

PROYEK AKHIR

**RANCANG BANGUN SIMULASI SISTEM PENDINGIN
DENGAN METODE PASIF PADA SISTEM PEMANAS**



Oleh

I GUSTI NGURAH PUTU JONI PRATAMA

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

PROYEK AKHIR

**RANCANG BANGUN SIMULASI SISTEM
PENDINGIN DENGAN METODE PASIF PADA
SISTEM PEMANAS**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I GUSTI NGURAH PUTU JONI PRATAMA
NIM. 2115213018

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SIMULASI SISTEM PENDINGIN DENGAN METODE PASIF PADA SISTEM PEMANAS

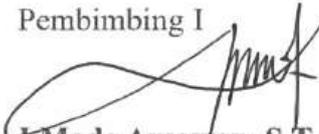
Oleh

I GUSTI NGURAH PUTU JONI PRATAMA
NIM. 2115213018

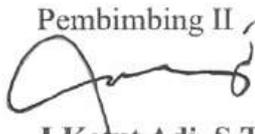
Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Pendidikan
Program D3 pada Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh:

Pembimbing I


I Made Arsawan, S.T., M.Si.
NIP. 197610241998031003

Pembimbing II


I Ketut Adi, S.T., M.T.
NIP. 196308251991031001

Disahkan oleh:
Ketua Jurusan Teknik Mesin


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



LEMBAR PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN SIMULASI SISTEM PENDINGIN DENGAN METODE PASIF PADA SISTEM PEMANAS

Oleh

I GUSTI NGURAH PUTU JONI PRATAMA

NIM. 2115213018

Proyek Akhir ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima
untuk dapat cetak sebagai Buku Proyek Akhir pada hari/tanggal:
Senin, 19 Agustus 2024

Tim Penguji

Penguji I : I Made Agus Putrawan, S.T.,MT.

NIP : 198606132019031012

Penguji II : Dr.Ir. I Ketut Gede Juli Suarbawa, M.Erg.

NIP : 196607111993031003

Penguji II : Ir. I Putu Sastra Negara, M.Si.

NIP : 196605041994031003

Tanda Tangan



(.....)



(.....)



(.....)

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : I Gusti Ngurah Putu Joni Pratama
NIM : 2115213018
Program Studi : D3 Teknik Mesin
Judul Proyek Akhir : RANCANG BANGUN SIMULASI SISTEM
PENDINGIN DENGAN METODE PASIF PADA
SISTEM PEMANAS

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

Badung, 19 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan ini



I Gusti Ngurah Putu Joni Pratama

NIM. 2115213018

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Buku proyek akhir ini, 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 terimakasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Bapak I Nyoman Abdi, S.E., M.e.Com., 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 I Wayan Suastawa, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin
5. Bapak I Made Arsawan, S.T., M.Si., selaku dosen pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan dan semangat kepada penulis, sehingga Buku Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
6. Bapak I Ketut Adi, S.T., M.T., 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 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 terimakasih banyak untuk kakak/adik yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada penulis.

10. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Proyek Akhir tahun 2024 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 hingga penulis dapat menyelesaikan Buku Proyek Akhir ini.
12. Serta banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi / Buku Proyek Akhir yang tidak bisa dipeneliti sebutkan satu persatu Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.
Semoga Buku Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada pihak civitas akademik Politeknik Negeri Bali.

Badung, 19 Agustus 2024

I Gusti Ngurah Putu Joni Pratama

ABSTRAK

Konsumsi penggunaan bahan bakar fosil terutama minyak bumi dan gas setiap tahunnya bertambah. Berdasarkan hasil *survey* lembaga riset IEA (*International Energy Agency*) pada tahun 2015 bahan bakar fosil mencapai angka 97 juta barel per hari, yang mana dalam waktu satu tahun penggunaannya mencapai 35 miliar barel per tahun. Penggunaan bahan bakar minyak secara massal dan terus menerus juga berdampak terhadap lingkungan, salah satu inovasi kendaraan ramah lingkungan yang populer adalah kendaraan listrik. Jika dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar minyak, kendaraan listrik memiliki beberapa kelebihan, diantaranya kendaraan listrik tidak menghasilkan emisi dapat mengurangi emisi gas rumah kaca karena tidak menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber utamanya.

