

SKRIPSI

**PENGUJIAN PIPA KALOR JENIS *PULSATING*
SEBAGAI PENDINGIN SIMULATOR MOTOR
LISTRIK**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I PUTU SAKA WIDIA PRATAMA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2023

SKRIPSI

**PENGUJIAN PIPA KALOR JENIS *PULSATING*
SEBAGAI PENDINGIN SIMULATOR MOTOR
LISTRIK**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I PUTU SAKA WIDIA PRATAMA

NIM: 1915234020

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGUJIAN PIPA KALOR JENIS *PULSATING*
SEBAGAI PENDINGIN SIMULATOR MOTOR
LISTRIK**

Oleh

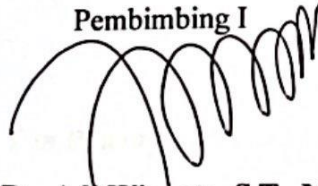
I PUTU SAKA WIDIA PRATAMA

NIM. 1915234020

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 Made Susila, S.T., M.T.

NIP.195908311988111001

Disahkan oleh:



Dr. Irb I Gede Santosa, M. Erg

NIP. 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGUJIAN PIPA KALOR JENIS *PULSATING* SEBAGAI PENDINGIN SIMULATOR MOTOR LISTRIK

Oleh

I PUTU SAKA WIDIA PRATAMA

NIM. 1915234020

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat
dilanjutkan sebagai Skripsi pada hari/tanggal: 24 Agustus 2023

Tim Penguji

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

NIP : 196411301991031004

Penguji II : I Wayan Temaja, S.T., M.T.

NIP : 19681022199801001

Penguji III : Dr. M. Yusuf, S.Si., M.T.

NIP : 197310272001121002

Tanda Tangan


(.....)


(.....)


(.....)

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : I Putu Saka Widia Pratama

NIM : 1915234020

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas

Judul Skripsi : Pengujian pipa kalor jenis pulsating sebagai pendingin simulator motor listrik.

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Skripsi ini bebas plagiat. Apabila di kemudian 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, 17 Agustus 2023

Yang Membuat pernyataan



I Putu Saka Widia Pratama

NIM. 1915234020

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Skripsi, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis secara khusus mengucapkan terimakasih 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 yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE.,M.eCOM., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST.,MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, S.T.,MT., selaku Ketua Program Studi D4 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 Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
6. Bapak I Dewa Made Susila, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing-2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian,semangat dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
7. Bapak dosen dan seluruh staf akademik serta PLP yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulis sehingga dapat menunjang dalam penyelesaian Proyek Akhir 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 Proyek Akhir ini.
9. Kemudian terima kasih banyak untuk kakak/adik yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada penulis.

10. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Proyek Akhir tahun 2023 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.
11. Sahabat-sahabat terimakasih telah menjadi sahabat terbaik bagi penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi, serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan buku Proyek Akhir ini.
12. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa peneliti sebutkan satu persatu Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

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

Badung, 17 Agustus 2023

I Putu Saka Widia Pratama

ABSTRAK

Motor listrik merupakan komponen krusial dalam berbagai aplikasi industri dan transportasi, namun operasionalnya seringkali menyebabkan peningkatan suhu yang dapat mengurangi efisiensi dan masa pakai motor. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menganalisis alat pendingin motor listrik yang inovatif menggunakan pipa kalor jenis *pulsating*. Prinsip kerja pipa kalor *pulsating* didasarkan pada perubahan tekanan yang berkala dalam pipa untuk menghasilkan sirkulasi aliran pendingin secara periodik. Aliran *pulsatif* ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pendinginan dan mengurangi perbedaan suhu di dalam motor.

Data kinerja alat pendingin dikumpulkan pada berbagai tingkat beban dan kecepatan motor untuk mengevaluasi efektivitasnya dalam mengurangi suhu operasional motor listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pendingin motor listrik menggunakan pipa kalor jenis *pulsating* dapat mengurangi suhu operasional motor secara signifikan dibandingkan dengan sistem pendinginan konvensional. Dengan peningkatan efisiensi pendinginan, motor listrik dapat beroperasi lebih efisien, mengurangi pemakaian daya, dan meningkatkan masa pakai motor secara keseluruhan.

