



TUGAS AKHIR – LI1956404

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN
MOTOR BLDC BERBASIS RADIATOR DAN
WATER COOLANT DENGAN *CONTROLLER*
ARDUINO SERTA PROTEKSI *OVER*
*TEMPERATURE***

Oleh:

Farhan

NRP. 33112301022

Dosen Pembimbing:

Bayu Praharsena, S.ST., M.T. Pembimbing I

Aries Alfian Prasetyo, S.Pd., M. Kom. Pembimbing II

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LSITRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026



TUGAS AKHIR – LI1956404

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN
MOTOR BLDC BERBASIS RADIATOR DAN
WATER COOLANT DENGAN *CONTROLLER*
ARDUINO SERTA PROTEKSI *OVER*
*TEMPERATURE***

Oleh:

Farhan

NRP. 33112301022

Dosen Pembimbing:

Bayu Praharsena, S.ST., M.T. Pembimbing I

Aries Alfian Prasetyo, S.Pd., M. Kom. Pembimbing II

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Politeknik Negeri Madura, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi:

Nama : Farhan
NRP : 33112301022
Program Studi : D3 Teknik Listrik Industri
Jurusan : Teknologi Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pendingin Motor BLDC Berbasis Radiator Dan *Water Coolant* Dengan *Controller* Arduino Serta Proteksi *Over Temperature*”:

Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.

Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar

sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.

- ☐ Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Sampang, 1 Juli 2026


Farhan
NRP. 33112301022

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN MOTOR BLDC BERBASIS DAN *WATER COLLANT* DENGAN *CONTROLLER ARDUINO* SERTA PROTEKSI *OVER* *TEMPERATURE*

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelara Ahli Madya Teknik (A.Md.T.)

Pada
Jurusan Teknologi Elektro
Politeknik Negeri Madura

Oleh:
FARHAN
NRP. 33112301022

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 5 Agustus 2026
dan telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Bayu Praharsena, S.ST., M.T. (Pembimbing 1)
2. Aries Alfian Prasetyo, S.Pd., M.Kom. (Pembimbing II)
3. Muhammad Furqon, M.T. (Penguji I)
4. Nurir rohmah, S.S., M.Ed. (Penguji II)
5. Achmad Afandi, M.Tr.T. (Penguji III)

Sampang
5 Agustus 2026

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : **PROPOSAL TUGAS AKHIR**
Sistem Berbasis Sensor PAMG dan Motor BLDC
Berbasis Radiator dan Water Coolant dengan
Kontroller Arduino Serta Proteksi Over Temperature

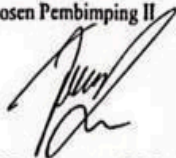
Penulis : Farhan
NRP : 33112301022
Program Studi : DIII Teknik Listrik Industri
Jurusan : Teknologi Elektro

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan.

Ditandatangani di Gedung A, Politeknik Negeri Madura.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



Aries Alfian Prasetyo, S.Pd., M.Kom.
NIP. 199103302020121004

Dosen Pembimbing I



Bayu Praharsena, S.ST., M.T.
NIP. 199405312019031009

Koordinator Program Studi

Teknik Listrik Industri



Bayu Praharsena, S.ST., M.T.
NIP. 199405312019031009

Ketua Jurusan

Teknologi Elektro



Mohammad Nur, S.Si., M.T., NIP.
198605082019031007



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

ABSTRAK



POLTERA



**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN MOTOR
BLDC BERBASIS RADIATOR DAN *WATER*
COOLANT DENGAN KONTROLER ARDUINO
SERTA PROTEKSI OVER TEMPERATURE**

Nama : Farhan

NRP :33112301022

Dosen Pembimbing 1 : Bayu Praharsena, S.ST., M.T.

Dosen Pembimbing 2 : Aries Alfian Prasetyo, S.Pd., M.Kom.

ABSTRAK

Motor *Brushless* DC (BLDC) merupakan komponen utama pada kendaraan listrik yang memiliki keunggulan dalam efisiensi dan tenaga, namun memiliki kerentanan terhadap panas berlebih (*overheating*) saat beroperasi dengan beban berat. Akumulasi panas pada lilitan stator dan magnet dapat menurunkan torsi, memboroskan konsumsi baterai, hingga menyebabkan kerusakan permanen pada komponen motor. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem pendingin otomatis berbasis cairan (*water coolant*) dan radiator yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino. Sistem ini bekerja dengan

memantau suhu motor secara *real-time* menggunakan sensor suhu DS18B20. Mekanisme pendinginan dilakukan melalui *water jacket* yang menyerap panas dari motor, kemudian dialirkan oleh pompa menuju radiator untuk didinginkan oleh kipas. Arduino bertindak sebagai pusat kendali yang mengaktifkan pompa dan kipas secara bertahap: pompa aktif saat suhu mencapai 45°C dan kipas menyala pada 60°C. Selain itu, alat ini dilengkapi fitur proteksi *over-temperature* yang akan memutus aliran listrik ke motor jika suhu mencapai batas ekstrem 100°C guna mencegah kerusakan fatal. Hasil dari rancang bangun ini diharapkan dapat meningkatkan stabilitas performa motor, memperpanjang usia pakai komponen, serta memberikan sistem keamanan yang lebih responsif bagi pengguna kendaraan listrik.

Kata Kunci: Motor BLDC, Arduino, *Water Cooling*,
Radiator, *Over-temperature Protection*



ABSTRACT

***DESIGN OF A BLDC MOTOR COOLING SYSTEM
BASED ON A RADIATOR AND WATER COOLANT
WITH AND ARDUINO CONTROLLER AND OVER
TEMPERATURE PROTECTION***

Name :Farhan
NRP :33112301022
Supervisor 1 :Bayu Praharsena, S.ST., M.T.
Supervisor 2 :Aries Alfian Prasetyo, S.Pd., M.Kom.

ABSTRACT

The Brushless DC (BLDC) motor is a primary component in electric vehicles, offering high efficiency and power, yet it remains vulnerable to overheating during heavy- load operations. Heat accumulation in the stator windings battery consumption and cause permanent component damage. This research aims to design and implement an automatic cooling system based on water coolant and a radiator, controlled by an Arduino microcontroller. The system monitors the motor's temperature in real-time using a DS18B20 temperature sensor. The cooling mechanism utilizes a water jacket to

absorb heat from the motor, which is then circulated by a pump to a radiator for cooling via a fan. The Arduino acts as a control center that activates the pump and fan sequentially: the pump starts at 45°C, and the fan activates at 60°C. Additionally, the device features an over-temperature protection system that cuts off the power supply to the motor if the temperature reaches an extreme limit of 100°C. The results of this design are expected to enhance motor performance stability, extend component lifespan, and provide a more responsive safety system for electric vehicle users.

Keywords: BLDC Motor, Arduino, Water Cooling, Radiator, Over-temperature Protection.



KATA PENGANTAR



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat, petunjuk, dan karunia-Nya, proposal Tugas Akhir yang berjudul **(rancang bangun sistem pendingin motor *BLDC* berbasis radiator dan *water coolant* dengan kontroler arduino dan proteksi *temperature*)**" ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusunan proposal ini merupakan salah satu syarat akademis yang harus ditempuh guna meraih gelar [pendidikan Diploma-3 Program Studi Teknik Listrik Industri jurusan Teknologi Elektro di Politeknik Negeri Madura.]

Laporan TA ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari orang-orang yang berada di sekitar penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Laily Ulfiyah, S.T., MT., Direktur Politeknik Negeri Madura .
2. M. Musta'in, S.T., MT., Wakil Direktur Bidang Akademik.
3. Mohammad Nur, S.S.i.,M.T., Ketua Jurusan Teknologi Elektro

4. IbrahimSaiful Millah, M.T, Sekretaris Jurusan
Teknologi Elektro
5. Bayu Praharsena, S.ST., M.T, Koordinator Program
Studi Teknik Listrik Industri
6. Bayu Praharsena, S.ST., M.T, Pembimbing I
7. Aries Alfian Prasetyo, S.Pd., M.Kom, Pembimbing II
8. Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah melayani mahasiswa selama penulis menempuh pendidikan di Politeknik Negeri Madura.
9. Kedua Orang Tua Tercinta, halo ayah (Abd mu'en) hai ibu malaikat hidupku (sutimah) alunan doa tulus yang senantiasa tak pernah putus, kasih sayang yang hangat tanpa batas, serta pengorbanan luar biasa yang selalu menjadi penjas di kala lelah dan pembakar semangat terbaik dalam hidup penulis. Terima kasih telah selalu menjadi rumah untuk pulang dan percaya pada setiap langkah penulis.
10. Teman-teman seperjuangan angkatan vaiking 12 khususnya TLI 12 B yang senantiasa hadir membawa ceria, memberikan dukungan moral, dan menjadi tempat berbagi keluh kesah selama masa perkuliahan

ini. Terima kasih atas setiap tawa, kebersamaan, dan kehangatan yang membuat perjalanan panjang ini terasa jauh lebih ringan dan bermakna. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun akan penulis terima dengan tangan terbuka demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga proposal ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi positif, baik bagi penulis maupun bagi pembaca sekalian.

