

RANCANG BANGUN MESIN SANGRAI BIJI KOPI OTOMATIS KAPASITAS 1 KILOGRAM

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh:

Febri Pratama	NIM: 0032209
Vrizky Aryal F	NIM: 0032230

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

**RANCANG BANGUN MESIN SANGRAI BIJI KOPI OTOMATIS
KAPASITAS 1 KILOGRAM**

Oleh :

Febri Pratama/0032209

Vrizky Aryal F/0032230

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2



(Aan Febriansyah, S.ST., M.T.)



(Dora Palupi, S.P., M.P.)

Penguji 1

Penguji 2



(Indra Dwisaputra, M.T.)



(Wahid Hasyimi, S.Pi., M.Si.)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Febri Pratama NIM : 0032209

Nama Mahasiswa 2 : Vrizky Aryal F NIM : 0032230

Dengan Judul : RANCANG BANGUN MESIN SANGRAI BIJI KOPI
OTOMATIS KAPASITAS 1 KILOGRAM

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku

Sungailiat,.....2025

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Febri Pratama



2. Vrizky Aryal Fernando



ABSTRAK

Kopi merupakan komoditas penting yang memiliki nilai ekonomi tinggi, baik di tingkat nasional maupun global. Proses sangrai (roasting) biji kopi memainkan peran krusial dalam menentukan cita rasa dan kualitas produk akhir. Namun, mesin sangrai otomatis yang tersedia di pasaran umumnya diperuntukkan bagi produksi skala besar dengan harga yang tidak terjangkau bagi pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun mesin sangrai biji kopi otomatis dengan kapasitas 1 kilogram yang ekonomis dan mudah dioperasikan. Mesin ini menggunakan sistem pemanas manual, pengatur suhu otomatis, serta dilengkapi dengan sensor suhu dan tampilan LCD untuk memantau proses sangrai. Rancang bangun mesin ini diharapkan dapat menjadi solusi efektif dan efisien bagi UMKM dalam meningkatkan kualitas produksi kopi sangrai mereka. Selain itu, dilakukan pula kajian ekonomi untuk membandingkan biaya produksi mesin ini dengan harga pasar mesin serupa. Hasil dari proyek ini diharapkan mampu mendukung pengembangan teknologi tepat guna dalam industri kopi skala kecil.

Kata kunci: Kapasitas, Kopi, Mesin Sangrai, Otomatis, UMKM.

ABSTRACT

Coffee is an important commodity with high economic value, both nationally and globally. The roasting process of coffee beans plays a crucial role in determining the flavor and quality of the final product. However, most automatic coffee roasting machines available on the market are designed for large-scale production and are not affordable for Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs). Therefore, this study aims to design and develop an economical and user-friendly automatic coffee roasting machine with a capacity of 1 kilogram. The machine uses a manual heating system, automatic temperature control, and is equipped with a temperature sensor and an LCD display to monitor the roasting process. The design and development of this machine are expected to provide an effective and efficient solution for MSMEs in improving the quality of their roasted coffee production. In addition, an economic analysis is conducted to compare the production cost of this machine with the market price of similar machines. The results of this project are expected to support the development of appropriate technology in the small-scale coffee industry.

Keywords: Automatic, Capacity, Coffee, Roasting Machine, SMEs

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji syukur kami haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, memungkinkan kami menyelesaikan Laporan Proyek Akhir berjudul “**Rancang Bangun Mesin Sangrai Biji Kopi Otomatis Kapasitas 1 Kilogram**” tepat waktu. Shalawat dan salam kami sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang dinanti syafa'atnya di akhirat. Laporan ini merupakan syarat kelulusan Program Studi D-III Teknik Elektronika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Kami menyadari ketidaksempurnaan dan kekurangan dalam laporan ini, sehingga kami sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Kami ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan banyak bantuan, motivasi, serta memberikan saran dan kritik yang sangat diharapkan dalam menyelesaikan proyek akhir ini. Berikut adalah pihak-pihak yang turut membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, di antaranya:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan moral serta materi yang sangat berharga.
2. Rekan kerja Proyek Akhir yang telah mendukung dan berjuang bersama sehingga proyek akhir ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.
3. Bapak Aan Febriansyah, S.ST.,MT. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran berharga selama pembuatan dan penyusunan laporan proyek akhir ini.
4. Ibu Dora Palupi, S.P.,M.P. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran berharga selama pembuatan dan penyusunan laporan proyek akhir ini.
5. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Ibu Novitasari, M.Pd., selaku Kepala Prodi D-III Teknik Elektronika.

7. Bapak Ocsirendi, S.ST.,M.T. selaku Dosen Wali penulis di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Seluruh Dosen dan PLP yang sudah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
9. Seluruh teman-teman kelas 3 EA yang telah banyak membantu dan kebersamai 3 tahun ini.
10. Seluruh pihak-pihak terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis berharap agar makalah ini memberikan manfaat dengan meningkatkan wawasan dan pengetahuan yang terkandung dalam proyek akhir. Penulis menyadari bahwa laporan proyek akhir ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menghargai kritik dan saran yang konstruktif untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan proyek akhir ini dapat dipahami dan bermanfaat bagi semua orang, terutama bagi mereka yang membaca makalah ini.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Proses Penyangraian Biji Kopi.....	4
2.2 Tingkat Kematangan Sangrai.....	5
2.3 Proses Mesin Sangrai biji Kopi.....	6
2.4 Sistem Kontrol Mesin Sangrai	7
2.4.1 Arduino UNO.....	8
2.4.2 Relay	8
2.4.3 Motor Gearbox DC 12V	9
2.4.4 MAX6675	9

2.4.5 Motor Driver BTS 7960.....	10
2.4.6 Potensiometer	11
2.4.7 Heater	11
2.3 Sistem <i>Monitoring</i>	12
2.3.1 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	12
2.3.2 Sensor TCS3200.....	13
2.3.3 <i>Real-Time Clock (RTC)</i>	13
2.3.4 Buzzer	14
2.4 Proteksi Sistem Pemanas	14
2.5 Proteksi Sistem Kelistrikan.....	15
BAB III METODE PELAKSANAAN.....	16
3.1 Variabel Penelitian	16
3.2 Perancangan Penelitian	16
3.2.1 Studi Literatur	17
3.2.2 Perancangan <i>Hardware Secara Elektrical</i>	18
3.2.3 Perakitan Alat	18
3.2.4 Uji Coba Alat	20
3.2.5 Analisis Mekanisme Kerja Mesin	20
3.2.6 Evaluasi Mekanisme Mesin	20
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	21
3.3.1 Sensor suhu <i>Thermocouple Type-K</i>	21
3.3.2 Sensor TCS3200.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Deskripsi Hasil Alat	23
4.2 Perakitan Alat.....	23

4.3 Hasil Keseluruhan Alat.....	24
4.4. Pengujian Motor GearBox.....	25
4.5 Pengujian Sensor MAX6675 Type-K	27
4.6 Pengujian Sensor TCS3200	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran.....	32
Daftar Pustaka.....	33
LAMPIRAN 1.....	36
LAMPIRAN 2.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel

4. 1 Uji Motor Gearbox.....	26
4. 2 Uji Sensor Thermocouple Type-K.....	28
4. 3 Uji Sensor TCS3200	30



DAFTAR GAMBAR

Gambar

2. 1 <i>Light Roast Coffee</i>	5
2. 2 <i>Medium Roast Coffee</i>	6
2. 3 <i>Dark Roast Coffee</i>	6
2. 4 Arduino UNO.....	8
2. 5 Relay.....	8
2. 6 Motor GearBox	9
2. 7 MAX6675	10
2. 8 BTS7960	10
2. 9 <i>Potensiometer</i>	11
2. 10 <i>Heater</i>	11
2. 11 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	12
2. 12 TCS3200	13
2. 13 <i>Real-Time Clock (RTC)</i>	14
2. 14 Buzzer	14
2. 15 Diagram Alur	17
2. 16 <i>Wiring Hardware</i>	18
2. 17 Desain Alat.....	19
2. 18 Drum Penyangrai.....	19
2. 19 <i>Blok Diagram</i>	21
2. 20 Hasil Rangka Alat.....	23
2. 21 Hasil Keseluruhan Alat.....	25
2. 22 <i>Display Hasil Uji</i>	26
2. 23 Hasil Perbandingan Suhu.....	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 DAFTAR RIWAYAT HIDUP	36
Lampiran 2 PROGRAM KESELURUHAN	39



BAB I

PEDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Komoditas pertanian yang banyak diminati masyarakat salah satunya adalah Kopi. Pertanian Republik Indonesia tahun 2019, produktivitas kopi di Indonesia masih mencapai 700 kg/ha/tahun. Jenis kopi yang banyak dikenal adalah kopi Arabica dan Robusta. Kopi Robusta memiliki kandungan kafein yang lebih banyak dibandingkan dengan kopi Arabica. Biji kopi Robusta beraroma yang seperti kacang-kacangan sebelum disangrai. Kopi Arabica memiliki rasa yang dominan asam daripada pahit. Kopi Arabica beraroma seperti *citrus, fruits* (Anggraini *et al.*, 2021).