Pengembangan kendaraan listrik masih terkendala oleh terjadinya *overheat* pada kendaraan listrik, yang diakibatkan oleh kinerja baterai. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah sistem pendingin baterai kendaraan listrik dengan pemanfaatan pendinginan pasif yang menggunakan *phase change material* (PCM) sebagai media pendinginan.

Penelitian ini dirancang menggunakan metode *experiment*, di mana akan dibuat sebuah sistem pendingin baterai dengan PCM. Baterai kendaraan listrik akan diselimuti dengan wadah yang terbuat dari material PCM yang berupa parafin dan TiO₂. Sebelum material komposit PCM digunakan sebagai material pendingin baterai, kandidat PCM yang berupa parafin dan TiO₂ dicampur dengan beberapa variasi campuran dengan tujuan mendapatkan karakteristik material PCM yang baik digunakan sebagai media pendingin. Dari hasil penelitian yang didapat pemanfaatan PCM sebagai media pendingin baterai dapat memberikan penurunan temperatur baterai yang lebih baik dari pada tanpa menggunakan pendinginan PCM. Penambahan TiO₂ 5% pada parafin dapat menjaga temperatur baterai dibawah 45°C.

Kata kunci : Pendingin baterai, *phase change material* ,pasif, kendaraan listrik.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF COOLING SYSTEM SIMULATION USING PASSIVE METHODS IN HEATING SYSTEMS

ABSTRACT

Consumption of fossil fuels, especially oil and gas, increases every year. Based on the results of a survey by the IEA (International Energy Agency) research institute in 2015, fossil fuels reached 97 million barrels per day, where in one year the use reached 35 billion barrels per year. The mass and continuous use of fuel oil also has an impact on the environment, one of the popular environmentally friendly vehicle innovations is electric vehicles. When compared to oil-fueled vehicles, electric vehicles have several advantages, including that electric vehicles do not produce emissions and can reduce greenhouse gas emissions because they do not use fossil fuels as their main source.

The development of electric vehicles is still hampered by overheating in electric vehicles, which is caused by battery performance. This research aims to create an electric vehicle battery cooling system using passive cooling that uses phase change material (PCM) as a cooling medium.

This research was designed using an experimental method, where a battery cooling system with PCM will be created. Electric vehicle batteries will be covered in a container made of PCM material in the form of paraffin and TiO₂. Before the PCM composite material is used as a battery cooling material, the PCM candidate in the form of paraffin and TiO₂ is mixed with several variations of the mixture with the aim of obtaining characteristics of the PCM material that are good for use as a cooling medium. From the research results obtained, the use of PCM as a battery cooling medium can provide a better reduction in battery temperature than without using PCM cooling. The addition of 5% TiO₂ to paraffin can maintain battery temperature below 45°C.

Keywords: *Battery cooling, phase change material, passive, electric vehicles.*

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan anugerah-Nya, atas selesainya penulisan Buku Proyek Akhir. Disusun untuk melengkapi salah satu syarat bagi Mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

Penulisan Buku Proyek Akhir ini sangat mempunyai banyak kekurangan karena terbatasnya pengetahuan, oleh karena itu peneliti sangat mengharapkan kritik, saran serta masukan dan koreksi yang sifatnya membangun untuk perbaikan Buku Proyek Akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak I Made Arsawan, S.T.,M.Si. Selaku Dosen Pembimbing I dan juga bapak I Ketut Adi, S.T.,M.T. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah membantu membimbing penulis selama penyusunan Buku Proyek Akhir ini, dan juga ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penulisan Buku Proyek Akhir ini secara langsung maupun tidak langsung.

