

**SKRIPSI**

**ANALISIS UJUK KERJA *PULSATING HEAT PIPE*  
DENGAN FLUIDA KERJA PENTAN  
SEBAGAI PENDINGIN SIMULATOR MOTOR  
LISTRIK**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh

Ahmad Kadek Jailani

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2024**

**SKRIPSI**

**ANALISIS UJUK KERJA *PULSATING HEAT PIPE*  
DENGAN FLUIDA KERJA PENTAN SEBAGAI  
PENDINGIN SIMULATOR MOTOR LISTRIK**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh

Ahmad Kadek Jailani

NIM: 2015234024

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS UJUK KERJA *PULSATING HEAT PIPE* DENGAN FLUIDA KERJA PENTAN SEBAGAI PENDINGIN SIMULATOR MOTOR LISTRIK

Oleh

**AHMAD KADEK JAILANI**  
NIM. 2015234024

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Skripsi Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

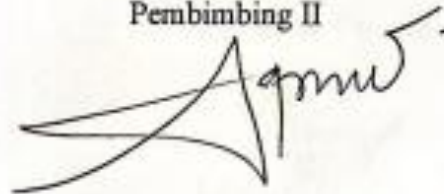
Disetujui oleh:

Pembimbing I



**Dr. Adi Winarta, S.T.M.T**  
NIP. 197610102008121003

Pembimbing II



**I Dewa Gede Agus Tri Putra, ST, MT**  
NIP. 197611202003121001

Disahkan oleh :  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg.**  
NIP. 196609241993031003

## LEMBAR PERSETUJUAN

### ANALISIS UJUK KERJA *PULSATING HEAT PIPE* DENGAN FLUIDA KERJA PENTAN SEBAGAI PENDINGIN SIMULATOR MOTOR LISTRIK

Oleh

**AHAMAD KADEK JAILANI**  
NIM. 2015234024

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat  
dicetak sebagai Buku Skripsi pada hari/tanggal:  
Kamis, 28 Agustus 2024

#### Tim Penguji

#### Tanda Tangan

Penguji I : I Nengah Ardita, S.T., M.T.  
NIP : 196411301991031004

  
(.....)

Penguji II : I Wayan Temaja, ST, MT  
NIP : 196810221998031001

  
(.....)

Penguji III : I Gede Oka Pujihadi, S.T., M.Erg  
NIP : 196606181997021001

  
(.....)

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ahmad Kadek Jailani

NIM : 2015234024

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas

Judul Proyek Akhir : Analisis Ujuk Kerja *Pulsating Heat Pipe* Dengan Fluida Kerja Pentan Sebagai Pendingin Motor listrik.

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Skripsi ini bebas plagiat. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam Buku Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Perundang-undangan yang berlaku.

Badung, 28 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



**Ahmad Kadek Jailani**

NIM. 2015234024

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk serta dorongan dan bantuan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Dengan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M.eCom, selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, S.T., M.T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, ST, MT, selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas.
5. Bapak Dr. Adi Winarta, S.T.M.T selaku dosen pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Buku Skripsi ini dapat diselesaikan.
6. I Dewa Gede Agus Tri Putra, ST, MT selaku dosen pembimbing-2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta PLP yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulis hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Buku Skripsi ini.
8. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Buku Skripsi ini.
9. Teman begadang saya Kadek Putra Aristyawan yang telah memberi semangat dan motivasi untuk menyelesaikan Buku Skripsi ini
10. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Buku Skripsi yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan tanpa mengenal lelah kepada penulis

11. Serta masih banyak lagi pihak – pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian Buku Skripsi yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

Semoga buku skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademik Politeknik Negeri Bali.

Badung, 28 Agustus 2024

Ahmad Kadek Jailani

## ABSTRAK

Motor listrik, terutama motor induksi, banyak digunakan dalam berbagai sektor industri, mulai dari peralatan rumah tangga hingga sistem transportasi. Efisiensi tinggi motor induksi, dengan torsi awal kuat dan kontrol kecepatan yang baik, menjadikannya pilihan populer. Meskipun efisien, motor listrik memerlukan perawatan dan pemantauan yang cermat. Panas berlebih pada rotor dan stator dapat menyebabkan kerusakan permanen dan menurunkan efisiensi. Oleh karena itu, pemantauan suhu real-time sangat penting untuk mencegah kerusakan termal dan menjaga operasional yang aman, terutama dengan semakin luasnya penggunaan motor listrik. *Pulsating Heat Pipe* (PHP) adalah teknologi inovatif untuk meningkatkan efisiensi pendinginan motor listrik. PHP, sebagai alat pemindah kalor pasif, memiliki keunggulan seperti tidak memerlukan wick dan pipa kapiler berdiameter kecil yang ekonomis. Penelitian menunjukkan PHP efektif menurunkan hambatan termal hingga  $0,178\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$  pada beban 30 Watt, menawarkan solusi potensial untuk mengatasi masalah panas berlebih dan memperpanjang umur motor listrik.