Pengembangan mesin sangrai kopi yang sudah ada mempunyai karaktersistik yang berbeda namun bertujuan untuk mengatasi permasalahan proses sangrai tradisional telah dilakukan melalui beberapa penelitian. Pengembangan mesin sangrai kopi dengan pengaduk berputar, bekerja pada kecepatan putar dengan rpm (*Revolutions Per Minute*) tertentu, temperatur penyangraian 184-198 °C dengan kapasitas 17,14 – 28,97 kg/jam. Dalam proses penyangraian, *monitoring* warna RGB biji kopi menggunakan kamera sedangkan *monitoring* suara keretakan menggunakan mikrofon (Nopriandy *et al.*, 2023).

Namun, peralatan sangrai kopi yang tersedia di pasaran umumnya dirancang untuk skala industri besar dengan harga yang tinggi dan teknologi otomatis yang kompleks. Hal ini menyulitkan pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) untuk mengakses teknologi tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi berupa mesin sangrai yang lebih terjangkau, sederhana, dan tetap efektif. Khususnya untuk kapasitas kecil seperti 1 kilogram, dengan sistem monitoring yang sama yaitu, mendeteksi suhu, warna, *drum rotary* berputar dan meminimalisir biaya yang akan digunakan untuk mesin sangrai biji kopi.

Rancang bangun mesin sangrai biji kopi kapasitas 1 kilogram ini bertujuan untuk menjawab kebutuhan tersebut. Mesin ini dirancang agar mudah digunakan

oleh UMKM, menggunakan komponen sederhana, dan tetap mampu menghasilkan kopi sangrai berkualitas. Kemudian dilakukan juga analisis waktu dan suhu yang diperlukan untuk memperoleh jenis biji kopi hasil sangrai *light roast*, *medium roast* dan *dark roast*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini :

1. Bagaimana merancang dan membangun mesin sangrai biji kopi otomatis yang mampu bekerja secara konsisten dan efisien dalam proses sangrai kapasitas 1kg?
2. Bagaimana cara menerapkan sensor warna (TCS3200) untuk mendeteksi tingkat kematangan biji kopi secara otomatis?
3. Bagaimana sistem kontrol suhu dapat diterapkan untuk menjaga kestabilan suhu selama proses penyangraian biji kopi?
4. Bagaimana sistem monitoring berbasis mikrokontroler dapat digunakan untuk menampilkan parameter penting seperti suhu, waktu, dan status mesin secara *real-time*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Merancang dan membangun mesin sangrai biji kopi otomatis berkapasitas 1 kilogram yang sesuai dengan kebutuhan UMKM secara konsisten dan efisien.
2. Menerapkan sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi tingkat kematangan biji kopi secara otomatis berdasarkan perubahan warna.
3. Menerapkan sistem kontrol suhu otomatis untuk menjaga kestabilan suhu selama proses sangrai biji kopi.
4. Mengembangkan sistem monitoring berbasis mikrokontroler untuk menampilkan parameter seperti suhu, waktu, warna, dan status mesin secara *real-time*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini mencakup :

1. Mesin yang dirancang memiliki kapasitas maksimal 1 kilogram biji kopi per proses sangrai dalam skala kecil;
2. Jenis biji kopi yang digunakan adalah kopi jenis robusta dalam bentuk *green bean* (biji mentah), tanpa membahas pengaruh jenis biji kopi terhadap hasil sangrai;
3. Monitoring sistem hanya mencakup tampilan suhu, waktu dan status sangrai melalui tampilan *LCD* 20x4 serta sistem peringatan dengan *buzzer*.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Proses Penyangraian Biji Kopi

Penyangraian merupakan bagian dari proses pengeringan bahan yang bertujuan mengeluarkan kadar air yang terdapat dalam bahan untuk mendapatkan kadar air yang diinginkan. Tujuan utama dari proses penyangraian adalah untuk membentuk rasa dan aroma kopi. Faktor yang menentukan proses penyangraian kopi adalah temperatur dan lama penyangraian. Berdasarkan hasil penelitian, temperatur penyangraian 235°C dengan lama penyangraian 14 menit untuk jenis kopi Arabica dapat menghasilkan karakteristik fisik dan mutu sensor terbaik berdasarkan hasil survei penelitian (Nopriandy *et al.*, 2023).

Dalam proses produksi kopi salah satu hal yang harus diperhatikan adalah proses sangrai kopi sebelum dilakukan penggilingan. Waktu pada proses pemanggangan mulai dari 15 menit sampai 20 menit, mutu biji kopi dan tingkat suhu sangrai yang diinginkan. Kualitas akhir dari biji kopi sangat ditentukan oleh tahap penyangraian (*roasting*) yang dilakukan secara terukur dan konsisten. Proses ini merupakan langkah paling krusial dalam membentuk karakteristik utama kopi, termasuk warna, aroma, dan cita rasa. Pada tahap ini, biji kopi yang semula berwarna hijau akan mengalami perubahan fisik dan kimia, menjadi coklat tua, serta menghasilkan aroma khas kopi melalui proses reaksi Maillard dan karamelisasi. Oleh karena itu, suhu dan waktu *roasting* harus dikontrol secara akurat menggunakan sensor suhu seperti termokopel dan sistem otomatis berbasis mikrokontroler, agar profil sangrai (*light, medium, atau dark*) dapat dicapai sesuai preferensi. Jika tidak dikontrol dengan baik, biji kopi bisa mengalami kegosongan atau kurang matang, yang berdampak pada penurunan mutu produk. Dengan desain alat *roasting* otomatis, seperti yang dirancang dalam penelitian ini, diharapkan proses sangrai dapat berlangsung lebih stabil dan efisien dalam skala rumah tangga atau UMKM kopi (Ramadhan *et al.*, 2025).

2.2 Tingkat Kematangan Sangrai

Tingkat kematangan dalam proses penyangraian disebut dengan istilah level roasting. Tingkat kematangan penyangraian dapat dilihat dari warna biji kopi, secara umum kematangan biji kopi dibagi menjadi *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast*. Proses penyangraian biji kopi dapat mengubah warna dari awal hijau, coklat muda atau coklat kehijauan menjadi coklat sawo matang, lalu berubah menjadi hitam atau coklat kehitaman. Tingkat kematangan kopi sangat mempengaruhi zat yang terlarut dalam air kopi (Nopriandy *et al.*, 2023). Jadi dari hasil penelitian tersebut tingkat kematangan pada biji kopi sangat diperhatikan agar tidak melewati batas tingkat yang sudah tertera pada karakteristik biji kopi, dan bisa mendapatkan *level roasting* yang bagus dan bisa dinikmati ketika biji kopi dikelola dengan baik.

Menurut Noriandy *et al.*, (2023) hasil dari sangrai biji kopi secara umum dapat dikategorikan menjadi 3 kriteria tingkat kematangan, yaitu sebagai berikut:

2.2.1 *Light Roast*

Biji kopi dipanggang tepat hingga terjadi letupan pertama. Penyangraian pada level ini menghasilkan biji kopi berwarna coklat muda, dengan karakter ringan, tidak terbentuk lapisan minyak pada permukaan.



Gambar 2. 1 *Light Roast Coffee*

2.2.2 Medium Roast

Biji kopi dipanggang melewati letupan pertama namun tidak sampai letupan kedua. Warnanya coklat gelap dan hasil sangrai jenis ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 *Medium Roast Coffee*

2.2.3 Dark Roast

Biji dipanggang hingga letupan kedua. Warna coklat gelap dengan minyak dipermukaan.



Gambar 2. 3 *Dark Roast Coffee*

2.3 Proses Mesin Sangrai biji Kopi

Pada penelitian mesin kopis sangrai yang sudah ada, ada beberapa sistem kontrol Arduino uno yang berfungsi untuk mengatur suhu selama proses penyangraian dan sebagai mengontrol arah putaran drum pada mesin penyangrai. Beberapa komponen kontrol mesin penyangrai yang terdiri dari sensor *Thermocouple*, tombol *on* dan *off*, motor listrik AC, LCD, driver motor, dan adaptor. Yang dikontrol oleh arduino uno adalah suhu yang menggunakan komponen sensor *Thermocouple* dan Driver motor AC sebagai pengontrol arah

putaran drum penyangrai (Zamri, 2023).

Namun Pengembangan mesin ini memiliki sistem sangrai biji kopi yang menggunakan suhu sebagai acuan dalam proses sangrai. Sistem pada mesin sangrai ini menggunakan komponen sensor *Thermocouple* untuk merespon suhu yang dibutuhkan dan menggunakan sensor pendeteksi warna yaitu sensor TCS3000, Apabila warna yang dideteksi telah memenuhi karakter kopi tersebut maka buzzer akan berbunyi (Setiawan *et al.*, 2020).