Akhirnya semoga Buku Proyek Akhir ini dapat berguna bagi seluruh pihak, dan akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Badung, 13 Agustus 2024

I Gusti Ngurah Putu Joni Pratama

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	ii
Lembar Pengesahan	iii
Lembar Persetujuan.....	iv
Surat Pernyataan Bebas Plagiat.....	v
Ucapan Terima Kasih	vi
Abstrak	viii
Kata Pengantar	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel.....	xiv
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Lampiran	xvii
BAB I PENDAHULUAN	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
1.5.1 Manfaat bagi Penulis :.....	4
1.5.2 Manfaat bagi Institusi Politeknik Negeri Bali.....	4
1.5.3 Manfaat bagi Masyarakat.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Rancang Bangun	5
2.2 Simulasi.....	6
2.3 Mobil Listrik	6

2.4 Plat Alumunium	7
2.5 Baterai Mobil Listrik.....	8
2.5.1 Jenis-Jenis Baterai Mobil Listrik	8
2.6 Metode Pasif dan Komponen – Komponen simulasi Sistem Pendingin.....	11
2.6.1 <i>Phase Change Material</i> (PCM)	12
2.6.2 Simulasi pemanas.....	15
2.6.3 Termostat.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Jenis Penelitian.....	17
3.2 Model Rancangan.....	18
3.2.1 Rancangan Sebelumnya	18
3.2.2 Rancangan yang diusulkan.....	19
3.3 Alur Penelitian.....	20
3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	22
3.4.1 Lokasi penelitian	22
3.4.2 Waktu penelitian.....	22
3.5 Penentuan Sumber Data	23
3.6 Sumber Daya Penelitian.....	23
3.7 Instrumen Penelitian.....	23
3.8 Prosedur Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil	26
4.1.1 Prinsip kerja alat	26
4.1.2 Pembuatan alat.....	27
4.1.3 Pengujian alat	35
4.1.4 Data Hasil Pengujian	37
4.2 Pembahasan	41
4.2.1 Pengaruh pendinginan pasif pada simulasi baterai kendaraan listrik.....	41
BAB V PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran	44

DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Penelitian.....	22
Tabel 3.2 Hasil pendinginan (temperatur 40°C - 45°C).....	25
Tabel 4.1 Data hasil pengujian temperatur terhadap waktu tanpa pendingin	37
Tabel 4.2 Data hasil pengujian temperatur terhadap waktu dengan PCM parafin murni	38
Tabel 4.3 Data hasil pengujian temperatur terhadap waktu dengan PCM parafin 98% + TiO ₂ 2%	39
Tabel 4.4 Data hasil pengujian temperatur terhadap waktu dengan PCM parafin 95% + TiO ₂ 5%	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mobil listrik.....	7
Gambar 2.2 Plat aluminium	7
Gambar 2. 3 Baterai mobil Listrik	8
Gambar 2. 4 Baterai Li-lon	8
Gambar 2. 5 Baterai Ni-Mh	9
Gambar 2. 6 Baterai lead acid.....	9
Gambar 2. 7 Baterai <i>Solid State</i>	10
Gambar 2. 8 Baterai Ni-CAD.....	10
Gambar 2. 9 <i>Ultracapacitor</i>	11
Gambar 2. 10 Tio2	13
Gambar 2. 11 Paraffin	14
Gambar 2. 12 Alat simulasi pemanas.....	15
Gambar 2. 13 Termostat.....	15
Gambar 3.1 Rancangan sebelumnya.....	18
Gambar 3.2 Rancangan yang Diusulkan.....	19
Gambar 3.3 Alur Penelitian.....	21
Gambar 4. 1 Hasil Rancangan.....	27
Gambar 4. 2 Pemotongan plat aluminium.....	28
Gambar 4. 3 Proses penambahan kawat agar box PCM lebih kokoh	28
Gambar 4. 4 Proses pengeleman menggunakan lem silent.....	29
Gambar 4. 5 Proses merangkai alat pemanas.....	30
Gambar 4. 6 Proses memotong besi hollow dan besi L siku.....	30
Gambar 4. 7 Proses mengelas semua bagian frame	31
Gambar 4. 8 Proses menghaluskan permukaan sisa-sisa pengelasan	31
Gambar 4. 9 Proses pembuatan tempat termostat menggunakan plat aluminium	32
Gambar 4. 10 Proses pendempulan pada permukaan yang habis di haluskan.....	32
Gambar 4. 11 Proses mengamplas agar permukaan lebih halus pada frame	33

