serta pengembangan wawasan.

Jakarta, Januari 2024

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Samudera Zahran

NIM. 1502619016



STUDI EKSPERIMENTAL PENGUJIAN *HEAT PIPE* DENGAN VARIASI FLUIDA KERJA UNTUK APLIKASI PADA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

Muhammad Samudera Zahran

Dr. Ragil Sukarno, S.T., M.T. & Dr. Riyadi Joyokusumo. S.T., M.T.

ABSTRAK

Tingginya konsumsi energi pada sistem HVAC disebabkan oleh perbedaan tingkat kenyamanan antar individu yang membuat sistem HVAC mengalami perubahan pola beban. Selain itu penggunaan *heat pipe heat exchanger* (HPHE) sebagai sistem pemulihan panas pada sistem HVAC masih belum efektif pada temperatur rendah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh fluida kerja terhadap kinerja termal dari *heat pipe* tunggal. Selain itu analisis teoritis menggunakan *Sp number* dilakukan untuk mengembangkan kinerja termal HPHE dalam meningkatkan efektifitas dan mengurangi konsumsi energi pada sistem HVAC. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang menggunakan *heat pipe* tunggal dengan memvariasikan fluida kerja, yaitu *deionized water*, metanol, dan aseton. *Heat pipe* yang digunakan terbuat dari pipa tembaga dengan panjang keseluruhan 710 mm, memiliki diameter luar $\varnothing 10$ mm, dan ketebalan pipa 1 mm. *Heat pipe* memiliki panjang 160 mm pada bagian evaporator, panjang 360 mm pada bagian adiabatik, dan panjang 190 mm pada bagian kondenser. Analisis teoritis dengan mengasumsikan 3, 6, dan 9 baris dengan 4 *heat pipe* setiap barisnya. Hasilnya menunjukkan bahwa tahanan termal terendah pada *heat pipe* tunggal diperoleh pada fluida kerja aseton yaitu $0,2^{\circ}\text{C}/\text{W}$. Berdasarkan tahanan termal tersebut, efektifitas tertinggi yang dihasilkan dari analisis teoritis menggunakan *Sp number* diperoleh 6,85% pada temperatur udara masuk 50°C dan kecepatan udara masuk 1,5 m/s dengan menggunakan 9 baris *heat pipe*.

Kata kunci: Efektifitas, *Heat pipe heat exchanger*, Pemulihan panas, Sistem pengkondisian udara, *Sp number*.

**EXPERIMENTAL STUDY OF HEAT PIPE TESTING WITH WORKING
FLUID VARIATIONS FOR APPLICATION IN AIR CONDITIONING
SYSTEMS**

Muhammad Samudera Zahran

Dr. Ragil Sukarno, S.T., M.T. & Dr. Riyadi Joyokusumo. S.T., M.T.

ABSTRACT

The high energy consumption in the HVAC system is caused by differences in comfort levels between individuals which makes the HVAC system experience changes in load patterns. In addition, the use of heat pipe heat exchanger (HPHE) as a heat recovery system in HVAC systems is still not effective at low temperatures. The purpose of this study is to determine the effect of working fluid on the thermal performance of a single heat pipe. In addition, theoretical analysis using Sp number is carried out to develop HPHE thermal performance in increasing effectiveness and reducing energy consumption in HVAC systems. This research method uses an experimental method that uses a single heat pipe by varying the working fluid, namely deionized water, methanol, and acetone. The heat pipe used is made of copper pipe with an overall length of 710 mm, has an outer diameter of $\varnothing 10$ mm, and a pipe thickness of 1 mm. The heat pipe is 160 mm long in the evaporator section, 360 mm long in the adiabatic section, and 190 mm long in the condenser section. Theoretical analysis assumed 3, 6, and 9 rows with 4 heat pipes per row. The results show that the lowest thermal resistance on a single heat pipe is obtained in acetone working fluid which is $0.2^{\circ}\text{C}/\text{W}$. Based on the thermal resistance, the highest effectiveness resulting from theoretical analysis using Sp number is obtained 6.85% at an inlet air temperature of 50°C and an inlet air velocity of 1.5 m/s using 9 rows of heat pipes.

Keywords: Effectiveness, Heat pipe heat exchanger, Heat recovery, HVAC system, , Sp number.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN TEORI	6
2.1 Sistem HVAC.....	6
2.2 <i>Heat Pipe</i>	7
2.2.1 Jenis-Jenis <i>Heat Pipe</i>	8
2.2.2 Komponen <i>Heat Pipe</i>	9
2.3 <i>Heat Pipe Heat Exchanger (HPHE)</i>	13
2.4 HPHE Sebagai Sistem <i>Heat Recovery</i>	15
2.5 Penerapan HPHE Pada Sistem HVAC	16
2.6 Studi Literatur Kinerja <i>Heat Pipe</i>	18
2.7 Hipotesis Penelitian	21

2.8	Kerangka Berpikir	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	23
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	24
3.3.1	Uraian Diagram Alir Penelitian	24
3.4	Skematik Pengujian	26
3.4.1	Skematik Proses <i>Vacuum</i> dan <i>Filling</i>	26
3.4.2	Skematik Pengujian <i>Heat Pipe</i> Tunggal	28
3.5	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	31
3.6	Teknik Analisis Data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Hasil Penelitian.....	35
4.1.1	<i>Filling Ratio</i>	35
4.1.2	Profil Temperatur	36
4.2	Pembahasan	41
4.2.1	Tahanan Termal <i>Heat Pipe</i> Tunggal	41
4.2.2	Efektifitas HPHE.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN.....		55



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Muhammad Samudera Zahran
NIM : 1502619016
Fakultas/Prodi : Teknik/Pendidikan Teknik Mesin
Alamat email : samzahran008@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Studi Eksperimental Pengujian Heat Pipe Dengan Variasi Fluida Kerja Untuk Aplikasi Pada Sistem Pengkondisian Udara

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 30 Januari 2024

Penulis

(Muhammad Samudera Zahran)
nama dan tanda tangan