Sampang, 19 Januari 2026

Farhan
NRP. 33112301022



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG	iv
PROPOSAL TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR SIGKATAN DAN LAMBANG	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan masalah	4



Tugas Akhir TLI

Tujuan	6	Manfaat
.....1.5.....	6	
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8	
Penelitian Sebelumnya	8	
Landasan Teori	12	<i>Water</i>
<i>Jack</i>	13	
Motor BLDC	14	<i>Tactile</i>
<i>Switch</i>	16	Sensor Suhu /
<i>Temperature switch</i>	17	<i>LCD (Liquid Qrystal</i>
<i>Display</i>)	18	
<i>Buzzer</i>	19	<i>Relay</i>
2.2.7.....	20	
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22	
3.1 Tahapan Penelitian	22	
3.1.1 <i>Flowchart</i> Alir Penelitian	23	
3.1.2 <i>Flowchart</i> Sistem kerja alat	26	
3.1.2 Block Diagram	27	
3.1.3 Spesifikasi Alat	30	



Tugas Akhir TLI

3.2.1	Desain Rangkaian	33
3.1.4	Proses dan Prosedur Pengerjaan	33
3.1.5	Perkiraan RAB	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Hasil Perancangan Alat	36
4.2	Kalibrasi Sensor Suhu	38
4.3	Pengujian Pembacaan Sensor Suhu	39
4.3.1	Prosedur Pengujian	40
4.3.2	Hasil Pengujian	40
4.3.3	Pembahasan.....	41
4.4	Pengujian Fungsi <i>Water pump</i>	41
4.4.1	Hasil Pengujian	42
4.4.2	Pembahasan.....	42
4.5	Pengujian Fungsi <i>Colling fan</i>	43
4.5.1	Hasil pengujian	43
4.5.2	Pembahasan.....	44
4.6	Pengujian Sistem Proteksi <i>Over Temperature</i>	44
4.6.1	Hasil Pengujian	44



Tugas Akhir TLI

4.6.2	Pembahasan.....	45
4.7	Pengujian Pengaturan <i>Setpoint</i> Menggunakan <i>Push Button</i>	45
4.7.1	Hasil Pengujian	46
4.7.2	Pembahasan.....	46
4.8	Pengujian Keseluruhan Sistem	47
4.8.1	Hasil Pengujian	47
4.8.2	Pembahasan Hasil pengujian	48
4.9	Pembahasan.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		57
BIODATA PENULIS		58



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

DAFTAR TABEL



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian.....	11
Tabel 3 1 spesifikasi alat	30
Tabel 3 2 RAB	35
tabel 4 1 fungsi komponen ..	Error! Bookmark not defined.
tabel 4 2 hasil pengujian sensor suhu	40
tabel 4 3 hasil pengujian <i>water pump</i>	42
tabel 4 4 pengujian <i>colling fan</i>	43
tabel 4 5 pengujian sistem proteksi <i>over temperature</i>	44
tabel 4 6 hasil pengujian menggunakan <i>push button</i>	46
tabel 4 7 hasil pengujian seluruh sistem	47



DAFTAR GAMBAR



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 KontruksiAxialFlux.....	16
Gambar 2.2 <i>Tactile Switch</i>	17
Gambar 2.3 Sensor suhu <i>temperature</i>	18
Gambar 2.4 <i>Liquid crystal display</i>	19
Gambar 2.5 <i>Buzzer</i>	20
Gambar 2.6 <i>Relay</i>	21
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> alir penelitian	23
Gambar 3.2 <i>flowchart</i> system kerja alat	26
Gambar 3.3 Blok diagram alat	27
Gambar 3.4 Desain rangkaian	33
Gambar 4.1 Sistem pendingin.....	37
Gambar 4.2 Pengujian sensor suhu	41
Gambar 4.3 Pengujian <i>water pump</i>	42
Gambar 4.4 Pengujian colig fan	43
Gambar 4.5 Pengujian temperature	45
Gambar 4.6 Grafik hasil pengujian	48



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG



DAFTAR SIGKATAN DAN LAMBANG

<i>LCD</i>	: <i>Liquid Qrystal Display</i>
BLDC	: <i>Brushless dirrect current</i>
Kw	: <i>Kilowatt</i>
RPM	: <i>Revolutions Per Minute</i>
V	: <i>Volt</i>
CPU	: <i>Central Processing Unit</i>



BAB I

PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor *Brushless* DC (BLDC) menjadi pilihan utama untuk kendaraan listrik di Indonesia karena bentuknya yang kecil tapi mempunyai tenaga besar. Namun, motor ini punya kelemahan, mudah panas kalau dipaksa bekerja berat, seperti saat menanjak atau membawa beban berlebih. Panas ini muncul pada bagian lilitan kabel dan magnet di dalam mesin. Jika panas ini dibiarkan terus menerus, performa motor akan terganggu.

Masalah panas ini tidak bisa dianggap remeh. Secara teknis, kalau suhu motor terlalu tinggi, hambatan listrik di dalamnya akan meningkat. Akibatnya adalah tenaga tarikan (torsi) motor jadi berkurang. Hal ini membuat baterai harus bekerja lebih keras untuk menjaga kecepatan, sehingga baterai jadi cepat habis dan jarak tempuh kendaraan pun berkurang. Energi yang seharusnya jadi penggerak malah terbuang sia-sia menjadi panas.

Di Indonesia yang cuacanya memang sudah panas, mengandalkan embusan angin saja sering kali tidak cukup

untuk mendinginkan motor berdaya besar. Jika suhu terus naik tanpa kendali, kabel di dalam motor bisa meleleh dan menyebabkan korsleting, atau yang paling parah, magnetnya bisa kehilangan daya tarik secara permanen. Sebagai solusinya, penggunaan pendingin cairan (*water cooling*) dan radiator jauh lebih efektif. Air mampu menyerap panas jauh lebih cepat daripada udara, sehingga suhu motor bisa terjaga dengan lebih stabil.

Agar sistem pendingin ini bekerja maksimal, kita menggunakan Arduino sebagai otak pengaturnya. Dengan sistem otomatis ini, kita tidak perlu repot memantau suhu secara manual. Sensor yang dipasang akan mengirimkan data suhu ke Arduino setiap saat, lalu Arduino akan memerintahkan alat pendingin untuk bekerja sesuai dengan kondisi panas mesin.

Cara kerjanya cukup cerdas, pompa air dan kipas radiator hanya akan menyala kuat saat mesin benar-benar panas. Strategi ini sangat penting untuk menghemat baterai kendaraan, karena sistem pendingin hanya memakai daya listrik saat dibutuhkan saja. Jadi, mesin tetap dingin tapi baterai tidak cepat boros.

Terakhir, untuk menjamin keamanan, alat ini dilengkapi dengan fitur perlindungan suhu berlebih (*over-temperature protection*). Fitur ini berfungsi seperti pengaman darurat, jika suhu mesin mencapai batas berbahaya, sistem akan otomatis memberi peringatan atau memutus aliran listrik. Dengan perpaduan antara pendingin air dan kontrol otomatis ini, motor listrik jadi lebih awet, aman, dan siap digunakan untuk jangka panjang.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pendingin berbasis radiator-*water coolant* yang mampu bekerja secara sinkron dengan kontroler Arduino pada motor BLDC?
2. Bagaimana mengetahui suhu secara *real-time* dalam mendeteksi fluktuasi panas pada komponen stator dan magnet motor saat beroperasi?
3. Bagaimana mekanisme kontrol pada Arduino agar dapat mengeksekusi fitur *overtemperature protection* secara responsif guna mencegah kerusakan pada motor?

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah ditetapkan agar penyusunan tugas akhir ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Motor yang digunakan adalah tipe *Brushless DC* (BLDC) dengan kapasitas daya tertentu (4 Kw)
2. Sistem pendingin yang dirancang dan diuji dibatasi pada *water jacket* sebagai media penyerapan panas pada motor serta radiator sebagai media pelepas panas fluida pendingin, tanpa membandingkan dengan metode pendinginan lainnya.
3. Batasan Intervensi Sistem: Fokus rancang bangun ini terbatas pada kontrol *eksternal* untuk manajemen pompa air dan kipas radiator, serta tidak melakukan modifikasi atau perubahan pada struktur fisik maupun desain internal motor BLDC.
4. Karakteristik Fluida Pendingin: Media perpindahan panas yang digunakan adalah fluida kerja (*coolant*) campuran yang tersedia secara komersial di pasar otomotif, tanpa melakukan analisis terhadap variasi perbandingan campuran atau komposisi kimia cairan.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan merealisasikan sistem pendingin motor BLDC berbasis *radiator–water coolant* yang dikendalikan Arduino.
2. Mengimplementasikan monitoring suhu *real-time* dan proteksi *overtemperature*.
3. Menguji efektivitas pendinginan dan keandalan proteksi pada variasi beban/kecepatan.