Dalam kesimpulannya, alat pendingin motor listrik menggunakan pipa kalor jenis *pulsating* menunjukkan potensi besar sebagai solusi inovatif dalam meningkatkan efisiensi dan performa motor listrik. Pada penelitian ini melakukan pengujian dengan 30 Watt - 150 Watt dengan hambatan termal $0,153\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ pada pengujian 30 Watt.

Kata kunci : Motor listrik, *Pulsating*, Pipa kalor, Pendinginan motor listrik

TESTING OF PULSATING TYPE HEAT PIPE AS COOLER FOR ELECTRIC MOTOR SIMULATOR

ABSTRACT

Electric motors are crucial components in various industrial and transportation applications, but their operation often causes temperature increases that can reduce the efficiency and service life of the motor. This research aims to develop and analyze an innovative electric motor cooling device using a pulsating heat pipe. The working principle of the pulsating heat pipe is based on periodic pressure changes in the pipe to produce periodic circulation of coolant flow. This pulsating flow is expected to improve cooling efficiency and reduce the temperature difference inside the motor.

Performance data of the cooling device was collected at various load levels and motor speeds to evaluate its effectiveness in reducing the operational temperature of the electric motor. The results show that the electric motor cooling device using pulsating heat pipes can significantly reduce the operational temperature of the motor compared to the conventional cooling system. With improved cooling efficiency, the electric motor can operate more efficiently, reduce power consumption, and increase overall motor life.

In conclusion, electric motor cooling devices using pulsating heat pipes show great potential as an innovative solution in improving the efficiency and performance of electric motors. In this study, the test was conducted with 30 Watt - 150 Watt with a thermal resistance of 0.153 °C/W in the 30 Watt test.

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 “Alat Pendingin Motor Listrik Menggunakan Pipa Kalor Jenis *Pulsating*” Pada Sisi Dingin tepat pada waktunya. Penyusunan Buku 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, 17 Agustus 2023

I Putu Saka Widia Pratama

Nim: 1915234020

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Oleh Pembimbing	ii
Lembar Persetujuan Dosen Penguji	iii
Pernyataan Bebas Plagiat	iv
Ucapan Terima Kasih	v
Abstrak Dalam Bahasa Indonesia	vii
Abstrak Dalam Bahasa Inggris	viii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv
Daftar Lampiran	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Bagi penulis	3
1.5.2 Bagi politeknik negeri bali	3
1.5.3 Bagi masyarakat	3
BAB II. DASAR TEORI	4
2.1 Motor Listrik	4
2.1.1 Jenis-jenis motor listrik	4
2.1.2 Konstruksi motor listrik	5
2.1.3 Temperatur kerja dan pendinginan motor listrik	8
2.2 Jenis-Jenis Pendinginan Motor Listrik	9
2.2.1 Pipa Kalor	14

2.3	Tipe Pipa Kalor.....	15
2.3.1	Pipa kalor konvensional	15
2.3.2	Pipa kalor melingkar	18
2.3.3	Pipa kalor datar (vapor chamber)	19
2.3.4	Pipa kalor pulsating	20
2.4	Perpindahan Kalor pada Pipa Kalor	20
2.5	Proses Perpindahan Kalor Pada Pipa Kalor Jenis <i>Pulsating</i>	21
2.5.1	Hambatan termal pipa kalor	22
2.5.2	Sumbu kapiler pipa kalor	23
BAB III. PENELITIAN		24
3.1	Jenis Penelitian	24
3.2	Desain Pengujian Sistem Pendingin Motor Listrik	25
3.3	Skematik Pengujian (Pengambilan Data)	27
3.4	Lokasi Dan Waktu Penelitian.....	29
3.5	Sumber Daya Penelitian.....	29
3.6	Instrumen Penelitian	32
3.7	Prosedur Pengambilan Data	35
BAB IV. PEMBAHASAN.....		37
4.1	Proses Manufaktur Pipa Kalor	37
4.2	Proses Desain dan Perakitan Pipa Kalor <i>Pulsating</i>	38
4.3	Pengisian Fluida Kerja.....	43
4.4	Data Variasi Beban Kalor Terhadap Perubahan Temperatur Pipa Kalor dan Motor Listrik.	43
4.4.1	Grafik <i>temperature</i> pipa kalor akibat perubahan variasi daya <i>heater</i>	45
4.4.2	Grafik temperatur simulator motor listrik pada bagian <i>inner</i> dan <i>outer</i> untuk penggunaan dengan <i>heat pipe</i>	46
4.4.3	Grafik temperatur simulator motor listrik pada bagian <i>inner</i> dan <i>outer</i> untuk penggunaan dengan tanpa <i>heat pipe</i>	47
4.4.3	Perbandingan <i>temperature steady state</i> motor listrik yang menggunakan pendingin pipa kalor dan tidak.....	48

