

TUGAS AKHIR

SISTEM IoT PADA MESIN ROASTER BIJI KOPI UNTUK PENGONTROLAN SUHU DAN WAKTU MENGGUNAKAN NodeMCU

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ARIEF PRIADI

1807230088



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Arief Priadi
NPM : 1807230088
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : **Sistem IoT Pada Mesin Roaster Biji Kopi Untuk Pengontrolan Suhu Dan Waktu Penggunaan NodeMCU**
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

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

Medan, 12 Juli 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Affandi S.T., M.T

Dosen Peguji II



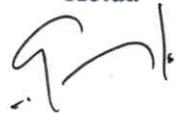
Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Arya Rudi Nasution, ST, MT

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Arief Priadi
Tempat /Tanggal Lahir : Suka Rame/23 Januari 2000
NPM : 1807230088
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Sistem IoT Pada Mesin Roaster Biji Kopi Untuk Pengontrolan Suhu Dan Waktu Penggunaan NodeMCU”,

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 Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 12 Juli 2025

Saya yang menyatakan,



Arief Priadi

ABSTRAK

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem Internet of Things (IoT) pada mesin roaster biji kopi otomatis untuk pengontrolan suhu dan waktu menggunakan mikrokontroler NodeMCU. Sistem ini memanfaatkan sensor termokopel Max6675 untuk akuisisi data suhu biji kopi secara real-time dan mengirimkannya ke platform Arduino IoT Cloud melalui koneksi Wi-Fi. Pengguna dapat memantau grafik suhu dan status proses pemanggangan dari jarak jauh melalui dashboard yang dapat diakses melalui laptop atau smartphone. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil terhubung dengan stabil ke cloud dan mampu mengirimkan data suhu secara akurat. Kontrol yang presisi terhadap suhu memungkinkan produksi berbagai jenis roast kopi, mulai dari light roast 180-205°C yang menghasilkan karakteristik ringan dan tidak berminyak, medium roast 210-220°C untuk keseimbangan rasa, hingga dark roast kurang dari 240°C yang menghasilkan biji kopi coklat gelap dan berminyak. Implementasi sistem ini membuktikan efektivitas IoT dalam meningkatkan efisiensi, konsistensi, dan kualitas hasil pemanggangan biji kopi secara otomatis.

Kata Kunci: IoT, *Roaster* Kopi, NodeMCU, Suhu, Arduino Cloud

ABSTRAK

This research designs and implements an Internet of Things (IoT) system for an automatic coffee bean roaster machine, focusing on temperature and time control using a NodeMCU microcontroller. The system utilizes a Max6675 thermocouple sensor for real-time coffee bean temperature data acquisition, transmitting it to the Arduino IoT Cloud platform via Wi-Fi connectivity. Users can remotely monitor temperature graphs and the roasting process status through a dashboard accessible via laptops or smartphones. Testing results demonstrate that the system successfully establishes a stable connection to the cloud and accurately transmits temperature data. The precise temperature control enables the production of various coffee roast types, ranging from light roast 180-205°C which yields light, non-oily characteristics, to medium roast 210-220°C for balanced flavors, and up to dark roast 240°C producing dark brown, oily coffee beans. The implementation of this system proves the effectiveness of IoT in enhancing the efficiency, consistency, and quality of automated coffee bean roasting.

Keywords: IoT, Coffee Roaster, NodeMCU, Temperature, Arduino Cloud

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 penelitian ini dengan judul **“Sistem IoT Pada Mesin Roaster Biji Kopi Untuk Pengontrolan Suhu Dan Waktu Penggunaan NodeMCU”**.

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

1. Bapak Arya Rudi Nasution, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Affandi S.T, M.T selaku Dosen Penguji I yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi, S.T., M.T. yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Agus Supriadi dan Suji Lijawati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Reza Al Qodri, Fatimah dan Aisyah, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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 pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 12 Juli 2025