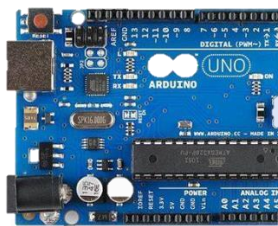
Pada bagian kontrol putaran sangrai mesin ini menggunakan *Gearbox Gear DC 12V* sebagai kontrol torsi kecepatan yang diatur melalui potensiometer, sehingga pengguna dapat mengubah kecepatan sesuai keinginan. Kinerja dari sistem kontrol ini menggunakan putaran 30 rpm dan 60 rpm. Suhu yang diatur yaitu pada suhu awal sebelum memasukan biji, suhu dalam drum berada di 31°C dan sampai ketika mesin dijalankan dan *heater* nyala suhu naik tidak konsisten dalam hitungan 1-8 menit, suhu mulai naik drastis ketika mesin sudah dijalankan sekitar 10 menit dan suhu yang didapatkan sampai di 100-120°C. Sehingga kinerja dari sistem kontrol ini mendapatkan hasil variasi penyangraian biji kopi yang mendekati standar kopi yang telah ditentukan.

2.4 Sistem Kontrol Mesin Sangrai

Sistem kontrol pada mesin sangrai biji kopi berperan penting untuk mengatur dan menjaga kualitas hasil sangrai. Mesin ini dirancang untuk memanaskan biji kopi hingga suhu tertentu dalam waktu tertentu agar menghasilkan aroma dan rasa yang optimal. Berikut beberapa *mikrokontroler* yang digunakan dalam sistem kontrol pada mesin sangrai biji kopi.

2.4.1 Arduino UNO

Arduino Mega digunakan sebagai pengendali utama (*controller*) pada mesin sangrai ini, karena kemampuannya dalam menangani banyak *input-output*, serta fleksibel untuk dikembangkan sesuai dengan kebutuhan sistem otomasi (Permana & Setiono, 2017). Dengan berbagai alat yang dibutuhkan pada rancang mesin sangrai ini, arduino adalah otak dari semua program yang dijalankan pada mesin ini.



Gambar 2. 4 Arduino UNO

2.4.2 Relay

Relay dengan konfigurasi ini banyak digunakan dalam sistem kontrol dan proteksi untuk mengatur aliran listrik sesuai kebutuhan, karena mampu merespons perubahan arus secara cepat dan dapat diintegrasikan dengan sistem otomatisasi modern. Relay berfungsi sebagai saklar elektronik otomatis yang mengontrol *on-off* pemanas (*heater*) berdasarkan sinyal dari sensor suhu mikrokontroler, sehingga suhu tetap stabil selama proses sangrai berlangsung (Akhsa *et al.*, 2022).



Gambar 2. 5 Relay

2.4.3 Motor Gearbox DC 12V

Motor DC dengan *gearbox* adalah sebuah aktuator elektromekanis yang bekerja dengan menggunakan sumber tegangan arus searah (DC) untuk menghasilkan putaran mekanis. Dan keluaran dari dari peredam tersebut dapat diatur besar kecilnya beban, tergantung konstruksi dari *gearbox* itu sendiri dan untuk performa motor yang maksimal (Darmawan & Soedjarwanto, 2022).

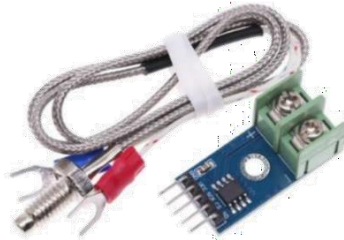
Pada penelitian Mesin sangrai ini menggunakan motor DC *gearbox* 12 Volt dengan putaran 40 rpm untuk memutar tabung penyangrai. Kecepatan ini dipilih karena sesuai untuk kapasitas 1 kg agar biji kopi teraduk secara merata tanpa *over mixing*. (Hakim, 2022).



Gambar 2. 6 Motor GearBox

2.4.4 MAX6675

Sensor MAX6675 dibentuk dari kompensasi *cold-junction* yang keluarannya merupakan digitalisasi dari sensor berjenis *Termocouple type-k*, data *output*-nya memiliki resolusi 12-bit yang mendukung komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*). Sensor ini mampu mengukur temperatur pada rentang 0°C - 800°C. Menurut Pratama *et al.*, (2023) dan Rahayuningtyas *et al.*, (2023), Sensor *Thermocouple type-K MAX6675* digunakan untuk mengukur suhu di dalam mesin sangrai kopi secara akurat dan dikendalikan melalui mikrokontroler. Data suhu ini penting untuk menjaga kestabilan proses pemanggangan biji kopi.



Gambar 2. 7 MAX6675

2.4.5 Motor Driver BTS 7960

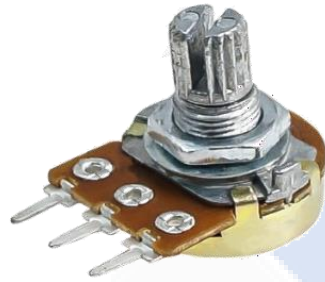
Motor driver adalah komponen elektronik yang berfungsi untuk mengendalikan motor listrik (seperti motor DC, stepper, atau servo) menggunakan sinyal kontrol dari *mikrokontroler*. Pada penelitian ini menggunakan motor *driver* *BTS7960* sebagai modul input ke motor dc *gearbox*. Pada rancang bangun alat pesangrai kopi otomatis ini, *driver* motor *BTS7960* difungsikan sebagai pengatur putaran motor DC *gearbox*. Motor ini digunakan untuk memutar tabung sangrai dengan stabilitas torsi yang tinggi (Barena, 2022).



Gambar 2. 8 BTS7960

2.4.6 Potensiometer

Kecepatan motor dapat diatur menggunakan potensiometer, sehingga pengguna dapat menyesuaikan kecepatan pengadukan drum saat proses sangrai berlangsung. Hal ini berfungsi untuk menjaga keseragaman pemanggang biji kopi (Sulistyo & Suhono, 2023).



Gambar 2. 9 Potensiometer

2.4.7 Heater

Heater merupakan komponen utama pada ruang sangrai yang berfungsi sebagai sumber panas untuk menyangrai biji kopi. Panas yang dihasilkan oleh *heater* akan dialirkan ke ruang sangrai dan mengenai biji kopi secara langsung maupun tidak langsung (Maulana *et al.*, 2023).



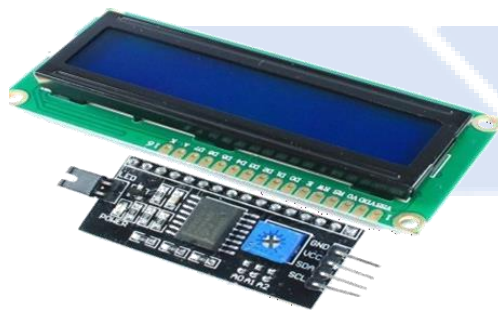
Gambar 2. 10 Heater

2.3 Sistem *Monitoring*

Perancangan mesin sangrai kopi ini dilengkapi dengan sistem *monitoring* yang bertugas mengamati dan mencatat parameter suhu, waktu, dan kecepatan motor drum. Sistem ini memudahkan pengendalian proses pemanggangan kopi sesuai profil sangrai yang diinginkan (*light, medium, dark*) (Oematan *et al.*, 2024). Pada dasarnya, Proses sangrai membutuhkan sistem pengontrol dan sistem monitor suhu agar mendapatkan biji kopi yang sesuai dengan yang diinginkan. Tanpa kontrol suhu dan waktu yang baik, tingkat kematangan biji kopi sulit untuk dicapai secara konsisten (Amri & Husaini, 2023).

2.3.1 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD 16x2 ini digunakan sebagai *interface* antara *user* dan mikrokontroller. LCD ini dapat digunakan untuk memantau keadaan sensor ataupun jalannya program, seperti suhu dan waktu sangrai kopi (Barena, 2022). Menurut Rahayuningtyas *et al.*, (2023) LCD digunakan untuk menampilkan informasi suhu sangrai, status proses, dan lama sangrai. Dengan tampilan ini, pengguna dapat memantau proses secara *real-time* tanpa harus membuka alat atau menggunakan komputer tambahan.



Gambar 2. 11 *Liquid Crystal Display (LCD)*

2.3.2 Sensor TCS3200

Sensor TCS3200 adalah sensor warna berbasis fotodiode dan filter RGB, yang mampu mendeteksi warna suatu objek dengan mengubah intensitas warna menjadi frekuensi pulsa yang dapat dibaca oleh mikrokontroler seperti Arduino. Dalam konteks mesin sangrai biji kopi, sensor warna TCS3200 digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan kopi sangrai berdasarkan warna. Warna kopi sangrai dibedakan menjadi tiga tingkat kematangan yaitu *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast* (Fitri *et al.*, 2024).