1.5 Manfaat

1. Memberikan referensi ilmiah mengenai perancangan sistem pendingin motor listrik menggunakan water jacket dan radiator
2. Memberikan gambaran kinerja sistem pendingin motor listrik berbasis pendinginan cair dan kontrol suhu otomatis, sehingga dapat menjadi acuan dalam pemilihan dan perancangan sistem pendingin motor listrik yang lebih stabil dan aman.
3. Sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan dan penerapan sistem pendingin motor kapal listrik yang efektif, sederhana, dan mudah diimplementasikan, khususnya untuk mendukung

pengoperasian motor listrik dalam waktu kerja yang lebih lama.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Rifki yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pendingin Motor Brushless DC Motor Pada Elektrik Boat. Pada penelitian ini terdapat kondisi yang dapat menurunkan efisiensi, merusak isolasi koil, serta memperpendek umur pakai motor. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini menggunakan sistem pendingin *water jacket* yang bekerja dengan metode *hysteresis*, yaitu pengaturan batas suhu atas dan bawah sebagai titik kendali pendinginan. Sistem ini didukung oleh mikrokontroler ESP32 dan Juken 10 sebagai pengolah serta pembaca data parameter motor, seperti suhu, arus, dan putaran (RPM). Hasil menunjukkan bahwa sinyal PWM yang dihasilkan sangat akurat dengan error hanya 0,1–0,2%. Debit air meningkat hingga 55,5 mL/s pada *duty cycle* 100%.

Pada uji pendinginan, suhu motor tanpa *water jacket* mencapai 57,7°C dalam 10 menit, sedangkan dengan *water jacket* hanya 40, dengan *water jacket* hanya 40,1°C. Hal

ini membuktikan bahwa sistem pendingin *water jacket*

mampu menurunkan kenaikan suhu motor secara signifikan sekaligus meningkatkan efisiensi dan keandalan kerja kapal listrik.

Dalam penelitian ini yang dilakukan oleh R. Puspitasari, "rancang bangun air colling system pada motor brushless direct current 10 kw untuk mobil listrik berbasis *fuzzy logic*," metode *fuzzy logic* digunakan untuk mengontrol kecepatan kipas berdasarkan input temperatur. Sistem *fuzzy logic* memungkinkan pengaturan kecepatan kipas secara dinamis sesuai dengan perubahan temperatur motor, sehingga dapat mempertahankan temperatur optimal motor dan mencegah overheating. Temperatur steady pada motor tanpa sistem pendingin adalah 51,3°C, namun menunjukkan kecenderungan untuk terus meningkat dan berpotensi mengalami *overheat*. Sedangkan temperatur steady pada motor setelah menggunakan sistem pendingin adalah berada pada sekitar 40°C. Pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki rise time sebesar 1270 detik untuk mencapai 40°C, overshoot maksimum 3,75%, dan steady-state error 0,35%. Implementasi *fuzzy logic* juga terbukti mampu menjaga temperatur motor tetap berada pada nilai *setpoint*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem

pendingin berbasis *fuzzy logic* ini efektif dalam menjaga temperatur motor BLDC dalam nilai yang aman, sehingga meningkatkan performa dan keandalan mobil listrik.

Pada penelitian ini yang dilakukan oleh A. Admin, E. Eko Prasetyo, and E. Irmawan, yang berjudul “Pengujian Temperatur Esc Menggunakan Pendingin Peltier Teci-12706 yang memiliki tujuan untuk melakukan pengujian temperatur pada ESC dan kemudian ditambahkan pendingin peltier untuk melihat perubahan pada RPM, temperatur dan gaya dorong yang dihasilkan. Metode yang digunakan pada pengujian ini adalah metode eksperimen. Pengujian ini menggunakan termometer untuk pembacaan suhunya. Pada menggunakan ESC 300A, kemudian pengujian ini data yang diambil yaitu RPM, thrust, dan temperatur. Data tersebut kemudian diolah menggunakan excel kemudian dianalisis. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa pada tegangan 25V pada ESC yang belum ditambahkan pendingin menghasilkan temperatur 38,2°C pada RPM maksimal yaitu 3.200 dan gaya angkat yang di hasilkan sebesar 10,8kgf. Kemudian pada tegangan yang sama ESC ditambah pendingin menghasilkan data temperatur 33,1°C. Pada ESC berpendingin ini, RPM maksimal yang dihasilkan lebih

tinggi yaitu sebesar 3.300 RPM dibandingkan dengan ESC yang tidak menggunakan pendingin. Kenaikan RPM ini juga dapat menghasilkan gaya angkat yang lebih besar yaitu sebesar 11kgf.

Tabel 2 1 perbandingan penelitian

No	Penelitian sebelumnya	Sensor Suhu	<i>Water pump</i>	Media Pendingin Utama
1.	Ahmad rifki	Yes	Yes	Pendingin <i>water jacket</i> (pendinginan berbasis air laut)
2.	R. puspitasari	Yes	Yes	<i>Air colling</i> sistem (sistem pendingin udara)
3.	A.admin,dkk	Yes	No	Peltier teci – 12076 (lempengan

				termoelektrik) dikombinasikan heatsink dan kipas untuk membuang panas
4.	Penelitian saat ini	Yes	Yes	<i>Indirect liquid cooling</i> (pendinginan cairan).

2.2 Landasan Teori

Motor *Brushless Direct Current* (BLDC) beroperasi melalui interaksi elektromagnetik antara magnet permanen pada rotor dan medan magnet yang dihasilkan oleh arus pada kumparan stator. Namun, proses konversi energi ini tidak bersifat sempurna. Sebagian besar energi listrik yang tidak terkonversi menjadi energi mekanik akan terdisipasi dalam bentuk panas melalui dua mekanisme utama:

1. Rugi-rugi Tembaga (*Copper Losses*): Terjadi akibat hambatan jenis pada kawat lilitan stator yang mengikuti hukum Joule ($P = I^2 \cdot R$).

2. Rugi-rugi Besi (*Iron Losses*): Terjadi akibat fenomena arus eddy dan histeresis pada inti besi stator saat frekuensi pensaklaran meningkat.

Akumulasi energi termal ini, jika dibiarkan terus menerus, kulit kabel dalam motor akan meleleh, dan magnetnya bisa kehilangan daya tarik, sehingga menyebabkan tenaga motor akan drop dan cepet rusak.

2.2.1 Motor BLDC

Motor *brushless direct current* (BLDC) merupakan salah satu jenis Motor DC yang memiliki efisiensi terbesar. Motor *Direct Current Brush* (BDC) ini memiliki banyak keuntungan: efisiensi yang tinggi, perawatan yang mudah, dan biaya manufaktur yang mudah. secara umum motor BLDC adalah motor performa tinggi yang mampu menghasilkan torsi dalam jumlah besar pada rentang kecepatan yang luas.” Motor BLDC juga memiliki tantangan, salah satunya adalah masalah *overheating* atau peningkatan suhu yang berlebihan pada motor. Rentang

suhu operasi untuk motor BLDC biasanya berada antara 30°C hingga 70°C. Hal ini bertujuan untuk menjaga kinerja yang efisien dan umur pakai optimal, serta menghindari resiko *overheating* atau kerusakan komponen internal[1].

Analisis fenomena termal pada motor listrik penting untuk memastikan kinerja yang baik dan kemungkinan untuk mencegah serta mendeteksi kerusakan. Kenaikan suhu yang berlebihan dapat merusak isolasi gulungan stator dan menyebabkan korsleting. Suhu operasi motor yang tinggi dapat menyebabkan penuaan bantalan dan degradasi magnet permanen rotor, yang pada gilirannya mempersingkat umur pakai motor. Umur motor dapat berkurang hingga 50% setiap kenaikan suhu 10°C di atas batas suhu maksimum yang ditetapkan oleh produsen. Produsen motor listrik biasanya menggunakan metode sistem pendinginan tambahan berupa kipas yang ditempatkan pada poros motor untuk melindungi dari operasi dalam jangka waktu lama pada batas suhu operasi maksimum[1]”.

Menurut Legiman *Water Jacket cooling* ialah sistem pendingin yang cara dan sistem kerjanya ialah mengambil panas dari hasil gesekan elektro magnetik yang di timbulkan

saat motor BLDC beroperasi atau bekerja dengan memanfaatkan air sebagai media pengambil panas. *Water jacket cooling* adalah sistem dimana air akan dialirkan melewati sistem yang dikerjakan oleh DC *pump* dan di salurkan melalui selang anti panas dan ruang *cooling* pada motor BLDC. Motor BLDC merupakan alat yang bekerja dengan menghasilkan panas dari hasil gesekan elektro magnetik yang di teruskan menjadi langkah tenaga sehingga dapat di manfaatkan oleh manusia untuk keperluan dalam kehidupan sehari-hari[10].