Arief Priadi

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Internet of Things (IoT)	4
2.2 Mesin Mesin Roaster	5
2.3 Sistem Kontrol	6
2.3.1 Sistem Kontrol Suhu	6
2.3.2 Sistem Kontrol Waktu	7
2.3.3 Sangrai (Roasting)	7
2.4 NodeMCU	8
2.5 Arduino	9
2.5.1 Arduino ATmega2560	10
2.5.2 Control Board ESP32	11
2.6 Software Arduino	12
2.7 Sistem Kendali Open Loop	14
2.8 Sensor Suhu DS18B20	15
2.9 Adaptor DC 12V 2A	18
2.10 Push Button	19
2.11 LCD (Liquid Crystal Display) 16x2	20
2.12 Komunikasi Nirkabel (Wireless)	21
2.13 Internet of Things (IoT)	22
2.14 Desain dan Arsitektur IoT	23
2.15 Fritzing	25
2.16 Arduino Cloud	26
BAB 3 METODE PENELITIAN	28
3.1 Tempat dan Waktu	28
3.1.1 Tempat Penelitian	28
3.1.2 Waktu Penelitian	28
3.2 Bahan dan Alat	28
3.2.1 Bahan Penelitian	29
3.2.2 Alat Penelitian	34
	viii

3.3	Bagan Alir Penelitian	37
3.4	Rancangan Alat Penelitian	39
3.5	Prosedur Penelitian	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Perancangan dan Implementasi Sistem	41
4.2	Diagram Perancangan Sistem IoT	42
4.3	Desain Mekanik Mesin Roaster Kopi	43
4.4	Desain Elektronik dan Sistem Kontrol	44
4.5	Pengembangan Perangkat Lunak (Software)	45
4.6	Implementasi algoritma great kopi	45
4.7	Pengujian Sistem Mesin Sangrai Biji Kopi	45
4.8	Pengujian Konektivitas IoT	46
4.9	Mesin Sangrai Biji Kopi Berbasis IoT	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		51
Lampiran 1. Alat Pengujian		54
Lampiran 2. Lembar Asistensi		56
Lampiran 3. SK Pembimbing		57
Lampiran 4. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian		58
Lampiran 5. Daftar Riwayat Hidup		59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Beberapa Jenis Arduino(Khairul Umurani, 2025)	9
Tabel 2. 2 Spesifikasi dari ESP32 (Muliadi et al., 2020)	12
Tabel 2. 3 Spesifikasi thermocouple type K (Umurani et al., 2024)	17
Tabel 3. 1 Jadwal kegiatan penelitian	28
Tabel 3. 2 Spesifikasi Arduino ATmega2560	29
Tabel 3. 3 Spesifikasi Kaki LCD 16x2	32
Tabel 4. 1 Pengujian sistem alat berbasis IoT	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Level Roasting (Prastyaningsih et al., 2021)	6
Gambar 2. 2 Arduino ATmega2560 (Rahmatullah, 2025)	11
Gambar 2. 3 ESP32 (Lubis et al., 2023)	11
Gambar 2. 4 Software Arduino (Rahmatullah, 2025)	12
Gambar 2. 5 Tampilan Arduino IDE IDE (Khairul Umurani, 2025)	14
Gambar 2. 6 Sistem Kendali Open Loop (Putranto et al., 2023)	14
Gambar 2. 7 Sensor Suhu DS18B20 (Salimun Thoha et al., 2021)	16
Gambar 2. 8 Termokopel (Umurani et al., 2024)	16
Gambar 2. 9 Pengkondisian sinyal (Fauzi Siregar et al., 2023)	18
Gambar 2. 10 Adaptor DC 12V 2A (Dongoran & Siregar, 2023)	19
Gambar 2. 11 Push Button (Dongoran & Siregar, 2023)	20
Gambar 2. 12 Bentuk Fisik dari LCD 16x2 (Fauzi Siregar et al., 2023)	20
Gambar 2. 13 Jenis Komunikasi Nirkabel (Fauzi Siregar et al., 2023)	21
Gambar 2. 14 Teknologi Internet of Things (Sari et al., 2024)	23
Gambar 2. 15 Diagram 3 dimensi IoT (Sari et al., 2024)	24
Gambar 2. 16 Interface Fritzing (Fauzi Siregar et al., 2023)	26
Gambar 2. 17 Arduino Cloud (Faisal Irsan Pasaribu, 2024)	27
Gambar 3. 1 Arduino ATmega2560	29
Gambar 3. 2 Sensor Suhu DS18B20	30
Gambar 3. 3 I2C Serial Interface Board	30
Gambar 3. 4 Buzzer Speaker	31
Gambar 3. 5 PCB	31
Gambar 3. 6 Resistor 4700 Ohm	32
Gambar 3. 7 LCD 16x12	32
Gambar 3. 8 Push Button	33
Gambar 3. 9 Adaptor DC 12V	33
Gambar 3. 10 Mesin Roaster Kopi	34
Gambar 3. 11 Solder dan Timah	34
Gambar 3. 12 Bor Baterai	35
Gambar 3. 13 Multimeter	35
Gambar 3. 14 Tang dan Obeng	36
Gambar 3. 15 Bagan Alir Penelitian	37
Gambar 3. 16 Desain IoT	39
Gambar 4. 1 Diagram Perancangan Sistem IoT	42
Gambar 4. 2 Mesin sangrai kopi kapasitas 1 kg	43
Gambar 4. 3 Wiring Sensor Roaster Biji Kopi	44
Gambar 4. 4 Hasil sangrai biji kopi	46
Gambar 4. 5 Tampilan dashboard Arduino Cloud Uji 1	47
Gambar 4. 6 Tampilan dashboard Arduino Cloud Uji 2	48
Gambar 4. 7 Tampilan dashboard Arduino Cloud Uji 3	49