Gambar 2. 12 TCS3200

2.3.3 Real-Time Clock (RTC)

Real-Time Clock (RTC) adalah sebuah chip jam elektronik yang berfungsi untuk menghitung dan menyimpan data waktu secara *real-time*, mulai dari detik hingga tahun, dengan tingkat akurasi tinggi. *RTC* tetap dapat menjaga pencatat waktu meskipun perangkat utama dimatikan, sehingga memastikan data waktu tetap akurat.

RTC digunakan untuk mencatat waktu proses sangrai secara *real-time*, bukan sekadar untuk mengetahui waktu saat ini. Dengan demikian, proses

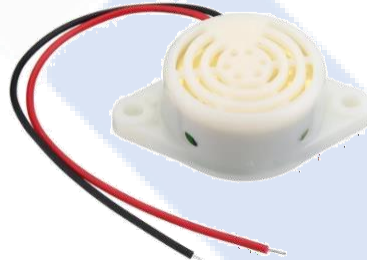
pemanggangan dapat dikontrol secara presisi sesuai dengan profil waktu sangrai yang diatur (Amra *et al.*, 2020).



Gambar 2. 13 *Real-Time Clock (RTC)*

2.3.4 Buzzer

Buzzer adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai alat pemberi peringatan suara. Buzzer menghasilkan bunyi saat dialiri arus listrik, dan sering digunakan dalam berbagai perangkat untuk memberikan notifikasi, alarm, atau konfirmasi suatu kondisi tertentu. Mesin akan berhenti secara otomatis apabila biji kopi sudah matang pada suhu 215°C dan buzzer akan berbunyi sebagai notifikasi bahwa proses sangrai telah selesai (Rahayuningtyas *et al.*, 2023)



Gambar 2. 14 Buzzer

2.4 Proteksi Sistem Pemanas

Sistem proteksi pemanas pada mesin sangrai otomatis dirancang menggunakan teknik *interlock relay*, di mana satu relay berfungsi mengaktifkan *heater* dan *relay* lain berperan memutus aliran ketika terjadi kelebihan arus atau sinyal kesalahan dari mikrokontroler, guna mencegah kerusakan akibat lonjakan daya dari pemanas listrik berdaya besar (Amra *et al.*, 2020).

2.5 Proteksi Sistem Kelistrikan

Proteksi sistem kelistrikan dimulai dari unit *power supply*, yang menggunakan transformator *step-down* guna menurunkan tegangan AC 220V menjadi 12V, serta memastikan komponen kontrol digital seperti mikrokontroler dan sensor bekerja dalam rentang aman dari gangguan lonjakan arus listrik. (Amra et al., 2020). Pada perancangan mesin sangrai ini, untuk kelistrikan pada mikrokontroler seperti sumber input untuk *Liquid Crystal Display* (LCD), *Real-time Clock* (RTC), arduino uno menggunakan adaptor 5v sebagai sumber input untuk menjalankan komponen-komponen tersebut, karena Arduino uno tidak bisa melebihi arus lewat dari 5v.



BAB III

METODE PELAKSANAAN

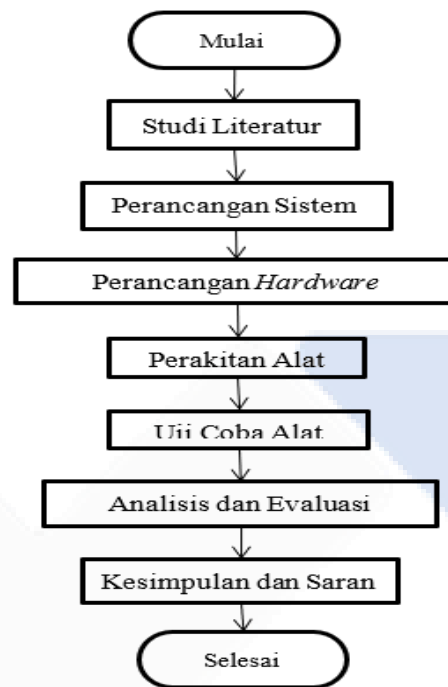
3.1 Variabel Penelitian

Dalam penelitian mengenai mesin sangrai biji kopi otomatis, terdapat sejumlah variabel yang perlu diperhatikan untuk memperoleh hasil yang optimal dan terukur secara ilmiah. Variabel independen adalah variabel yang sengaja diatur atau dimanipulasi oleh peneliti untuk melihat pengaruhnya terhadap hasil sangrai. Beberapa contoh variabel independen dalam konteks ini antara lain suhu pemanggangan, durasi sangrai, kecepatan putaran drum, jenis biji kopi, dan tingkat otomatisasi mesin. Misalnya, peneliti dapat mengatur suhu pada 180°C, 200°C, dan 220°C untuk melihat bagaimana perbedaan suhu mempengaruhi kualitas hasil sangrai. Selain itu, terdapat variabel kontrol, yaitu variabel yang dijaga tetap agar tidak memengaruhi hasil penelitian. Variabel ini penting untuk memastikan bahwa perubahan pada variabel dependen benar-benar disebabkan oleh variabel independen, bukan oleh faktor lain. Contoh variabel kontrol dalam penelitian mesin sangrai meliputi kapasitas biji kopi per *batch*, jenis sensor yang digunakan, kondisi lingkungan, serta jenis bahan bakar atau sumber panas. Dengan menjaga variabel ini tetap konstan, peneliti dapat melakukan analisis yang lebih valid dan akurat terhadap pengaruh suhu, durasi, dan kecepatan sangrai dalam sistem otomatis.

3.2 Perancangan Penelitian

Dalam penyusunan proyek akhir ini, terdapat tahapan-tahapan yang menggambarkan proses pengerjaan dari awal hingga selesai. Penjelasan ini bertujuan untuk memperjelas langkah-langkah kerja, alat yang digunakan, serta hasil yang ingin dicapai.

Adapun tahapan tersebut divisualisasikan dalam bentuk Diagram alur seperti berikut:



Gambar 2. 15 Diagram Alur

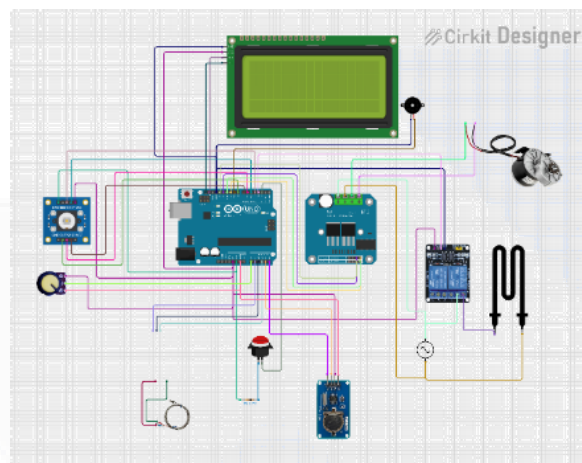
3.2.1 Studi Literatur

Rancang bangun mesin sangrai biji kopi merupakan topik yang banyak diteliti seiring dengan meningkatnya permintaan akan kopi berkualitas dan konsistensi hasil sangrai. Mesin sangrai tradisional yang dioperasikan secara manual sering kali menghadapi kendala dalam menjaga kestabilan suhu dan waktu sangrai, sehingga menghasilkan mutu yang tidak konsisten. Oleh karena itu, beberapa peneliti telah mengembangkan mesin sangrai otomatis yang dilengkapi dengan mikrokontroler dan sensor untuk mengatur proses sangrai secara presisi. Referensi-referensi ini memberikan gambaran untuk mengembangkan mesin sangrai berbasis arduino yang dilengkapi dengan sensor suhu untuk memantau dan mengontrol suhu pemanggangan secara otomatis. Sistem ini memungkinkan

pengaturan suhu sesuai profil sangrai yang diinginkan, sehingga kualitas rasa dan aroma kopi lebih terjaga.