4.4	Hambatan <i>Thermal</i> Pada <i>Pulsating Heat Pipe</i> yang digunakan	
	Mendinginkan Motor Listrik.....	49
BAB V	PENUTUP	51
5.1.	Kesimpulan.....	51
5.2.	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagan klasifikasi motor listrik AC dan DC.	4
Gambar 2.2	Komponen Motor Listrik.	5
Gambar 2.3	Stator Motor Listrik: A Inti stator terlilit sebagai, B Stator berliku. ..	6
Gambar 2.4	Rotor Motor Listrik.....	6
Gambar 2.5	<i>Shaft</i> motor induksi.....	7
Gambar 2.6	<i>Brush</i> pada motor listrik.....	8
Gambar 2.7	Motor listrik induksi.	9
Gambar 2.8	Rancangan prototipe sistem manajemen termal motor listrik	10
Gambar 2.9	Sistem pendinginan <i>hybrid</i>	10
Gambar 2.10	Sistem pendinginan menggunakan nanofluida.	11
Gambar 2.11	Sistem pendinginan cair untuk motor listrik.	12
Gambar 2.12	Sistem pendinginan menggunakan pipa kalor konvensional.	13
Gambar 2.13	Sistem pendinginan motor listrik prototipe.	14
Gambar 2.14	Pipa kalor.....	14
Gambar 2.15	Pipa kalor konvensional.	16
Gambar 2.16	Pipa kalor melingkar.	18
Gambar 2.17	Pipa kalor datar (<i>vapor chamber</i>).	19
Gambar 2.18	Skematik <i>pulsating heat pipe</i> : (a) <i>Closed PHP</i> ; (b) <i>Closed with check valve</i> dan (c) <i>Open PHP</i>	20
Gambar 2.19	Hambatan termal pada pipa kalor.	21
Gambar 2.20	Tipe sumbu kapiler pipa kalor.	24
Gambar 3.1	Contoh desain motor listrik	25
Gambar 3.2	Komponen pengujian pendinginan motor listrik	25
Gambar 3.3	Tempat pemasangan termokopel pada simulator motor listrik.....	26
Gambar 3.4	Skema pengujian alat pendingin motor listrik menggunakan pipa kalor pulsating.....	27
Gambar 3.5	<i>Flowchart</i>	28
Gambar 3.6	Pipa kapiler	30

Gambar 3.7	Pembengkok pipa	30
Gambar 3.8	Pemotong pipa	31
Gambar 3.9	<i>Copper tube expander</i>	31
Gambar 3.10	Blander	32
Gambar 3.11	AC voltage regulator	32
Gambar 3.12	NI DAQ 9214.....	33
Gambar 3.13	NI cDAQ9174.....	33
Gambar 3.14	Power supply.....	34
Gambar 3.15	Termokopel tipe K	34
Gambar 3.16	Tang amper	35
Gambar 4.1	Sistematik desain potongan tampak samping pipa kalor pada motor listrik	39
Gambar 4.2	Desain pipa kalor	39
Gambar 4.3	Proses penekukan pipa kapiler	40
Gambar 4.4	Proses <i>brazing</i> pipa kapiler	40
Gambar 4.5	Proses pengujian kebocoran pada pipa kapiler yang sudah ditekuk.....	41
Gambar 4.6	Hasil pemasangan pada bodi pompa	42
Gambar 4.7	Proses pemasangan termokopel.....	42
Gambar 4.8	Proses pengisian fluida kerja	43
Gambar 4.9	Proses pengambilan data	44
Gambar 4.10	Grafik hubungan pipa kalor <i>pulsating</i> (evaporator dan condenser) terhadap variasi pembebanan <i>heater</i>	45
Gambar 4.11	Grafik T <i>inner</i> dan T <i>outer</i> pada simulator listrik akibat variasi pembebanan <i>heater</i>	46
Gambar 4.12	Grafik hubungan temperatur <i>inner</i> dan <i>outer</i> motor listrik terhadap variasi beban kalor tanpa menggunakan pipa kalor.....	47
Gambar 4.13	Grafik perbandingan menggunakan pendinginan pipa kalor dan tidak.....	48
Gambar 4.14	Grafik temperatur motor listrik menggunakan <i>pulsating heat pipe</i>	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pelaksanaan kegiatan.....	29
-------------------------------------	----