Water Jacket cooling merupakan sistem pendingin yang mengambil panas dari proses gesekan elektro magnetik, panas yang ditimbulkan dari proses gesekan pada ruang panas yang diserap oleh media pendingin menggunakan media air coolant. *jacket cooling* dibedakan menjadi dua macam media pendingin yaitu pendinginan menggunakan *fres water* dan *sea water*. *Water jacket cooling* adalah ruang yang menyelimuti *body* motor yang berfungsi mengambil panas dari proses gesekan elektro *magnetic*. Jadi *jacket cooling* adalah ruangan yang dialiri air yang berfungsi sebagai sistem pendingin pada mesin induk di kapal[10].

2.2.2 Tactile Swicth

Tactile switch adalah tombol yang ditekan buat kasih perintah ke sistem pendingin motor BLDC dengan mudah.

Ada 4 tombol utama yang bisa dipakai:

1. tombol *UP* : buat naikkan batas suhu pendingin kalau motor butuh.
2. tombol *DOWN* : buat turunkan batas suhu kalau ingin lebih dingin.
3. tombol *OK* : buat simpan pengaturan suhu yang sudah diatur.
4. tombol *CANCEL* buat batalkan pengaturan dan kembali ke mode pantau suhu *real-time*.

Pendapat ini tombol ini sangat berguna, jadi lebih fleksibel dipakai di berbagai kondisi jalan atau cuaca. Dengan ini, pengguna bisa lebih nyaman dan aman mengoperasikan kendaraan listrik.



Gambar 2.2 *Tactile Switch*

2.2.3 SensorSuhu / *temperature switch*

Temperature switch yaitu jenis saklar otomatis yang bekerja berdasarkan deteksi perubahan suhu pada suatu sistem. Sensor ini berfungsi untuk memutus atau menyambung aliran listrik ketika suhu mencapai titik yang telah ditentukan.

Sensor ini menggunakan chip sensor suhu DS18B20 asli. Dilindungi oleh tabung baja tahan karat berkualitas tinggi. Casing baja tahan karat (6 * 50mm), panjang kabel 100cm. Setiap sensor dikemas secara individual setelah pengujian ketat. Catu daya 3.0V ~ 5.5V. Resolusi yang dapat disesuaikan 9 ~ 12-bit. Rentang suhu luas -55 °C ~ + 125 °C.



Gambar 2.3 Sensor suhu *temperature*

2.2.4 LCD (*Liquid Qrystal Display*)

Liquid Qrystal Display dipakai buat nunjukin data suhu motor BLDC secara real-time, jadi pengguna bisa pantau kondisi motor dengan mudah. Pakai LCD jadi cuma butuh 2 kabel buat komunikasi, lebih simpel dan hemat pin Arduino untuk fungsi lain. LCD ini nunjukin suhu motor saat ini, status pompa pendingin (nyala/mati), dan batas suhu yang diset oleh pengguna. Kalau suhu terlalu panas melebihi batas, LCD kasih tahu dengan pesan peringatan sebelum motor mati otomatis buat keseluruhan sistem aman. Dengan ini, pengguna bisa atur dan pantau motor BLDC dengan lebih baik dan aman.

Komponen ini menggunakan tegangan kerja 5v, dengan jumlah 4 pin vcc, gnd, sda, dan scl ber ukuran 16x2 cm dan suhu operasinya -20 c hingga +70 c.



Gambar 2.4 *Liquid crystal display*

2.2.5 Buzzer

Buzzer berfungsi sebagai alarm suara ketika terjadi masalah suhu pada motor BLDC, sehingga pengguna mendapat notifikasi. *Buzzer* memberi peringatan awal jika suhu motor mendekati batas kritis, agar bisa diambil tindakan sebelum motor mati. Jika suhu melebihi batas aman, *buzzer* akan berbunyi terus hingga sistem mati otomatis untuk melindungi motor. Buzzer juga menghasilkan bunyi 'beep' singkat saat tombol navigasi ditekan, menandakan perintah telah diterima sistem. Dengan ini, pengguna lebih aman mengoperasikan motor BLDC.

Buzzer ini bekerja dengan tegangan operasi 3-5V DC dengan arus 25mA , frekuensi 2.300 Hz berdiameter 1,2cm tinggi 1cm .



Gambar 2.5 *Buzzer*

2.2.6 Relay

Relay dipakai buat nyalakan atau matikan pompa dan kipas pendingin motor BLDC sesuai perintah Arduino dengan aman dan tepat. Relay menjadi jembatan antara Arduino yang lemah dengan komponen yang butuh daya besar seperti pompa 12V dan kipas radiator. Relay juga melindungi Arduino dari lonjakan arus yang bisa rusak karena komponen besar seperti motor induksi. Kalau suhu motor panas melebihi batas yang diset oleh pengguna lewat tombol, relay nyalakan pompa dan kipas otomatis buat dinginkan motor dengan cepat dan efektif. Dengan ini, sistem pendingin lebih aman, komponen motor lebih awet, dan pengguna bisa lebih tenang mengoperasikan kendaraan listrik.

Menggunakan tengangan coil 5VDC dengan arus maxsimal kontak 10 A dengan 5 kaki , 2 pin sebagai coil dan 3 pin sebagai No, Nc, dan Com dan ukuran 19,6 x 15.4 x 15.5 mm.



Gambar 2.6 Relay



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

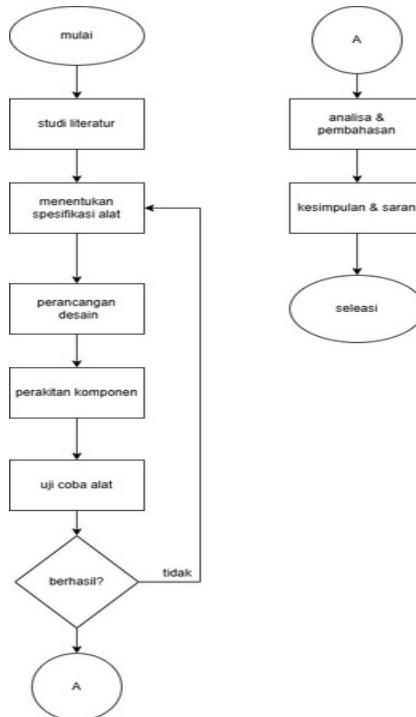
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menerapkan beberapa metode penelitian guna mencapai tujuan pengembangan. Setiap tahapan penelitian saling berkaitan dan harus dilaksanakan secara sistematis serta berurutan. Tahapan yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan tujuan yang ingin dicapai.

3.1.1 Flowchart Alir Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* alir penelitian

1. Studi literatur

Pada tahap awal ini peneliti pertama dimulai dengan studi literatur. Dalam tahap ini mencari beberapa referensi yang dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan sistem pendingin pada motor BLDC, Tujuannya dari tahap ini adalah untuk memahami

dasar teori dan mekanis dalam pembuatan penelitian ini.

2. Menentukan spesifikasi alat

Kemudian pada penelitian ini untuk mengetahui spesifikasi sistem pendingin pada motor BLDC seperti menentukan pompa, radiator dan kipas yang akan digunakan. Serta menentukan serta desain konstruksi yang akan dibuat.

3. Perencanaan desain

Setelah menentukan spesifikasi alat dan bahan, pada tahap ini melibatkan proses desain konstruksi yang akan dibuat dengan menggunakan perangkat lunak desain seperti autocad, dalam perencanaan ini juga meliputi komponen yang akan digunakan untuk mengetahui bentuk yang akan di gambar 2D dan 3D.

4. Perakitan komponen

Kemudian pada penelitian ini melibatkan perakitan komponen dimana pada tahap ini setelah menentukan spesifikasi alat dan perencanaan desain, dilanjutkan dengan proses perakitan yang sesuai dengan hasil desain yang akan di rancang. Dengan ini

memperhatikan komponen yang digunakan serta dapat melakukan tahan pengujian awal.

5. Uji alat

Dilanjutkan tahapan uji alat setelah melakukan perakitan komponen langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian alat untuk membuktikan bahwa sistem pendingin pada motor BLDC bahwa penelitian ini berfungsi sesuai dengan yang dirancang.