3.2.2 Perancangan *Hardware Secara Elektrikal*

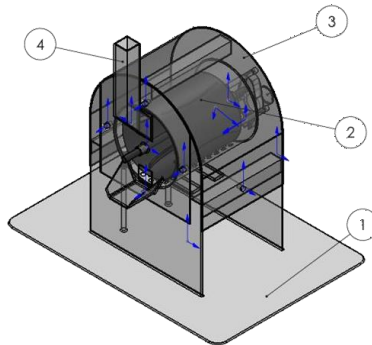
Perancangan *hardware elektrikal* merupakan perakitan komponen-komponen *elektrikal* seperti sensor suhu *Thermocouple Type-K*, *Sensor TCS3200*, *LCD 20x4*, *Real-time Clock (RTC)*, *Motor Dc*, *Motor Driver BTS7960*, *Buzzer*, *Potensiometer*, *heater*, *Relay*, *Arduino Uno*, *Power supply 12v 30A*, Perancangan dan perakitan *hardware elektrikal* disajikan dalam *wiring electrical* berikut:



Gambar 2. 16 *Wiring Hardware*

3.2.3 Perakitan Alat

Mesin sangrai yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin sangrai kopi semi otomatis tipe rotari dengan komponen utama yaitu drum penyangrai, rangka (dudukan) mesin, sistem kontrol temperatur, sistem penggerak dan sistem pemanas. Untuk bahan yang digunakan yaitu *stainless stell* dan untuk alas sebagai dududukan *cover box* mesin menggunakan plat besi. Komponen lengkap mesin sangrai kopi dapat dilihat pada gambar ini:



Gambar 2. 17 Desain Alat

Keterangan :

1. Alas cover pemanas *heater*
2. Drum penyangrai
3. Motor penggerak (*GearBox*)
4. Saluran masuk (*Hopper*)

Drum penyangrai menggunakan bahan *stainless steel*, alas cover mesin sebagai tempat dudukan pemanas (*heater*). Bahan *stainless steel* merupakan pilihan utama dalam pengolahan biji kopi ini karena memiliki ketahanan dan tidak mudah terkontaminasi bahan makanan selain itu dapat menghantar panas secara keseluruhan drum yang bisa mempermudah proses pemanggangan biji kopi didalam drum penyangrai, Desain rangka drum penyangrai dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2. 18 Drum Penyangrai

3.2.4 Uji Coba Alat

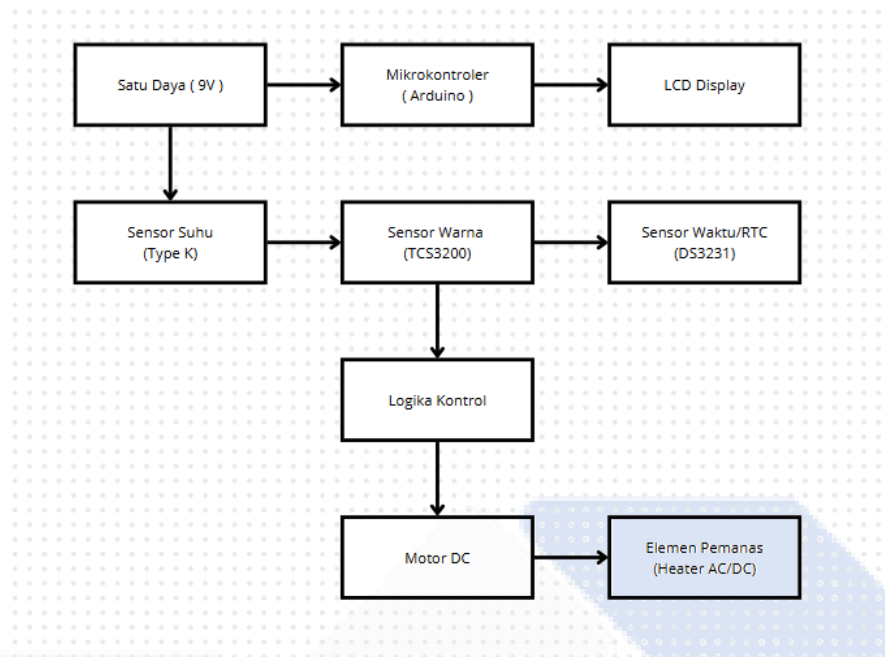
Pada tahap pengujian alat kami melakukan pengujian pada komponen-komponen yang kami pilih sebagai alat pendeteksi suhu maupun mendeteksi warna biji kopi, untuk kompoenen yang digunakan pada mesin ini menggunakan sensor *MAX6675*, termocoupe model *type-K* sebagai pendeteksi suhu dan sensor *TCS3200 (RGB)* sebagai pendeteksi warna biji kopi. Selama proses sangrai berlangsung, sistem kendali otomatis memantau suhu dan mengaktifkan pemanas atau kipas pendingin sesuai kondisi aktual. Biji kopi diaduk oleh motor *gearbox* secara konstan untuk menjaga pemerataan panas. Setelah waktu yang ditentukan tercapai, sistem otomatis akan mematikan elemen pemanas. Selama dan setelah proses sangrai, dilakukan pengamatan terhadap perubahan warna dan aroma biji kopi. Hasil dari uji coba ini kemudian dibandingkan dengan standar mutu sangrai berdasarkan tingkat warna dan karakteristik visual, serta dilakukan pengukuran kadar air dan berat kering biji kopi paska sangrai.

3.2.5 Analisis Mekanisme Kerja Mesin

Mesin sangrai ini bekerja dengan prinsip pemanasan konduksi dan konveksi dalam drum pemanggang yang berputar. Sistem penggerak menggunakan motor *GearBox* yang dikendalikan oleh PWM untuk mengatur kecepatan rotasi drum. Suhu dalam drum dipantau secara *real-time* oleh sensor suhu *termocouple type-K* yang terhubung ke modul *MAX6675*. *Mikrokontroler* Arduino Uno memproses data suhu dan mengatur elemen pemanas untuk menjaga kestabilan suhu sesuai kebutuhan *roasting*.

3.2.6 Evaluasi Mekanisme Mesin

Uji coba ini juga mencakup penilaian kinerja sensor dan *actuator* apakah bekerja sesuai perintah yang deprogram. Jika terdapat ketidaksesuaian seperti suhu tidak stabil, motor tidak berputar dengann baik, atau warna biji tidak sesuai, maka dilakukan kalibrasi ulang terhadap sistemnya. Melalui evaluasi ini diperoleh data awal performa alat serta dapat diketahui aspek mana yang perlu diperbaiki atau disempurnakan dalam pengembangan lebih lanjut.



Gambar 2. 19 Blok Diagram

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan eksperimental dan observasional terhadap sistem alat yang dirancang. Pengujian alat disini menggunakan 2 sensor yaitu sebagai berikut:

3.3.1 Sensor suhu *Thermocouple Type-K*

Sensor suhu *Thermocouple Type-K* adalah proses untuk mengevaluasi kinerja dan keakuratan dalam membaca suhu selama proses pemanggangan biji kopi. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan bahwa sensor tersebut dapat mendeteksi perubahan suhu secara *real-time*, memberikan data suhu yang akurat dan stabil yang bisa dipantau lewat *lcd display* dan untuk mengontrol proses otomatis seperti memicu alarm atau menghentikan proses pemanggangan biji kopi apabila suhu telah mencapai ketentuan kematangan dari biji kopi tersebut. Dan dalam pengumpulan data sensor dapat dibandingkan dengan alat *thermometer digital*.

3.3.2 Sensor TCS3200

TCS3200 berfungsi sebagai pendeteksi tingkat kematangan sangrai biji kopi secara otomatis berdasarkan warna permukaan biji kopi. Dalam proses sangrai, warna biji kopi berubah dari warna hijau (*Light Roast*) menjadi coklat (*Medium Roast*), hingga coklat kehitaman (*Dark Roast*) semua ketentuan tersebut dapat dipantau oleh sensor TCS3200. Dengan catatan posisi drum gelap dan membutuhkan cahaya yang memadai dari *led* sensor tersebut.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Hasil Alat

Pengujian komponen pada mesin sangrai ini dilakukan secara terpisah untuk memastikan setiap bagian alat berfungsi sesuai spesifikasi. Berikut hasil dari hasil masing-masing komponen :

4.2 Perakitan Alat

Berikut tahapan perakitan, alat yang telah di desain dan menempatkan pada rancang bangun mesin sangrai, serta melakukan pengelasan pada rangka mesin tersebut, untuk pengelasan pada bahan yang dipilih sebagai penghantar panas lebih cepat menggunakan *stainless* kami mengalami kesusahan karena pada saat pengelasan harus lebih hati-hati agar plat *stainless* tidak bolong. Dan untuk bagian drum penyangrai yang sebagai tempat penggilingan kopi tidak bulat secara sempurna karena kami melakukannya secara manual dan tidak dibantu alat mesin. Dan hasil pemutaran drum penyangrai tidak mutar secara *center*, maka dari itu pemutaran drum sering terjadi selip antara drum penyangrai dengan *coverbox* depan. Berikut hasil perancangan rangka ketika selesai pengelasan:

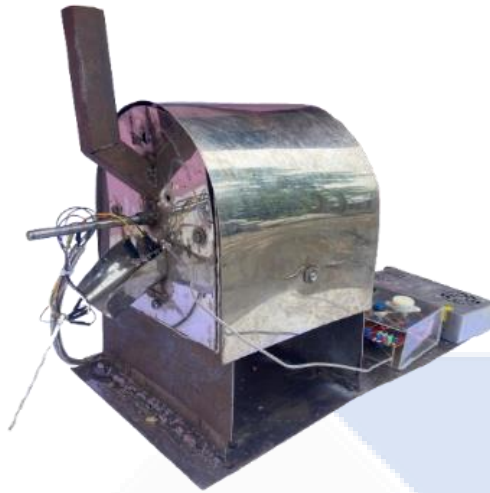


Gambar 2. 20 Hasil Rangka Alat

4.3 Hasil Keseluruhan Alat

Alat yang telah berhasil dibuat merupakan mesin sangrai biji kopi otomatis dengan kapasitas maksimum 1 kg, yang dirancang untuk mempermudah proses penyangraian biji kopi secara otomatis dan efisien. Rangka mesin menggunakan bahan plat besi sebagai struktur utama, dengan drum sangrai berbahan *stainless steel* berbentuk silinder *horizontal* yang berfungsi sebagai tempat pemanasan dan pengadukan biji kopi. Pada bagian atas drum terdapat corong pengisian (*hopper*) yang terbuat dari pipa kotak baja dan dilengkapi dengan corong plastik untuk memudahkan proses pengisian biji kopi mentah. Proses pencampuran dan pemanasan dilakukan secara bersamaan dengan motor DC *gearbox* yang menggerakkan poros drum, menjaga perputaran konstan selama proses sangrai berlangsung. Sistem pemanas menggunakan elemen pemanas listrik (*heater*) yang dipasang di bagian bawah drum sangrai, tepat di dalam ruang pembakaran. Panas yang dihasilkan dikontrol menggunakan sensor suhu (*thermocouple type-K*) yang terpasang di dalam drum, dan diatur oleh *mikrokontroler* Arduino Uno.

Untuk mendeteksi warna biji kopi selama proses sangrai, digunakan sensor TCS3200 yang diletakkan dekat jendela pengamatan. Selain itu, terdapat modul *RTC (Real-Time Clock)* yang mencatat waktu proses sangrai secara presisi. Semua informasi seperti suhu, waktu, dan status proses ditampilkan pada layar *LCD 20x4* yang dipasang di bagian luar *body* mesin, berdekatan dengan unit kontrol dan *power supply* yang tertutup dalam *casing* akrilik transparan. Sebagai penanda akhir proses sangrai, sistem dilengkapi dengan *buzzer* yang akan berbunyi secara otomatis jika waktu dan suhu sangrai telah mencapai nilai yang ditentukan.



Gambar 2. 21 Hasil Keseluruhan Alat

4.4. Pengujian Motor GearBox

Pengujian motor DC *gearbox* pada alat ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kecepatan putaran motor terhadap variasi sinyal PWM (Pulse Width Modulation) yang dikendalikan melalui potensiometer, dalam pengujian ini potensiometer berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor melalui mikrokontroler Arduino Uno. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu tanpa beban dan dengan beban sebesar 1kg dan pengujian dilakukan dengan merangkai motor DC *gearbox* dengan modul driver motor BTS7960 dan dirangkai ke dalam sistem kendali berbasis Arduino uno. Potensiometer digunakan sebagai *input* analog untuk mengatur nilai PWM dan Arduino membaca nilai potensiometer melalui pin A0, kemudian memetakan nilai tersebut menjadi nilai PWM 0-255, dan mengirimkannya ke pin output PWM (D10) yang terhubung ke motor driver dan motor mendapatkan suplay daya 12V melalui motor driver.

Nilai PWM dikontrol secara manual dengan memutar potensiometer dari posisi minimum (0%) hingga maksimum (100%). Setiap perubahan 20% dicatat atau dapat dilihat dari display LCD. Hasil pengukuran RPM dan kondisi motor bergerak

atau tidak dicatat kedalam tabel. Berikut tampilan *display* LCD yang menampilkan secara keseluruhan sistem mesin secara *real-time*, bisa dilihat pada Gambar 2.22 berikut:



Gambar 2. 22 *Display* Hasil Uji

Dan untuk mengetahui kinerja motor *gearbox* pada berbagai Tingkat putaran yang diberikan, dilakukan pengujian dengan variasi persentase dari 20-100% PWM. Hasil pengujian tersebut ditampilkan pada Tabel 4.1, yang menunjukkan hubungan antara persentase putaran dengan nilai RPM serta kondisi gerak motor.

Tabel 4. 1 Uji Motor *Gearbox*

Putaran	RPM	Keterangan motor
20%	54	Belum Bergerak
40%	108	Bergerak
60%	164	Bergerak
80%	218	Bergerak
100%	272	Bergerak

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pada *duty cycle* sebesar 20%, motor belum mampu bergerak, meskipun terdapat putaran terbaca sebesar 54 RPM. Hal ini disebabkan karena torsi yang dihasilkan masih lebih kecil dari torsi statis atau tahanan awal pada gear motor. Motor mulai bergerak aktif pada putaran 40% dengan kecepatan 108 RPM, ini menandakan bahwa nilai PWM minimal efektif untuk memutar motor adalah sekitar 40% dari nilai maksimum. Selanjutnya

kenaikan PWM menghasilkan peningkatan RPM secara bertahap dan konsisten. Pada PWM 100% , motor mencapai kecepatan maksimum sebesar 272 RPM.

4.5 Pengujian Sensor MAX6675 Type-K

Sensor suhu *Thermocouple Type-K* berfungsi pada keakuratan dalam membaca suhu selama proses pemanggangan biji kopi. Untuk memastikan bahwa sensor tersebut dapat mendeteksi perubahan suhu secara *real-time*, memberikan data suhu yang akurat dan stabil yang bisa dipantau lewat *lcd display*. Sensor *Thermocouple* dihubungkan ke Arduino uno melalui modul MAX6675, kemudian dipasang dekat elemen pemanas (*heater*) untuk mendeteksi suhu. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dan kestabilan pembacaan sensor MAX6675, dengan cara membandingkan hasil bacaannya terhadap alat ukur standar berupa *thermometer digital*, *thermometer digital* diletakan diposisi yang sama agar dapat membandingkan hasil pengukuran suhu yang akan terbaca pada kedua alat tersebut.

Pengujian dilakukan pada saat sistem dinyalakan, dan suhu awal dicatat saat kondisi *heater* belum panas, pada saat *heater* aktif dan suhu dicatat setiap 1 menit selama 5 menit, dari hasil pembacaan suhu dari *thermocouple* dan *thermometer digital* dicatat secara bersamaan dan selisi suhu antara keduanya dihitung untuk mengetahui berapa selisih pembacaan suhu. Hasil pengujian sensor *Thermocouple Type-K* dapat dilihat pada Gambar 2.23 berikut:



Gambar 2. 23 Hasil Perbandingan Suhu

Dan untuk perbandingan pengukuran suhu secara keseluruhan per-menit yang akan diuji coba, setiap angka suhu yang keluar dari *display* LCD dicatat sebagai perbandingan suhu dengan alat thermometer digital. Untuk nilai-nilai perbandingan suhu yang telah didapati dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 2 Uji Sensor *Thermocouple Type-K*

NO	Suhu awal	<i>Thermocouple</i>	<i>Thermometer</i>	Waktu (Menit)	Selisih
1	30°C	45,7°C	36°C	1 menit	9,7°C
2	30°C	48°C	38°C	2 menit	10°C
3	30°C	49,2°C	42°C	3 menit	7,2°C
4	30°C	50,7°C	48°C	4 menit	2,3°C
5	30°C	52,7°C	52°C	5 menit	0,7°C

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa sensor *Thermocouple Type-K* menunjukkan adanya selisih pembacaan suhu yang cukup signifikan diawal proses pemanasan, namun semakin lama selisih tersebut mengecil dan cenderung mendekati nilai yang ditunjukkan oleh *thermometer* standar.

Pada menit ke-1 dan ke-2, terdapat selisih sebesar 10°C yang menunjukan bahwa sensor *thermocouple* lebih cepat menangkap kenaikan suhu dibandingkan *thermometer*, Ketika memasuki menit ke-3 dan ke-4, selisih mulai menurun menjadi sekitar 2-7°C, menunjukan bahwa pembacaan suhu mulai stabil. Hal ini menunjukan bahwa sensor *thermocouple* memerlukan waktu adaptasi terhadap suhu lingkungan sebelum memberikan pembacaan yang akurat. Sensor menunjukan peningkatan akurasi yang konsisten dari menit ke menit. Perbedaan suhu antara *Thermocouple* dan *thermometer* tampak menurun setelah 3-5 menit.

4.6 Pengujian Sensor TCS3200

Sensor TCS3200 berfungsi sebagai pendeteksi tingkat kematangan sangrai biji kopi secara otomatis berdasarkan warna permukaan biji kopi. Pengujian sensor TCS3200 dilakukan untuk mengetahui tingkat sensitivitas sensor terhadap warna permukaan biji kopi sangrai pada jarak yang berbeda. Sensor ini dirancang untuk mendeteksi warna sebagai indikator tingkat kematangan biji kopi, dimana warna biji kopi akan berubah dari terang (*light roast*) ke gelap (*dark roast*) seiring waktu pemanggangan.

