

TUGAS AKHIR
PERANCANGAN ALAT PENERING BODY MOTOR
MENGGUNAKAN SENSOR SUHU DHT 22

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

IKHWANUL HAKIM
2307220122P



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025/2026

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ikhwanul Hakim

NPM : 2307220122P

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Perancangan Alat Pengering Body Motor Menggunakan Sensor Suhu DHT 22

Bidang Ilmu : Sistem Kendali

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 Januari 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Noorly Hvalina, S.T., M.T

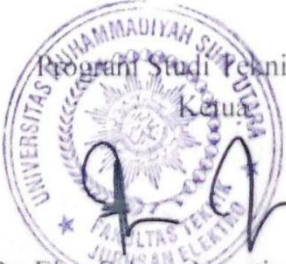
Dosen Pembanding I / Penguji

Dr. Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T

Dosen Pembanding II / Penguji

Ir. Abdul aziz Hutasuhut, MM

Program Studi Teknik Elektro
Keua



Dr. Elvy Salmur Nasution, S.T., M.Pd

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ikhwanul Hakim
Tempat / Tanggal lahir : Medan / 22 Agustus 2003
NPM : 2307220122P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Perancangan Alat Pengering Body Motor Menggunakan Sensor Suhu DHT 22”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 Januari 2026

Sa



Ikhwanul Hakim

ABSTRAK

Proses pengeringan body motor secara konvensional menggunakan sinar matahari memiliki keterbatasan berupa ketergantungan kondisi lingkungan, waktu pengeringan yang tidak konsisten, serta potensi kontaminasi debu yang dapat memengaruhi kualitas hasil pengecatan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat pengering body motor otomatis berbasis pengendalian suhu sebagai alternatif metode pengeringan yang lebih terkontrol. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, sensor suhu DHT22 sebagai pendeteksi suhu ruang pengering, elemen pemanas sebagai sumber panas, serta blower sebagai sistem sirkulasi udara. Pengujian dilakukan dengan mengamati kenaikan suhu ruang pengering dari suhu awal 31–32 °C hingga setpoint 50 °C serta kestabilan suhu selama proses pengeringan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu setpoint 50 °C dapat dicapai dalam waktu 9 menit 50 detik dan dipertahankan secara stabil selama durasi pengeringan. Selain itu, hasil pengujian proses pengeringan menunjukkan bahwa pada suhu pengeringan yang sama, cat semprot memiliki waktu pengeringan lebih singkat dibandingkan cat kuas. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, alat pengering body motor otomatis mampu menyediakan kondisi suhu yang terkontrol dan stabil untuk mendukung proses pengeringan body motor.

Kata Kunci: Alat Pengering Otomatis, Body Motor, Pengendalian Suhu

ABSTRACT

The conventional drying process of motorcycle body painting using sunlight has several limitations, including dependence on environmental conditions, inconsistent drying time, and potential dust contamination that can affect coating quality. This study aims to design and test an automatic motorcycle body drying system based on temperature control as an alternative drying method with more controlled conditions. The system is developed using an Arduino Uno microcontroller, a DHT22 temperature sensor to monitor the drying chamber temperature, a heating element as the heat source, and a blower for air circulation. Experimental testing was conducted by observing the temperature increase from an initial range of 31–32 °C to a setpoint of 50 °C, as well as the temperature stability during the drying process. The results show that the drying chamber temperature reached the setpoint of 50 °C within 9 minutes and 50 seconds and was maintained at a stable level throughout the drying duration. Furthermore, the drying test results indicate that, under the same drying temperature conditions, spray paint exhibits a shorter drying time compared to brush-applied paint. Based on these findings, the automatic motorcycle body drying system is able to provide a stable and controlled temperature environment to support the motorcycle body drying process.

Keywords: Automatic Dryer, Motor Body, Temperature Control

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perancangan Alat Pengering Body Motor Menggunakan Sensor Suhu DHT 22” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Noorly Evalina, ST, MT, Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Abdul Aziz Hutasuhut, MM, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dr. Elvy Sahnur Nasution, ST, MPd, yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikalektroan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Aidil Fitria dan Herniyanti, Keluarga dan Saudara yang telah membesarkan dan membiayai studi penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teman-teman penulis: Fariz Handicha, Dicky Pranata, Ryan Fazri, dan teman kelas A3 malam Stambuk 2021 lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu, terima kasih atas dukungan dan motivasi yang telah kalian berikan. Kalian membuat perjalanan ini tidak terasa sendirian.
10. Teman teman Seperjuangan: Sogek, Mael Kocuyy, Aljee Kocuyy, yang selalu memberikan solusi tanpa henti. Kehadiranmu telah menjadi motivasi yang luar biasa, mengisi kekosongan dan membuat perjalanan penulisan ini terasa jauh lebih ringan dan bermakna.
11. Teman teman dibengkel: Bg Deni, Panjang, Koko dan anak anak pkl yang telah memberikan kesempatan untuk belajar dilapangan dan memberikan motivasi selama beberapa tahun kebelakang.
12. Kepada seseorang yang pernah singgah dalam hidup penulis, meski namanya tak lagi dapat dituliskan. Terima kasih atas kebersamaan, pengalaman, dan pelajaran yang tertinggal dalam setiap proses. Ternyata Perginya anda mengajarkan penulis arti kedewasaan, kesabaran, dan keikhlasan dalam menjalani hidup. Segala yang terjadi menjadi bagian dari proses, yang perlahan membentuk penulis menjadi pribadi yang lebih kuat. Karena luka pasti membawa kita untuk berubah, maka berubahlah ke arah yang lebih baik.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Teknik Elektro.

Medan, 29 Januari 2026

Ikhwanul Hakim

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
12.1	Lat
ar Belakang	1
12.2	Ru
musan Masalah	2
12.3	Tuj
uan Penelitian	3
12.4	Ru
ang Lingkup Penelitian	3
12.5	Ma
nfaat Penelitian	3
12.6	Sist
ematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Pengeringan Pengecatan Body Motor.....	10
2.2.1 Pengeringan Alami (<i>Air Drying</i>).....	11
2.2.2 Pengeringan Paksa (<i>Forced Drying</i>).....	13
2.3 Sensor Suhu DHT 22.....	15
2.3.1 Perkembangan Sensor Suhu DHT 22	19
2.3.2 Komponen Utama Sensor DHT 22.....	20
2.3.3 Prinsip Dasar Operasi Sensor DHT 22	21
2.3.4 Pengaplikasian Sensor DHT 22	22
2.4 Lampu Pijar	23
2.5 Relay	25
2.6 Power supply.....	28
2.7 Timer DS1307 RTC.....	31
2.8 LCD.....	34

2.9 Arduino Nano	36
2.10 Kipas DC	38

viii

2.11 Step Down.....	40
2.12 Cat dan Karakteristik Pengeringannya	41

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....43

3.1 Tempat Penelitian	43
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	43
3.3 Desain Software.....	47
3.4 Desain Penelitian	55
3.5 Desain Rangkaian	57
3.6 Flowchart	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor DHT22	17
Gambar 2. 2 Lampu Pijar.....	24
Gambar 2. 3 Relay	27
Gambar 2. 4 Power Supply.....	30
Gambar 2. 5 Timer DS1307 RTC.....	32
Gambar 2. 6 LCD.....	34
Gambar 2. 7 Arduino Nano	36
Gambar 2. 8 Kipas DC	38
Gambar 2. 9 Stepdown.....	40
Gambar 3. 1 Desain Penelitian	55
Gambar 3. 2 Desain Rangkaian	57
Gambar 3. 3 Flowchart	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan DHT11 dan DHT22.....	20
Tabel 3. 1 Bahan Penelitian	43
Tabel 3. 2 Alat Penelitian	45

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam aktivitas pengecatan body motor, salah satu tahap penting yang sering diabaikan adalah proses pengeringan. Masih banyak tukang cat yang tidak melakukan pengeringan secara menyeluruh, sehingga pada bagian-bagian tertentu, khususnya celah sempit dan bodi berlekuk, lapisan cat tidak mengalami pengeringan yang merata akibat keterbatasan aliran udara dan distribusi panas. Kondisi tersebut menjadi masalah karena lapisan cat yang belum kering sempurna berpotensi mengalami penurunan daya lekat dan ketahanan lapisan, sehingga hasil pengecatan menjadi kurang optimal dan tidak bertahan dalam jangka waktu yang panjang.

Pengeringan dan pengerasan didefinisikan sebagai kondisi ketika lapisan cat telah mencapai tingkat kekerasan tertentu, sehingga objek dapat dipindahkan dengan hati-hati tanpa menimbulkan kerusakan pada lapisan cat. Suhu merupakan salah satu faktor utama yang sangat mempengaruhi proses pengeringan dan pengerasan lapisan cat, karena berperan langsung terhadap laju penguapan pelarut dan pembentukan struktur lapisan cat. Peningkatan suhu dapat mempercepat waktu pengeringan atau pengerasan lapisan cat, namun penerapannya harus berada dalam batas suhu yang aman agar tidak merusak karakteristik lapisan cat.

Proses pengeringan yang dilakukan secara manual dengan memanfaatkan sinar matahari seringkali kurang efektif karena waktu pengeringan menjadi tidak konsisten dan sangat bergantung pada kondisi lingkungan. Ketika kondisi cuaca tidak mendukung, proses pengeringan tidak dapat dilakukan secara optimal sehingga diperlukan waktu tunggu tambahan hingga intensitas panas matahari mencukupi. Sebaliknya, penggunaan alat pengering konvensional sering kali tidak dilengkapi dengan sistem pengendalian suhu yang memadai, sehingga suhu kerja dapat melebihi batas yang dibutuhkan dan berpotensi menurunkan kualitas lapisan cat.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, penulis mengusulkan rancangan alat pengering body motor otomatis yang dilengkapi sensor suhu DHT22 sebagai

pemantau suhu lingkungan, sehingga kinerja elemen pemanas dan kipas dapat dikendalikan secara terukur sesuai kebutuhan proses pengeringan. Sensor DHT22 dipilih karena memiliki tingkat akurasi dan stabilitas pengukuran yang memadai pada rentang suhu kerja pengeringan, serta mampu mendeteksi suhu dan kelembaban secara real-time untuk menjaga proses pengeringan tetap aman dan efisien.

Dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino sebagai pengendali utama dan komponen elektronik yang relatif terjangkau, alat ini dirancang untuk menghasilkan proses pengeringan body motor yang lebih terkendali dan konsisten. Diharapkan alat ini mampu meningkatkan kualitas hasil pengecatan body motor serta menunjukkan potensi penerapan teknologi sederhana berbasis mikrokontroler untuk kebutuhan praktis sehari-hari.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan alat pengeringan body motor menggunakan sensor suhu DHT22 sebagai upaya pengendalian suhu pengeringan secara terukur, yang selanjutnya dirumuskan dalam judul **“Perancangan Alat Pengeringan Body Motor Menggunakan Sensor Suhu DHT22.”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem alat pengering proses pengecatan body motor otomatis menggunakan sensor suhu DHT22?
2. Bagaimana sensor suhu DHT22 digunakan dalam sistem kontrol untuk mendeteksi suhu lingkungan dan mengendalikan proses pengeringan body motor?
3. Bagaimana perbandingan proses pengeringan pengecatan body motor secara manual dengan alat pengering yang di buat?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk merancang dan membuat alat pengering pengecatan body motor otomatis berbasis sensor suhu DHT22.
2. Untuk menerapkan sensor suhu DHT22 sebagai bagian dari sistem kontrol dalam mendeteksi suhu lingkungan dan mengendalikan proses pengeringan body motor.
3. Untuk menganalisa perbandingan proses pengeringan pengecatan body motor secara manual dengan alat pengering yang di buat.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah dan tidak menyimpang, maka diperlukan Ruang Lingkup Penelitian yaitu:

1. Sensor yang digunakan terbatas pada DHT22 sebagai sensor suhu dan kelembaban yang dimanfaatkan untuk pemantauan kondisi pengeringan.
2. Sistem kontrol menggunakan mikrokontroler Arduino untuk membaca sensor dan mengatur aktuator (*kipas/heater*).
3. Pengujian perbandingan alat hanya dilakukan pada body motor sebagai objek penelitian, tanpa mencakup bagian atau komponen kendaraan lainnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan alternatif teknis berupa alat pengering berbasis sensor suhu yang dapat diterapkan oleh pelaku usaha pengecatan body motor untuk mendukung proses pengeringan.
2. Mengurangi ketergantungan terhadap sinar matahari dalam proses pengeringan pengecatan melalui pemanfaatan sistem pengering buatan yang terkontrol.
3. Mendukung peningkatan kualitas dan konsistensi hasil pengeringan pengecatan body motor melalui pengendalian suhu pengeringan.

4. Menjadi rujukan pengembangan teknologi pengeringan sederhana berbasis mikrokontroler yang berpotensi diterapkan pada skala industri kecil dan menengah.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai penelitian ini, materi-materi yang dibahas dalam skripsi ini akan dikelompokkan ke dalam beberapa sub bab dengan penyusunan yang sistematis sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini bertindak sebagai pengantar yang menyajikan gambaran umum tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan dalam penelitian ini.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat pembahasan teori dan referensi ilmiah yang berkaitan dengan topik penelitian, serta menjelaskan landasan ilmiah yang menjadi dasar penelitian. Dalam tinjauan pustaka, peneliti akan mengkaji berbagai literatur dari berbagai sumber untuk memperkuat argumen dan pemahaman mengenai masalah yang dibahas.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode yang diterapkan dalam penelitian, termasuk tahapan yang diambil untuk mencapai tujuan penelitian. Metodologi penelitian meliputi pendekatan, teknik, dan prosedur yang digunakan dalam proses pengumpulan dan analisis data, sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil-hasil penelitian yang diperoleh melalui analisis data, kemudian mengulas temuan tersebut secara mendetail untuk menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini adalah bagian penutup dari skripsi yang menyajikan kesimpulan dan rekomendasi berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan. Selain itu,

bab ini juga merangkum temuan utama dan memberikan saran untuk penelitian di masa depan atau penerapan praktis.

6. DAFTAR PUSTAKA

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Pratama dan rekan melaporkan bahwa proses pengeringan berbasis oven yang dilengkapi sistem pemantauan suhu dan kondisi lingkungan ruang pengering menggunakan sensor terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino mampu meningkatkan kestabilan proses pengeringan secara signifikan dibandingkan metode konvensional [1]. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengendalian suhu dan kondisi udara ruang pengering merupakan faktor kunci dalam mempercepat penanganan serta distribusi produk pada berbagai bidang industri dan pangan. Berangkat dari konsep tersebut, sistem pengering konvensional yang masih mengandalkan panas pembakaran atau sinar matahari dan sangat bergantung pada kondisi cuaca dipandang memiliki keterbatasan dari segi waktu dan konsistensi hasil. Oleh karena itu, pendekatan pengeringan berbasis oven dengan pengendalian suhu ruang berbasis sensor dijadikan dasar dalam perancangan sistem pengering pada penelitian ini.

Siregar dan rekan mengemukakan bahwa energi surya merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial untuk mendukung sistem elektronik, khususnya di wilayah dengan intensitas penyinaran matahari yang tinggi seperti Indonesia [2]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa konfigurasi rangkaian seri dan paralel pada modul surya berpengaruh terhadap kestabilan suplai daya bagi sistem berbasis mikrokontroler dan sensor. Meskipun penelitian ini tidak berfokus pada pemanfaatan energi surya sebagai sumber daya utama, kajian tersebut menegaskan bahwa kestabilan pasokan energi listrik merupakan faktor pendukung penting dalam menjamin kinerja sistem pengering berbasis sensor suhu yang bekerja secara kontinu dan terkontrol.