**Kata kunci :** Motor listrik, *Pulsating Heat Pipe*, Pendinginan motor listrik



***ANALYSIS OF THE WORKING REFERENCE OF PULSATING  
HEAT PIPE WITH PENTANE WORKING FLUID  
AS A COOLER ELECTRIC MOTOR SIMULATOR***

***ABSTRACT***

*Electric motors, especially induction motors, are widely used in various industrial sectors, from household appliances to transportation systems. The high efficiency of induction motors, with strong starting torque and good speed control, make them a popular choice. Although efficient, electric motors require careful maintenance and monitoring. Overheating of the rotor and stator can cause permanent damage and decrease efficiency. Therefore, real-time temperature monitoring is essential to prevent thermal damage and maintain safe operations, especially with the increasingly widespread use of electric motors. Pulsating Heat Pipe (PHP) is an innovative technology to improve the cooling efficiency of electric motors. PHP, as a passive heat transfer tool, has advantages such as not requiring wicks and economical small-diameter capillary pipes. Research shows PHP is effective in lowering thermal resistance by up to 0.178 °C/W at a 30 Watt load, offering a potential solution to overcome overheating problems and extend the life of electric motors.*

*Keywords : Electric motor, Pulsating Heat Pipe, Electric motor cooling*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Buku Skripsi ini yang berjudul “Analisis Ujuk Kerja *Pulsating Heat Pipe* Dengan Fluida Kerja Pentan” tepat pada waktunya. Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program pendidikan pada jenjang Sarjana Terapan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

Penulis menyadari Buku Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai pembelajaran demi penyempurnaan karya-karya ilmiah penulis di masa yang akan datang.

Badung, 28 Agustus 2024

Ahmad Kadek Jailani

## DAFTAR ISI

Cover Skripsi.....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Lembar Persetujuan.....	iii
Surat Pernyataan Bebas Plagiat .....	iv
Ucapan Terima Kasih.....	v
Abstrak dalam Bahasa Indonesia .....	vii
Abstract dalam Bahasa Inggris.....	viii
Kata Pengantar .....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Gambar .....	xiv
Daftar Lampiran .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.4.1 Tujuan umum.....	3
1.4.2 Tujuan khusus.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Bagi Penulis .....	3
1.7 Bagi Politeknik Negeri Bali .....	4
1.8 Bagi Masyarakat.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	5
2.1 Motor Listrik.....	5
2.1.1 Jenis – jenis motor listrik.....	6
2.1.2 Kontruksi motor listrik .....	7
2.1.3 Temperatur kerja dan pendingin motor listrik .....	10

2.2	Pendingin Motor Listrik .....	11
2.2.1	Pipa kalor .....	15
2.3	Tipe Pipa Kalor.....	17
2.3.1	Pipa kalor konvensional.....	17
2.3.2	Pipa kalor melingkar.....	19
2.3.3	Pipa kalor datar ( <i>vapor chamber</i> ).....	21
2.4	Perpindahan Kalor Pada Pipa Kalor Konvensional ( sumbu kapiler).....	22
2.4.1	Ujuk Kerja Pulsating Heat Pipe .....	22
2.5	Proses Perpindahan Kalor Pada Pipa Kalor Jenis Pulsating.....	24
2.5.1	Hambatan Thermal Pipa Kalor.....	25
2.5.2	Sumbu Pipa Kalor.....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>27</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	27
3.1.1	Desain atau pemodelan .....	28
3.1.2	Spesifikasi motor listrik.....	30
3.2	Skematik Penguji .....	31
3.3	Lokasi Dan Waktu Penelitian .....	33
3.4	Sumber Daya Peneliti .....	33
3.5	Instrumen Penelitian .....	35
3.6	Prosedur Penelitian.....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>40</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	40
4.1.1	Penempatan inner dan outer simulator motor listrik.....	41
4.1.2	Hasil pengujian motor listrik dalam posisi horizontal dan vertical	42
4.2	Pembahasan.....	43
4.2.1	Contoh perhitungan hambatan thermal .....	43
4.2.2	Hasil perhitungan hambatan thermal .....	44
4.3	Hasil Dan Pengujian.....	45
4.3.1	Hasil Pengujian <i>horizontal</i> .....	45
4.3.2	Hasil pengujian motor listrik dalam posisi <i>vertical</i> .....	47
4.3.3	Hasil pengujian hambatan thermal .....	49