Sensor TCS3200 dihubungkan ke mikrokontroler Arduino dan LCD *display* untuk hasil pembacaan, dan dua jenis sampel biji kopi digunakan dalam pengujian, yaitu biji kopi warna coklat (*roast medium*) dan hitam (*roast dark*). Proses pengujian dilakukan diruangan dengan pencahayaan minim untuk menghindari gangguan dari cahaya luar dan sebelum dilakukan pengukuran, sensor dikalibrasi untuk memastikan dapat membaca perbedaan warna objek secara stabil, sensor ini mengandalkan LED sebagai sumber pencahayaan utama dalam proses deteksi warna. Biji kopi diletakan tepat didepan sensor pada jarak yang bertingkat mulai dari 1cm hingga 5cm dengan selang 1cm tiap pengujian. Jarak ini dipilih untuk melihat sejauh mana kemampuan sensor dapat mendeteksi warna biji kopi secara akurat. Setiap biji kopi coklat dan hitam diuji pada masing-masing dan pembacaan warna diamati pada LCD, jika warna berhasil dibaca oleh sensor, maka dicatat sebagai terdeteksi dan jika tidak ada warna yang tidak dikenali, maka dicatat sebagai tidak terdeteksi. Tabel berikut menampilkan hasil deteksi sensor terhadap biji kopi berwarna coklat dan hitam pada berbagai jarak:

Tabel 4. 3 Uji Sensor TCS3200

Jarak Biji Kopi	Coklat	Hitam
1cm	terdeteksi	terdeteksi
2cm	terdeteksi	terdeteksi
3cm	terdeteksi	terdeteksi
4cm	-	terdeteksi
5cm	-	-

Berdasarkan data diatas, diperoleh beberapa perbandingan jarak deteksi sensor yaitu, warna hitam lebih mudah terdeteksi dibandingkan warna coklat. Hal ini disebabkan karena warna gelap menyerap lebih banyak cahaya dan menghasilkan kontras tinggi terhadap cahaya yang dipantulkan oleh LED sensor, oleh karna itu frekuensi output sensor lebih mudah dibaca saat mendeteksi objek berwarna gelap. Dan pada jarak 1-3cm, baik warna coklat maupun hitam masih terdeteksi dengan baik, namun pada jarak 4cm sensor tidak lagi mendeteksi warna coklat, sedangkan warna hitam masih bisa terbaca. Dan Kesimpulannya pada jarak 5cm kedua warna tidak terdeteksi, menandakan bahwa batas maksimum jarak deteksi sensor adalah sekitar 4cm untuk warna gelap dan 3cm untuk warna terang. Dan sensitifitas dipengaruhi oleh pencahayaan karena sensor ini sangat sensitif terhadap cahaya luar, maka pengujian dan penggunaan sensor sebaiknya dilakukan dalam kondisi pencahayaan rendah atau menggunakan penutup agar cahaya LED sensor menjadi lebih dominan dan pembacaan sensor tidak terganggu.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian mesin sangrai kopi otomatis kapasitas 1 kg, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Mesin ini telah berhasil dirancang dan dibangun mesin sangrai biji kopi otomatis dengan kapasitas 1 kilogram yang mampu bekerja secara konsisten dan efisien sesuai kebutuhan UMKM. Kelebihan mesin ini mampu meringankan efisiensi pada proses penyangraian biji kopi dan kapasitas 1kg sangat ideal untuk pelaku UMKM, tidak terlalu besar maupun kecil. Dan kekurangannya untuk kapasitas terbatas hanya 1kg, kurang cocok untuk produksi skala besar.
2. Mesin ini dilengkapi dengan sensor warna TCS3200 yang mampu mendeteksi tingkat kematangan biji kopi secara otomatis berdasarkan perubahan warna, sehingga proses sangrai dapat dikontrol secara lebih akurat dan mempermudah pengguna dalam menentukan tingkat kematangan tanpa harus mengandalkan pengalaman atau dipantau secara manual. Dan adapun kekurangan pada sensor tersebut yaitu sensor hanya dapat membaca warna permukaan biji kopi, tidak kondisi bagian dalam biji secara karakteristik dan sensor ini sangat rentan terhadap pencahayaan lingkungan sekitar, sehingga perlu kalibrasi yang tepat.
3. Sistem kontrol suhu telah diterapkan pada mesin ini untuk menjaga kestabilan suhu selama proses penyangraian, sehingga mutu hasil sangrai tetap terjaga dan sesuai dengan standar yang diinginkan dari kualitas rasa dan aroma kopi. Namun kekurangannya respon kontrol suhu mungkin tidak cukup cepat terhadap perubahan suhu pada pemanas (*heater*).

4. Sistem monitoring berbasis mikrokontroler dirancang untuk menampilkan informasi penting seperti suhu, waktu, warna biji kopi, dan status mesin secara *real-time*, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau secara manual dan mengendalikan proses sangrai. Adapun kekurangan pada sistem mikrokontroler tersebut, yaitu mikrokontroler memerlukan input daya yang stabil, dan rentan terhadap gangguan listrik dan belum tersedia fitur penyimpanan data untuk mengevaluasi hasil dari proses sangrai sebelumnya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan uji coba alat, berikut beberapa saran untuk pengembangan dan penyempurnaan mesin sangrai biji kopi otomatis kapasitas 1 Kilogram kedepannya:

1. Peningkatan sistem kendali suhu disarankan menggunakan algoritma kontrol yang lebih presisi seperti kontrol PID agar kestabilan suhu selama proses sangrai lebih terjaga dan perubahan suhu dapat dikontrol secara dinamis dan suhu dapat dipantau melalui *smartphone*..
2. Penambahan fitur *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32 dan platform seperti *Firebase* atau *Blynk*. Akan sangat membantu dalam memantau suhu, waktu sangrai, dan status mesin secara *real-time* melalui perangkat *smartphone*.
3. Pengujian dalam kapasitas lebih besar untuk mengetahui batas maksimum kinerja mesin dan ketahanan sistem dalam kondisi beban penuh.

Daftar Pustaka

- Anggraini, K., Winarsih, S., & Saati, E. A. (2021). *[Judul Artikel, jika tersedia]*. Jurnal Teknologi Hasil Pertanian, [volume(issue)], [halaman]. Universitas Sebelas Maret. <https://jurnal.uns.ac.id/ilmupangan>
- Nopriandy, F., Suhendra, & Anjiu, L. D. (2023). *Kajian Eksperimental Mesin Sangrai Kopi Semi Otomatis Tipe Drum Rotari*. TURBO: Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro, 12(2), 161–168. <https://doi.org/10.24127/trb.v12i2.2313>
- Ramadhan, M. S., Nevita, A. P., & Munawi, H. A. (2025). *Rancang Bangun Alat Roasting Biji Kopi Robusta*. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi (INOTEK), 9, 2369–2375. Universitas Nusantara PGRI Kediri. <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/view/7652>
- Zamri, A. (2023). Perancangan mesin penyangrai kopi tipe rotari berbasis mikrokontroler Arduino. Jurnal Teknik Mesin, 16(1), 92–96. <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jtm/article/view/1081>
- Setiawan, H., Suryana, R., & Prabowo, A. (2020). *Rancang Bangun Mesin Sangrai Kopi Menggunakan Sensor Thermocouple dan Sensor Warna TCS3000 Otomatis*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Permana, A., & Setiono, I. (2017). Sistem pengendalian suhu dan pemantauan kelembaban biji kopi pada mesin penyangrai berbasis Arduino 2560. Gema Teknologi, 15(2), 91–98. https://ejournal.undip.ac.id/index.php/gema_teknologi/article/view/21866

- Akhsa, D., Chintami, A., Musriadi, R., & Lamba, M. (2022). *Prototype Smart Coffee Roasting Berbasis Mikrokontroller*. Jurnal Teknik Informatika, Fakultas Teknik UIM.
- Darmawan, M. P., & Soedjarwanto, N. (2022). Analisis sistem kontrol kecepatan motor DC pada rotary kiln menggunakan DC variable speed drive di industri semen. Jurnal Teknik Elektro Terapan, 11(1), 1–9. <https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jitet/article/view/2861/1284>
- Hakim, R. R. A. (2022). Pembuatan Mesin Penyangrai Kopi Tipe Rotari Kapasitas 1 Kg. Laporan Akhir. Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember.
- Pratama, R. A., Pratikto, & Arman, M. (2023). *Sistem Akuisisi Data Temperatur Showcase Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dengan Sensor Termokopel dan Logging ke Google Spreadsheets*. Prosiding The 14th Industrial Research Workshop and National Seminar, Politeknik Negeri Bandung, 252–257.
- Rahayuningtyas, A., Hidayat, D. D., Furqon, M., & Santoso, T. (2023). *Sistem monitoring dan kontrol suhu alat sangrai biji kopi otomatis berbasis mikrokontroler*. Agrotek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 17(2), 374–383. <https://doi.org/10.21107/agrotek.v17i2.14506>
- Barena, M. (2022). Rancang Bangun Mesin Sangrai Kopi Otomatis Kapasitas 20 kg Menggunakan PLTS Sebagai Sumber Daya Motor DC. Skripsi. Politeknik Negeri Sriwijaya. Tersedia di: <https://eprints.polsri.ac.id/13482/>
- Sulistyo, A. and Suhono, 2023. Implementasi teknologi mesin sangrai biji kopi semi otomatis. Jurnal Teknologi Elektro, 14(1), pp.8–13. Available at: <http://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/jte/article/view/17068>