Pengeringan merupakan faktor kunci dalam proses pengolahan hasil pertanian yang sangat dipengaruhi oleh pengendalian suhu dan waktu. Hidayat dan rekan merancang sistem pengering kemiri otomatis berbasis Arduino Uno dengan memanfaatkan sensor DHT22 untuk memantau kondisi suhu ruang pengering [3]. Berdasarkan data yang diperoleh dari sensor, sistem kontrol mengatur elemen

pemanas dan blower guna menjaga kondisi pengeringan tetap optimal. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem kontrol berbasis sensor mampu meningkatkan konsistensi proses pengeringan dibandingkan metode manual yang tidak memiliki pengendalian terukur. Konsep pengendalian suhu dan waktu berbasis sensor tersebut menjadi rujukan dalam perancangan alat pengering body motor, meskipun objek dan karakteristik material yang dikeringkan berbeda.

Irfandi dan rekan menjelaskan bahwa penerapan teknologi Internet of Things melalui modul ESP8266 NodeMCU memungkinkan sistem pengering untuk dimonitor dan dikendalikan secara daring melalui perangkat yang terhubung ke internet [4]. Pendekatan ini memberikan kemudahan dalam pemantauan kondisi pengeringan secara real-time tanpa keterbatasan jarak. Penelitian lain yang memanfaatkan mikrokontroler dan sensor DHT11 menunjukkan bahwa pengendalian suhu ruang pengering dapat dilakukan secara otomatis dengan mengaktifkan elemen pemanas dan kipas berdasarkan kondisi lingkungan yang terukur [5]. Kedua kajian tersebut menunjukkan bahwa pengendalian suhu berbasis sensor dapat diimplementasikan baik pada sistem berbasis jaringan maupun sistem mandiri. Meskipun penelitian ini tidak menerapkan konsep IoT, temuan tersebut digunakan sebagai pembanding untuk menegaskan bahwa sistem pengering tetap dapat bekerja secara efektif melalui pengendalian lokal berbasis sensor tanpa ketergantungan pada konektivitas internet.

Pengendalian suhu yang stabil merupakan aspek penting dalam proses pengeringan untuk menjaga efisiensi kerja sistem dan mencegah kerusakan objek yang dikeringkan. Penelitian oleh Evalina dan rekan menunjukkan bahwa penerapan sistem kontrol suhu pada oven listrik otomatis mampu mempertahankan suhu kerja mendekati nilai setel dengan mekanisme pemutusan daya ketika suhu melebihi batas yang ditentukan [6]. Prinsip pengendalian suhu tersebut relevan untuk diterapkan pada sistem pengering body motor, khususnya dalam menjaga kestabilan suhu ruang pengering menggunakan sensor suhu dan kelembapan DHT22 serta aktuator pengendali beban pemanas.

Proses pengeringan konvensional yang mengandalkan sinar matahari memiliki keterbatasan waktu dan sangat bergantung pada kondisi cuaca. Mustafa dan rekan merancang alat pengering rumput laut berbasis tenaga listrik dengan memanfaatkan

sumber panas buatan yang dikombinasikan dengan sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan ruang pengering [7]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengeringan berbasis sistem kontrol suhu mampu menghasilkan kualitas pengeringan yang setara, bahkan lebih konsisten dibandingkan metode alami. Konsep pemanfaatan sensor DHT22 sebagai pengendali suhu ruang ini menjadi acuan dalam perancangan alat pengering body motor pada penelitian ini.

Permasalahan pengeringan juga ditemukan pada proses pasca panen bawang merah yang masih dilakukan secara tradisional dan memerlukan waktu yang relatif lama. Yanti dan rekan mengembangkan mesin pengering bawang merah berbasis Arduino yang dilengkapi sistem pemanas dan sensor suhu DHT22 untuk mempercepat proses pengeringan serta meningkatkan efisiensi produksi [8]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan sistem pengering berbasis sensor suhu mampu mengurangi ketergantungan terhadap kondisi cuaca dan menghasilkan proses pengeringan yang lebih terkontrol dibandingkan metode konvensional. Temuan ini memperkuat urgensi penggunaan alat pengering otomatis pada proses pengecatan body motor, yang juga membutuhkan kestabilan suhu dan waktu pengeringan agar kualitas hasil pengecatan tetap terjaga.

Pemanfaatan mikrokontroler Arduino dalam sistem pengering telah banyak diterapkan untuk memantau kondisi lingkungan pengeringan secara real-time. Pratama dan rekan melakukan pengujian sistem pengering lada berbasis Arduino dengan memanfaatkan sensor suhu, sensor kelembapan, dan media tampilan LCD untuk menampilkan hasil pembacaan sensor [9]. Meskipun penelitian tersebut menggunakan beberapa jenis sensor tambahan, konsep integrasi mikrokontroler, sensor lingkungan, dan tampilan informasi menjadi dasar dalam perancangan sistem pengering body motor pada penelitian ini, dengan fokus pada penggunaan sensor DHT22 sebagai sensor utama.

Penelitian oleh Nurdiana dan rekan menerapkan metode eksperimen laboratorium dalam perancangan sistem pengering berbasis mikrokontroler dengan memanfaatkan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan ruang pengering [10]. Sistem yang dikembangkan memungkinkan pengaturan parameter pengeringan secara manual maupun otomatis, sehingga kondisi lingkungan dapat dijaga sesuai kebutuhan proses. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor

DHT22 mampu bekerja sesuai dengan pengaturan temperatur dan kelembapan yang ditetapkan. Meskipun penelitian tersebut menggunakan platform dan objek pengeringan yang berbeda, temuan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan sensor DHT22 sebagai elemen utama pengendali lingkungan pengeringan memiliki reliabilitas yang memadai. Prinsip pemantauan suhu dan kelembapan berbasis sensor ini dijadikan acuan dalam perancangan sistem pengering body motor pada penelitian ini.

Noviansyah dan Saiyar menyoroti permasalahan pengeringan ikan asin yang masih bergantung pada sinar matahari dan sangat rentan terhadap perubahan cuaca, khususnya pada kondisi hujan yang menyebabkan udara lembap dan menurunkan kualitas hasil pengeringan [11]. Kondisi tersebut berdampak pada penurunan mutu produk, seperti perubahan warna dan munculnya jamur, serta menghambat proses produksi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikembangkan alat pengering berbasis Arduino Uno sebagai solusi pengeringan yang lebih terkontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa keterbatasan metode konvensional dapat diatasi melalui penerapan sistem pengering berbasis kendali suhu. Permasalahan serupa juga ditemukan pada proses pengeringan pengecatan body motor, sehingga pendekatan pengeringan terkontrol menjadi relevan untuk diterapkan.

Hidayatullah dan rekan merancang sistem pengering sepatu dengan pengendalian temperatur ruang pengering menggunakan kombinasi lampu pijar dan kipas DC yang dikendalikan secara otomatis [12]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengaturan suhu ruang pengering yang terkontrol mampu mempercepat proses pengeringan dengan hasil yang konsisten. Meskipun sistem yang dikembangkan menggunakan media pengering dan metode kendali yang berbeda, penelitian ini menegaskan bahwa kestabilan suhu ruang pengering merupakan faktor penting dalam menentukan efektivitas proses pengeringan. Prinsip pengendalian suhu ruang tersebut relevan untuk diterapkan pada sistem pengering body motor guna menjaga kualitas hasil pengecatan selama proses pengeringan berlangsung.

Yanuar Ahmad dan Hariri merancang alat pengering cengkeh berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan memanfaatkan sensor suhu dan kelembapan DHT22 untuk mengendalikan proses pengeringan secara terukur [13]. Sistem yang

dikembangkan dirancang untuk menghasilkan tingkat kekeringan yang aman untuk penyimpanan melalui pengaturan suhu dan sirkulasi udara yang sesuai. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi antara sensor DHT22 dan sistem pengendalian berbasis mikrokontroler mampu menghasilkan proses pengeringan yang lebih konsisten dibandingkan metode konvensional. Meskipun objek penelitian berbeda, pendekatan pengendalian suhu dan kelembapan ruang pengering ini menjadi rujukan penting dalam perancangan alat pengering body motor yang membutuhkan kestabilan lingkungan pengeringan.

2.2 Pengeringan Pengecatan Body Motor

Proses pengecatan ulang body motor merupakan salah satu tahapan penting dalam bidang otomotif, khususnya pada aktivitas modifikasi kendaraan roda dua. Pada tahap ini, kualitas hasil pengecatan tidak hanya ditentukan oleh jenis cat dan teknik aplikasi, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan selama proses pengeringan. Pengeringan yang tidak terkontrol dapat menyebabkan berbagai cacat permukaan, seperti cat meleleh, munculnya tekstur kulit jeruk, hingga hasil akhir yang kusam dan tidak merata.

Dalam praktik pengecatan kendaraan bermotor, penggunaan ruang pengecatan atau *spray booth* menjadi solusi untuk menjaga kualitas hasil pengecatan. Ruang pengecatan dirancang sebagai ruangan berventilasi khusus yang dilengkapi sistem sirkulasi udara, seperti blower atau exhaust fan, untuk menghisap debu, uap air, dan partikel asing di udara agar tidak menempel pada permukaan cat yang masih basah. Namun, pada bengkel-bengkel skala kecil, khususnya di wilayah perkotaan seperti Medan, proses pengecatan dan pengeringan masih banyak dilakukan secara konvensional dengan mengandalkan panas matahari secara langsung [14]. Kondisi ini menyebabkan proses pengeringan sangat bergantung pada cuaca dan sulit dikontrol secara konsisten.

Pengeringan cat sendiri merupakan proses hilangnya cairan atau pelarut dari lapisan cat hingga cat mengeras dan mencapai kondisi kering yang stabil. Pada pengecatan body motor, pengeringan dikatakan berhasil apabila lapisan cat telah cukup mengeras sehingga body motor dapat dipindahkan atau ditangani tanpa merusak permukaan cat. Tujuan utama dari proses ini adalah memastikan lapisan

cat menempel dengan baik, memiliki tingkat kilap yang optimal, serta mampu melindungi permukaan body motor dari pengaruh lingkungan seperti oksidasi dan korosi.

Metode pengeringan konvensional yang dilakukan dengan penjemuran di bawah sinar matahari memiliki sejumlah keterbatasan, antara lain waktu pengeringan yang relatif lama, ketergantungan terhadap intensitas panas matahari, serta risiko kontaminasi debu dan kelembapan udara. Kondisi tersebut berpotensi menurunkan kualitas hasil pengecatan dan menghambat produktivitas bengkel, terutama pada kondisi cuaca yang tidak menentu.

Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengeringan pengecatan body motor yang mampu bekerja secara lebih terkontrol dan independen terhadap kondisi lingkungan luar. Penerapan sistem pengering otomatis berbasis sensor suhu, seperti sensor DHT22, memungkinkan pengendalian kondisi ruang pengering secara lebih presisi. Dengan pengaturan suhu yang stabil dan terukur, proses pengeringan dapat berlangsung lebih cepat, merata, dan aman terhadap permukaan cat. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas hasil pengecatan sekaligus efisiensi waktu pengerjaan dibandingkan metode pengeringan manual.

2.2.1 Pengeringan Alami (*Air Drying*)

Pengeringan alami merupakan metode pengeringan cat yang mengandalkan suhu dan kelembapan udara lingkungan tanpa bantuan sumber panas buatan. Metode ini bekerja secara pasif sehingga laju pengeringannya relatif lambat dan memerlukan waktu yang lebih panjang dibandingkan metode pengeringan paksa.

1. Prinsip Kerja:

a. Penguapan Solven

Cat semprot mengandung bahan pelarut (solvent) yang berfungsi menjaga cat tetap berada dalam fase cair saat proses aplikasi. Ketika cat terpapar udara, solvent akan mengalami proses penguapan secara bertahap. Proses penguapan ini menyebabkan molekul resin dan pigmen saling mendekat dan berikatan, sehingga membentuk lapisan cat yang mengeras di permukaan objek.

b. Oksidasi

Pada beberapa jenis cat, khususnya cat berbasis dasar minyak atau alkyd, proses pengeringan juga melibatkan reaksi oksidasi. Molekul oksigen dari udara bereaksi dengan molekul resin cat dan membentuk ikatan silang (cross-linking) yang berfungsi memperkuat struktur lapisan cat.

2. Faktor yang Mempengaruhi:

a. Suhu Udara

Suhu udara berpengaruh langsung terhadap laju penguapan solvent. Semakin tinggi suhu lingkungan, semakin cepat proses penguapan berlangsung. Secara umum, suhu ideal untuk pengeringan alami berada pada kisaran 20–30°C.

b. Kelembaban Udara

Tingkat kelembaban udara yang tinggi dapat memperlambat proses penguapan solvent. Kondisi udara yang terlalu lembab berpotensi menyebabkan proses pengeringan terhambat dan menurunkan kualitas hasil akhir, seperti munculnya permukaan cat yang kusam.

c. Sirkulasi Udara

Sirkulasi udara yang baik membantu mengalirkan uap solvent menjauh dari permukaan cat. Dengan demikian, proses penguapan dapat berlangsung lebih efektif dan waktu pengeringan dapat dipersingkat.

3. Kelebihan:

a. Metode ini relatif sederhana, murah, dan tidak memerlukan peralatan khusus.

b. Risiko kerusakan lapisan cat akibat suhu yang terlalu tinggi relatif kecil.

4. Kekurangan:

a. Waktu pengeringan relatif lama, mulai dari beberapa jam hingga beberapa hari.

b. Permukaan cat yang sedang mengering rentan terhadap kontaminasi debu, serangga, atau kotoran dari lingkungan sekitar.

c. Kualitas hasil pengeringan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan cenderung kurang optimal jika suhu dan kelembaban tidak ideal.

2.2.2 Pengeringan Paksa (*Forced Drying*)

Pengeringan paksa merupakan metode pengeringan cat yang memanfaatkan sumber panas buatan untuk mempercepat proses pengeringan. Metode ini umumnya digunakan pada bengkel profesional karena mampu menghemat waktu pengerjaan serta menghasilkan kualitas lapisan cat yang lebih seragam dan optimal dibandingkan pengeringan alami.

1. Prinsip Kerja

a. Pemanasan

Pada metode ini, sumber panas seperti lampu inframerah atau oven cat digunakan untuk meningkatkan suhu permukaan cat. Peningkatan suhu tersebut mempercepat laju penguapan solvent serta mempercepat reaksi kimia yang terjadi pada lapisan cat, baik berupa oksidasi maupun reaksi pembentukan struktur molekul yang lebih stabil.

b. Polimerisasi

Sebagian besar cat modern, khususnya cat dua komponen (2K) dan cat berbasis polyurethane, mengering melalui proses polimerisasi. Panas berperan sebagai katalis yang mempercepat reaksi antara resin utama dan hardener sehingga terbentuk ikatan molekul yang kuat dan menghasilkan lapisan cat yang keras serta tahan lama.

2. Metode Pengeringan Paksa

a. Lampu Inframerah (Infrared Lamp)

Lampu inframerah menghasilkan radiasi panas yang mampu menembus lapisan cat dan memanaskan substrat dari bagian dalam. Metode ini efektif untuk menghasilkan pengeringan yang lebih merata karena panas tidak hanya bekerja di permukaan, tetapi juga dari dalam lapisan cat.

b. Oven Cat (Paint Booth)

Oven cat merupakan ruang tertutup yang dilengkapi dengan sistem pemanas dan sirkulasi udara terkontrol. Suhu dan kelembaban di dalam ruang ini dapat diatur sesuai kebutuhan jenis cat, sehingga menciptakan kondisi pengeringan yang ideal sekaligus melindungi permukaan cat dari debu dan kontaminan lingkungan.

c. Hair Dryer atau Heat Gun

Alat ini terkadang digunakan untuk pengeringan pada area kecil atau pekerjaan berskala terbatas. Namun, penggunaannya memerlukan kehati-hatian karena panas yang tidak terkontrol dapat menyebabkan cacat pada lapisan cat, seperti melepuh atau gosong.