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Internet of Things, yang sering dikenal dengan istilah IoT adalah sistem embedded yang bertujuan untuk memperluas pemanfaatan dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Kemampuan seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata contohnya seperti bahan pangan, elektronik, peralatan yang terhubung dengan sensor dan terhubung dengan jaringan. (Susanto et al., 2022).

Kecerdasan intelegensi dan kontrol otomatisasi merupakan bagian dari konsep asli *Internet of Things*. Perlu dilakukan lagi penelitian mendalam konsep *Internet of Things* dan kontrol otomatisasi agar pada masa depan *Internet of Things* akan menjadi jaringan yang terbuka dan semua perintah dilakukan secara auto, terkelompok atau cerdas, objek virtual (avatar) dan dapat dioperasikan dengan mudah, bertindak secara independent sesuai dengan konteks, situasi atau lingkungan yang dihadapi. (Singh Parihar et al, 2019).

Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. *Internet of Things* (IoT) bisa dimanfaatkan pada Mesin Roaster untuk mengendalikan peralatan elektronik seperti mesin biji kopi yang dapat dioperasikan dari jarak jauh melalui jaringan komputer, tidak dapat dipungkiri kemajuan teknologi yang sedemikian cepat harus bisa dimanfaatkan, dipelajari serta diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya adalah perkembangan teknologi yang bisa dimanfaatkan dari adanya koneksi internet ini bisa mengakses peralatan elektronik seperti mesin roaster biji kopi yang dapat dioperasikan dengan cara online melalui mobile. Sehingga, dapat memudahkan pengguna memantau ataupun mengendalikan lampu indikator kapanpun dan dimanapun dengan catatan di lokasi yang akan diterapkan teknologi kendali jarak jauh mempunyai jaringan internet yang memadai. Sistem kendali jarak jauh, memudahkan pengguna dalam mengontrol Mesin Roaster yang jaraknya cukup jauh lokasinya. (Puiianto et al., 2022)

Dengan memanfaatkan teknologi IoT (*Internet of Things*) diharapkan dapat membantu para pemilik usaha tani kopi rakyat dalam monitoring dan pengeringan otomatis kepada biji kopi yang akan dikeringkan. IoT merupakan segala aktifitas yang dilakukan dengan memanfaatkan internet atau jaringan sebagai media untuk berkomunikasi satu dengan lainnya (Nurbaeti et al., 2021). Selain itu manfaat dari *Internet Of Things* ialah dari aplikasi kodular dapat mengambil data berupa suhu, kelembaban, waktu pengeringan dan kondisi biji kopi dari firebase sehingga dapat di monitoring melalui aplikasi kodular. Hasil pembacaan masing-masing sensor akan diolah oleh NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan data yang diperoleh dikirimkan ke database melalui jaringan internet. Pada sistem ini menggunakan aplikasi kodular untuk menampilkan informasi data dari database berupa suhu, kelembaban relatif udara dalam mesin pengering, waktu pengeringan dan kondisi biji kopi (*wet and dry*)(Nurbaeti et al., 2021).