Gambar 4. 12 Proses pengecatan pada frame.....	33
Gambar 4. 13 Proses perakitan komponen komponen pada frame	33
Gambar 4. 14 Proses mengukur jumlah material PCM dengan electronic balance	34
Gambar 4. 15 Pencampuran material PCM menggunakan thermoscientific	34
Gambar 4. 16 Proses pengujian alat.....	36
Gambar 4. 17 Grafik perbandingan hasil keseluruhan data pengujian	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Form Bimbingan Proyek Akhir Tahun Akademik 2023/2024
pembimbing I

Lampiran 2 : Form Bimbingan Proyek Akhir Tahun Akademik 2023/2024
pembimbing II

Lampiran 3 : Desain Rancang Bangun Proyek Akhir

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini, teknologi telah menjadi integral dalam kehidupan manusia, membantu memfasilitasi berbagai kegiatan sehari-hari. Kehadiran teknologi telah menjadi hal yang biasa dan membantu secara signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, mulai dari rumah tangga, industri, transportasi, konsumsi, hingga kesehatan. Manusia telah terbiasa dengan kenyamanan yang ditawarkan oleh teknologi, dan perkembangannya telah mencakup berbagai sektor kehidupan, memperkaya pengalaman dan meningkatkan efisiensi dalam berbagai aktivitas.

Industri otomotif adalah bidang yang mempelajari sistem kendaraan, termasuk perencanaan, pengembangan, produksi, dan pemeliharaannya. Salah satu tren terbaru di Indonesia adalah meningkatnya minat terhadap kendaraan bertenaga listrik. Kendaraan listrik adalah kendaraan yang menggunakan motor listrik dan disuplai energi dari baterai.

Peningkatan kadar CO₂ yang berasal dari hasil sisa gas buang dari kendaraan disetiap tahunnya serta terbatasnya sumber daya fosil untuk masa depan mendorong produsen mobil untuk mengembangkan kendaraan berbahan bakar listrik sebagai kendaraan masa depan. Pengembangan terus dilakukan di berbagai sektor, salah satunya pada sistem penyimpanan energi yaitu baterai. Peningkatan kapasitas baterai dan mempertahankan kapasitasnya menjadi tujuan utama dalam pengembangan sektor ini untuk mendorong mobil listrik menjadi mobil masa depan. Pada penelitian ini, pemanfaatan *heat pipe* dan PCM sebagai media pendingin pasif pada baterai membuat temperatur baterai dapat dijaga, sehingga baterai tidak mengalami kelebihan temperatur yang menyebabkan degradasi kapasitas. Penelitian ini bertujuan untuk melihat efektivitas *heat pipe* dalam menjaga temperatur baterai dan untuk mendapatkan jenis PCM terbaik *beeswax* dan RT 44 HC sebagai sistem pendingin baterai. Mengingat temperatur baterai harus

dijaga pada rentang 25-55°C, pemanfaatan *heat pipe* berbentuk L pada baterai dapat mempengaruhi temperatur baterai. Penurunan temperatur dapat mencapai 26.62°C pada 60 watt energi panas dari baterai bila dibandingkan jika tidak menggunakan apapun. Ketika PCM dikombinasikan dengan *heat pipe* menunjukkan performa yang jauh lebih baik. Penurunan temperatur baterai dapat mencapai 31.93°C ketika beeswax digabungkan dengan *heat pipe* sebagai media pendingin baterai. Sedangkan ketika RT 44 HC digabungkan dengan *heat pipe*, penurunan temperatur dapat mencapai 33.42°C. Oleh karena itu PCM terbaik adalah RT 44 HC yang memiliki temperatur leleh pada temperatur kerja baterai yang direkomendasikan, sehingga kalor laten dari PCM dapat dimanfaatkan. Kombinasi antara *heat pipe* dan PCM dapat menurunkan temperatur baterai lebih banyak karena *heat pipe* melepaskan energi panas ke udara, dan PCM menyerapnya. (Menurut Adjie Fahrizal Sandi, dkk. 2018)