3. Faktor yang Mempengaruhi

a. Suhu

Suhu pengeringan harus disesuaikan dengan karakteristik cat yang digunakan. Secara umum, suhu pengeringan paksa berada pada kisaran 40 hingga 80°C.

b. Waktu Pemanasan

Waktu pemanasan harus seimbang dengan suhu yang diterapkan. Pemanasan yang terlalu singkat dapat menyebabkan cat belum mengering sempurna, sedangkan pemanasan yang berlebihan berisiko merusak lapisan cat maupun substrat.

c. Jenis Cat

Setiap jenis cat memiliki kebutuhan suhu dan waktu pengeringan yang berbeda. Cat dua komponen, misalnya, memerlukan pengaturan yang lebih presisi agar proses aktivasi hardener berlangsung secara optimal.

4. Kelebihan

a. Proses pengeringan berlangsung sangat cepat, mulai dari hitungan menit hingga beberapa jam.

b. Menghasilkan lapisan cat yang lebih keras, tahan lama, dan memiliki tingkat kilap yang lebih baik.

c. Risiko kontaminasi debu atau kotoran dapat diminimalkan karena proses dilakukan dalam lingkungan yang terkontrol.

5. Kekurangan

a. Membutuhkan biaya investasi yang relatif besar untuk pengadaan peralatan seperti oven atau lampu inframerah.

b. Kesalahan pengaturan suhu dan waktu pengeringan dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan cat.

Proses Pengeringan pada Setiap Lapisan Cat

Selain metode pengeringan, penting untuk memahami bahwa proses pengeringan terjadi pada setiap lapisan cat yang diaplikasikan dan memiliki peran yang berbeda dalam menentukan kualitas akhir pelapisan.

1) Pengeringan Lapisan Primer (Epoxy Primer)

Lapisan primer berfungsi sebagai dasar agar lapisan berikutnya dapat menempel dengan baik. Pengeringan primer yang sempurna sangat penting untuk mencegah kegagalan adhesi pada lapisan selanjutnya.

2) Pengeringan Lapisan Basecoat (Warna)

Lapisan basecoat mengandung pigmen warna dan biasanya tampak kering dalam waktu singkat. Namun, lapisan ini harus benar-benar kering sebelum aplikasi clearcoat agar tidak terjadi solvent terperangkap yang dapat menyebabkan cacat seperti permukaan buram atau blushing.

3) Pengeringan Lapisan Clearcoat (Pernis)

Clearcoat merupakan lapisan terluar yang berfungsi memberikan perlindungan dan kilap. Proses pengeringan pada tahap ini sangat menentukan kualitas akhir karena setelah mengeras, clearcoat dapat dipoles untuk memperoleh tingkat kilap maksimal.

2.3 Sensor Suhu DHT 22

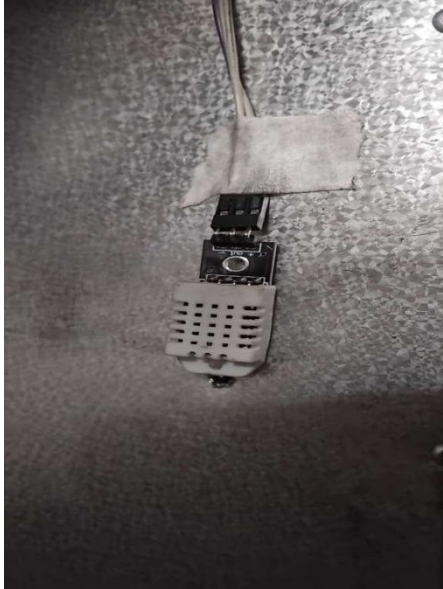
Sensor DHT22 merupakan perangkat digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan relatif udara. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip kapasitansi pada elemen penginderaan kelembapan dan menggunakan thermistor tipe NTC (Negative Temperature Coefficient) untuk mendeteksi perubahan suhu. Perubahan nilai kapasitansi dan resistansi tersebut diproses oleh rangkaian internal sensor sehingga menghasilkan keluaran berupa sinyal digital yang dapat langsung dibaca oleh mikrokontroler tanpa memerlukan rangkaian pengondisi sinyal tambahan[15].

DHT22 tersusun atas dua komponen utama, yaitu sensor kelembapan kapasitif yang sensitif terhadap perubahan kadar uap air di udara dan sensor suhu berbasis thermistor yang responsif terhadap perubahan temperatur lingkungan. Data hasil pengukuran dikirimkan melalui satu jalur data (single-wire communication), sehingga proses integrasi dengan sistem mikrokontroler menjadi lebih sederhana.

Sensor ini memiliki tingkat akurasi pengukuran suhu sekitar ± 2 °C dan kelembapan $\pm 5\%$ RH, yang dinilai cukup memadai untuk aplikasi pengukuran lingkungan non-kritis seperti otomasi, monitoring ruang, dan sistem kendali berbasis mikrokontroler [16].

Dalam berbagai penelitian dan aplikasi praktis, DHT22 dikenal memiliki waktu respons yang relatif cepat, stabilitas pengukuran jangka panjang, serta ketahanan terhadap gangguan interferensi. Selain itu, sensor ini mampu mengirimkan data hingga jarak sekitar 20 meter dalam kondisi tertentu, sehingga fleksibel untuk digunakan pada sistem dengan penempatan sensor yang tidak terlalu dekat dengan unit kendali. Ukurannya yang ringkas dan konsumsi daya yang rendah menjadikan DHT22 banyak digunakan dalam sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis Arduino maupun platform mikrokontroler lainnya [16].

Pada perancangan alat pengering body motor dalam penelitian ini, sensor DHT22 berfungsi sebagai pendeteksi kondisi lingkungan ruang pengering, khususnya suhu dan kelembapan udara. Data yang dihasilkan oleh sensor digunakan sebagai parameter masukan bagi sistem kendali untuk mengatur kerja aktuator, seperti elemen pemanas dan blower, sehingga proses pengeringan dapat berlangsung secara terkontrol dan stabil. Dengan karakteristik presisi yang baik, kompatibilitas tinggi dengan Arduino Uno, serta harga yang relatif terjangkau, sensor DHT22 dipilih sebagai sensor utama dalam sistem pengering body motor yang dirancang [17].



Gambar 2. 1 Sensor DHT22

Spesifikasi Teknis Utama DHT22

Sensor DHT22 merupakan sensor suhu dan kelembapan digital yang dirancang untuk aplikasi pemantauan lingkungan. Sensor ini dapat beroperasi pada rentang tegangan 3,3 V hingga 6 V DC, sehingga kompatibel dengan berbagai jenis mikrokontroler. DHT22 mampu mengukur suhu pada rentang -40°C hingga 80°C dengan tingkat akurasi sekitar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, serta mengukur kelembapan relatif udara pada rentang 0% hingga 100% RH dengan akurasi berkisar antara $\pm 2\%$ hingga $\pm 5\%$ RH. Resolusi pengukuran yang dihasilkan mencapai $0,1^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan 0,1% RH untuk kelembapan, dengan interval pengambilan data sekitar setiap 2 detik.

Dari sisi komunikasi, DHT22 menggunakan antarmuka digital dengan protokol satu kawat (*single-wire*), sehingga hanya memerlukan satu jalur data untuk mentransmisikan data suhu dan kelembapan ke mikrokontroler. Karakteristik ini menjadikan DHT22 mudah diintegrasikan dalam sistem kendali berbasis mikrokontroler.

Fitur Tambahan

Selain spesifikasi utama tersebut, DHT22 memiliki sejumlah fitur pendukung yang meningkatkan keandalan dan fleksibilitas penggunaannya.

Sensor ini telah dikalibrasi di pabrik, sehingga tidak memerlukan proses kalibrasi tambahan saat digunakan. Dalam jangka panjang, DHT22 menunjukkan stabilitas yang baik dengan tingkat perubahan kelembapan kurang dari $\pm 0,5\%$ RH per tahun.

DHT22 juga memiliki konsumsi daya yang relatif rendah, yaitu sekitar 1–1,5 mA saat proses pengukuran dan sekitar 40–50 μA pada kondisi siaga. Selain itu, sensor ini mampu mentransmisikan data hingga jarak sekitar 20 meter, sehingga memungkinkan penempatan sensor yang lebih fleksibel. Pada modul DHT22 yang telah terintegrasi, umumnya tersedia tiga pin utama, yaitu pin VCC sebagai catu daya (3,3–6 V), pin GND sebagai ground, dan pin Data sebagai jalur komunikasi digital dengan mikrokontroler, seperti Arduino.

Prinsip Kerja Sensor DHT22

Sensor DHT22 bekerja dengan mengintegrasikan sensor kelembaban, sensor suhu, serta sistem komunikasi data digital dalam satu modul. Setiap komponen memiliki peran yang saling mendukung dalam menghasilkan data suhu dan kelembaban yang akurat serta dapat diproses langsung oleh mikrokontroler.

1. Sensor Kelembaban Kapasitif

Sensor kelembaban pada DHT22 menggunakan prinsip kapasitansi, di mana dua elektroda dipisahkan oleh lapisan dielektrik berbahan polimer. Perubahan kelembaban udara di sekitar sensor menyebabkan lapisan polimer tersebut menyerap atau melepaskan molekul air, sehingga mengubah nilai konstanta dielektriknya. Perubahan konstanta dielektrik ini berdampak langsung pada nilai kapasitansi antara kedua elektroda. Sirkuit terintegrasi di dalam sensor kemudian mengukur perubahan kapasitansi tersebut dan mengonversinya menjadi nilai kelembaban relatif dalam bentuk data digital. Semakin tinggi tingkat kelembaban udara, semakin besar nilai kapasitansi yang terdeteksi oleh sensor.

2. Teori Sensor Suhu Termistor

Pengukuran suhu pada DHT22 dilakukan menggunakan sensor suhu jenis termistor NTC (Negative Temperature Coefficient). Termistor NTC memiliki

karakteristik resistansi yang menurun ketika suhu meningkat dan meningkat ketika suhu menurun. Perubahan resistansi ini bersifat linier dan dapat diprediksi, sehingga memudahkan proses konversi menjadi nilai suhu. Sirkuit internal DHT22 mengukur perubahan resistansi pada termistor, kemudian mengonversikannya menjadi data suhu digital berdasarkan parameter kalibrasi yang telah tersimpan di dalam mikrokontroler internal sensor.

3. Teori Komunikasi Data

DHT22 menggunakan sistem komunikasi digital dengan protokol single-wire yang memungkinkan pengiriman data melalui satu jalur data. Pada saat mikrokontroler mengirimkan sinyal permintaan, DHT22 akan merespons dengan mengirimkan paket data berukuran 40 bit secara berurutan. Paket data tersebut terdiri atas 16 bit data kelembaban, 16 bit data suhu, serta 8 bit checksum yang berfungsi untuk memastikan keakuratan data yang dikirimkan. Proses pembacaan data memerlukan ketepatan waktu yang tinggi, karena setiap bit dikirimkan dalam durasi tertentu sesuai dengan protokol komunikasi yang telah ditetapkan.

Secara keseluruhan, DHT22 merupakan sensor terintegrasi yang menggabungkan elemen penginderaan kelembaban dan suhu dengan sistem pemrosesan data digital di dalam satu modul. Integrasi ini memungkinkan DHT22 menghasilkan data yang stabil, akurat, dan siap digunakan dalam sistem kendali berbasis mikrokontroler, khususnya pada perancangan sistem pengering body motor yang membutuhkan pemantauan kondisi suhu lingkungan secara berkelanjutan.

2.3.1 Perkembangan Sensor Suhu DHT 22

Sensor DHT22 merupakan pengembangan dari seri sensor suhu dan kelembaban digital sebelumnya, khususnya DHT11, dengan peningkatan signifikan pada rentang pengukuran dan tingkat akurasi. Sensor ini dirancang untuk memberikan data suhu dan kelembaban yang lebih stabil serta presisi, sehingga sesuai digunakan pada sistem pemantauan lingkungan yang membutuhkan kendali berbasis data terukur.

Dibandingkan dengan DHT11, DHT22 memiliki rentang pengukuran suhu yang lebih luas, yakni dari -40°C hingga 80°C , serta akurasi pengukuran suhu hingga $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Selain itu, rentang pengukuran kelembapan DHT22 mencapai 0%–100% RH dengan akurasi yang lebih baik. Perbedaan karakteristik utama antara DHT11 dan DHT22 dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Perbandingan DHT11 dan DHT22

Fitur	DHT11	DHT22
Rentang Suhu	$0^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$
Akurasi Suhu	$\pm 2^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Rentang Kelembapan	20% - 80% RH	0% - 100% RH
Akurasi Kelembapan	$\pm 5\%$ RH	$\pm 2\%$ RH
Kecepatan Pembacaan	Setiap 1 detik	Setiap 2 detik
Biaya	Lebih murah	Lebih mahal dari DHT11

Meskipun DHT11 memiliki interval pembacaan yang lebih cepat, DHT22 menawarkan kestabilan data dan ketelitian pengukuran yang lebih tinggi. Oleh karena itu, sensor DHT22 lebih sesuai digunakan pada aplikasi yang membutuhkan pengendalian suhu dan kelembapan secara konsisten, termasuk pada sistem pengering yang memerlukan kestabilan kondisi lingkungan selama proses berlangsung.

2.3.2 Komponen Utama Sensor DHT 22

Sensor DHT22 tersusun atas beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi untuk menghasilkan data suhu dan kelembapan dalam bentuk digital. Komponen utama tersebut meliputi sensor kelembapan kapasitif, sensor suhu berupa termistor, serta mikrokontroler internal.

Sensor kelembapan kapasitif berfungsi untuk mendeteksi kelembapan relatif udara dengan memanfaatkan perubahan kapasitansi akibat penyerapan uap air oleh substrat sensitif. Sementara itu, pengukuran suhu dilakukan menggunakan termistor jenis NTC (Negative Temperature Coefficient), yang nilai resistansinya berubah seiring dengan perubahan suhu lingkungan.

Selain kedua elemen penginderaan tersebut, DHT22 juga dilengkapi dengan mikrokontroler internal yang bertugas mengolah sinyal analog dari sensor kelembapan dan termistor, mengonversinya menjadi data digital, serta mengirimkannya ke mikrokontroler eksternal melalui satu jalur data. Kombinasi komponen ini menjadikan DHT22 sebagai sensor terintegrasi yang praktis dan efisien untuk sistem kendali berbasis mikrokontroler.

2.3.3 Prinsip Dasar Operasi Sensor DHT 22

Prinsip dasar operasi sensor DHT22 merupakan kombinasi antara pengukuran suhu dan kelembapan menggunakan dua elemen sensor yang berbeda, kemudian data hasil pengukuran tersebut diproses dan dikirimkan secara digital melalui satu jalur komunikasi. Prinsip kerja ini menjadikan DHT22 sebagai sensor terintegrasi yang sederhana namun andal untuk sistem kendali berbasis mikrokontroler.

1. Prinsip Pengukuran Kelembapan

Sensor DHT22 mengukur kelembapan udara menggunakan sensor kapasitif. Sensor ini terdiri dari dua elektroda yang dipisahkan oleh substrat yang sensitif terhadap kelembapan.

- Ketika kelembapan udara meningkat, substrat akan menyerap uap air.
- Penyerapan uap air tersebut menyebabkan perubahan konstanta dielektrik substrat.
- Perubahan konstanta dielektrik ini mengakibatkan perubahan nilai kapasitansi antara kedua elektroda.
- Mikrokontroler internal pada DHT22 mengukur perubahan kapasitansi tersebut dan mengonversinya menjadi nilai kelembapan relatif (Relative Humidity).

2. Prinsip Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu pada DHT22 dilakukan menggunakan termistor jenis NTC (Negative Temperature Coefficient), yaitu resistor yang nilai resistansinya berubah seiring perubahan suhu.