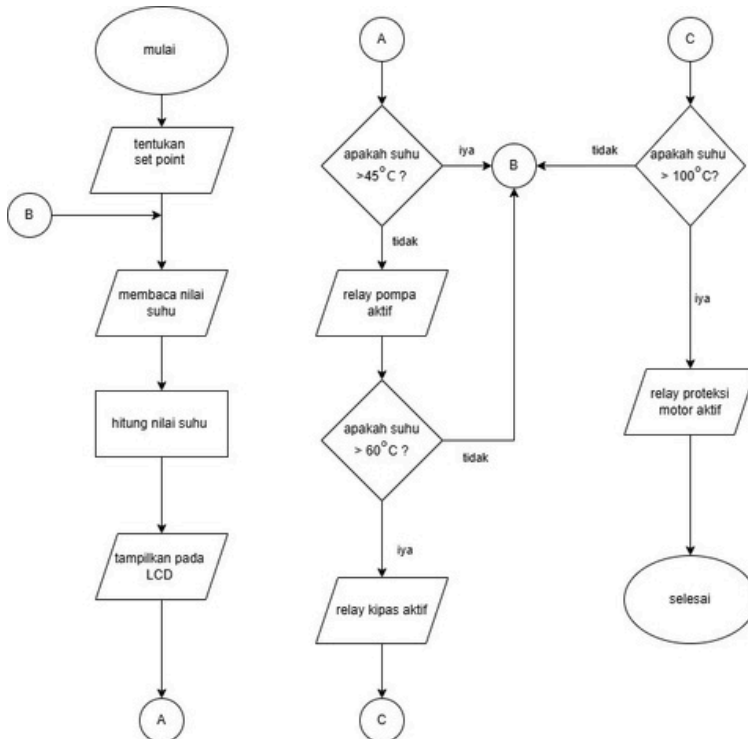
6. Analisa dan pembahasan

Setelah melakukan pengujian alat sesuai dengan yang dirancang kemudian dilanjutkan dengan analisa hasil yang sudah dirancang, dan melakukan pembahasan yang akan dilakukan.

7. Kesimpulan dan saran

Berdasarkan hasil rancang bangun, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan terhadap sistem pendingin motor BLDC menggunakan radiator, dapat ditarik kesimpulan Telah berhasil dirancang sebuah sistem pendingin cairan (*liquid cooling*) yang terdiri dari komponen utama yaitu pompa sebagai pengalir *fluida*, radiator sebagai penukar panas, dan *Colling fan* sebagai penggerak udara.

3.1.2 Flowchart Sistem kerja alat

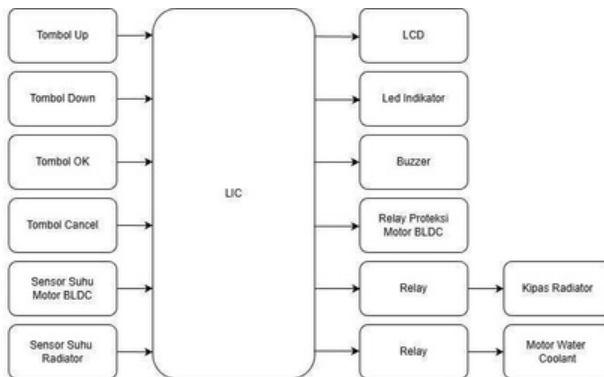


Gambar 3.2 flowchart system kerja alat

Pada Gambar 3.2 di menunjukkan Proses kerja sistem pada “Rancang Bangun Sistem Pendingin Motor BLDC Berbasis Radiator Dan *Water Coolant* Dengan Kontroler Arduino Serta Proteksi *Over Temperature*” Flowchart diatas menunjukan program dimulai. Set point menentukan suhu yang di inginkan. Lalu “Membaca & Hitung Nilai Suhu”

merupakan bentuk pengambilan data dari sensor, dan menghitungnya menjadi satuan suhu, lalu ditampilkan di LCD. Dillanutkan dengan Logika Kontrol apakah suhu normal?’, Apabila iya (normal) maka kembali ke titik B, apabila tidak (Anormal) maka sistem mengaktifkan Relay Pompa. Apabila suhu terus meningkat maka relay mengaktifkan kipas. Tahap terakhir proteksi keamanan motor, Apabila dibawah 100 pemantauan ulang. apabila suhu lebih dari 100 maka sistem mengaktifkan Relay Proteksi Motor. Dan selesai.

3.1.2 Block Diagram



Gambar 3.3 Blok diagram alat

Pada gambar 3.3 adalah blcok diagram dari sebuah

alat yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pendingin Motor BLDC Berbasis Radiator *Water Coolant* Dengan Kontroler Arduino Serta Over Temperature” berdasarkan blcok diagram di atas menjelaskan alur sistem kerja pada sebuah alat yang akan dibuat, maka dari itu terdapat prinsip sistem kerja alat pada “Rancang Bangun Sistem Pendingin Motor BLDC Berbasis Radiator *Water Coolant* Dengan Kontroler Arduino Serta Over Temperature.

1. tombol (*Up, Down, OK, Cancel*) Ini menggunakan *Tactile Switch* yang berfungsi untuk berinteraksi dengan menu pada LCD, seperti mengatur batas suhu kritis secara manual tanpa perlu mengubah kode program.
2. Sensor Suhu Motor BLDC memantau panas pada stator/magnet motor secara *real-time*.
3. Sensor Suhu Radiator mendeteksi suhu air pendingin berdasarkan suhu yang di tentukan.
4. LCD Menampilkan data suhu dan status sistem agar pengguna bisa memantau kondisi motor secara visual.
5. LED Indikator Berfungsi sebagai alarm. Jika suhu mulai masuk zona bahaya, LED akan menyala.

6. *Relay* Proteksi Motor BLDC Ini adalah fitur *Overtemperature Protection*. Jika panas sudah ekstrem, relay ini akan memutus aliran listrik ke motor untuk mencegah kerusakan pada motor
7. *Relay* (Kipas Radiator & Motor *Water Coolant*) Motor *Water Coolant* (Pompa) Mensirkulasikan air pendingin untuk menyerap panas motor.
8. Kipas Radiator Membuang panas dari air tersebut ke udara bebas.
9. Jadi berdasarkan fungsi dari setiap point atau komponen di atas dapat disimpulkan bahwa ketika suhu mencapai 45°C maka pompa akan aktif, lalu ketika suhu mencapai 60°C maka kipas akan hidup membantu untuk menghilangkan panas dari motor, kemudian batas maksimal yang ditentukan adalah 100°C yang akan langsung mengirim sinyal pada buzzer dan led menandakan bahwa motor sudah mencapai batas yang ditentukan, setelah itu relay ini akan memutus aliran listrik ke motor untuk mencegah kerusakan pada motor.

3.1.3 Spesifikasi Alat

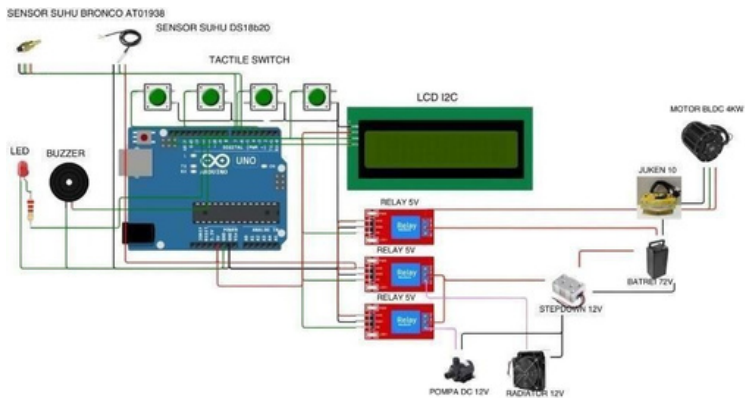
Tabel 3 1 spesifikasi alat

No	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
1.	Radiator Pendingin Air Cpu	1	Radiator ini menggunakan tegangan 12 volt, berdiameter 120 mm , menggunakan bahan alumunium, jenis konektor 2 pin dan metode pendingin menggunakan air.
2.	Pompa air	1	Pompa menggunakan tegangan 12 <i>Volt</i> DC, 3A dengan power 30 watt daya angkat max 8 meter, pomp aini menggunakan bahan ABS
3.	Fitting selang	secukupnya	Fitting ini menggunakan bahan kuningan dan berdiameter 6mm
4.	<i>Water Coolant</i>	secukupnya	Menggunakan aditif organik dan formulasi bebas silikat dan nikrit dengan masa pakai hingga 8 tahun/250.000 km
			Komponen ini menggunakan bahan yang

5.	Sensor Suhu Air	1	tahan lama tahan terhadap kerusakan mekanis, rantang pengukuran 0 - 120 derajat, ambang batas 108 c
6.	<i>Micro controler</i>	1	Komponen ini menggunakan tegangan input 7-12V dengan pin 14 tegangan beroperasi 5v berdiamensi 68,6 mm x 53,4 mm
7.	lcd	1	Komponen ini menggunakan tegangan kerja 5v, dengan jumlah 4 pin vcc, gnd, sda, dan scl ber ukuran 16x2 cm dan suhu operasinya -20 c hingga +70 c.
8.	<i>Buzzer</i>	1	Buzzer ini bekerja dengan tegangan operasi 3-5V DC dengan arus 25mA , frekuensi 2.300 Hz berdiameter 1,2cm tinggi 1cm .
9.	<i>Relay</i>	sucukupnya	Menggunakan tegangan coil 5VDC dengan arus maksimal kontak 10 A dengan 5 kaki , 2 pin sebagai coil dan 3 pin sebagai No, Nc, dan Com dan ukuran 19,6 x 15.4 x 15.5 mm.