Sistem yang dirancang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi sangrai kopi dengan memperhatikan unsur suhu, dan waktu yang dibutuhkan. Alat ini diharapkan dapat lebih ekonomis dari alat sangrai yang sudah ada dipasaran, dikarenakan alat dipasaran bisa seharga 10 juta keatas dengan sistem masih manual.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan tujuan diatas, maka masalah dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana mengontrol sistem suhu?
2. Bagaimana penerapan *Internet of Things* pada mesin sangrai kopi otomatis?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Dapat merancang sistem *Internet of Things* (IoT).
2. Untuk menguji *Internet of Things* pada mesin sangrai kopi otomatis.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas akhir ini, yaitu :

1. Menggunakan web browser dalam melakukan monitoring dan pengoperasian bukan software lainnya.
2. Melakukan percobaan sangrai menggunakan biji kopi robusta dan satu metode sangrai dengan berat kopi minimal 500gr kopi.

3. Perancangan pada software untuk sistem ini tidak ada database untuk menyimpan data baik proses yang telah dilakukan, menginput data suhu dan waktu.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari pembuatan Tugas akhir ini adalah :

1. Dapat mengenalkan pengembangan sistem sangrai otomatis berbasis *Internet of Things*.
2. Diharapkan dapat memberikan peningkatan dalam produksi dan meminimalisir biaya produksi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Internet of Things (IoT)

Istilah *Internet of Things* (IoT) awalnya dikenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. IoT dapat dijelaskan sebagai 1 set things yang saling terkoneksi melalui internet. Things dapat berupa tags, sensor, manusia, actuator dan lain sebagainya. IoT berfungsi mengumpulkan data dan informasi dari lingkungan fisik (environment), data-data ini kemudian akan diproses agar dapat dipahami maknanya. IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari sebuah konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Adapun kemampuannya antara lain berbagi data, remote control, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata.

IoT yang mempunyai kemampuan saling berkomunikasi ini dapat diterapkan di segala bidang. Pada bidang kesehatan (Lopez dalam Setiawan, 2016), sensor IoT dapat digunakan untuk memonitor kondisi pasien, sehingga kondisi pasien tetap terpantau selama 24 jam.

Di bidang pertanian, IoT dapat digunakan sebagai sensor untuk memonitor kondisi tanah, suhu dan kelembapan yang penting bagi tanaman. Pada bidang smart building, IoT dapat digunakan untuk memonitor penggunaan listrik tiap gedung (Chen dalam Setiawan, 2020). Selain itu IoT juga dapat digunakan di bidang sistem otomasi, transportasi, smart grid dan lainnya.

Internet of Things merupakan suatu konsep dimana suatu objek dapat mempunyai kemampuan dalam hal komunikasi via jaringan, seperti proses pentransferan data tanpa adanya proses komunikasi yang dilakukan antar manusia (manusia ke manusia) maupun antar manusia ke perangkat sistem seperti komputer atau sebuah kontroler. Dengan adanya teknologi *Internet of Things* ini proses kerja sebuah sistem dapat dilakukan semangkin luas, jarak jangkauannya juga semangkin luas, proses pengolahan data dan analisis data terhadap sebuah sistem juga semangkin bagus. Teknologi IoT ini benar-benar mendukung kerja sistem sebagai suatu kesatuan meliputi komponen/elemen dalam hal memudahkan proses aliran

informasi data. Sistem pada penelitian ini menggabungkan tiga bagian penting, yaitu mekanik, hardware (elektronik) dan algoritma kontrol, dimana ketiga bagian tersebut saling berinteraksi dan tidak dapat dipisahkan dalam satu kesatuan sistem (Abdullah et al., 2021)

2.2 Mesin Mesin Roaster

Teknologi penyangrai kopi atau sering disebut mesin roasting kopi merupakan suatu alat yang diciptakan untuk mengolah biji kopi dari biji kopi masih berbentuk green bean atau biji kopi yang masih mentah menjadi biji kopi dalam bentuk roast bean atau biji kopi yang sudah matang dan siap diolah untuk dipasarkan (Manurung et al., 2020)(Biorefinery, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh (Batubara et al., 2019) menyatakan bahwa mesin penyangrai kopi adalah mesin yang berfungsi untuk menyangrai biji kopi menjadi biji kopi matang yang siap untuk dikonsumsi. Mesin penyangrai kopi memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah efisiensi waktu dan tenaga. Seiring dengan perkembangan teknologi saat ini maka cara menyangrai kopi secara tradisional sudah mulai banyak ditinggalkan.