- Ketika suhu meningkat, resistansi termistor NTC akan menurun.
- Sebaliknya, ketika suhu menurun, nilai resistansi akan meningkat.

- Mikrokontroler internal membaca perubahan resistansi ini dan mengonversinya menjadi nilai suhu dalam satuan derajat Celsius atau Fahrenheit.

3. Prinsip Komunikasi Digital

Setelah data suhu dan kelembapan diperoleh, DHT22 mengirimkan data tersebut ke mikrokontroler eksternal menggunakan protokol komunikasi single-wire two-way.

Proses komunikasi berlangsung sebagai berikut:

1. Mikrokontroler eksternal mengirimkan sinyal awal (start signal) untuk memulai proses pembacaan.
2. Sensor DHT22 merespons sinyal tersebut dan mengirimkan data sebanyak 40 bit.
3. Data 40 bit tersebut terdiri dari:
 - 16 bit data kelembapan,
 - 16 bit data suhu,
 - 8 bit checksum untuk memastikan keakuratan data.

2.3.4 Pengaplikasian Sensor DHT 22

Sensor DHT22 banyak digunakan dalam berbagai sistem berbasis mikrokontroler karena kemampuannya dalam mengukur suhu dan kelembapan secara digital dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Data yang dihasilkan sensor ini dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan pada sistem kendali otomatis maupun sistem pemantauan lingkungan.

1. Sistem Pemantauan Lingkungan

Sensor DHT22 banyak diaplikasikan pada sistem pemantauan suhu dan kelembapan lingkungan, seperti ruang penyimpanan, gudang, dan ruangan tertutup. Pada aplikasi ini, sensor berfungsi untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time sehingga perubahan suhu dan kelembapan dapat diketahui lebih awal dan ditangani dengan tepat guna menjaga kondisi ruang tetap stabil.

2. Bidang Pertanian dan Sistem Pengerinan

Dalam bidang pertanian, sensor DHT22 digunakan untuk memantau kondisi udara pada proses pengeringan hasil panen, rumah kaca, maupun ruang penyimpanan produk pertanian. Informasi suhu dan kelembapan yang diperoleh dari sensor dimanfaatkan untuk mengendalikan sistem pemanas dan sirkulasi udara agar proses pengeringan berlangsung secara merata dan terkontrol. Aplikasi ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 efektif digunakan pada sistem pengering yang membutuhkan kestabilan suhu dalam jangka waktu tertentu.

3. Sistem Otomasi dan Kendali Berbasis Mikrokontroler

Sensor DHT22 juga banyak diterapkan pada sistem otomasi berbasis mikrokontroler, seperti pengendalian kipas, pemanas, atau perangkat pendingin secara otomatis. Data sensor digunakan sebagai parameter masukan untuk menentukan kondisi aktif atau nonaktifnya aktuator, sehingga sistem dapat bekerja tanpa pengaturan manual secara terus-menerus.

4. Relevansi Pengaplikasian Sensor DHT22 terhadap Penelitian

Pada penelitian ini, sensor DHT22 diaplikasikan sebagai pendeteksi suhu ruang pengering pengecatan body motor. Nilai suhu yang terukur digunakan sebagai acuan sistem untuk mengendalikan elemen pemanas dan sirkulasi udara agar proses pengeringan berlangsung secara stabil dan terkontrol. Pemanfaatan sensor DHT22 pada sistem ini diharapkan mampu mengatasi keterbatasan metode pengeringan konvensional yang bergantung pada kondisi lingkungan, serta meningkatkan konsistensi hasil pengeringan pengecatan body motor.

2.4 Lampu Pijar

Pada perancangan alat pengering body motor ini, lampu pijar dan lampu halogen digunakan sebagai sumber panas utama dalam ruang pengering. Pemilihan kedua jenis lampu tersebut didasarkan pada ketersediaannya yang mudah di pasaran serta kemampuannya dalam menghasilkan panas yang relatif tinggi dan stabil untuk mendukung proses pengeringan. Lampu pijar umumnya menghasilkan suhu filamen berkisar antara 2500 K hingga 2700 K, sedangkan lampu halogen mampu

mencapai suhu yang lebih tinggi, yaitu sekitar 3000 K hingga 3200 K. Dari sisi ketahanan, lampu pijar memiliki umur pakai rata-rata sekitar 2000 jam, sementara lampu halogen dapat bertahan hingga kurang lebih 4000 jam (Pedoman Efisiensi Energi, 2006). Karakteristik tersebut menjadikan lampu pijar dan halogen cukup sesuai digunakan sebagai elemen pemanas pada sistem pengering berskala kecil hingga menengah [18].



Gambar 2. 2 Lampu Pijar

Pada sistem yang dirancang, panas yang dihasilkan oleh lampu tidak bekerja secara terus-menerus, melainkan dikendalikan secara otomatis berdasarkan hasil pembacaan suhu dari sensor DHT22. Mekanisme pengendalian ini bertujuan untuk menjaga suhu ruang pengering tetap berada pada rentang kerja yang diinginkan, sehingga proses pengeringan body motor dapat berlangsung lebih efisien, terkontrol, dan aman terhadap lapisan cat.

Indonesia sebagai negara beriklim tropis memiliki tantangan tersendiri dalam proses pengeringan, terutama ketika kondisi cuaca tidak menentu. Pengeringan body motor secara konvensional dengan memanfaatkan sinar matahari sering kali kurang efektif saat terjadi hujan atau mendung, serta berisiko terhadap kontaminasi debu dan kotoran dari lingkungan sekitar. Kondisi tersebut mendorong perlunya

sistem pengering buatan yang mampu bekerja secara independen dari faktor cuaca. Oleh karena itu, penelitian ini merancang alat pengering body motor otomatis dengan memanfaatkan sumber panas dari lampu pijar dan lampu halogen yang dikombinasikan dengan sensor suhu DHT22 untuk menjaga kestabilan suhu kerja selama proses pengeringan berlangsung [19].

Secara prinsip, lampu pijar bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi panas dan cahaya melalui pemanasan filamen. Ketika arus listrik mengalir, filamen yang memiliki hambatan listrik tinggi akan mengalami kenaikan suhu hingga berpijar dan memancarkan cahaya. Proses pemanasan filamen inilah yang menghasilkan energi panas dalam jumlah signifikan. Menurut Agam, Yushardi, dan Prihandono (2015), energi listrik yang melewati filamen akan dikonversi menjadi panas dan cahaya akibat resistansi material filamen tersebut. Suhu yang dihasilkan bersifat relatif stabil selama suplai listrik terjaga, sehingga lampu pijar dapat dimanfaatkan sebagai sumber panas pada berbagai aplikasi pemanasan berskala kecil [20].

Penggunaan lampu pijar sebagai sumber panas dengan pengendalian suhu yang tepat terbukti mampu menciptakan kondisi termal yang stabil pada sistem tertutup. Prinsip ini juga banyak diterapkan pada mesin penetasan telur dan sistem pemanas lainnya yang memerlukan kestabilan suhu dalam jangka waktu tertentu. Dengan demikian, penerapan lampu pijar dan lampu halogen pada alat pengering body motor yang dirancang dalam penelitian ini dinilai relevan dan fungsional untuk mendukung proses pengeringan yang lebih terkontrol.

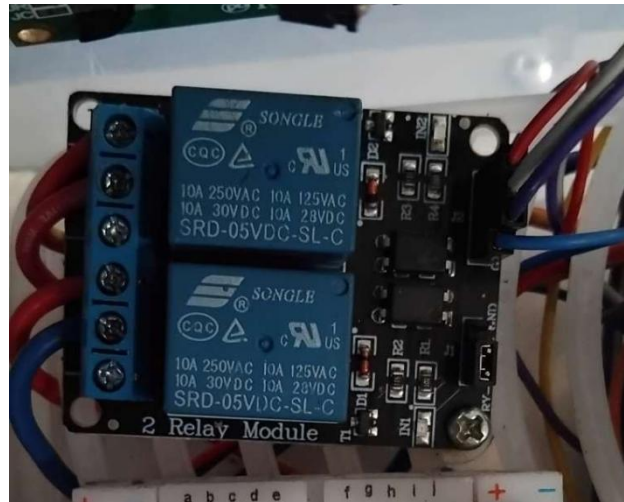
2.5 Relay

Relay merupakan sebuah sakelar (switch) yang dioperasikan secara elektrik dan berfungsi untuk mengendalikan sirkuit berarus atau bertegangan besar dengan menggunakan sinyal arus listrik yang relatif kecil. Secara umum, relay terdiri dari dua bagian utama, yaitu kumparan elektromagnet (coil) dan seperangkat kontak sakelar. Ketika arus listrik dialirkan ke kumparan, medan magnet akan terbentuk dan menarik jangkar (armature), sehingga menyebabkan perubahan posisi kontak sakelar dari kondisi terbuka (Normally Open/NO) menjadi tertutup, atau sebaliknya

dari kondisi tertutup (Normally Closed/NC) menjadi terbuka. Perubahan ini memungkinkan relay menghubungkan atau memutus aliran arus pada sirkuit beban.

Relay termasuk salah satu komponen keluaran (output) yang banyak digunakan dalam sistem elektronika dan otomasi [11]. Modul relay, seperti modul relay 4 saluran, dirancang untuk memudahkan pengendalian beban bertegangan dan berarus tinggi, seperti lampu, motor listrik, katup solenoid, dan beban AC lainnya. Modul ini umumnya telah dilengkapi dengan terminal sekrup untuk koneksi kontak Common (COM), Normally Open (NO), dan Normally Closed (NC), serta indikator LED untuk menunjukkan status aktif atau tidaknya relay. Desain tersebut membuat modul relay mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino, PIC, maupun sistem kendali lainnya [21].

Dalam sistem kendali, relay memiliki peran penting sebagai isolator antara rangkaian kontrol bertegangan rendah dan rangkaian beban bertegangan tinggi. Isolasi ini berfungsi sebagai pengaman, karena mencegah arus atau tegangan tinggi dari rangkaian beban masuk kembali ke rangkaian kontrol yang dapat merusak komponen sensitif pada mikrokontroler. Berdasarkan konfigurasi kontakannya, relay dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain SPST (Single Pole Single Throw) dan SPDT (Single Pole Double Throw). Selain relay mekanis, terdapat pula relay solid-state (Solid State Relay/SSR) yang tidak menggunakan bagian mekanik bergerak, sehingga memiliki waktu respons lebih cepat, tidak menimbulkan suara, serta umur pakai yang lebih panjang dibandingkan relay konvensional.



Gambar 2. 3 Relay

Relay memiliki beberapa spesifikasi teknis utama yang perlu diperhatikan, yang terbagi menjadi spesifikasi sisi kumparan dan spesifikasi sisi kontak.

Pada sisi kumparan (coil), spesifikasi utama meliputi tegangan operasi dan arus kumparan. Tegangan operasi merupakan tegangan yang dibutuhkan untuk mengaktifkan kumparan elektromagnet, yang umumnya bernilai 5 V DC atau 12 V DC sehingga kompatibel dengan keluaran mikrokontroler. Arus kumparan adalah arus yang mengalir saat relay diaktifkan, yang relatif kecil dan biasanya berada di bawah 20 mA, sehingga aman untuk dikendalikan melalui rangkaian driver atau modul relay.

Sementara itu, pada sisi kontak, spesifikasi yang perlu diperhatikan meliputi tegangan kontak maksimum, arus kontak maksimum, serta tipe kontak. Tegangan kontak maksimum menunjukkan batas tegangan tertinggi yang dapat dialihkan oleh relay, baik untuk beban AC maupun DC. Arus kontak maksimum menunjukkan arus tertinggi yang dapat dilewatkan tanpa menyebabkan kerusakan atau panas berlebih pada kontak relay. Tipe kontak menunjukkan konfigurasi sakelar yang digunakan, seperti SPDT yang memiliki terminal COM, NO, dan NC.

Selain spesifikasi tersebut, relay juga memiliki parameter lain seperti waktu respons, yaitu waktu yang dibutuhkan relay untuk berpindah kondisi setelah kumparan diberi tegangan, serta jumlah saluran (channel) pada modul relay,

misalnya 1-channel, 2-channel, atau 4-channel, yang menunjukkan jumlah relay dalam satu modul.

Menurut Muslihudin, Renvillia, Taufiq, Andoyo, dan Susanto (2018), modul relay merupakan piranti yang menggunakan prinsip elektromagnetik untuk mengoperasikan seperangkat kontak saklar. Kumparan kawat yang dililitkan pada inti besi akan menghasilkan medan magnet ketika diberi energi, sehingga menarik armature dan menggerakkan mekanisme saklar. Modul relay dapat digunakan sebagai sakelar untuk mengendalikan berbagai peralatan elektronik seperti lampu dan motor listrik, di mana kondisi ON dan OFF sepenuhnya ditentukan oleh sinyal keluaran mikrokontroler berdasarkan hasil pengolahan data sensor [22].

Relay juga berperan penting sebagai komponen pengaman dalam sistem elektronika. Dengan memisahkan rangkaian kontrol berarus kecil dan rangkaian beban berarus besar, relay mampu melindungi perangkat dari gangguan seperti kelebihan arus, tegangan berlebih, maupun hubungan singkat (short circuit). Oleh karena itu, relay menjadi salah satu komponen fundamental dalam sistem otomasi, kendali industri, dan berbagai aplikasi elektronika yang memerlukan pengalihan daya secara aman dan terkendali [23].

2.6 Power supply

Power supply atau catu daya merupakan perangkat elektronik yang berfungsi mengubah arus listrik dari sumber utama, umumnya arus bolak-balik (AC), menjadi arus searah (DC) dengan nilai tegangan dan arus yang sesuai untuk mengoperasikan komponen elektronik. Keberadaan power supply menjadi komponen yang sangat penting karena tanpa adanya catu daya yang memadai, suatu sistem elektronika tidak dapat beroperasi dengan baik.

Dalam penggunaannya, power supply harus mampu menyediakan tegangan keluaran yang stabil dan sesuai dengan kebutuhan beban. Pada perancangan alat pengering body motor ini, power supply dirancang untuk mengubah tegangan AC 220 V menjadi tegangan DC 5 V sebagai sumber daya utama bagi mikrokontroler Arduino dan komponen pendukung lainnya. Tegangan DC tersebut diperoleh melalui rangkaian penyearah, kemudian diproses dan dikendalikan oleh sistem berbasis Arduino. Data masukan dapat diatur melalui keypad, selanjutnya Arduino

memproses nilai tersebut dan memberikan instruksi kepada modul DAC (Digital to Analog Converter) melalui komunikasi I2C. Nilai tegangan keluaran dan informasi sistem kemudian ditampilkan pada LCD, sehingga pengguna dapat memantau dan mengatur sistem secara lebih mudah dan presisi [24].

Power supply memiliki peranan penting dalam dunia elektronika karena hampir seluruh sistem elektronika membutuhkan suplai arus searah (DC). Tegangan keluaran power supply yang umum digunakan antara lain 5 V, 12 V, dan 24 V DC. Namun, pada beberapa aplikasi tertentu, seperti sistem pengaturan suhu termoelektrik, diperlukan power supply dengan kemampuan pengaturan arus (adjustable current). Oleh karena itu, beberapa penelitian berfokus pada perancangan power supply dengan pengaturan arus yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa performa power supply sangat dipengaruhi oleh karakteristik beban serta desain rangkaian penguat arus yang digunakan [1].

Secara prinsip, power supply atau catu daya merupakan rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai pengubah arus listrik AC menjadi arus DC [1]. Berdasarkan jenisnya, power supply dapat dibedakan menjadi DC power supply, AC power supply, dan switch mode power supply. DC power supply menyediakan tegangan keluaran dalam bentuk arus searah dengan polaritas tetap, sedangkan AC power supply digunakan untuk mengubah nilai tegangan AC dari satu level ke level lainnya. Switch mode power supply berfungsi menyearahkan dan menyaring tegangan input AC untuk menghasilkan tegangan DC yang dapat diatur dengan efisiensi yang lebih tinggi [2].