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data *temperature* pipa kalor akibat perubahan variasai daya *heater* 30 Watt.
- Lampiran 2. Data *temperature* pipa kalor akibat perubahan variasai daya *heater* 60 Watt.
- Lampiran 3. Data *temperature* pipa kalor akibat perubahan variasai daya *heater* 90 Watt.
- Lampiran 4. Data *temperature* pipa kalor akibat perubahan variasai daya *heater* 120 Watt
- Lampiran 5. Data *temperature* pipa kalor akibat perubahan variasai daya *heater* 150 Watt
- Lampiran 6. Data *temperature* simulator motor listrik pada bagian *inner* dan *outer* untuk penggunaan dengan *heat pipe* diberikan daya 30 Watt.
- Lampiran 7. Data *temperature* simulator motor listrik pada bagian *inner* dan *outer* untuk penggunaan dengan *heat pipe* diberikan daya 60 Watt.
- Lampiran 8. Data *temperature* simulator motor listrik pada bagian *inner* dan *outer* untuk penggunaan dengan *heat pipe* diberikan daya 90 Watt.
- Lampiran 9. Data *temperature* simulator motor listrik pada bagian *inner* dan *outer* untuk penggunaan dengan *heat pipe* diberikan daya 120 Watt.
- Lampiran 10. Data *temperature* simulator motor listrik pada bagian *inner* dan *outer* untuk penggunaan dengan *heat pipe* diberikan daya 150 Watt.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor listrik merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak, melalui proses transfer energi tanpa terhubung secara elektrik namun terhubung secara magnetis (Nurhalimah, 2018). Secara umum, motor listrik terbagi atas dua bagian komponen utama yaitu, stator dan rotor, yang di dalamnya dialiri arus listrik untuk menghasilkan keluaran berupa gerakan atau rotasi pada rotor. Arus dan resistansi listrik pada kumparan dalam proses konversi energi yang terjadi pada motor listrik meningkatkan temperatur kerjanya. Sebuah motor listrik akan bekerja optimal dengan temperatur kerja tertentu, yang apabila dalam pengoperasian motor listrik telah melebihi temperatur kerja, akan menurunkan performa dari motor listrik tersebut (Nurhalimah, 2018).

Secara umum suhu operasi ideal motor listrik adalah berkisar $60 - 80^{\circ}\text{C}$, akan tetapi pada kenyataannya dapat mencapai suhu 100°C (Nurhalimah, 2018). Untuk itu diperlukan sistem pendingin yang dapat menurunkan suhu operasional hingga mencapai suhu optimal dari motor listrik. Selama ini sistem pendingin motor listrik adalah menggunakan aliran udara dengan bantuan sirip pada dinding casing motor listrik. Metode pendinginan seperti ini dinilai kurang efektif karena kemampuan udara dalam mengeluarkan panas kurang baik. Untuk mengatasi kekurangan tersebut diperlukan sebuah metode pendinginan alternatif yang efektif yaitu salah satunya adalah dengan menggunakan teknologi pipa kalor. Teknologi pipa kalor saat ini telah dikembangkan pada berbagai penelitian dalam mengembangkan sistem manajemen termal pada peralatan listrik. Hal ini disebabkan kemampuan pipa kalor yang dapat melakukan perpindahan panas dengan jauh lebih cepat dibandingkan dengan konduktor biasa.