10.	<i>Tactile switch</i>	4	Jumlah pin menggunakan 4 pin dengan kontak 50mA dengan tegangan 12 v , resistansi kontak maksimal 100 miliohm dengan operasi suhu -20 c sampai 70 c.
11.	Sensor suhu	1	Sensor ini menggunakan chip sensor suhu DS18B20 asli. Dilindungi oleh tabung baja tahan karat berkualitas tinggi. Casing baja tahan karat (6 * 50mm), panjang kabel 100cm. Setiap sensor dikemas secara individual setelah pengujian ketat. Catu daya 3.0V ~ 5.5V. Resolusi yang dapat disesuaikan 9 ~ 12-bit. Rentang suhu luas -55 °C ~ + 125 °C.

3.2.1 Desain Rangkaian



Gambar 3.4 Desain rangkaian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

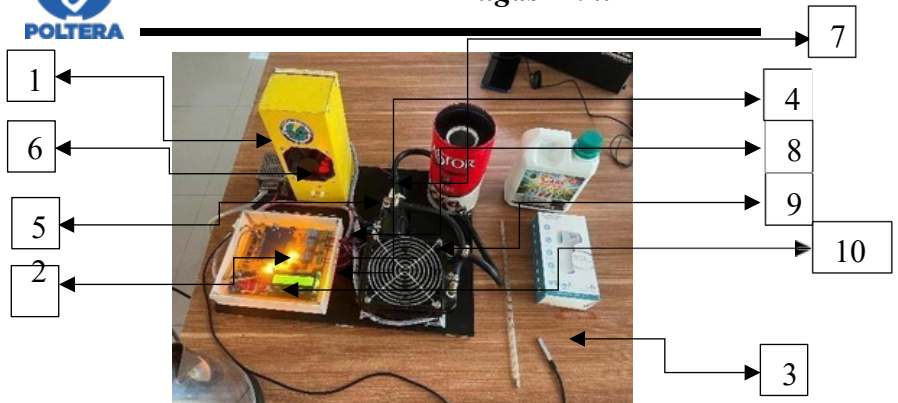
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Alat

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat sistem pendingin motor berbasis Arduino sesuai dengan rancangan yang telah dijelaskan pada Bab III. Prototype terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu Arduino Uno, sensor suhu DS18B20, *relay*, LCD 16×2, radiator, *water pump*, colling fan, buzzer, LED indikator, *Push Button*, serta motor DC 12 Volt sebagai media pengujian sistem kontrol. Penggunaan motor DC 12 Volt bertujuan untuk memvalidasi fungsi sistem kontrol sebelum diintegrasikan pada motor BLDC 72 Volt sesuai dengan rencana implementasi.

Gambar 4.1 menunjukkan tampilan keseluruhan sistem yang telah direalisasikan. Setiap komponen diberi nomor untuk mempermudah identifikasi, sedangkan nama dan fungsi masing-masing komponen dijelaskan pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 Sistem pendingin

Tabel 4. 1 fungsi tiap komponen

No	Nama Komponen	Fungsi
1.	Motor	Media pengujian sistem kontrol dan simulasi kerja motor.
2	Arduino Uno	Sebagai pengendali utama sistem.
3.	Sensor DS18B20	Membaca suhu motor secara real-time.
4.	LCD 16×2	Menampilkan suhu dan status sistem.
5.	Water pump	Mensirkulasikan cairan pendingin.
6.	Colling fan	Mendinginkan radiator.
7.	Relay	Mengendalikan motor, pompa, dan kipas.
8.	Buzzer	Memberikan peringatan saat over temperature.
9	Radiator	membuang panas dari fluida (cairan atau udara)
10.	LED Indikator	Menunjukkan status sistem.
11.	- Push Button UP	Menambah nilai <i>setpoint</i> suhu.
	- Push Button DOWN	Mengurangi nilai <i>setpoint</i> suhu.
	- Push Button OK	Menyimpan pengaturan <i>setpoint</i> .

	- Push Button CANCEL	Membatalkan pengaturan <i>setpoint</i> .
--	-------------------------	--

4.2 Kalibrasi Sensor Suhu

Kalibrasi sensor suhu dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor suhu yang digunakan pada sistem pendingin. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor suhu terhadap alat ukur standar berupa termometer. Pada proses pengujian, Pengujian dilakukan pada beberapa variasi suhu untuk memperoleh data yang representatif. Hasil pembacaan sensor suhu dan termometer kemudian dibandingkan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor.

Berikut adalah rumus **Error mutlak** (selisih suhu mutlak) yang digunakan dalam kalibrasi sensor suhu.

$$\text{Error mutlak } (\Delta T) = |T_{\text{sensor}} - T_{\text{alat}}|$$

ΔT = Error mutlak atau selisih suhu (

T_{sensor} = Suhu yang terbaca pada sensor DS18B20 (

T_{alat} = Suhu acuan pada thermometer standar (°C)

$|\dots|$ = Nilai mutlak (membuat hasil selisih selalu bernilai positif)

Tabel 4. 2 hasil pengujian sensor suhu

No	Sensor DS18B20 (°C)	Thermometer (°C)	Eror (%)	Waktu \Menit	Respon sistem
1.	30,0	30,0	0,15	00:00	Normal
2.	30,15	30,1	0,27	00:40	Normal
3.	30,28	34,7	0,78	01:30	Normal
4.	34,85	35,0	0,18	02:15	Normal
5.	35,18	35,1	0,21	02:00	Normal
6.	35,22	44,6	0,76	03:00	<i>Waterpump</i> aktif
7.	44,82	45,0	0,18	04:00	<i>Waterpump</i> aktif
8.	45,18	45,2	0,33	05:00	<i>Waterpump</i> aktif
9.	45,35 54,78	54,5	0,73	06:00	<i>Waterpump</i> tetap aktif
10.	55,20	55,0	0,20	07:30	<i>Water pump</i> tetap aktif
11.	55,28	55,1	0,27	08:00	<i>Water pump</i> tetap aktif
12.	59,78	59,6	0,72	09:00	<i>Colling fan</i> aktif
13.	60,22	60,0	0,22	10:30	<i>Colling fan</i> aktif
14.	60,40	60,2	0,38	13:30	<i>Colling fan</i> aktif
15.	69,72	69,5	0,67	05:00	<i>Pump</i> dan fan aktif
16.	70,18	70,0	0,18	16:30	<i>Pump</i> dan fan aktif
17.	70,35	70,2	0,33	18:00	<i>Pump</i> dan fan aktif
18.	99,50	99,1	0,49	20:00	Proteksi over <i>temperature</i>

19.	100,30	100,0	00,30	22:30	Proteksi over temperature
20.	100,45	100,2	20,43	25:00	Proteksi over temperature

4.3 Pengujian Pembacaan Sensor Suhu

Pengujian manipulasi dilakukan untuk DS18B20 dalam mengetahui kemampuan sensor suhu untuk membaca perubahan suhu serta menampilkan hasil pembacaan pada *LCD* secara *real-time*. Selain itu, pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor dapat memberikan data suhu sebagai acuan bagi Arduino dalam mengendalikan sistem pendingin.

4.3.1 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan memberikan sumber panas pada sensor DS18B20 hingga mencapai beberapa nilai suhu yang telah ditentukan. Nilai suhu yang terbaca kemudian diamati melalui tampilan *LCD* untuk memastikan sensor dapat membaca perubahan suhu dengan baik

4.3.2 Hasil Pengujian

Tabel 4.3 hasil pengujian sensor suhu

No	Suhu Terbaca (°C)	Tampilan LCD	Keterangan
1	30	30°C	Normal
2	35	35°C	Normal
3	45	45°C	<i>Water pump</i> aktif
4	55	55°C	<i>Water pump</i> tetap aktif
5	60	60°C	<i>Colling fan</i> aktif
6	70	70°C	<i>Pump</i> dan fan aktif
7	100	100°C	Proteksi <i>over temperature</i> aktif



Gambar 4.2 Pengujian sensor suhu

4.3.3 Pembahasan

DS18B20 berdasarkan hasil **pengujian**, sensor suhu dengan baik dan menampilkan hasilnya pada *LCD* secara *real-time*. Data suhu yang terbaca digunakan Arduino sebagai acuan untuk mengendalikan *water pump*, colling fan, dan sistem proteksi sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan.

4.4 Pengujian Fungsi Water pump

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan *water pump* dapat bekerja sesuai dengan *setpoint* suhu yang telah diprogram pada sistem.