Catu daya DC banyak digunakan pada perangkat elektronika yang membutuhkan suplai arus searah, salah satunya adalah sistem termoelektrik. Kualitas power supply sangat berpengaruh terhadap kestabilan kerja sistem, terutama pada aplikasi yang membutuhkan pengaturan suhu dan arus secara kontinu [25]



Gambar 2. 4 Power Supply

Secara umum, power supply dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu power supply linear dan power supply switching mode. Power supply linear bekerja dengan menurunkan tegangan menggunakan transformator, kemudian menyearahkan dan menstabilkan tegangan menggunakan regulator linier. Jenis ini memiliki keluaran tegangan yang relatif bersih, namun kurang efisien karena menghasilkan panas yang cukup besar dan memiliki ukuran fisik yang besar. Sebaliknya, power supply switching mode bekerja dengan mengubah tegangan input AC menjadi DC, kemudian memotongnya menjadi pulsa frekuensi tinggi sebelum diturunkan kembali menggunakan transformator berukuran kecil. Metode ini memiliki efisiensi yang lebih tinggi, ukuran yang lebih ringkas, dan bobot yang lebih ringan sehingga banyak digunakan pada perangkat elektronik modern.

Efisiensi power supply merupakan perbandingan antara daya keluaran terhadap daya masukan. Power supply dengan efisiensi tinggi akan membuang energi yang lebih sedikit dalam bentuk panas, sehingga lebih hemat energi dan lebih andal dalam jangka panjang. Selain itu, regulasi tegangan menjadi parameter penting yang menunjukkan kemampuan power supply dalam mempertahankan tegangan keluaran tetap stabil meskipun terjadi perubahan beban. Regulasi yang buruk dapat menyebabkan fluktuasi tegangan yang berpotensi merusak komponen elektronik.

Karakteristik lain yang perlu diperhatikan adalah ripple, yaitu fluktuasi AC yang masih tersisa pada tegangan DC keluaran. Ripple yang rendah sangat

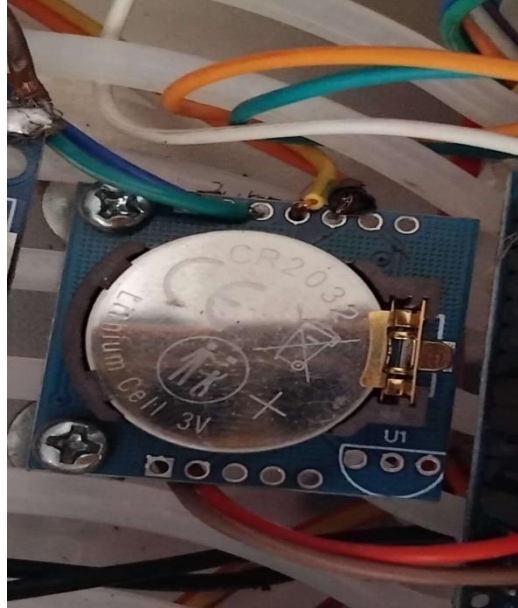
diinginkan karena tegangan yang lebih bersih akan meningkatkan keandalan sistem, khususnya pada komponen sensitif seperti mikrokontroler dan sensor.

Power supply modern umumnya dilengkapi dengan berbagai fitur proteksi untuk menjaga keamanan sistem, antara lain over voltage protection (OVP), over current protection (OCP), short circuit protection (SCP), over power protection (OPP), dan under voltage protection (UVP). Fitur-fitur ini berfungsi untuk melindungi power supply dan komponen yang terhubung dari kerusakan akibat kondisi operasi yang tidak normal.

Secara keseluruhan, power supply merupakan komponen fundamental dalam perancangan alat pengering body motor otomatis. Kestabilan dan kualitas catu daya sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem kendali, khususnya dalam menjaga keandalan mikrokontroler Arduino dan akurasi pembacaan sensor suhu DHT22 selama proses pengeringan berlangsung.

2.7 Timer DS1307 RTC

Pada masa sekarang, jam digital lebih banyak diminati masyarakat dibandingkan dengan jam analog. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain tampilan yang lebih elegan, harga yang relatif murah, ukuran yang kecil, serta tingkat akurasi yang tinggi. Kondisi tersebut mendorong berbagai perusahaan besar untuk memproduksi beragam jenis jam digital pintar dengan fitur yang semakin canggih. Karena memiliki harga yang terjangkau dan ukuran yang ringkas, jam digital sering kali diintegrasikan ke dalam berbagai perangkat elektronik, seperti mobil, radio, televisi, oven microwave, oven standar, komputer, hingga telepon seluler, dengan tujuan meningkatkan kualitas dan fungsi perangkat tersebut. Pada proyek khusus ini, dirancang sebuah jam pintar serbaguna dengan memanfaatkan dua buah mikrokontroler PIC serta sebuah IC Real Time Clock (RTC) sebagai komponen utama. Bagian tampilan jam dirancang menggunakan Seven Segment Display dan LED agar informasi waktu dapat ditampilkan dengan jelas. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan sensor suhu yang berfungsi untuk menampilkan informasi suhu terkini melalui Seven Segment, sehingga tidak hanya berfungsi sebagai penunjuk waktu, tetapi juga mampu memberikan informasi tambahan yang bermanfaat bagi pengguna.



Gambar 2. 5 Timer DS1307 RTC

DS1307 adalah komponen Real-Time Clock (RTC) yang berfungsi sebagai jam/kalender elektronik. Komponen ini dirancang untuk menghitung waktu secara akurat, termasuk detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun, dengan kompensasi tahun kabisat hingga tahun 2100. Salah satu keunggulan utamanya adalah kemampuannya untuk beroperasi secara mandiri bahkan ketika catu daya utama dimatikan.

DS1307 bekerja dengan menggunakan osilator kristal eksternal 32.768 kHz. Kristal ini sangat stabil dan sering digunakan dalam perangkat jam tangan, memungkinkan DS1307 menjaga waktu dengan presisi tinggi. Komponen ini berkomunikasi dengan mikrokontroler seperti Arduino melalui protokol serial I²C (Inter-Integrated Circuit). Protokol ini hanya membutuhkan dua jalur kabel, yaitu SDA (Serial Data) untuk transfer data dan SCL (Serial Clock) untuk sinkronisasi, membuat koneksi menjadi sederhana dan efisien.

Untuk memastikan waktu terus berjalan meskipun daya utama mati, DS1307 dilengkapi dengan fitur deteksi kegagalan daya otomatis. Ketika tegangan V_{cc} (daya utama) turun di bawah batas tertentu, DS1307 secara otomatis beralih ke sumber daya cadangan, biasanya baterai litium 3V (seperti baterai koin CR2032). Dalam mode ini, DS1307 hanya mengonsumsi arus yang sangat kecil (kurang dari

500 nA), memungkinkan baterai bertahan selama bertahun-tahun. Selain itu, DS1307 juga memiliki memori SRAM non-volatile (NVRAM) sebesar 56 byte yang dapat diakses oleh pengguna. Memori ini juga didukung oleh baterai, sehingga data yang disimpan di dalamnya tidak hilang saat daya mati, menjadikannya ideal untuk menyimpan konfigurasi atau data penting.

DS1307 sering digunakan dalam berbagai proyek elektronik yang membutuhkan pelacakan waktu, seperti jam digital, sistem data logger, pengatur waktu untuk irigasi, atau perangkat otomasi rumah. Namun, perlu dicatat bahwa DS1307 memiliki beberapa keterbatasan dibandingkan dengan chip RTC yang lebih modern seperti DS3231. DS1307 tidak memiliki kompensasi suhu bawaan, sehingga akurasi dapat sedikit bergeser seiring perubahan suhu. Meskipun demikian, dengan akurasi yang umumnya sangat baik dan harganya yang terjangkau, DS1307 tetap menjadi pilihan populer bagi para penghobi dan pengembang proyek elektronik.

Real Time Clock (RTC) adalah suatu chip yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal. IC RTC sendiri memiliki kristal yang dapat mempertahankan frekuensinya dengan baik. Terdapat dua buah jenis RTC yaitu RTC Paralel DS1307 dan RTC Seri DS12C887.[6] RTC DS1307 merupakan RTC dengan jalur data parallel. RTC ini I2C, sinyal keluaran gelombang kotak terprogram, deteksi otomatis kegagalan daya dan rangkaian switch. RTC ini memiliki konsumsi daya sebesar 500nA dan menggunakan baterai cadangan dengan operasional osilator. Sedangkan RTC DS12C887 mempunyai 14 buah register yang terdiri 14 register kontrol dan 10 register data. Register data juga terbagi menjadi dua, register waktu dan register alarm. Untuk kontrol pada register, kontrol harus diinisialisasi terlebih dahulu, maka data waktu dan alarm dapat dibaca atau ditulis dengan cara mengakses kedua register data tersebut [26].

RTC DS1307 merupakan komponen IC yang berfungsi sebagai sumber data waktu yang berupa data detik, menit, jam, hari, bulan, maupun tahun. Beroperasi dengan format 24 jam atau 12 jam dengan indicator AM/PM. Desain tampilan DS1302 disederhanakan dengan menggunakan komunikasi serial sinkron. Hanya membutuhkan 3 kabel untuk berkomunikasi dengan clock/RAM: CE, I/O, dan

SCLK (serial clock). DS1307 dirancang agar dapat beroperasi dengan daya yang sangat rendah, dan menyimpan data serta informasi jam [27].

Real Time Clock DS 1307 merupakan salah satu jenis IC (Integrated Circuit) yang bekerja sebagai pewaktu, DS1307 dapat menyimpan jam, menit, detik, tanggal, bulan dan tahun. Karena penggunaannya yang mudah dan bentuknya kecil, IC (Integrated Circuit) ini merupakan solusi yang baik apabila menghadapi permasalahan tentang timer [28].

2.8 LCD

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan teknologi tampilan yang memanfaatkan sifat optik kristal cair untuk menampilkan informasi visual berupa teks, angka, maupun gambar. Teknologi LCD telah banyak digunakan pada berbagai perangkat elektronik, mulai dari peralatan rumah tangga hingga sistem elektronika modern, karena memiliki konsumsi daya yang relatif rendah serta ukuran yang ringkas [26].



Gambar 2. 6 LCD

Secara prinsip, LCD tidak memancarkan cahaya sendiri, melainkan bekerja dengan cara mengatur cahaya dari sumber cahaya latar (*backlight*). Kristal cair yang

berada di antara dua lapisan kaca transparan akan berubah orientasi ketika diberikan medan listrik, sehingga cahaya yang melewatinya dapat diteruskan atau dihambat untuk membentuk karakter atau simbol tertentu. Oleh karena itu, LCD memerlukan sistem pencahayaan tambahan sebagai sumber cahaya utama [26].

Dalam perkembangannya, teknologi LCD tidak hanya digunakan sebagai tampilan informasi sederhana, tetapi juga diaplikasikan pada perangkat tampilan berukuran besar, seperti LCD proyektor. LCD proyektor memanfaatkan prinsip kerja LCD untuk memproyeksikan gambar atau teks ke layar berukuran besar dengan sistem optik tertentu, sehingga banyak digunakan sebagai media presentasi dan pembelajaran [29]. Penerapan ini menunjukkan bahwa teknologi LCD memiliki fleksibilitas tinggi dalam berbagai skala penggunaan, baik untuk sistem tampilan kecil maupun besar.

Selain itu, LCD juga banyak digunakan sebagai media tampilan utama pada berbagai perangkat elektronik karena kemampuannya dalam menampilkan informasi secara visual dengan resolusi yang cukup baik. Setiap tampilan pada LCD dibentuk oleh sejumlah piksel yang tersusun dari elemen kristal cair. Kristal cair ini akan berubah sifat optiknya ketika dialiri arus listrik akibat pengaruh polarisasi medan listrik, sehingga hanya warna tertentu yang dapat diteruskan dan ditampilkan pada layar [30].

Pada sistem tertanam (*embedded system*), LCD umumnya digunakan sebagai antarmuka antara sistem dan pengguna. Modul LCD berfungsi untuk menampilkan informasi hasil pembacaan sensor, status kerja sistem, serta parameter pengendalian yang sedang berjalan. Jenis LCD karakter banyak dipilih karena mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler, memiliki konsumsi daya yang rendah, serta cukup efektif untuk menampilkan informasi numerik dan teks sederhana.

Dalam perancangan alat pengering body motor ini, LCD digunakan sebagai media tampilan untuk menampilkan nilai suhu hasil pembacaan sensor serta kondisi kerja sistem pengering. Keberadaan LCD memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan proses pengeringan secara langsung, sehingga meningkatkan kemudahan pengoperasian dan efektivitas sistem secara keseluruhan.

2.9 Arduino Nano



Gambar 2. 7 Arduino Nano

Arduino Nano merupakan papan mikrokontroler berukuran kecil yang dirancang untuk mendukung pengembangan sistem tertanam (*embedded system*) dengan keterbatasan ruang namun tetap memiliki kemampuan pemrosesan yang memadai. Arduino Nano menggunakan mikrokontroler ATmega328 pada versi 3.x dan ATmega168 pada versi 2.x. Pada penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega328 karena memiliki kapasitas memori yang lebih besar dan kemampuan yang lebih optimal untuk pengolahan data [31].

Arduino Nano menyediakan 14 pin digital yang dapat dikonfigurasi sebagai input atau output menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Selain itu, Arduino Nano juga memiliki 8 pin input analog yang diberi label A0 hingga A7, dengan resolusi 10-bit atau 1024 tingkat nilai. Secara default, pembacaan tegangan pada pin analog berada pada rentang 0 hingga 5 volt, sehingga cukup memadai untuk membaca data dari berbagai jenis sensor analog [31].

Kemampuan Arduino Nano dalam menangani proses kendali telah banyak diterapkan pada berbagai penelitian dan proyek robotika. Salah satu contohnya

adalah penerapan Arduino Nano pada sistem *balancing robot*, yaitu robot beroda dua yang bekerja dengan prinsip pendulum terbalik. Sistem ini bersifat tidak stabil karena gangguan kecil dapat menyebabkan robot kehilangan keseimbangan. Oleh karena itu, diperlukan sistem kendali yang mampu mempertahankan posisi robot agar tetap tegak. Pada penelitian tersebut, metode kendali PID (Proportional, Integral, Derivative) berbasis Arduino Nano digunakan untuk menjaga kestabilan sistem [32]. Contoh ini menunjukkan bahwa Arduino Nano memiliki kemampuan komputasi yang cukup untuk menangani sistem kendali secara real-time.

Dari sisi spesifikasi teknis, Arduino Nano bekerja pada tegangan logika 5 V dengan tegangan masukan yang direkomendasikan berada pada rentang 7–12 V, serta batas maksimum hingga 20 V. Papan ini memiliki 14 pin digital, di mana 6 di antaranya mendukung keluaran PWM, serta 8 pin input analog. Mikrokontroler ATmega168 memiliki kapasitas memori flash sebesar 16 KB, sedangkan ATmega328 memiliki kapasitas flash sebesar 32 KB, dengan masing-masing menggunakan 2 KB untuk bootloader. Selain itu, ATmega168 dilengkapi dengan 1 KB SRAM dan 512 byte EEPROM, sedangkan ATmega328 memiliki 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM, serta bekerja pada frekuensi clock 16 MHz [33].

Dalam implementasi sistem kendali berbasis mikrokontroler, beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi antara unit pemroses, antarmuka tampilan, dan sistem catu daya merupakan aspek penting dalam mendukung kinerja sistem secara keseluruhan. [34] menekankan pentingnya penggunaan LCD berbasis I2C sebagai media penyampaian informasi secara real-time kepada pengguna, khususnya untuk menampilkan parameter suhu, kelembapan, serta status kerja aktuator dalam suatu sistem kendali otomatis. Selain itu, sistem catu daya yang stabil, seperti penggunaan power supply 12 V yang kemudian disesuaikan menjadi 5 V menggunakan regulator atau modul step-down, dinilai mampu mendukung kinerja mikrokontroler dan komponen pendukung lainnya secara andal.