Secara umum, ada empat tingkat penyangraian kopi, yaitu light, medium, medium dark, dan extra dark roast.

Secara penampilan light roast kopi menghasilkan kandungan asam yang tinggi serta tidak adanya minyak dalam biji kopi tersebut. Ini disebabkan proses roasting kopi yang tidak terlalu lama. Medium roast warna biji kopi berada pada satu tingkat lebih gelap dibandingkan pada level light roast. Sama seperti level light roast, kopi yang dipanggang pada tahap medium roast juga tidak memiliki minyak, namun memiliki kafein yang sedikit lebih rendah

Proses roasting kopi pada level Medium Dark Roast akan menghasilkan warna biji kopi yang coklat tua serta kadar kafein yang lebih rendah dibandingkan pada level Medium Roast. Kopi yang dihasilkan pada level roasting ini cukup berminyak akibat proses roasting di suhu dan waktu yang cukup lama.

Sementara Pada proses roasting kopi di level Extra Dark Roast ini, proses pemangangan kopi menjadi yang terlama dan terpanas dibandingkan level roasting lainnya. Warna biji kopi di level Extra Dark Roast ini adalah warna hitam. Biji kopi ini memiliki minyak yang lebih banyak dibandingkan level *Dark Roast*.



Gambar 2. 1 Level Roasting (Prastyaningsih et al., 2021)

2.3 Sistem Kontrol

Sistem kendali atau Sistem Kontrol merupakan alat untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Istilah kendali dapat dipraktekan secara manual untuk mengendalikan sistem kontrol. Dilansir dari buku Dasar Sistem Kendali (2016) oleh FX Setyawan, sistem kendali atau sistem kontrol adalah suatu sistem yang menghasilkan nilai tertentu sebagai keluarannya melalui pengendalian ataupun pengubahan ketentuan dari masukan sistem. Sistem kontrol dapat diartikan sebagai sistem yang mengendalikan atau mengatur suatu keadaan untuk bisa menghasilkan keluaran yang diinginkan.

2.3.1 Sistem Kontrol Suhu

Sistem pengendali suhu pada mesin penyangrai ini terdiri dari perangkat penyusun yaitu perangkat mekanik dan perangkat elektronik. Perangkat mekanik dan perangkat elektronik dipadukan agar mesin penyangrai dapat bekerja secara otomatis.

Perangkat mekanik terdiri dari tabung elpiji, katup gas, pengapian tungku, tabung penyangrai, dan wadah pendingin. Tabung peyangrai dan wadah pendingin dipadukan dengan perangkat elektronik yaitu motor DC. Hal ini dilakukan agar biji kopi yang diolah, dapat diaduk secara otomatis. Untuk menciptakan suhu penyangraian yang terkendali, ditambahkan perangkat elektronik yaitu sensor suhu, mikrokontroler, dan motor servo. Sensor suhu ditempatkan pada tabung penyangrai. Data suhu tabung penyangrai yang diamati menggunakan sensor suhu kemudian diolah menggunakan mikrokontroler untuk menghasilkan aksi kendali. Aksi kendali yang dimaksud adalah pergerakan actuator dari sistem kendali, yaitu

motor DC jenis servo yang mengatur pergerakan katup gas. Suhu pada tabung penyangrai dan pergerakan dari aktuator sistem dapat diamati melalui LCD (Liquid Crystal Display)(Budi Utomo & Agung et al., 2015).

2.3.2 Sistem Kontrol Waktu

Sistem Kontrol Waktu adalah sesuatu hal yang sangat penting. Ketika kita mendesain sebuah sistem waktu kita akan mengetahui seberapa cepat sistem memberikan respons

terhadap masukan. Contoh: seberapa cepat kendali temperatur terhadap perubahan suhu yang ada.

Dari response waktu kita akan mengetahui apakah ada overshoot dan sejauh mana sistem menjadi tidak stabil, dari response waktu kita akan mengetahui apakah ada osilasi, Osilasi adalah sesuatu yang tidak diharapkan dan dari response waktu kita akan mengetahui , Seberapa jauh sistem akurat kita akan dapat menghitung besarnya jangkauan.