4.4.1 Hasil Pengujian

Tabel 4.4. Hasil pengujian *water pump*

No	Suhu (°C)	Kondisi <i>Water Pump</i>	Keterangan
1	30		
2	45	OFF	Belum mencapai <i>setpoint</i>
3	55	ON	<i>Water pump</i> aktif
4	65	ON	<i>Water pump</i> tetap aktif
		ON	<i>Water pump</i> tetap aktif
5	100	ON	<i>Water pump</i> tetap aktif saat proteksi



Gambar 4.3 Pengujian *water pump*

4.4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, *water pump* mulai aktif ketika suhu mencapai 45°C sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan. *Water pump* tetap bekerja pada suhu di atas 45°C , termasuk saat sistem memasuki kondisi *over temperature*, sehingga proses sirkulasi cairan pendingin tetap berlangsung hingga suhu kembali turun.

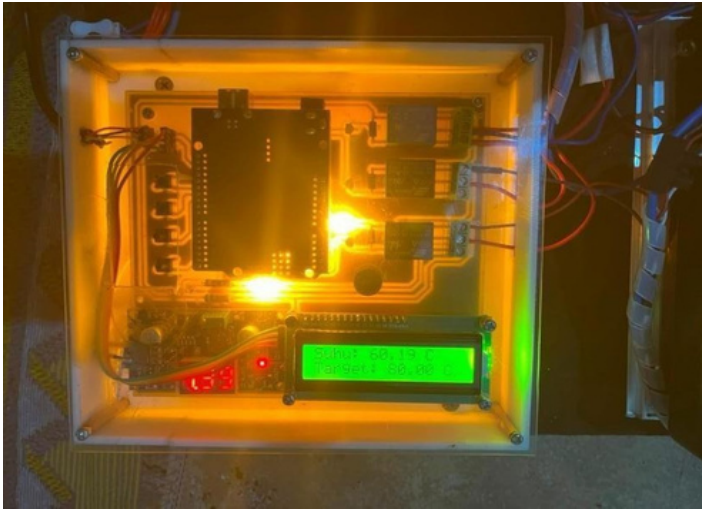
4.5 Pengujian Fungsi Colling fan

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan *Colling fan* dapat bekerja secara otomatis ketika suhu mencapai *setpoint* yang telah ditentukan.

4.5.1 Hasil pengujian

tabel41pengujian *colling fan*

No	Suhu (°C)	Kondisi <i>Colling fan</i>	Keterangan
1	40	<i>OFF</i>	Belum mencapai <i>setpoint</i>
2	50	<i>OFF</i>	Belum mencapai <i>setpoint</i>
3	60	<i>ON</i>	<i>Colling fan</i> aktif
4	70	<i>ON</i>	<i>Colling fan</i> tetap aktif
5	80	<i>ON</i>	<i>Colling fan</i> tetap aktif saat proteksi



Gambar 4.4 Pengujian *colling fan*

4.5.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, *Colling fan* mulai aktif ketika suhu mencapai 60°C sesuai dengan *setpoint* yang telah diprogram. *Colling fan* tetap bekerja pada suhu di atas 60°C, termasuk saat sistem berada pada kondisi *over temperature*, sehingga membantu mempercepat proses pendinginan radiator hingga suhu kembali berada pada batas aman

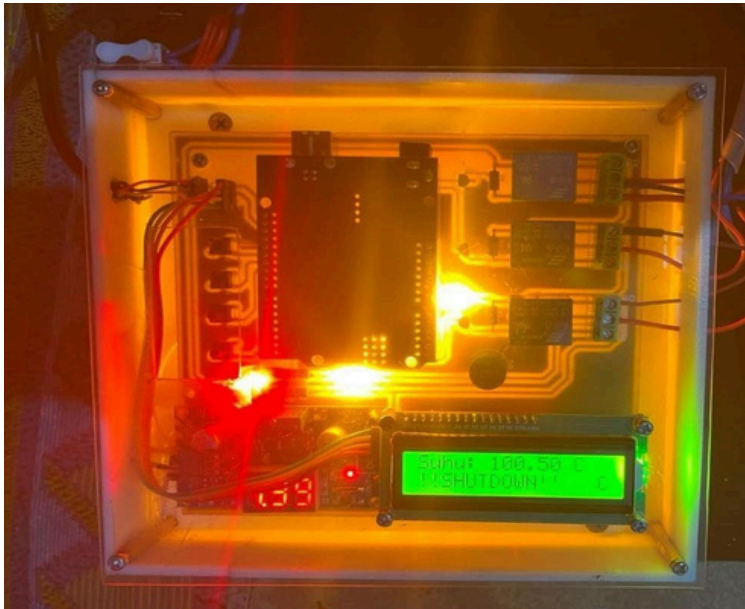
4.6 Pengujian Sistem Proteksi *Over Temperature*

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan sistem proteksi *over temperature* bekerja sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan, yaitu memutus kerja motor melalui relay serta mengaktifkan *buzzer*, LED indikator, dan tampilan peringatan pada LCD.

4.6.1 Hasil Pengujian

tabel42pengujiansistem proteksi *over temperature*

No	Suhu (°C)	Relay Motor	Buzzer	LED	LCD	Keterangan
1	99	ON	OFF	OFF	Monitoring	Sistem normal
2	100	OFF	ON	ON	Over Temperature	Proteksi aktif
3	95	ON	OFF	OFF	Monitoring	Sistem kembali normal

Gambar 4.5 Pengujian *temperature*

4.6.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem proteksi bekerja sesuai dengan program yang telah dirancang. Saat suhu mencapai 100°C, *relay* memutus kerja *motor*, *buzzer* dan *LED* aktif sebagai indikator peringatan, serta *LCD* menampilkan status *Over Temperature*. *Water pump* dan *Colling fan* tetap beroperasi untuk membantu proses pendinginan. Setelah suhu turun di bawah 100°C, *relay* kembali aktif sehingga motor dapat beroperasi kembali secara otomatis.

4.7 Pengujian Pengaturan Setpoint Menggunakan Push Button

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan Push Button *UP*, *DOWN*, *OK*, dan *CANCEL* dapat berfungsi dengan baik dalam mengubah dan menyimpan nilai *setpoint* suhu pada sistem.

4.7.1 Hasil Pengujian

Tabel 4.5 hasil pengujian menggunakan *push button*

No	Push Button	Fungsi	Hasil Pengujian
1	<i>UP</i>	Menambah nilai <i>setpoint</i> suhu	Berfungsi
2	<i>DOWN</i>	Mengurangi nilai <i>setpoint</i> suhu	Berfungsi
3	<i>OK</i>	Menyimpan nilai <i>setpoint</i>	Berfungsi
4	<i>CANCEL</i>	Membatalkan perubahan <i>setpoint</i>	Berfungsi

4.7.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh *Push Button* berfungsi sesuai dengan program yang telah dibuat. Tombol *UP* digunakan untuk menambah nilai *setpoint*, tombol *DOWN* untuk mengurangi nilai *setpoint*, tombol *OK* untuk menyimpan perubahan, sedangkan tombol *CANCEL* digunakan untuk membatalkan perubahan dan kembali ke tampilan utama. Hasil pengaturan *setpoint* ditampilkan pada LCD dan digunakan sebagai acuan dalam pengoperasian sistem kontrol.

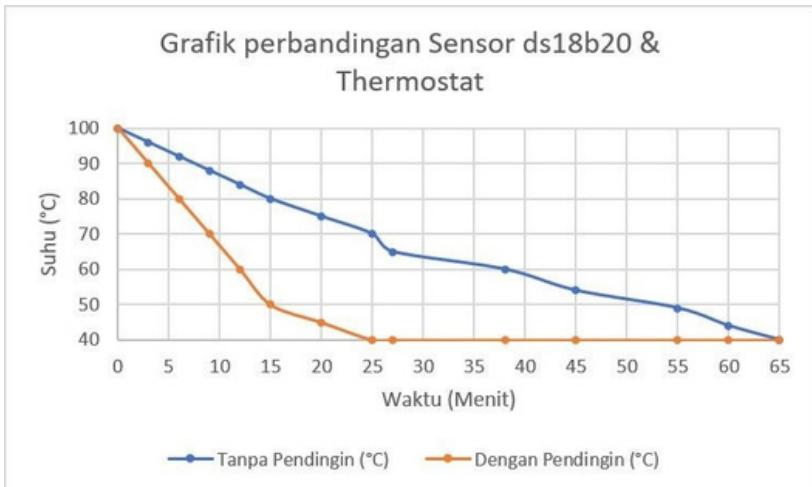
4.8 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan, mulai dari pembacaan suhu hingga pengaktifan *water pump*, colling fan, dan sistem proteksi *over temperature* sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan.