Berdasarkan pengalaman sebelumnya, rancang bangun sistem pendingin baterai kendaraan listrik perlu ditingkatkan untuk mengatasi kekurangan yang terjadi. Salah satu kekurangan yang perlu diperbaiki adalah dalam proses pembuatan *Phase Change Material* (PCM), terutama pada tahap pembakaran karbon yang tidak optimal atau masih memiliki kekurangan. Selain itu, proses pencampuran berbagai material untuk pembuatan PCM juga masih memiliki kelemahan. Dengan mempertimbangkan masalah tersebut, penulis memiliki ide untuk mengembangkan alat rancang bangun sistem pendingin baterai kendaraan listrik dengan metode pasif.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang ditemukan antara lain:

1. Bagaimana Rancangan atau desain dari sistem pendinginan Kendaraan listrik dengan metode Pendinginan pasif ?
2. Bagaimana kinerja dari sistem pendinginan pasif sehingga dapat menjaga suhu normal dari baterai mobil listrik?.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini akan menyelidiki pengaruh pemanfaatan menggunakan metode Pasif, dalam bentuk pendinginan baterai yang akan digunakan pada motor listrik. Material dan komponen yang digunakan pada rancang bangun proyek ini yaitu PCM (Parafin dan TiO_2).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang diangkat untuk menjawab rumusan masalah dibagi menjadi tujuan umum dan tujuan khusus yaitu:

1.4.1 Tujuan Umum

Adapun tujuan umum yang ingin dicapai dari penelitian rancang bangun yang berkaitan dengan rumusan masalah antara lain:

1. Memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Program Pendidikan Diploma III di Politeknik Negeri Bali.
2. Mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama menempuh Pendidikan Diploma III Jurusan Teknik Mesin baik secara teori, maupun praktik.
3. Menguji dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama mengikuti perkuliahan dan menerapkan ilmu tersebut ke dalam bentuk rancang bangun.

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus yang ingin dicapai dari penelitian rancang bangun yang berkaitan dengan rumusan masalah antara lain:

1. Untuk mengetahui rancangan atau desain dari Sistem Pendingin Baterai pada Kendaraan Listrik Menggunakan Metode Pendinginan pasif.
2. Memahami kinerja dari sistem pendinginan pasif sehingga dapat menjaga suhu dari baterai mobil listrik.

1.5 Manfaat Penelitian

Penulisan Buku Proyek Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis/mahasiswa, institusi, serta masyarakat. Manfaat dari penulisan Buku Proyek Akhir ini yakni:

1.5.1 Manfaat bagi Penulis :

Rancang bangun ini sebagai sarana untuk menerapkan ilmu yang sudah di dapat selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, agar dapat mengembangkan ide ide atau gagasan dan menerapkan langsung berdasarkan permasalahan yang sering kita temui sehari-hari.

1.5.2 Manfaat bagi Institusi Politeknik Negeri Bali

Bagi perguruan tinggi, manfaat yang akan didapatkan berkaitan dengan perwujudan Tri Dharma perguruan tinggi yang ketiga. Keyakinan masyarakat terhadap Politeknik Negeri Bali pada rekayasa teknologi juga semakin kuat, sehingga Politeknik Negeri Bali dapat turut serta dalam penyelesaian masalah yang biasa ditemukan dalam kehidupan masyarakat.