Sistem kontrol waktu ada dua:

- a) *Response Transien: Response system* mulai keadaan awal hingga keadaan akhir.
- b) *Response keadaan tunak (Steady state): Response system* jika $t = \infty$ terhingga

2.3.3 Sangrai (Roasting)

Penyangraian sangat menentukan warna dan cita rasa produk kopi, dan dapat digunakan sebagai dasar untuk klasifikasi sederhana. Penyangraian diakhiri pada saat aroma dan cita rasa kopi yang diinginkan tercapai, yang diindikasikan dari perubahan warna biji yang semula berwarna kehijauan menjadi cokelat tua, cokelat kehitaman, dan hitam. Menurut Purnamayanti (2017), suhu dan lama penyangraian yang berbeda-beda setiap kali proses akan memberikan produk yang juga berbeda. Penyangraian kopi arabika pada suhu 235 C selama 14 menit akan memberikan hasil karakteristik fisik dan mutu sensori terbaik. Tingkatan roasting untuk kopi robusta dan arabika pada profil roasting medium, memberikan rasa, aroma dan aftertaste yang berbeda (Kinasih et al., 2021). Penilaian cita rasa seduhan kopi menggunakan metode cupping dengan mengacu pada standar SCAA. Menurut Towaha (2015), beberapa aspek cita rasa untuk penilaian diantaranya adalah aroma (bau aroma saat

kopi diseduh), flavor (rasa di lidah), aftertaste (rasa yang tertinggal di mulut) dan sweetness (rasa manis). Kopi robusta memiliki rasa pahit tajam (bitter to harsh), aroma candy like caramel, dan aftertaste pahit (bitter). Sementara kopi arabika mempunyai rasa manis keasaman, ringan (sweet delicate), aroma seperti lemon (fruity citrus), dan aftertaste asam manis cepat hilang (sweet mellow). Kedua jenis kopi memiliki warna yang sama yaitu warna kacang almond matang (nut almond).

2.4 NodeMCU

NodeMCU adalah perangkat yang mirip dengan Arduino. Komponen utamanya adalah ESP8266. Ini memiliki pin yang dapat diprogram. Ini telah dibangun di WiFi. Itu bisa mendapatkan daya melalui port micro-usb. Biayanya rendah. Ini dapat diprogram melalui beberapa lingkungan pemrograman (Singh Parihar et al., 2019).

NodeMCU adalah platform sumber terbuka, desain perangkat kerasnya terbuka untuk diedit/dimodifikasi/dibangun. NodeMCU Dev Kit/board terdiri dari chip berkemampuan wifi ESP8266. ESP8266 adalah chip Wi-Fi berbiaya rendah yang dikembangkan oleh Espressif Systems dengan protokol TCP/IP.[12] Rincian lebih lanjut dapat ditemukan di Dokumentasi ESP8266 (Singh Parihar et al., 2019).

NodeMCU menggunakan sistem berkas SPIFFS (Serial Peripheral Interface Flash File System) berbasis flash pada modul. NodeMCU adalah diimplementasikan dalam bahasa C dan berlapis pada Espressif NON-OS SDK. Firmware ini awalnya dikembangkan sebagai proyek pendamping untuk modul pengembangan NodeMCU berbasis ESP8266 yang populer, tetapi proyek ini sekarang didukung oleh komunitas, dan firmware ini sekarang dapat dijalankan pada modul ESP apa pun (Singh Parihar et al., 2019).

Umumnya, kita dapat menemukan papan NodeMCU Dev buatan Amica, DOIT, Lolin & D1 mini / Wemos dll di pasaran. Amica memproduksi Papan Pengembangan NodeMCU ESP8266 v1.0 (Versi2) dengan spesifikasi perangkat keras yang dirancang (Singh Parihar et al., 2019).

2.5 Arduino

Arduino merupakan pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarena memiliki bahasa pemrograman sendiri. Hardware Arduino diprogram menggunakan bahasa pemrograman C/C++, yang sudah disederhanakan dan dimodifikasi. Arduino mengikuti pola pemrograman Wiring (syntax dan library). Sementara untuk editor pemrograman nya (IDE – Intergrated Development Enviroment) dikembangkan dari Processing.