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 tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari pemaparan diatas maka penulis mengambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah desain sistem pendinginan motor listrik yang menggunakan pipa kalor jenis *pulsating*.
2. Bagaimanakah hasil pengujian penggunaan pipa kalor jenis *pulsating* pada simulastor motor listrik dengan variasi beban kalor yang diberikan.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini batasan masalah ini sistem pendinginan diuji pada simulator motor listrik yang dibuat menggunakan bahan logam (konduktor) yang dibentuk menyerupai bagian stator motor listrik. Bagian tengah silinder diberikan *cartridge heater*. Beban kalor diberikan oleh *heater* divariasikan antara 30 -150 Watt. Pengujian dilakukan hanya dengan mengamati kinerja temperatur dari pipa kalor terhadap beban kalor yang diberikan oleh simulator.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui desain dan pembuatan pendinginan motor listrik menggunakan pipa kalor jenis *pulsating*.

2. Mengetahui kinerja sistem pendinginan motor listrik menggunakan pipa kalor jenis *pulsating*.

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*.

1.5.1 Bagi penulis

- a. Meningkatkan pengetahuan mengenai sistem pendingin pipa kalor.
- b. Meningkatkan pengetahuan mengenai jenis sistem pendinginan bukan hanya menggunakan sistem kompresi uap tetapi ada juga yang menggunakan sistem pipa kalor.
- c. Meningkatkan pengetahuan mengenai sistem pendingin yang digunakan untuk membuang kalor.

1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali

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

1.5.3 Bagi masyarakat

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

BAB V

KESIMPULAN DAN 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 menunjukkan bahwa pipa kalor mampu mendinginkan simulator motor listrik pada beban kalor 30 Watt sebesar 13,7 °C dengan hambatan *thermal* sebesar 0,27 °C/W. Pada beban 60, 90, 120 dan 150 Watt mampu menurunkan masing-masing temperatur simulator motor listrik sebesar 29,4 °C, 38,7 °C, 46,1 °C dan 52,0 °C. Demikian juga berturut-turut hambatan *thermal* yang dihasilkan yakni 0,15 °C/W, 0,13 °C/W, 0,12 °C/W dan 0,11 °C/W. Sehingga semakin besar beban kalor yang diberikan hambatan *thermal* pada pipa kalor jenis *pulsating* semakin turun.

5.2 Saran

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

1. Pada proses pengisian *pulsating heat pipe* harus memperhatikan volume pengisian dengan benar, khususnya apabila fluida kerja yang digunakan cepat menguap. Hal ini dapat menimbulkan volume pengisian fluida kerja menjadi kurang akurat. Maka saran dari penulis ialah mendesain alat pengisian fluida kerja agar meminimalisir terjadinya penguapan pada fluida kerja.

2. Pada proses vakum *pulsating heat pipe*, sangat mudah sekali terjadinya kebocoran, baik pada alat pengisian maupun *pulsating heat pipe* itu sendiri. Oleh karena itu *seal oring* harus selalu digunakan dan dipastikan dalam keadaan baik.
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.
5. 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.
6. 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

- APRIANINGSIH, N. (2018). APLIKASI PILING 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*.
- 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.
- 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.
- H. Alief.M, Didik.A, Inawati. 2013. Sistem motor listrik. Analisa Kondisi Generator Transformer Menggunakan Metode Thermograph. 25 (5): 7-17.
- Gieras.J.F. 2017. *Electrical Machines. Fundamentals of Electromechanical Energy Conversion*. 25 (6): 212-213.
- Sahdev. K.S. 2018. *Electrical Machines*. Cambridge University Press. New York-USA.
- 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.
- 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.
- Sinaga. J, Jumari, Sitompul. M. 2020. Studi Sistem Proteksi Motor Listrik pada Sistem Pendingin. *Jurnal Teknologi Energi UDA*. 9 (1): 20-30.
- Bhatt, A. 2004. Heat Pipes for Electronics Cooling. *International Journal of Refrigeration*. 11 (1): 1-21.

- 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.

LAMPIRAN