4.4 Pembahasan.....	51
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	52
5.1 Kesimpulan .....	52
5.2 Saran.....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	54
<b>LAMPIRAN</b> .....	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan.....	34
Tabel 4.1 Data rata–rata temperatur pipa kalor pulsating dalam posisi horiz .....	42
Tabel 4.2 Data rata–rata temperatur pipa kalor pulsating dalam posisi vertic ....	42
Tabel 4.3 Data rata–rata temperatur pipa kalor pulsating dalam posisi horiz .....	44
Tabel 4.4 Data rata–rata temperatur pipa kalor pulsating dalam posisi vertic ....	44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi motor listrik.....	5
Gambar 2.2	Komponen motor listrik .....	7
Gambar 2.3	Stator motor listrik .....	8
Gambar 2.4	Rotor motor listrik.....	8
Gambar 2.5	Main shaft.....	9
Gambar 2.6	<i>Brush (DC)</i> .....	9
Gambar 2.7	Motor <i>Housing</i> .....	10
Gambar 2.8	Motor listrik induksi .....	11
Gambar 2.9	Rancangan prototipe sistem manajemen termal.....	12
Gambar 2.10	Sistem pendinginan <i>hybrid</i> .....	13
Gambar 2.11	Sistem pendinginan menggunakan nano fluida.....	13
Gambar 2.12	Sistem pendinginan cair untuk motor listrik .....	14
Gambar 2.13	Sistem pendinginan menggunakan pipa kalor konvensional ....	15
Gambar 2.14	Sistem pendingin motor listrik prototipe.....	16
Gambar 2.15	Skematik kerja dan bagian bagian pipa kalor.....	17
Gambar 2.16	Pipa kalor konvensional.....	19
Gambar 2.17	Pipa kalor melingkar .....	22
Gambar 2.18	Pipa kalor data ( <i>vapor chamber</i> ).....	23
Gambar 2.19	Skematik <i>pulsating heat pipe</i> .....	24
Gambar 2.20	Hambatan termal pada pipa kalor.....	25
Gambar 2.21	Tipe sumbu kapiler pipa kalor.....	27
Gambar 3.1	Contoh desai motor listrik.....	29
Gambar 3.2	Komponen pengujian alat pendingin .....	29
Gambar 3.3	Tempat pemasangan termokopel pada simulator motor listrik ...	30
Gambar 3.4	Spesifikasi motor listrik .....	31
Gambar 3.5	Skema pengujian alat pendingin motor listrik .....	32
Gambar 3.6	Diagram alur penelitian.....	33

Gambar 3.7 Pipa kapiler.....	34
Gambar 3.8 Pembengkok pipa .....	35
Gambar 3.9 Pemotong pipa.....	35
Gambar 3.10 <i>Copper tube expander</i> .....	36
Gambar 3.11 Blander .....	36
Gambar 3.12 AC voltage regulator .....	37
Gambar 3.13 NIDAQ 9214 .....	37
Gambar 3.14 NIcDAQ 9174 .....	38
Gambar 3.15 Power <i>supplay</i> .....	38
Gambar 3.16 <i>Termokoper</i> tipe k .....	39
Gambar 3.17 Tang ampere.....	39
Gambar 4.1 Hasil penilitan .....	41
Gambar 4.2 Grafik temperatur pipa kalor pulsating dalam posisi horiz.....	42
Gambar 4.3 Grafik temperatur pipa kalor pulsating dalam posisi vertic .....	43
Gambar 4.4 Grafik temperatur motor listrik menggunakan pulsating .....	44
Gambar 4.5 Grafik temperatur motor listrik menggunakan pulsating .....	45
Gambar 4.6 Penempatan <i>inner &amp; outter</i> .....	48
Gambar 4.7 Penempatan <i>inner &amp; outter</i> tanpa <i>pulsating heat pipe</i> .....	49
Gambar 4.8 Grafik perbandingan menggunakan pendingin pipa kalor .....	49
Gambar 4.9 Grafik <i>inner</i> dan <i>outter</i> untuk <i>horizontal</i> .....	50
Gambar 4.10 Grafik <i>inner</i> dan <i>outter</i> untuk <i>vertical</i> .....	51
Gambar 4.11 Grafik <i>inner</i> dan <i>outter</i> tanpa pipa kalor .....	52