Dikembangkan oleh sebuah team yang beranggotakan orang-orang dari berbagai belahan dunia, anggota inti dari tim ini:

- a. Massimo Banzi Milano, Italy
- b. David Cuartielles Malmoe, Sweden
- c. Tom Igoe New York, US
- d. Gianluca Martino Torino, Italy
- e. David A. Mellis Boston, MA, USA

Software Arduino dapat dijalankan pada sistem operasi Windows, Macintosh OSX, dan Linux. Banyak sistem mikrokontroler lain hanya bisa dijalankan di Windows. Konfigurasi hardware arduino dibagi :

- a. Block regulator 5 volt dan 3.3V
- b. Block minimum sistem standar mikrokontroler
- c. Block pin (analog, digital dan power)
- d. Block ftdi untuk komunikasi dengan compute

Tabel 2. 1 Beberapa Jenis Arduino(Khairul Umurani, 2025)

Nama dan Penjelasan	Gambar
Arduino Uno , Menggunakan ATMEGA328, memiliki 14 pin I/O digital dan 6 pin input analog. Untuk pemograman menggunakan koneksi USB type A to To type B.	

Arduino Nano, Pemograman lewat Micro USB. 14 Pin I/O Digital, dan 8 Pin input Analog. Menggunakan ATMEGA168, atau ATMEGA328.



Arduino Mega, Menggunakan USB type A to B untuk pemogramannya. Tetapi Arduino Mega, menggunakan Chip ATMEGA2560. Pin I/O Digital dan pin input Analognya lebih banyak dari Uno.



Pada tabel 2.1 Arduino diatas adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Saat ini Arduino sangat populer di seluruh dunia. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan assembler yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustakapustaka (libraries) Arduino. Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan mikrokontroler, sekaligus menawarkan berbagai macam kelebihan antara lain. Murah, Sederhana dan mudah pemrogramannya, Perangkat lunaknya dan Perangkat keras Open Source Seperti Microcontroller yang banyak jenisnya, Arduino lahir dan berkembang, kemudian muncul dengan berbagai jenis.

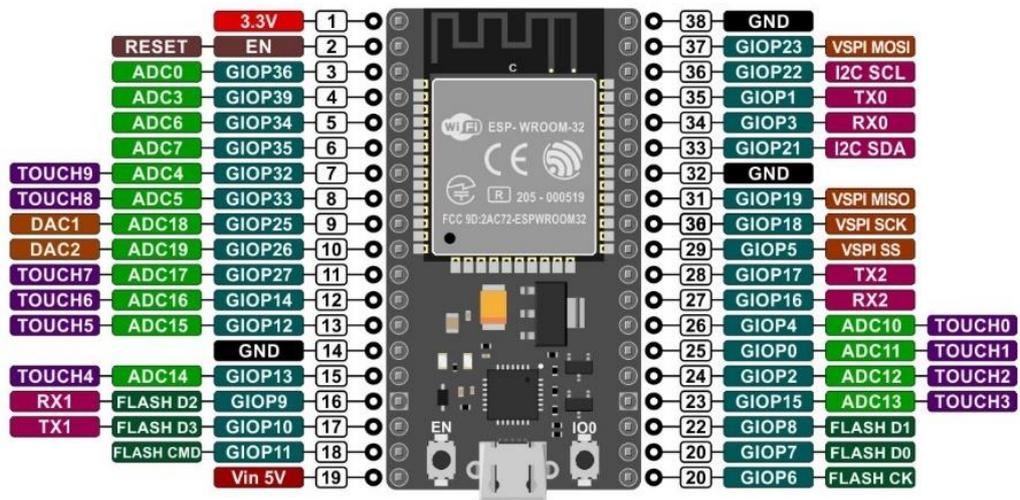
2.5.1 Arduino ATmega2560

Pengertian Umum Arduino ATmega2560 adalah board Arduino yang merupakan perbaikan dari board Arduino Mega sebelumnya. Arduino Mega awalnya memakai chip ATmega1280 dan kemudian diganti dengan chip ATmega2560, oleh karena itu namanya diganti menjadi Arduino Mega 2560. Pada saat tulisan ini dibuat, Arduino Mega 2560 sudah sampai pada revisinya yang ke 3 (R3). Bentuk fisik dari Arduino ATmega2560 adalah seperti, Gambar 2.2 di bawah ini



Gambar 2. 2 Arduino ATmega2560 (Rahmatullah, 2025)

2.5.2 Control Board ESP32



Gambar 2. 3 ESP32 (Lubis et al., 2023)