Penelitian yang dilakukan oleh Harahap *et al.* [35] menunjukkan bahwa mikrokontroler berbasis AVR telah banyak dimanfaatkan sebagai pusat kendali dalam sistem otomasi. Dalam penelitian tersebut, mikrokontroler digunakan untuk membaca data dari sensor, memproses informasi, dan mengendalikan aktuator

secara otomatis sesuai dengan kondisi kerja sistem. Integrasi antara sensor, unit pemroses, dan aktuator yang dikendalikan melalui program menjadikan sistem berbasis mikrokontroler bersifat fleksibel dan andal dalam pengembangan sistem kendali otomatis.

Meskipun penelitian-penelitian tersebut menggunakan Arduino Uno sebagai unit pemroses utama, prinsip kerja dan kemampuan mikrokontroler ATmega328 yang digunakan memiliki kesetaraan dengan Arduino Nano. Dengan ukuran yang lebih ringkas namun spesifikasi yang sebanding, Arduino Nano tetap mampu menjalankan proses pembacaan sensor, pengolahan data, serta pengendalian aktuator secara real-time. Oleh karena itu, penggunaan Arduino Nano pada sistem penering body motor dalam penelitian ini dinilai relevan dan didukung oleh hasil-hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan keandalan mikrokontroler ATmega328 dalam aplikasi pengendalian suhu otomatis.

2.10 Kipas DC



Gambar 2. 8 Kipas DC

Kipas DC merupakan salah satu komponen aktuator yang berfungsi sebagai sistem sirkulasi udara dalam suatu perangkat elektronik. Pada prototipe ini digunakan kipas DC yang umumnya terdapat pada sistem pendingin komputer, khususnya kipas *heatsink* prosesor. Kipas jenis ini memiliki empat pin utama, yaitu

pin daya (*power*), pin ground, pin tachometer (*tach*) untuk membaca kecepatan putaran, serta pin kontrol berbasis Pulse Width Modulation (PWM). Namun, dalam perancangan prototipe ini hanya digunakan tiga pin, yaitu pin power, pin ground, dan pin kontrol/PWM, sedangkan pin tachometer tidak dimanfaatkan [36].

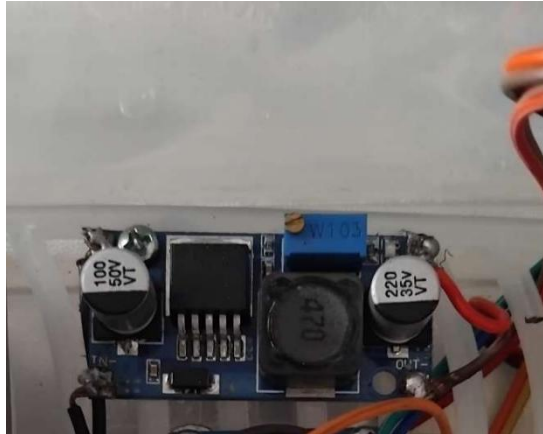
Penggunaan sinyal PWM memungkinkan kecepatan putaran kipas diatur secara fleksibel sesuai kebutuhan sistem. Dengan metode ini, mikrokontroler dapat mengendalikan intensitas sirkulasi udara tanpa harus mengubah tegangan kerja kipas secara langsung, sehingga lebih efisien dan stabil dalam pengoperasian.

Secara umum, fungsi kipas DC dalam suatu sistem pengering atau ruang tertutup adalah untuk menurunkan suhu yang berlebih serta membantu mengeluarkan udara lembab hasil proses pemanasan. Kipas bekerja sebagai sistem ventilasi aktif yang mempercepat pertukaran udara di dalam ruangan, sehingga kondisi suhu dan kelembaban dapat dikendalikan dengan lebih baik [37].

Dalam penelitian lain, kipas DC digunakan bersama elemen pemanas sebagai unit keluaran (*output*) dari mikrokontroler. Elemen pemanas berfungsi meningkatkan suhu ruangan, sementara kipas berperan menjaga sirkulasi udara agar kelembaban tidak meningkat secara berlebihan akibat proses penguapan. Sensor suhu dan kelembaban, seperti DHT11, digunakan untuk memantau kondisi lingkungan. Ketika sensor mendeteksi peningkatan kelembaban akibat pemanasan, kipas akan diaktifkan untuk menstabilkan kondisi udara hingga tingkat kelembaban kembali rendah dan proses pengeringan dianggap selesai [38].

Berdasarkan prinsip tersebut, penggunaan kipas DC dalam penelitian ini diharapkan mampu mendukung kestabilan kondisi lingkungan kerja sistem dengan cara mengatur sirkulasi udara secara terkontrol sesuai kebutuhan.

2.11 Step Down



Gambar 2. 9 Stepdown

Rangkaian catu daya merupakan bagian dasar yang sangat penting dalam bidang elektronika, mengingat hampir seluruh sistem elektronik memerlukan sumber tegangan yang sesuai dengan karakteristik komponennya. Pada umumnya, sumber tegangan yang tersedia berasal dari listrik AC, sehingga diperlukan rangkaian catu daya untuk mengubahnya menjadi tegangan DC yang stabil dan dapat digunakan oleh perangkat elektronik.

Pada penelitian ini digunakan rangkaian catu daya dengan dua keluaran utama, yaitu +5 V dan +12 V. Tegangan +5 V umumnya digunakan untuk mencatu komponen digital seperti mikrokontroler dan sensor, sedangkan tegangan +12 V digunakan untuk mencatu komponen lain yang membutuhkan daya lebih besar, seperti aktuator atau modul tambahan. Untuk memperoleh kedua level tegangan tersebut, digunakan rangkaian regulator tegangan yang berfungsi menurunkan dan menstabilkan tegangan keluaran sesuai kebutuhan sistem [39].

Secara umum, rangkaian catu daya terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu transformator sebagai penurun tegangan AC, rangkaian penyearah yang dapat berupa *diode bridge* atau empat buah dioda yang disusun membentuk penyearah gelombang penuh, serta kapasitor yang berfungsi sebagai filter untuk mengurangi riak (*ripple*) pada tegangan DC hasil penyearahan. Agar tegangan keluaran tetap stabil meskipun terjadi perubahan beban, digunakan regulator tegangan sebagai tahap akhir dari rangkaian catu daya.

Dengan adanya rangkaian *step down* ini, sistem dapat memperoleh tegangan kerja yang sesuai dan stabil, sehingga seluruh komponen elektronik dapat beroperasi dengan aman dan optimal. Pemilihan rangkaian catu daya yang tepat menjadi faktor penting dalam menjamin keandalan dan kinerja keseluruhan sistem.

2.12 Cat dan Karakteristik Pengeringannya

Cat merupakan material pelapis yang digunakan untuk melindungi sekaligus memperindah permukaan suatu objek, termasuk body kendaraan bermotor. Proses pengeringan cat merupakan tahap penting setelah aplikasi, karena sangat memengaruhi kualitas akhir lapisan, seperti kekuatan lekat, kehalusan permukaan, dan ketahanan terhadap pengaruh lingkungan. Pada umumnya, pengeringan cat dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, antara lain jenis cat, ketebalan lapisan, suhu, serta sirkulasi udara di lingkungan pengeringan.

Berdasarkan metode aplikasinya, cat pada body kendaraan bermotor umumnya dapat diaplikasikan menggunakan cat kuas maupun cat semprot. Cat kuas diaplikasikan secara manual dengan alat bantu kuas, sehingga ketebalan lapisan cat cenderung lebih besar dan tidak selalu merata. Kondisi ini menyebabkan waktu pengeringan relatif lebih lama karena pelarut dalam cat membutuhkan waktu lebih panjang untuk menguap. Sebaliknya, cat semprot diaplikasikan dalam bentuk partikel halus yang tersebar merata di permukaan, menghasilkan lapisan yang lebih tipis dan seragam, sehingga proses pengeringan dapat berlangsung lebih cepat.

Proses pengeringan cat pada dasarnya melibatkan penguapan pelarut dan pembentukan lapisan padat pada permukaan objek. Peningkatan suhu lingkungan pengeringan dapat mempercepat proses penguapan tersebut, namun harus tetap dikendalikan agar tidak menimbulkan cacat pada lapisan cat. Oleh karena itu, penggunaan sistem pengering dengan pengendalian suhu yang stabil menjadi faktor penting untuk memastikan hasil pengeringan yang merata dan konsisten, baik pada cat kuas maupun cat semprot.

Dalam konteks penelitian ini, pemahaman mengenai karakteristik pengeringan cat kuas dan cat semprot menjadi dasar dalam menganalisis perbedaan waktu dan kualitas hasil pengeringan pada pengujian yang dilakukan. Pembahasan ini

digunakan sebagai landasan teoritis untuk mendukung hasil pengujian sistem pengering body motor otomatis yang dikembangkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah Jl. Titi Pahlawan Gg Mekar Link 2. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan strategis yang sesuai dengan daerah tempat kerja penulis agar dapat menggunakan alat bantu yang lebih baik dan menghemat biaya penulis.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Berikut merupakan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian yang diuraikan dalam tabel 3.2 dan tabel 3.3.

Tabel 3. 1 Bahan Penelitian

No	Komponen/Bahan	Spesifikasi	Fungsi
1	Mikrokontroler Arduino Nano	<ul style="list-style-type: none"> - Mikrokontroler: ATmega328P - Tegangan operasi: 5V - Digital I/O Pins: 14 (6 PWM) - Analog input: 6 - Memori: 32 KB - Clock speed: 16 MHz 	Mengontrol keseluruhan sistem dan menerima input dari sensor DHT22 untuk mengatur proses pengeringan secara otomatis
2	Sensor Suhu dan Kelembaban DHT22	<ul style="list-style-type: none"> - Tegangan operasi: 3.3V – 6V- Akurasi suhu: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ - Akurasi kelembaban: $\pm 2-5\%$- Rentang suhu: -40°C sampai 80°C - Protokol: 1-Wire 	Mendeteksi suhu dan kelembaban lingkungan di sekitar body motor untuk mengontrol pemanas dan kipas dalam proses pengeringan

3	Relay 2 Channel	<ul style="list-style-type: none"> - Tegangan operasi: 5V DC - Beban maksimum: 10A 250V AC / 10A 30V DC - Interface: TTL logic 	Mengendalikan perangkat output seperti elemen pemanas dan kipas berdasarkan sinyal dari mikrokontroler
4	Elemen Pemanas (Lampu Pijar)	<ul style="list-style-type: none"> - Daya: 220V / 100W - Tipe: Lampu kaca 	Memberikan panas buatan untuk mempercepat proses pengeringan body motor setelah pengecatan
5	Kipas DC 12V	<ul style="list-style-type: none"> - Tegangan: 12V DC - Ukuran: 12cm x 12cm- Kecepatan: 2500 RPM 	Mendistribusikan panas secara merata dan membantu menguapkan kelembaban dari permukaan body motor
6	LCD 16x2 (I2C)	<ul style="list-style-type: none"> - Interface: I2C- Tegangan: 5V - Ukuran layar: 16 karakter x 2 baris 	Menampilkan data suhu, kelembaban, dan status sistem pengering secara real-time kepada pengguna
7	DS1307 RTC	<ul style="list-style-type: none"> - Interface: I2C- Tegangan: 5V 	Menghitung waktu yang sudah terlewati secara akurat
8	Power Supply 12V	<ul style="list-style-type: none"> - Output: 12V DC / 2A - Input: 220V AC 	Menyediakan sumber daya utama untuk komponen

			seperti kipas, relay, dan mikrokontroler
9	Kabel Jumper dan Breadboard	- Kabel: Male to Male, Male to Female - Breadboard: 400 lubang	Digunakan untuk menghubungkan komponen elektronik selama tahap perancangan awal dan pengujian sistem
10	Bahan Body Motor (Simulasi)	- Material: plastik hasil pengecatan	Digunakan sebagai media uji coba sistem pengeringan
11	Box Project/Box Panel	- Material: Plastik atau akrilik - Ukuran disesuaikan	Melindungi rangkaian elektronik

Bahan yang digunakan pada tabel 3.1 adalah bahan inti yang akan di gunakan oleh penuli untuk membuat alat dengan memanfaatkan semua kelebihan yang penulis dapatkan dari observasi komponen.

Tabel 3. 2 Alat Penelitian

No	Nama Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	Obeng Set	- Ukuran: Plus dan minus berbagai ukuran	Untuk memasang dan membuka komponen elektronik atau casing alat
2	Multimeter Digital	- Pengukuran: Tegangan, arus, resistansi	Untuk mengecek koneksi listrik, tegangan, dan arus pada rangkaian
3	Soldering Iron	- Daya: 40W–60W- Tegangan: 220V	Untuk menyolder kabel atau komponen elektronik pada PCB

4	Tang Potong	- Ukuran: 6 inci	Untuk memotong kabel sesuai kebutuhan
5	Kabel USB	- Panjang: 1 meter- Tipe: USB to TTL atau USB ke Arduino	Untuk upload program dari komputer ke mikrokontroler (Arduino Uno R3)
6	Komputer/Laptop	- Sistem operasi: Windows/Linux/macOS	Untuk pemrograman dan konfigurasi sistem menggunakan Arduino IDE
7	Isolasi Listrik	- Lebar: 1.8 cm	Untuk melindungi sambungan kabel dan mencegah hubungan arus pendek
8	Bor Mini (jika diperlukan)	- Ukuran mata bor kecil (1–3 mm)- Daya listrik atau baterai	Digunakan untuk melubangi box panel untuk pemasangan komponen
9	Cutter dan Penggaris	- Ukuran standar	Membantu memotong dan mengukur kabel.

Dalam menghubungkan setiap komponen dari bahan yang akan digunakan tetap harus menggunakan alat, berikut adalah alat yang akan digunakan dalam penelitian tertera pada tabel 3.2.

3.3 Desain Software

Potongan program berikut merupakan implementasi perangkat lunak utama pada sistem kendali suhu dan waktu berbasis mikrokontroler Arduino. Program ini dirancang untuk mengintegrasikan beberapa modul pendukung, yaitu sensor suhu DHT22 sebagai masukan utama, modul Real Time Clock (RTC) DS1307 sebagai penampil informasi waktu aktual, LCD I2C sebagai media antarmuka pengguna, serta aktuator berupa relay, LED indikator, dan buzzer sebagai keluaran sistem. Seluruh komponen tersebut dikendalikan secara terkoordinasi untuk membentuk sistem yang mampu mengatur proses kerja berdasarkan setpoint suhu dan durasi waktu yang ditentukan pengguna melalui tombol input.