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang**

Motor listrik digunakan di berbagai industri, mulai dari elektronik rumah tangga hingga penerbangan. Motor yang sangat efisien dapat memberikan keuntungan yang besar, seperti meminimalkan pengeluaran energi dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Berkat torsi awalan yang tinggi, kontrol kecepatan yang memadai, dan daya kelebihan beban yang wajar, bentuk motor tertentu yang dikenal sebagai motor induksi. Interaksi antara medan magnet yang dibentuk lilitan sator dan main shaft yang menghasilkan daya mekanis. Selain itu, logam memiliki ketersediaan yang terbatas dalam jumlah besar, motor induksi, yang merupakan bentuk motor non-magnetik, muncul sebagai pilihan yang menjanjikan. Namun, kelemahan utama dari motor induksi adalah faktor panasnya yang tinggi, yang memengaruhi masa pakai dan kinerjanya. Di sisi lain, sangat penting untuk memahami suhu rotor motor induksi untuk menjamin operasi yang stabil. Rotor yang terlalu panas secara serius mempengaruhi batang rotor, terutama digunakan dalam kasus di mana motor listrik harus beroperasi pada kecepatan konstan dan harus mulai dengan sendirinya. Motor induksi juga memiliki banyak aplikasi di sektor industri. Motor ini membutuhkan tingkat perawatan yang tinggi. Motor induksi tiga fase digunakan pada mesin pertukangan, kompresor, elevator, dan konveyor di industri pertambangan, industri kimia.

Penggunaan motor induksi secara luas dalam berbagai aplikasi dapat dikaitkan dengan strukturnya yang sederhana, keandalan yang tinggi, dan keterjangkauan. Karena motor listrik terus memperluas jangkauannya di berbagai industri, menjadi penting untuk memantau kondisinya dan mendiagnosis masalah dan kesalahan tak terduga yang mungkin terjadi selama operasi, seperti panas yang berlebih pada rotor dan stator atau berbagai jenis kesalahan pada komponen-komponen. Dalam operasi normal, sebagian besar

panas yang dihasilkan oleh sirip - sirip motor dihamburkan melalui perpindahan panas ke lingkungan sekitar. Namun, faktor-faktor seperti beban berlebih yang berat, penyalaan yang lama, atau kondisi pendinginan yang terganggu selama operasi (karena kipas pendingin rusak atau casing motor tersumbat) dapat mempengaruhi kemampuan pendinginan motor, ketika kapasitas pendinginan terganggu, suhu batang rotor dan cincin ujung, belitan stator, dan insulasinya dapat melampaui ambang batas maksimumnya. Oleh karena itu, pemantauan suhu secara real-time dan akurat sangat penting untuk meminimalkan kerusakan termal dan memastikan pengoperasian yang aman. (Yashwanth Reddy Konda, 2023)

*Pulsating Heat Pipe* merupakan teknologi pemindah kalor pasif yang terus menerus mengalami pengembangan. Berbagai pengembangan untuk mendapatkan kinerja pipa kalor yang lebih baik masih terus dilakukan oleh banyak peneliti. *Pulsating Heat Pipe* sebagai salah satu jenis dari pipa kalor yang sudah banyak mengaplikasikannya masih terus mengalami pengembangan. Kelebihan dari pulsating heat pipe yakni tanpa wick dan menggunakan pipa kapiler berdiameter yang kecil sebagai mempermudah proses manufaktur dan menghemat biaya. Selain itu dari hasil eksperimen menyatakan bahwa *Pulsating Heat Pipe* mempunyai kemampuan memindahkan kalor yang sangat baik.

Berpijak dari latar belakang sebelumnya, pada Skripsi ini, penulis mencoba mengambil tema Skripsi mengenai pemanfaatan pipa kalor jenis pulsating untuk pendingin motor listrik. Sebuah simulator motor listrik dibuat untuk menguji apakah pipa kalor jenis pulsating mampu mendinginkan simulator motor listrik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun beberapa rumusan masalah yang diangkat oleh penulis sebagai berikut:

1. Bagaimana desain sistem pendingin yang menggunakan pipa kalor jenis pulsating dengan posisi horizontal dan vertikal?
2. Bagaimana hasil pengujian penggunaan pipa kalor jenis pulsating pada simulator motor listrik dengan menggunakan fluida kerja pentan?"