4.8.1 HasilPengujian

Tabel 4.6 hasil pengujian seluruh sistem

Waktu (menit)	Tanpa pendingin((°C)	Dengan pendingin((°C)
0	100	100
5	96	90
10	92	70
15	88	40
20	84	40
25	80	40
30	75	40
35	70	40
40	65	40
45	60	40
50	54	40
55	49	40
60	44	40
65	40	40



Gambar 4.6 Grafik hasil pengujian

4.8.2 Pembahasan Hasil pengujian

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh komponen sistem dapat bekerja sesuai dengan logika kontrol yang telah diprogram. Pengujian dilakukan dengan media air panas (mendidih). Air mendidih dengan suhu 100°C tanpa menggunakan pendingin itu bisa mencapai suhu normal 45°C dengan rentang waktu 65 menit, Ketika diimplementasikan dengan media alat pending hanya membutuhkan waktu 15 menit dengan cara kerja *Water pump* aktif pada suhu 45°C, *Colling fan* aktif pada suhu 60°C,

dan sistem proteksi bekerja saat suhu mencapai 100°C dengan memutus kerja *motor* melalui *relay*. Setelah suhu turun di bawah 100°C , motor kembali beroperasi secara otomatis, sedangkan *water pump* dan *Colling fan* tetap membantu proses pendinginan hingga suhu berada pada kondisi normal.

4.1

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem pendingin *motor* berbasis Arduino dapat bekerja sesuai dengan rancangan. Sensor DS18B20 mampu membaca suhu dan mengirimkan data ke Arduino sebagai acuan dalam mengendalikan sistem.

Water pump aktif pada suhu 45°C , *Colling fan* aktif pada suhu 60°C , dan sistem proteksi bekerja pada suhu 100°C dengan memutus kerja *motor* melalui *relay* serta mengaktifkan *buzzer*, *LED*, dan tampilan peringatan pada *LCD*. Setelah suhu turun di bawah 80°C , sistem kembali beroperasi secara otomatis.

Selain itu, pengujian Push Button menunjukkan bahwa fungsi *UP*, *DOWN*, *OK*, dan *CANCEL* dapat digunakan untuk mengubah dan menyimpan nilai *setpoint* suhu sesuai dengan kebutuhan pengguna.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem pendingin *motor* berbasis Arduino dapat bekerja sesuai dengan rancangan. Sensor DS18B20 mampu membaca suhu dan mengirimkan data ke Arduino sebagai acuan dalam mengendalikan sistem.

Water pump aktif pada suhu 45°C, *Colling fan* aktif pada suhu 60°C, dan sistem proteksi bekerja pada suhu 100°C dengan memutuskan kerja *motor* melalui *relay* serta mengaktifkan *buzzer*, *LED*, dan tampilan peringatan pada *LCD*. Setelah suhu turun di bawah 80°C, sistem kembali beroperasi secara otomatis.

Selain itu, pengujian Push Button menunjukkan bahwa fungsi *UP*, *DOWN*, *OK*, dan *CANCEL* dapat digunakan untuk mengubah dan menyimpan nilai *setpoint* suhu sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Pengujian pada penelitian ini masih menggunakan motor DC 12 Volt sebagai media validasi fungsi sistem kontrol. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem kontrol telah bekerja dengan baik, sedangkan pengujian integrasi pada air mendidih sesuai rencana implementasi belum dilakukan pada tahap pengujian ini.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN



BAB V**KESIMPULAN DAN SARAN****5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem pendingin *motor BLDC* berbasis radiator dan *water coolant* dengan kontrol Arduino, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem pendingin *motor BLDC* berbasis radiator, *water coolant*, dan Arduino berhasil dirancang dan dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah direncanakan. Seluruh komponen seperti sensor suhu, *water pump*, colling fan, *relay*, *LCD*, *buzzer*, dan Push Button dapat saling terintegrasi dengan baik.
2. Sensor suhu DS18B20 mampu membaca perubahan suhu motor secara real-time dan mengirimkan data ke Arduino sebagai dasar pengendalian sistem pendingin. Informasi suhu juga dapat ditampilkan pada *LCD* sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi *motor*.
3. Sistem pendingin bekerja secara otomatis sesuai dengan nilai suhu yang telah ditentukan. *Water pump* aktif pada suhu 45°C untuk mulai mensirkulasikan

cairan pendingin, sedangkan *Colling fan* aktif pada suhu 60°C untuk membantu proses pelepasan panas pada radiator.

4. Fitur proteksi *over temperature* dapat bekerja dengan baik. Ketika suhu mencapai 100°C , *relay* secara otomatis memutus aliran listrik ke motor, sementara *buzzer* dan *LED* memberikan peringatan sehingga dapat mengurangi risiko kerusakan akibat suhu yang terlalu tinggi.

5. Secara keseluruhan, sistem yang dirancang mampu meningkatkan keamanan kerja motor melalui pengendalian suhu secara otomatis. Meskipun pengujian masih menggunakan media motor DC 12 Volt sebagai simulasi, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem kontrol telah bekerja sesuai dengan logika yang dirancang dan berpotensi untuk diterapkan pada motor BLDC sesuai spesifikasi penelitian.

5.2

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan

sebagai pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut.

1. Pengujian selanjutnya sebaiknya dilakukan secara langsung pada motor BLDC dengan spesifikasi yang sesuai dengan kondisi penggunaan sebenarnya sehingga kinerja sistem pendingin dapat diketahui secara lebih akurat.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan pencatatan data suhu (data *logger*) atau fitur *monitoring* melalui aplikasi sehingga kondisi motor dapat dipantau secara *real-time* dari jarak jauh.
3. Penggunaan sensor suhu lebih dari satu titik pada bagian motor dan radiator dapat dipertimbangkan agar distribusi suhu dapat diketahui dengan lebih detail.
4. Penelitian berikutnya dapat membandingkan performa sistem pendingin berbasis *water coolant* dengan metode pendinginan lainnya untuk mengetahui efektivitas masing-masing sistem.
5. Perlu dilakukan pengujian dalam waktu yang lebih lama dan pada berbagai kondisi beban agar dapat diketahui tingkat kestabilan sistem pendingin serta

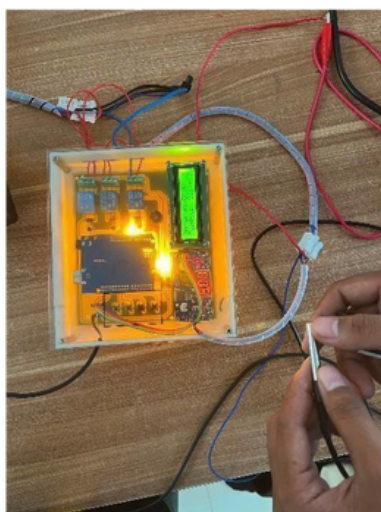
keandalan fitur proteksi *over temperature* dalam penggunaan secara terus-menerus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. F. Kurniawan, M. S. Anwar, K. Nadiyyah, M. Mashuri, T. Triwikantoro, and D. Darminto, “Mechanical Exfoliation of Reduced Graphene Oxide From Old Coconut Shell as Radar Absorber in X-Band,” *Mater. Sci. Forum*, vol. 966, pp. 25–29, Aug. 2019, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.966.25.
- [2] B. D. Retyanto, D. I. Maghfiroh, and I. Hidayah, “RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT UKUR GOLONGAN DARAH MANUSIA BERBASIS ARDUINO UNO,” *SPEKTRA J. Kaji. Pendidik. Sains*, vol. 4, no. 2, p. 188, Sep. 2018, doi: 10.32699/spektra.v4i2.60.
- [3] “Dinas Pertanian , Ketahanan Pangan & Perikanan Kota Probolinggo.” Accessed: Jan. 12, 2022. [Online]. Available: <https://dpkpp.probolinggokota.go.id/>
- [4] “Book, Pengembangan Bahan Karbon dari Biomassa.pdf.”
- [5] “file:///C:/Users/HI%20COMPUTER/Downloads/intan_maulina,+annisa.pdf

- [6] "A. Rifqi, RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN. 2025.
- [7] "S. Zuhri, E. E. Prasetyo, E. Irmawan, and T. Dirgantara, ~~ESN MENGUNAKAN PENDINGIN PELTIER TECI-12706 DENGAN METODE EKSPERIMEN,~~” vol. 8, no. 1, pp. 146–151.

LAMPIRAN



BIODATA PENULIS



Farhan lahir di samping 01 Juli 2002. Penulis merupakan anak pertama dari 2 saudara dan dari orang tua yang bernama Abdul Muin dan Sutimah Riwayat Pendidikan penulis adalah lulusan SDN 2 Torjunan pada tahun 2013, MTS Miftahut Thullab pada tahun

2017, dan lulusan MA Miftahuh Thullab pada tahun 2021. Penulis memutuskan untuk melanjutkan Pendidikan perguruan tinggi di Politeknik Negeri Madura tepatnya di jurusan Teknologi Elektro prodi Teknik Listrik Industri pada tahun 2023. Dalam menempuh Pendidikan ini penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN MOTOR BLDC BERBASIS RADIATOR DAN *WATER COLANT* DENGAN *CONTROLLER ARDUINO* SERTA *PROTEKSI OVER TEMPERATURE*”**