1.5.3 Manfaat bagi Masyarakat

Manfaat yang didapatkan dari hasil rancang bangun ini yaitu dapat membantu masyarakat dalam mengurangi pencemaran lingkungan, karena telah mendorong penggunaan mobil listrik serta membantu masyarakat dalam mengatasi baterai mobil listrik mengalami *overheat* dengan menggunakan sistem pendingin pasif.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun alat simulasi sistem pendingin sistem pemanas dengan metode pasif berbasis PCM (*Phase Change Material*) dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi alat simulasi sistem pemanas berbasis PCM (*Phase Change Material*) adalah sebagai berikut :
 - a. Simulasi sistem pemanas yang digunakan menggunakan plat alumunium yang dibentuk dengan ukuran 45mm X 140mm, dan didalamnya berisikan 2 *heater magicom*.
 - b. Rangka menggunakan besi hollow 30mm X 30mm dengan panjang 265mm X 150mm dan besi siku 30mm X 30mm dengan Panjang 259mm X 144mm
 - c. *Phase change material* (PCM) dibuat dengan 2 campuran, antara parafin dan TiO₂ dengan wadah yang terbuat dari alumunium
- 2 Berdasarkan hasil pengujian tiga material PCM yang digunakan untuk sistem pemanas, ditemukan bahwa campuran parafin 95% + TiO₂ 5% mencapai temperatur maksimal di 36,025°C. Suhu ini berada di bawah batas normal sistem pemanas (di bawah 45°C). Oleh karena itu, campuran parafin 95% + TiO₂ 5% merupakan pilihan yang paling cocok untuk digunakan dalam aplikasi pendinginan sistem pemanas, Berdasarkan hasil kinerja dari PCM dengan campuran material parafin 95% + TiO₂ 5% memiliki hasil yang terbaik diantara 3 campuran material yaitu memiliki sifat menyerap panas yang lebih baik dibandingkan dengan material lainnya.

5.2 Saran

Setelah melakukan perakitan pada alat simulasi sistem pemanas berbasis PCM (*Phase Change Material*), dapat diperoleh saran sebagai berikut.

1. Perhatikan dengan baik dan jangan sampai membuat kesalahan ketika meneliti atau mencampur bahan PCM (*Phase Change Material*).
2. Pada penelitian berikutnya, diharapkan untuk melakukan pemilihan material yang baik agar mendapat hasil yang maksimal
3. Pastikan menggunakan alat pelindung diri, untuk memastikan keamanan bila terjadi kecelakaan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Pesaran, J. Gonder (2006). "Recent Analysis of UCAPs in Mild Hybrids".
- Angkasa, Z., Angrini, S. N., Febrina, S.E., Iskandar. 2023. Tinjauan Literatur. *Pemakaian Teknik Pendinginan Pasif dalam Mitigasi Urban Heat Island (UHI)*. 7 (1). 130-136.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest A Primer. USA: FAO.
- Crompton, T.R. (2000). Battery Reference Book (edisi ke-3). Newnes, Boston.
- Ervan, Kadek. 2020. Perpindahan Panas. Jimbaran: Perpindahan Panas.
- Goodman, Marty (1997). "Lead-Acid or NiCd Batteries?". Terdapat pada: https://www.sheldonbrown.com/marty_sla-nicad.html. Diakses tanggal 18 Januari 2024
- Law, Kelton. 1991. Simulation Modeling and Analysis (edisi ke-2). McGraw Hill Inc, New York, USA.
- Pistoia, G. (2005). Batteries for Portable Devices. Elsevier, Amsterdam
- R. S. Pressman, Software Engineering A Practitioner's Approach 7th Ed - Roger S. Pressman.2009.
- Reddy, T. (2010). Linden's Handbook of Batteries (edisi ke-4). McGraw Hill Education, New York.
- Reuters (2007). "Mitsubishi Heavy to make lithium-ion car batteries". Terdapat
- Sandi,.F.2018.Pemanfaatan *Phase Change Material* (PCM) Dan *heat pipe* sebagai sistem pendingin pasif pada simulator baterai mobil. Skripsi Universitas Indonesia.
- Schweber, B. (2015). "Lithium Batteries: The Pros and Cons". GlobalSpec. Terdapat pada:<http://electronics360.globalspec.com/article/5555/lithium-batteries-the-pros-and-cons>. Diakses tanggal 19 Januari 2023.
- Toyota (2014). "Highlander Hybrid - Hybrid Vehicle Dismantling Manual".