### 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini batasan masalah ini sistem pendingin yang diuji pada simulator motor listrik yang dibuat dengan bahan logam (konduktor) yang dibentuk menyerupai stator motor listrik. Bagian tengah silinder menggunakan *cartridge heater*. Pengujian dilakukan hanya dengan mengamati kinerja temperatur dari pipa kalor terhadap beban kalor yang diberikan oleh simulator.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

#### 1.4.1 Tujuan Umum

- a. Sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
- b. Mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan di Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Utilitas, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, baik secara teori maupun praktek.

#### 1.4.2 Tujuan Khusus

- a. Menganalisis pengaruh posisi *pulsating heat pipe* (horizontal dan vertikal) terhadap efisiensi pendinginan simulator motor listrik.
- b. Mengevaluasi kestabilan termal sistem pendingin dengan fluida kerja pentan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diperoleh dari pengujian terhadap “alat pendingin motor listrik menggunakan pipa kalor jenis pulsating” atau PHP (*Pulsating Heat Pipe*) pada sisi dingin yaitu dapat menambah wawasan dan dapat mengetahui dari kinerja yang dihasilkan pipa kalor dan PHP (*Pulsating Heat Pipe*). Selain itu penulis juga mendapatkan pengalaman dalam pembuatan pipa kalor jenis *pulsating*.

### 1.6 Bagi Penulis

Meningkatkan pengetahuan mengenai sistem pendingin pipa kalor. Meningkatkan pengetahuan mengenai jenis sistem pendinginan bukan hanya

menggunakan sistem kompresi uap tetapi ada juga yang menggunakan sistem pipa kalor. Meningkatkan pengetahuan mengenai sistem pendingin yang digunakan untuk membuang kalor.

### **1.7 Bagi Politeknik Negeri Bali**

Sebagai sarana pendidikan dan ilmu di bidang pendingin, serta bisa dikembangkan lagi di kemudian hari.

### **1.8 Bagi Masyarakat**

Adapun manfaat yang di peroleh dari pengujian ini yaitu sebagai bentuk untuk pengenalan alat pendingin pipa kalor jenis *pulsatin*

## BAB V

### KESIMPULAN & SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai sistem manajemen termal motor listrik menggunakan pulsating heat pipe, maka dapat disimpulkan:

1. Sebuah prototipe pendinginan simulator motor listrik dibuat menggunakan struktur pipa kalor jenis pulsating tipe close loop. Pipa kalor ini menggunakan pipa kapiler dengan diameter 3,1 mm. dua buah pipa kalor dengan panjang masing-masing sebesar 1430 mm dibuat untuk menyelubungi bagian stator simulator motor listrik. Masing-masing konstruksi pipa kalor tersebut memiliki 45 lekukan dengan diameter masing-masing 1 mm. Pipa kalor tersebut divakuum dan kemudian di isi dengan fluida kerja acetone dengan filling rasio 50%.
2. Hasil pengujian dengan posisi *horizontal* menunjukkan bahwa pipa kalor mampu mendinginkan simulator motor listrik pada beban kalor 30 Watt sebesar 5,33 °C dengan hambatan *thermal* sebesar 0,178 °C/W. Pada beban 60, 90, 120 dan 150 Watt mampu menurunkan masing-masing temperatur simulator motor listrik sebesar 10,2 °C, 15,2 °C, 19,8 °C dan 24,6 °C. Demikian juga berturut-turut hambatan *thermal* yang dihasilkan yakni 0,701 °C/W, 0,17 °C/W, 0,166 °C/W dan 0,165 °C/W. Sehingga semakin besar beban kalor yang diberikan hambatan *thermal* pada pipa kalor jenis *pulsating* semakin turun. Dengan hasil pengujian posisi *vertical* menunjukkan bahwa pipa kalor mampu mendinginkan simulator motor listrik pada beban kalor 30 Watt sebesar 5,1 °C dengan hambatan *thermal* sebesar 0,171 °C/W. Pada beban 60, 90, 120 dan 150 Watt mampu menurunkan masing-masing temperatur simulator motor listrik sebesar 10,7 °C, 15 °C, 20,2 °C dan 24,2 °C. Demikian juga berturut-turut hambatan *thermal* yang dihasilkan yakni 0,69 °C/W, 0,167 °C/W, 0,166

$^{\circ}\text{C}/\text{W}$  dan  $0,162\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ . Maka dari itu posisi vertical menunjukkan hasil yang terbaik pada hasil pengujian dengan nilai  $5,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  hambatan thermal.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat saya sampaikan penelitian mengenai sistem manajemen termal motor listrik menggunakan pulsating heat pipe, yaitu:

1. Desain komponen motor listrik dibuat dengan toleransi yang cukup baik untuk dilakukan bongkar-pasang. Hal ini untuk memudahkan jika terdapat perbaikan pada komponen yang rusak atau jika ingin mengganti pulsating heat pipe yang berbeda.
2. Pemasangan termokopel pada titik pengukuran harus dipastikan kuat pada temperatur yang sangat tinggi. Hal ini untuk meminimalisir terlepasnya termokopel saat pengambilan data pada suhu tinggi.
3. Desain komponen motor listrik dibuat dengan toleransi yang cukup baik untuk dilakukan bongkar-pasang. Hal ini untuk memudahkan jika terdapat perbaikan pada komponen yang rusak atau jika ingin mengganti pulsating heat pipe yang berbeda.
4. Pemasangan termokopel pada titik pengukuran harus dipastikan kuat pada temperatur yang sangat tinggi. Hal ini untuk meminimalisir terlepasnya termokopel saat pengambilan data pada suhu tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonym. 2013. Teori Motor Induksi. Terdapat pada: [http://www.slideshare.net/nemogalau/teori motor induksi](http://www.slideshare.net/nemogalau/teori-motor-induksi). Diakses pada tanggal 11 Februari 2022.
- Aprianingsih, N. (2018). Aplikasi pulsating heat pipe pada sistem manajemen termal motor listrik. Skripsi. Teknik Mesin.
- Ariantara, N. P. (2016). Electric Motor thermal management system using L-shaped flat heat pipe. Teknik Mesin.
- Ariantara, N. P. (2017). Electric motor thermal management system using L-shaped flat heat pipes. Teknik Mesin.
- Bambang Ariantara, N. P. (2016). kinerja sistem manajemen termal motor listrik menggunakan pipa kalor pipih berbentuk "L". Teknik Mesin.
- Bhatt, A. 2004. Heat Pipes for Electronics Cooling. International Journal of Refrigeration. 11 (1): 1-21.
- Ding, H. G. (2020). Predicting temperature of permanent magnet synchronous motor base on deep neural network . Teknik Mesin.
- Faghri, A., 2012. Review and advances in heat pipe science and technology. Journal of heat transfer, 134(12), p.123001.
- Gieras.J.F. 2017. Electrical Machines. Fundamentals of Electromechanical Energy Conversion. 25 (6): 212-213.
- H. Alief.M, Didik.A, Inawati. 2013. Sistem motor listrik. Analisa Kondisi Generator Transformer Menggunakan Metode Thermograph. 25 (5): 7-17.
- Huang, J. (2019). A Hybrid Electric Vehicle Motor Cooling System - Design, Model, and Control. Teknik Mesin.
- Nurhalimah. (2018). Aplikasi pulsating heat pipe pada sistem manajemen termal motor listrik. Skripsi. Jawa.
- Sahdev. K.S. 2018. Electrical Machines. Cambridge University Press. New York-USA.
- Sinaga. J, Jumari, Sitompul. M. 2020. Studi Sistem Proteksi Motor Listrik pada Sistem Pendingin. Jurnal Teknologi Energi UDA. 9 (1): 20-30.

- Zaenuri. 2019. Perancangan Saluran Udara untuk Sistem Pendinginan Motor Listrik pada Bus Listrik MAB MD-12E dan Simulasi Menggunakan Aplikasi CFD. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Semarang-Jawa Tengah.
- Putra, N dan Nata, S.W. 2014. Teknologi Pipa Kalor Teori, Desain dan Aplikasi. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Reay, D., Kew, P., McGlen, R. 2013. Heat pipes: Theory, design and applications: Butterworth-Heinemann.
- Sovia, E., Putra, N., Winarta, A. Ulasan Perkembangan Pulsating Heat Pipe dengan bentuk penampang circular. *Journal Applied Heat Transfer* 57 (1): 325-330.
- Iskandar, S.F., Mainil, I.R dan Azridjal Aziz. 2015. Karakteristik Pipa Kalor dengan Fluida Kerja Aseton, Filling Ratio 60% pada posisi Horizontal, Kemiringan 45° dan Vertikal. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 14 (1): 28-33.
- Winarta, Adi., 2018. “Studi Eksperimental Pengembangan Oscillating Heat Pipe Sebagai Aplikasi Pendinginan Fluks Kalor Tinggi” Disertasi Program Doktor (S-3) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Indonesia.