Penggunaan modul RTC DS1307 pada sistem ini difungsikan untuk membaca dan menampilkan informasi waktu secara real-time pada LCD, sehingga pengguna dapat memantau jam operasional sistem selama proses berlangsung. Sementara itu, pengaturan durasi kerja sistem tetap mengandalkan perhitungan waktu internal berbasis fungsi `millis()` pada Arduino, guna menjaga kestabilan dan akurasi proses kendali tanpa ketergantungan langsung terhadap RTC sebagai pewaktu utama.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <DHT.h>
#include <RTClib.h>

#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

RTC_DS1307 rtc;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// Pin relay
#define RELAY_FAN 5
#define RELAY_LAMP 6
```

```
// Pin indikator & buzzer
#define BUZZER 7
#define LED_LAMP 8
#define LED_FAN 9
#define LED_OFF 10

// Tombol kontrol suhu & timer
#define BTN_UP_TEMP 2
#define BTN_DOWN_TEMP 3
#define BTN_UP_TIMER 11
#define BTN_DOWN_TIMER 12

// Variabel sistem
float setTemp = 0;
unsigned long setTimer = 0;
unsigned long timerStart = 0;
bool timerActive = false;
bool systemReady = false;

// Waktu & debounce
unsigned long lastButtonPress = 0;
unsigned long lastActionTime = 0;
const unsigned long debounceDelay = 250;
const unsigned long idleDelay = 2000;

bool pendingStart = false;

// ----- Fungsi Bunyi -----
void bunyiMulai() {
    tone(BUZZER, 2000, 300); delay(350);
    tone(BUZZER, 2500, 300); delay(350);
    noTone(BUZZER);
}

void bunyiSelesai() {
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
```

```
    tone(BUZZER, 1800, 300);
    delay(400);
  }
  noTone(BUZZER);
}

// ----- Setup -----
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  dht.begin();
  rtc.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  pinMode(RELAY_FAN, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_LAMP, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER, OUTPUT);
  pinMode(LED_LAMP, OUTPUT);
  pinMode(LED_FAN, OUTPUT);
  pinMode(LED_OFF, OUTPUT);

  pinMode(BTN_UP_TEMP, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_DOWN_TEMP, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_UP_TIMER, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_DOWN_TIMER, INPUT_PULLUP);

  digitalWrite(RELAY_FAN, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_LAMP, HIGH);
  digitalWrite(LED_LAMP, LOW);
  digitalWrite(LED_FAN, LOW);
  digitalWrite(LED_OFF, HIGH);

  bunyiMulai();

  lcd.setCursor(0, 0);
```

```

lcd.print("Salam Sada Roha");
delay(2000);
lcd.clear();

// Set waktu HANYA JIKA RTC belum jalan
if (!rtc.isrunning()) {
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
}
}

// ----- Loop Utama -----
void loop() {
    DateTime now = rtc.now(); // ✓ HANYA BACA WAKTU

    float temp = dht.readTemperature();

    // --- Input Tombol ---
    if (millis() - lastButtonPress > debounceDelay) {
        if (digitalRead(BTN_UP_TEMP) == LOW) {
            setTemp++;
            lastButtonPress = millis();
            lastActionTime = millis();
            pendingStart = true;
        }
        else if (digitalRead(BTN_DOWN_TEMP) == LOW) {
            if (setTemp > 0) setTemp--;
            lastButtonPress = millis();
            lastActionTime = millis();
            pendingStart = true;
        }
        else if (digitalRead(BTN_UP_TIMER) == LOW) {
            setTimer++;
            lastButtonPress = millis();
            lastActionTime = millis();
            pendingStart = true;
            if (timerActive) timerStart = millis();
        }
    }
}

```

```

}
else if (digitalRead(BTN_DOWN_TIMER) == LOW) {
    if (setTimer > 0) setTimer--;
    lastButtonPress = millis();
    lastActionTime = millis();
    pendingStart = true;
    if (timerActive) timerStart = millis();
}
}

// --- Mulai otomatis ---
if (pendingStart && (millis() - lastActionTime > idleDelay)) {
    if (!timerActive && setTemp > 0 && setTimer > 0) {
        timerStart = millis();
        timerActive = true;
        systemReady = true;
        bunyiMulai();
    }
    pendingStart = false;
}

// --- Hitung waktu sisa ---
unsigned long elapsedMillis = millis() - timerStart;
unsigned long remainingMillis = (setTimer * 60000UL) -
elapsedMillis;
unsigned long remainingMinutes = remainingMillis / 60000;
unsigned long remainingSeconds = (remainingMillis % 60000) / 1000;

// --- Jika Timer Habis ---
if (timerActive && elapsedMillis >= (setTimer * 60000UL)) {
    timerActive = false;
    systemReady = false;
    digitalWrite(RELAY_FAN, HIGH);
    digitalWrite(RELAY_LAMP, HIGH);
    digitalWrite(LED_FAN, LOW);
    digitalWrite(LED_LAMP, LOW);
}

```

```
    digitalWrite(LED_OFF, HIGH);
    bunyiSelesai();
}

// --- Logika kontrol suhu ---
if (systemReady && timerActive) {
    digitalWrite(LED_OFF, LOW);
    if (temp >= setTemp) {
        digitalWrite(RELAY_FAN, LOW);
        digitalWrite(RELAY_LAMP, HIGH);
        digitalWrite(LED_FAN, HIGH);
        digitalWrite(LED_LAMP, LOW);
    } else {
        digitalWrite(RELAY_FAN, HIGH);
        digitalWrite(RELAY_LAMP, LOW);
        digitalWrite(LED_FAN, LOW);
        digitalWrite(LED_LAMP, HIGH);
    }
} else {
    digitalWrite(RELAY_FAN, HIGH);
    digitalWrite(RELAY_LAMP, HIGH);
    digitalWrite(LED_FAN, LOW);
    digitalWrite(LED_LAMP, LOW);
    digitalWrite(LED_OFF, HIGH);
}

// --- Tampilkan LCD ---
lcd.clear();

// Baris 1: suhu & jam
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp:");
lcd.print(temp, 0);
lcd.print((char)223);
lcd.print("C");
```

```

char waktu[6];
sprintf(waktu, "%02d:%02d", now.hour(), now.minute());
lcd.setCursor(11, 0);
lcd.print(waktu);

// Baris 2: setpoint & timer
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("SET:");
lcd.print(setTemp, 0);

lcd.setCursor(11, 1);
if (timerActive && remainingMillis > 0) {
    char timerStr[6];
    sprintf(timerStr, "%02lu:%02lu", remainingMinutes,
remainingSeconds);
    lcd.print(timerStr);
} else {
    lcd.print("OFF");
}