- Maulana, A., Idkham, M., Lubis, A., & Syafriandi, S. (2023). *Analisis kebutuhan energi pada mesin penyangrai kopi tabung silinder berputar dengan sumber panas listrik*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian, 8(1), 262- 269 Universitas Syiah Kuala. <http://www.jim.unsyiah.ac.id/JFP>
- Oematan, P. N., Ramadhan, M. S., & Wahyudi, A. (2024). *Rancang bangun alat roasting biji kopi robusta*. Prosiding Inotek, Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Amri, A., & Husaini, H. (2023). *Rancang bangun alat pendeteksi suhu pada penyangrai biji kopi berbasis Internet of Things*. JAISE: Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering, 3(1), 18–24. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Fitri, N. S., Yusriana, & Sulaiman, M. I. (2024). *Rancang bangun prototipe alat deteksi derajat gongseng kopi*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian, 9(1), 434–443. Universitas Syiah Kuala. Tersediadi: <http://www.jim.usk.ac.id/JFP>
- Amra, S., Rachmawati, R., Hayati, R., & Yusian, D. Y. (2020). *Rancang bangun alat penyangrai kopi secara otomatis berbasis mikrokontroler*. Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe, 4(1), A-191–A-195.

LAMPIRAN 1
Lampiran 1 DAFTAR RIWAYAT HIDUP



LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama : Febri Pratama

Tempat, Tanggal Lahir : Pangkal Pinang, 25 Maret 2004

Alamat : Jl. M. Syafri Rahcman

No HP : 08982395682

Email : febritobs@gmail.com

Jenis Kelamin : Laki-laki

Agama : islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 6 Toboali	2010-2016
SMP Negeri 1 Toboali	2016-2019
SMK Negeri 1 Toboali	2019-2022

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama : Vrizky Aryal Fernando

Tempat, Tanggal Lahir : Anduring, 22 Juni 2004

Alamat : Kp. Sungai Daeng

No HP : 081367407710

Email : vrizky.aryal@gmail.com

Jenis Kelamin : Laki-laki

Agama : islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 1 Muntok	2010-2016
SMP Negeri 1 Muntok	2016-2019
SMA Negeri 1 Muntok	2019-2022

LAMPIRAN 2

Lampiran 2 PROGRAM KESELURUHAN



LAMPIRAN 2

Program Mikrokontroler

```
// --- Sanggrai Otomatis dengan Sensor Warna, Suhu, dan BTS7960B ---  
#include <Wire.h>  
  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>  
  
#include <max6675.h>  
  
// --- Pin Konstanta ---  
  
#define S0 4  
  
#define S1 5  
  
#define S2 6  
  
#define S3 7  
  
#define OUT 8  
  
#define BUZZER 9  
  
#define RPWM 10  
  
#define LPWM 11  
  
#define R_EN 12  
  
#define L_EN 13  
  
#define POT_PIN A0  
  
#define BUTTON_PIN 2  
  
#define RELAY_PIN 3
```

```

#define MAX6675_SCK A3

#define MAX6675_CS A2

#define MAX6675_SO A1

// --- Variabel Global ---

int redFreq = 0, greenFreq = 0, blueFreq = 0;

int pwmValue = 0, rpm = 0;

float suhu = 0.0;

bool motorAktif = false;

// Stopwatch

unsigned long startTime = 0, elapsedTime = 0;

bool stopwatchRunning = false;

// LCD dan Sensor Suhu

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

MAX6675 thermocouple(MAX6675_SCK, MAX6675_CS, MAX6675_SO);

void setup() {

    pinMode(S0, OUTPUT); pinMode(S1, OUTPUT);

    pinMode(S2, OUTPUT); pinMode(S3, OUTPUT);

    pinMode(OUT, INPUT); pinMode(BUZZER, OUTPUT);

    digitalWrite(S0, HIGH); digitalWrite(S1, LOW);

    pinMode(RPWM, OUTPUT); pinMode(LPWM, OUTPUT);

    pinMode(R_EN, OUTPUT); pinMode(L_EN, OUTPUT);

```

```

digitalWrite(R_EN, HIGH); digitalWrite(L_EN, HIGH);

pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);

pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);

digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);

Serial.begin(9600);

lcd.init(); lcd.backlight(); lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(" Sistem Monitoring");
}

void loop() {

    // Baca Warna

    redFreq = bacaFrekuensi(S2, S3, LOW, LOW); // Merah

    greenFreq = bacaFrekuensi(S2, S3, HIGH, HIGH); // Hijau

    blueFreq = bacaFrekuensi(S2, S3, LOW, HIGH); // Biru

    // Debug nilai warna ke Serial

    Serial.print("R: "); Serial.print(redFreq);

    Serial.print(" G: "); Serial.print(greenFreq);

    Serial.print(" B: "); Serial.println(blueFreq);

    String warna = deteksiWarna(redFreq, greenFreq, blueFreq);

    // Tombol Ditekan

    if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW && !motorAktif) {

        delay(200);
    }
}

```

```
motorAktif = true;

stopwatchRunning = true;

startTime = millis();

digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);

}

// Hentikan jika warna HITAM

if (warna == "HITAM") {

motorAktif = false;

digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);

if (stopwatchRunning) {

elapsedTime = millis() - startTime;

stopwatchRunning = false;

}

}

// Baca Potensiometer & Hitung PWM / RPM

int potValue = analogRead(POT_PIN);

pwmValue = map(potValue, 0, 1023, 0, 255);

rpm = map(potValue, 0, 1023, 0, 300);

// Kontrol Motor

if (motorAktif) {

analogWrite(RPWM, pwmValue);
```

```

    analogWrite(LPWM, 0);

} else {

    analogWrite(RPWM, 0);

    analogWrite(LPWM, 0);

}

// Baca Suhu

suhu = thermocouple.readCelsius();

// Tampilkan ke Serial dan LCD

tampilkanSerial(warna);

tampilkanLCD(warna, suhu, rpm);

delay(800);

}

// =====

// Fungsi Pendukung

// =====

int bacaFrekuensi(int s2, int s3, int valS2, int valS3) {

    digitalWrite(s2, valS2);

    digitalWrite(s3, valS3);

    return pulseIn(OUT, LOW);

}

String deteksiWarna(int r, int g, int b) {

```

```
// Deteksi COKLAT

if (r >= 30 && r <= 100 &&

    g >= 40 && g <= 110 &&

    b >= 40 && b <= 110 &&

    r < g && r < b &&

    abs(g - b) <= 35) {

    noTone(BUZZER);

    return "COKLAT";

}

// Deteksi HITAM (frekuensi sangat rendah)

else if (r < 150 && g < 150 && b < 150) {

    tone(BUZZER, 1000);

    return "HITAM";

}

// Tidak dikenali

else {

    noTone(BUZZER);

    return "Tidak dikenali";

}

}

void tampilkanSerial(String warna) {
```

```

Serial.print(">> Warna: "); Serial.print(warna);

Serial.print(" | RPM: "); Serial.print(rpm);

Serial.print(" | Suhu: "); Serial.print(suhu); Serial.print(" C");

Serial.print(" | Stopwatch: ");

if (!stopwatchRunning && elapsedTime > 0) {

    Serial.print(elapsedTime / 1000); Serial.println("s");

} else if (stopwatchRunning) {

    Serial.print((millis() - startTime) / 1000); Serial.println("s");

} else {

    Serial.println("-");

}

Serial.println("-----");

}

void tampilkanLCD(String warna, float suhu, int rpm) {

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Warna : "); lcd.print(warna);

    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Suhu : "); lcd.print(suhu, 1); lcd.print((char)223);
    lcd.print("C");

    lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("RPM  : "); lcd.print(rpm);

    lcd.setCursor(0, 3); lcd.print("Timer : ");

    if (!stopwatchRunning && elapsedTime > 0) {

```

```
    lcd.print(elapsedTime / 1000); lcd.print(" s");  
  
  } else if (stopwatchRunning) {  
  
    lcd.print((millis() - startTime) / 1000); lcd.print(" s");  
  
  } else {  
  
    lcd.print("-");  
  
  }  
}
```