delay(200);
}

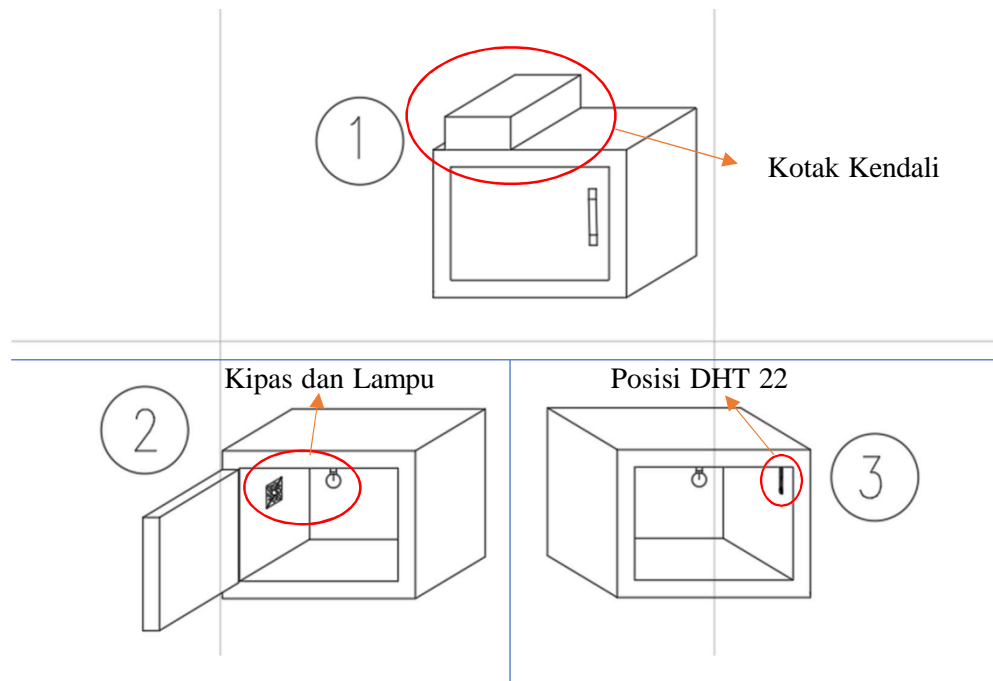
```

Secara keseluruhan, perangkat lunak ini dirancang dengan pendekatan terstruktur yang memisahkan fungsi pembacaan sensor, pengolahan input pengguna, logika kendali, serta tampilan informasi. Logika kendali suhu bekerja dengan membandingkan nilai suhu aktual dari sensor DHT22 terhadap setpoint yang telah ditentukan, kemudian mengaktifkan atau menonaktifkan relay kipas dan lampu pemanas sesuai kondisi sistem. Selain itu, mekanisme pengaturan waktu memungkinkan sistem beroperasi secara otomatis dalam durasi tertentu, dengan indikator visual dan audio sebagai penanda status kerja maupun penyelesaian proses.

Dengan integrasi RTC DS1307 sebagai penampil waktu aktual, sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat kendali otomatis, tetapi juga memberikan informasi tambahan yang meningkatkan aspek monitoring dan kenyamanan pengguna.

Implementasi perangkat lunak ini diharapkan mampu mendukung kinerja sistem secara stabil, mudah dioperasikan, serta sesuai dengan tujuan perancangan yang telah ditetapkan dalam penelitian.

3.4 Desain Penelitian



Gambar 3. 1 Desain Penelitian

Penyajian desain dilakukan untuk memberikan gambaran awal mengenai bentuk alat, susunan komponen utama, serta penempatan sensor sebelum sistem direalisasikan dan diuji.

1. Bagian Luar Alat dan Penempatan Unit Kendali

Desain bagian luar alat pengering ditunjukkan pada gambar 3.1. Pada bagian ini, alat dirancang dalam bentuk ruang tertutup yang berfungsi sebagai ruang pengering utama. Di bagian atas atau sisi luar alat ditempatkan kotak kontrol yang berisi mikrokontroler Arduino sebagai pusat kendali sistem.

Penempatan unit kendali di luar ruang pengering bertujuan untuk melindungi komponen elektronik dari paparan panas secara langsung serta memudahkan proses pemantauan, pemrograman, dan perawatan sistem. Desain ini juga mempertimbangkan aspek keamanan dan kemudahan akses selama pengoperasian alat.

2. Tampilan Alat Saat Terbuka dan Penempatan Kipas serta Lampu

Tampilan alat dalam kondisi pintu terbuka ditunjukkan pada gambar 3.2. Pada kondisi ini terlihat bagian dalam ruang pengering yang menjadi tempat proses pengeringan body motor dilakukan. Di dalam ruang tersebut terdapat elemen pemanas berupa lampu sebagai sumber panas, serta kipas/blower yang berfungsi untuk membantu sirkulasi udara.

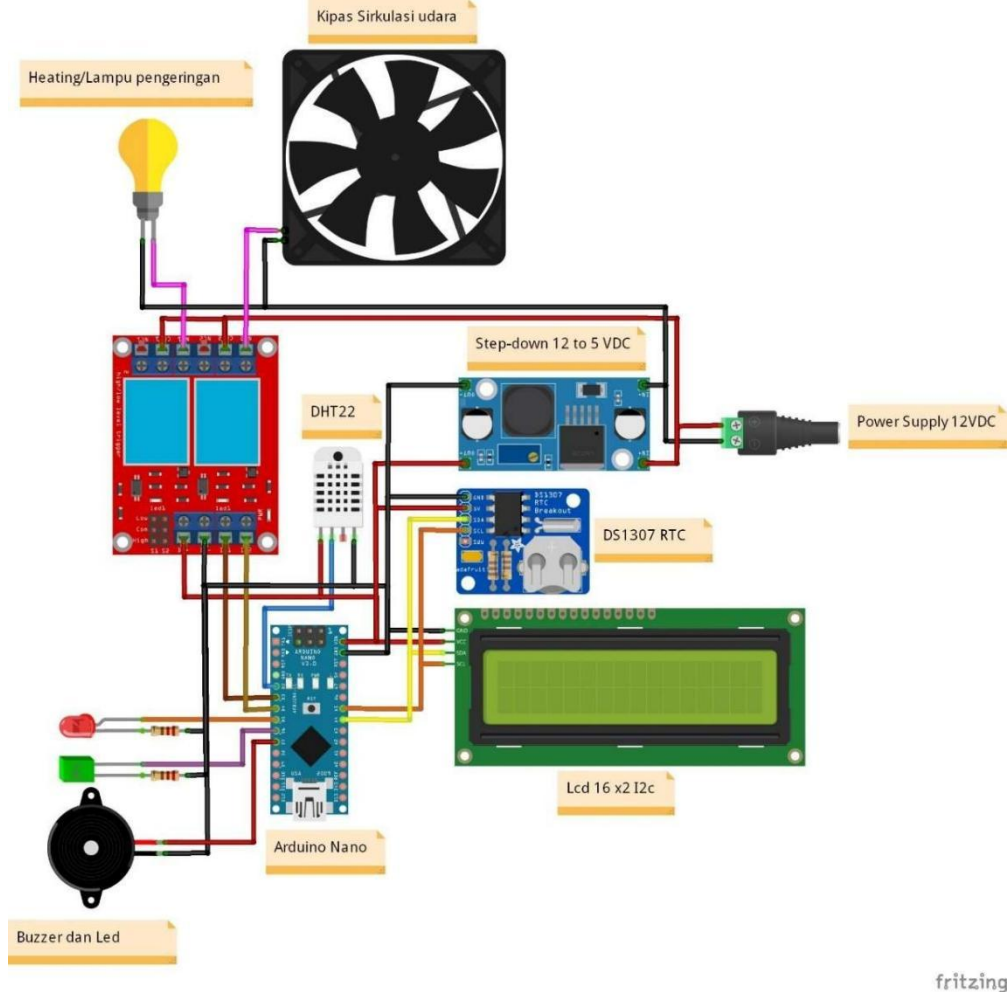
Lampu pemanas dipasang sebagai sumber panas utama untuk meningkatkan suhu di dalam ruang pengering, sedangkan kipas berfungsi untuk mendistribusikan panas secara merata dan membantu menjaga kestabilan suhu. Penempatan kedua komponen ini dirancang agar tidak terfokus pada satu titik tertentu sehingga proses pengeringan dapat berlangsung lebih optimal.

3. Posisi Penempatan Sensor DHT22

Posisi penempatan sensor suhu dan kelembapan DHT22 ditunjukkan pada gambar 3.3. Sensor DHT22 dipasang di bagian dalam ruang pengering pada posisi yang tidak bersentuhan langsung dengan elemen pemanas.

Penempatan ini bertujuan agar sensor dapat membaca kondisi suhu dan kelembapan udara secara representatif terhadap kondisi aktual di dalam ruang pengering. Data yang diperoleh dari sensor ini selanjutnya digunakan sebagai acuan utama dalam proses pengendalian suhu otomatis oleh sistem.

3.5 Desain Rangkaian



Gambar 3. 2 Desain Rangkaian

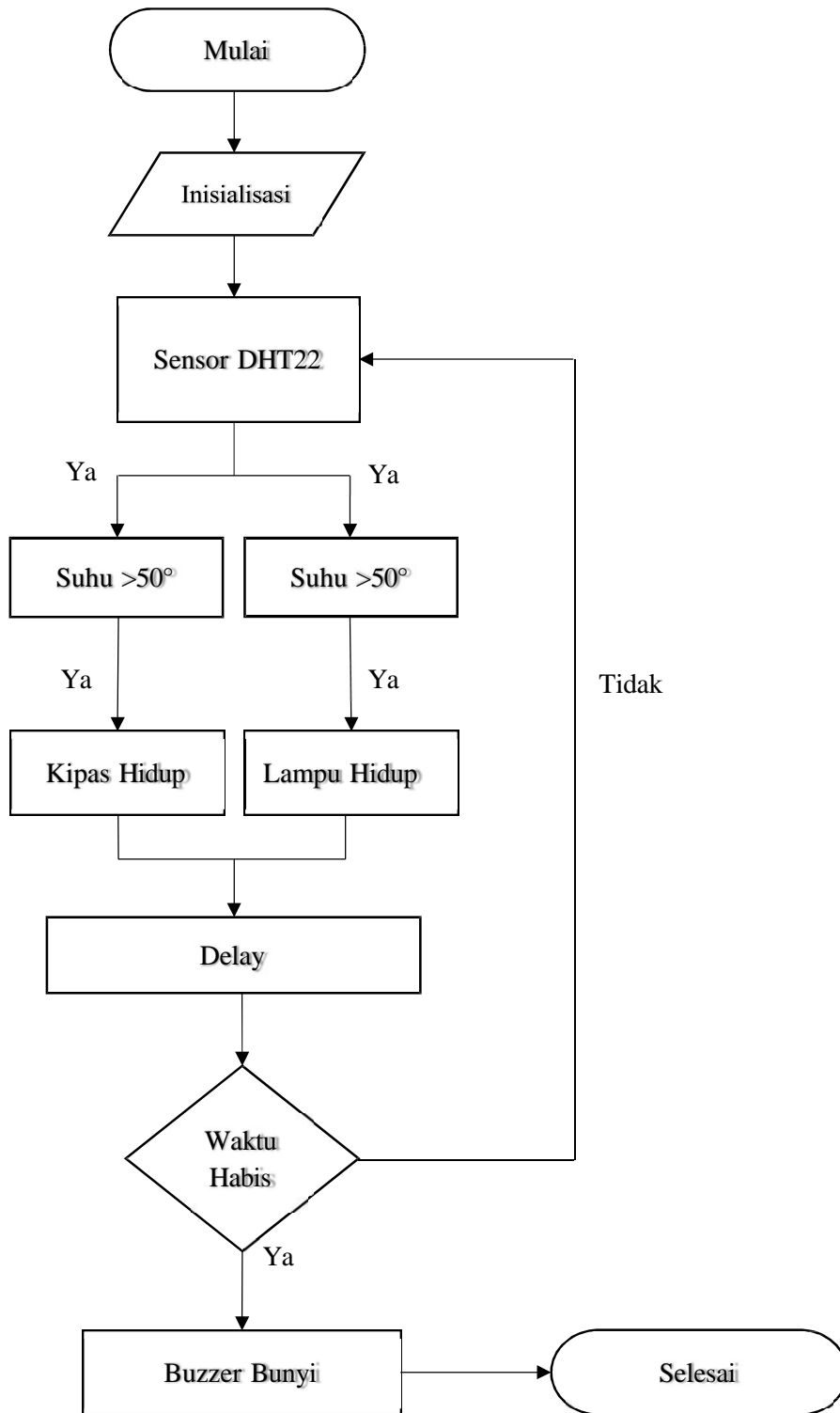
Cara kerja sistem alat pengering body motor ini diawali dengan sensor DHT22 yang berfungsi untuk membaca suhu dan kelembaban udara di sekitar body motor. Data yang diperoleh oleh sensor tersebut kemudian dikirimkan ke mikrokontroler Arduino Nano melalui pin data, dengan proses pembacaan dilakukan secara berkala, misalnya setiap dua detik. Arduino Nano kemudian memproses data yang diterima dan membandingkannya dengan nilai ambang (threshold) yang telah diprogram sebelumnya. Sebagai contoh, jika suhu di bawah 35°C maka elemen pemanas akan diaktifkan, dan jika kelembaban melebihi 60% maka baik pemanas maupun kipas akan dihidupkan. Sebaliknya, jika suhu melebihi 45°C maka pemanas akan

dimatikan untuk mencegah terjadinya overheating. Berdasarkan logika tersebut, Arduino akan mengatur sinyal output untuk mengontrol kerja komponen lainnya.

Pengaturan daya ke elemen pemanas dan kipas dilakukan melalui relay 2 channel. Relay channel pertama digunakan untuk mengontrol elemen pemanas berupa lampu pijar, sementara channel kedua mengontrol kipas DC 12V. Arduino akan mengirimkan sinyal HIGH atau LOW ke masing-masing relay sesuai dengan kebutuhan sistem. Ketika suhu terlalu rendah atau kelembaban terlalu tinggi, elemen pemanas akan menyala dan menghasilkan panas guna mempercepat proses pengeringan body motor. Sementara itu, kipas akan membantu mempercepat penguapan air dari permukaan body motor dan menyebarkan panas secara merata. Kipas juga berperan dalam mendinginkan suhu ketika sistem menjadi terlalu panas.

Untuk memberikan informasi secara real-time kepada pengguna, sistem ini dilengkapi dengan LCD 16x2 berbasis I2C yang menampilkan data suhu dan kelembaban saat ini, serta status ON/OFF dari pemanas dan kipas. Seluruh sistem memperoleh daya dari power supply 12V, yang disalurkan ke berbagai komponen seperti Arduino Nano (melalui regulator internal), relay, kipas DC, dan lampu pijar. Jika diperlukan, modul step-down atau regulator tambahan dapat digunakan untuk menyesuaikan tegangan menjadi 5V, khususnya untuk Arduino.

3.6 Flowchart



Gambar 3. 3 Flowchart

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Pratama, U. Usman, S. Saifuddin, A. Ariefin, and N. Juhan, “Perancangan Alat Pengereng Padi Kapasitas 9Kg/Menit,” *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 5, no. 1, p. 16, 2021, doi: 10.30811/jmst.v5i1.2138.
- [2] M. Siregar, N. Evalina, and M. Z. Haq, “6492-13771-1-Pb,” vol. 3, no. 2, pp. 94–100, 2021.
- [3] S. Hidayat, M. Hidayatullah, T. Andriani, A. Jaya, and I. Artikel, “SISTEM KONTROL WAKTU DAN SUHU PADA MESIN PENERING KEMIRI OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR DHT22 BERBASIS ARDUINO UNO Time and Temperature Control System an Automatic Hazelnut Drying Machine Using Arduino Uno Based DHT22 Sensor,” *Sains dan Sist. Energi*, vol. 04, no. 01, pp. 17–25, 2025, doi: 10.51401/altron.v4i1.4381.g2539.
- [4] M. Irfandi *et al.*, “Pengereng Biji Kakao,” vol. 7, no. 4, pp. 2739–2742, 2023.
- [5] L. M. Manullang and R. Susanti, “Nusantara Hasana Journal,” *Nusant. Hasana J.*, vol. 2, no. 2, pp. 2–7, 2022.
- [6] N. Evalina, F. I. Pasaribu, A. A. H, and A. Sary, “Penggunaan Arduino Uno Untuk Mengatur Temperatur Pada Oven,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 122–128, 2022, doi: 10.30596/rele.v4i2.9559.
- [7] S. Mustafa and U. Muhammad, “Rancang Bangun Prototipe Alat Pengereng Rumput Laut,” *J. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 81–87, 2021.
- [8] A. T. Y. Yanti, A. Abizard, Fitriani, M. Al Fatih, and M. Anggara, “Mesin Pengereng Bawang Merah Menggunakan Double Blower Dan Sensor Suhu Dht22 Arduino Di Desa Brangkolong Kecamatan Plampang, Sumbawa,” *Hexag. J. Tek. dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.36761/hexagon.v2i1.868.
- [9] Z. Pratama, Reynaldi; Imron, Nabawi; Feriadi, Indra; Saputra, “Perancangan dan Pengujian Sistem Monitoring Operasi Alat Pengereng Lada Menggunakan Teknologi Arduino,” *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap. - SNITT 2022*, pp. 92–98, 2022.
- [10] Nita Nurdiana, Abdul Azis, and P. Perawati, “Perancangan Pengendali Temperatur pada Alat Pengereng Makanan Berbasis IoT,” *Electrician*, vol. 16, no. 3, pp. 247–252, 2022, doi: 10.23960/elc.v16n3.2263.
- [11] M. Zulfikar, F. Fattah, and ..., “Perancangan Alat Pengereng Ikan Berbasis Arduino Uno,” ... *Lit. Inform. dan ...*, vol. x, no. x, pp. 100–108, 2025.
- [12] H. Hidayatullah, I. Imaduddin, and A. Muhtadi, “Prototype Alat Pengereng Sepatu

- Menggunakan Sensor DHT 22 Berbasis Internet Of Things (IoT),” *J. Teknol. Elektro*, vol. 13, no. 3, 2022, doi: 10.22441/jte.2022.v13i3.007.
- [13] F. H. N. Yanuar ahmad and H. Hariri, “Perancangan Alat Pengering Cengkeh Berkapasitas 30 Kg Berbasis Arduino,” *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 11, no. 2, pp. 122–128, 2021, doi: 10.35814/teknobiz.v11i2.2465.
- [14] P. P. Silalahi and R. Latuconsina, “Perancangan Ruang Pengering Pengecatan Motor Pada Bengkel Mj Art Painting Desa Galala, Kota Ambon,” *J. Pengabd. Masy. Iron*, vol. 5, no. 1, pp. 432–436, 2023, doi: 10.31959/jpmi.v5i1.1430.
- [15] N. I. Kamal, A. Riskianto, R. Y. Pradana, F. N. Akhyar, and D. S. Nugroho, “Volume 9 No . 1 Januari 2025 Rancang Bangun Alat Pengering Helm Berbasis QFD beserta Analisis Keuangan P-ISSN : 2776-4745 E-ISSN : 2579-5732,” vol. 9, no. 1, pp. 141–153, 2025.
- [16] A. Wijaya Teknik Elektronika and J. Teknik Elektro -Politeknik Negeri Sriwijaya, “Sistem Pengering Sepatu Dan Pembunuh Bakteri,” vol. 17, no. Iii, pp. 26–32, 2024, doi: 10.5281/zenodo.14004890.
- [17] F. Saputra, D. R. Suchendra, and M. I. Sani, “MIKROKONTROLLER NODEMCU ESP8266 PADA RUANGAN IMPLEMENTATION OF DHT22 SENSOR SYSTEM TO STABILIZE TEMPERATURE AND HUMIDITY BASED ON MICROCONTROLLER NODEMCU ESP8266 IN SPACE Abstrak : Suhu dan kelembapan merupakan faktor yang sangat mempengaruhi terhadap ken,” *Proceeding Appl. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 1977–1984, 2020.
- [18] R. Mursidi and E. A. Kuncoro, “Pengeringan Chip Lenjeran Menggunakan Pemanas Lampu Halogen dan Lampu Pijar,” *J. Tek. Pertan. Sriwij.*, vol. 1, no. 2, pp. 104–110, 2019.
- [19] B. P. Purnomo and A. Fzahrudin, “Perancangan dan Pengujian Cabinet Pengering Jagung Berbasis Lampu Pijar Holagen untuk Meningkatkan Efisiensi dan Kebersihan Proses Pengolahan,” *Innov. Technol. Methodical Res. J.*, vol. 3, no. 3, 2024, doi: 10.47134/innovative.v3i3.106.
- [20] Jhulinda Nizar Wati, Meta Yantidewi, and Utama Alan Deta, “Pengaruh Jumlah Lampu Pijar terhadap Suhu Mesin Penetas Telur Berbasis Raspberry Pi,” *J. Kolaboratif Sains*, vol. 6, no. 7, 2023, doi: 10.56338/jks.v6i7.3784.
- [21] A. Tri Wibowo, I. Salamah, and A. Taqwa, “RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS),” *J. FASILKOM*, vol. 10, no. 2, 2020, doi: 10.37859/jf.v10i2.2083.

- [22] M. Noviansyah and H. Saiyar, "PERANCANGAN ALAT KONTROL RELAY LAMPU RUMAH VIA MOBILE," *J. Akrab Juara*, vol. 4, no. 4, 2019.
- [23] R. Rahmatina, M. N. Aripin, M. Iqbal, and A. Deolika, "Implementasi Transistor BD139 dan Rangkaian Relay pada Mesin Air," *J. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 1, 2023, doi: 10.46229/jifotech.v3i1.579.
- [24] G. S. A. Putra, A. Nabila, and A. B. Pulungan, "Power Supply Variabel Berbasis Arduino," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 139–143, 2020, doi: 10.24036/jtein.v1i2.53.
- [25] R. M. Arpin, A. Adriani, and M. A. Hidayat, "Rancang Bangun Modul Laboratory Dual Voltage Power Supply," *Dewantara J. Technol.*, vol. 2, no. 1, 2021, doi: 10.59563/djtech.v2i1.94.
- [26] M. L. Tsabit, J. I. Ismail, and A. Sularsa, "Perancangan Sistem Otomatisasi Pemberian Pakan Kucing Menggunakan Penjadwalan Berbasis Mikrokontroler," *eProceedings ...*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [27] V. Vatikan Aulia Makkah et al., "Implementasi Fitur Pencahayaan Terjadwal dan Timer pada Smart Light Bulb Pervasive Berbasis ESP8266 Sebagai Home Assistant Menggunakan Aplikasi Berbasis Android," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 10, 2018.
- [28] F. Muliawati, S. M. Si, and O. Ruspiana, "RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM PEMBERIAN PAKAN IKAN BERBASIS RTC DS1307," *JuTEkS (Jurnal Tek. Elektro dan Sains)*, vol. 4, no. 1, 2017.
- [29] Dickson Kho, "Pengertian LCD (Liquid Crystal Display) dan Prinsip Kerja LCD," *Teknik Elektronika*.
- [30] M. Maryono, H. Susanto, and A. Redho Syam, "Pengaruh penggunaan media pembelajaran LCD proyektor terhadap prestasi belajar Aqidah Akhlak di sekolah," *J. Islam. Educ. Innov.*, 2022, doi: 10.26555/jiei.v3i2.6720.
- [31] Y. Triawan and J. Sardi, "Perancangan Sistem Otomatisasi Pada Aquascape Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 1, no. 2, 2020, doi: 10.24036/jtein.v1i2.30.
- [32] M. Lamatenggo, I. Wiranto, and W. Ridwan, "Perancangan Balancing Robot Beroda Dua Dengan Metode Pengendali PID Berbasis Arduino Nano," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i2.6906.
- [33] H. Al-Mimi, A. Al-Dahoud, M. Fezari, and M. Sh Daoud, "A Study on New Arduino NANO Board for WSN and IoT Applications," *Int. J. Adv. Sci. Technol.*, vol. 29, no. 4,

pp. 10223–10230, 2020.

- [34] F. I. Pasaribu and Zulfikar, “Sistem Kontrol Buka Tutup Valve Pada Proses Pemanasan Air Jaket,” *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 1, no. 2, 2018, doi: 10.31289/jesce.v1i2.1759.
- [35] P. Harahap and B. Oktrialdi, “Perancangan Conveyor Mini untuk Pemilahan Buah Berdasarkan Ukuran yang Dikendalikan oleh Mikrokontroller Atmega16,” vol. 3, no. 2502, pp. 37–42, 2018.
- [36] R. Dwi Saputra, “PROTOTYPE SISTEM PENGATURAN KECEPATAN KIPAS DC OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR PIR, SENSOR ULTRASONIK, SENSOR DHT11 BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO DAN NODEMCU,” *Electrician*, vol. 16, no. 1, 2022, doi: 10.23960/elc.v16n1.2208.
- [37] R. U. M. Raharja, A. Pudoli, and D. Kusumaningsih, “PROTOTYPE SMART HOME BERBASIS IOT DENGAN NODEMCU ESP8266, MOTOR SERVO DAN SENSOR SUHU DHT11 BERBASIS WEB,” *SKANIKA*, vol. 5, no. 2, 2022, doi: 10.36080/skanika.v5i2.2952.
- [38] A. F. , Dedi Triyanto, “RANCANG BANGUN PENJEMUR DAN PENERING PAKAIAN OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER,” *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: 10.26418/coding.v5i2.19890.
- [39] L. Muntasiroh, D. Mariani, and R. N. Sumarno, “Simulasi Rangkaian Catu Daya +12V dan +5V Menggunakan Multisim Pada Mata Kuliah Praktikum Dasar Elektronika Secara Daring,” *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 5, no. 2, 2023, doi: 10.32528/elkom.v5i2.7872.