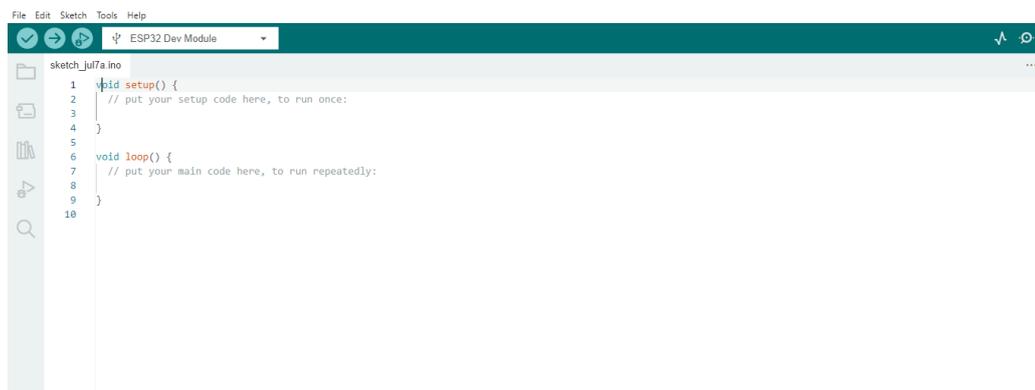
Tabel 2. 2 Spesifikasi dari ESP32 (Muliadi et al., 2020)

Nama	ESP32
Tegangan	3.3 Volt
CPU	Xtensa dual Core LX6 - 160M Hz
Arsitektur	32 bit
Flash Memory	16MB
SRAM	512kB
GPIOPin (ADC/DAC)	36 (18/2)
Bluetooth	Ada
WiFi	Ada
SPI/I2C/UART	4/2/2

Terlihat keunggulan mikrokontroler ESP32, mulai dari pin out nya yang lebih banyak, pin analog lebih banyak, memori yang lebih besar, terdapat bluetooth 4.0 low energy serta tersedia WiFi yang memungkinkan untuk mengaplikasikan Internet of Things dengan mikokontroler ESP32 dapat dilihat pada gambar diatas.

2.6 Software Arduino

Bahasa pemrograman pada Arduino adalah bahasa C. Bahasa C ini terbilang cukup mudah di pahami dan memiliki fungsi sederhana dan sudah cukup banyak di internet sebagai acuan pembelajaran bagi pemula. Tampilan dari software Arduino dapat dilihat pada Gambar 2.4 seperti di bawah ini:



Gambar 2. 4 Software Arduino (Rahmatullah, 2025)

Tiga bagian utama dari software Arduino adalah:

1. Editor program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa Processing.
2. Compiler, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah microcontroller tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh microcontroller adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler diperlukan dalam hal ini.
3. Uploader, sebuah modul yang memuat kode biner dari Komputer ke dalam memory di dalam papan Arduino.

2.6.1 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan sebuah software bawaan yang dikembangkan oleh Arduino. Adapun kepanjangan dari "IDE" adalah Integrated Development Environment atau yang memiliki arti sebuah lingkungan terintegrasi yang dilakukan untuk melakukan pengembangan dalam hal pemrograman. Disebut sebagai lingkungan karena melalui software ini Arduino diprogram dan untuk menjalankan fungsi-fungsi yang disematkan melalui syntax programnya. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Dibatul menggunakan bahasa pemrograman JAVA. Bahasa pemrograman Arduino (Sketch) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Arduino IDE juga dilengkapi dengan library C/C++, library ini biasanya merujuk pada program yang akan dijalankan ataupun device tambahan untuk mendukung proyek tersebut. Dengan adanya library ini membuat operasi input dan output jadi lebih mudah.

Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama Bootloader yang berfungsi sebagai penengah antara compiler Arduino dengan mikrokontroler. Dan dalam hal ini ada beberapa mikrokontroler juga yang mendukung untuk diprogram menggunakan Arduino IDE seperti pembahasan sebelumnya yaitu menggunakan NodeMCU. IDE Arduino terdiri dari beberapa bagian, yaitu: Editor program sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa Processing. Compiler Sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa

Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh microcontroller adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler sangat diperlukan. Uploader Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam papan Arduino. Arduino menggunakan pemrograman dengan bahasa C. Berikut ini ditunjukkan gambar 2.5 tampilan window dari Arduino IDE.

```

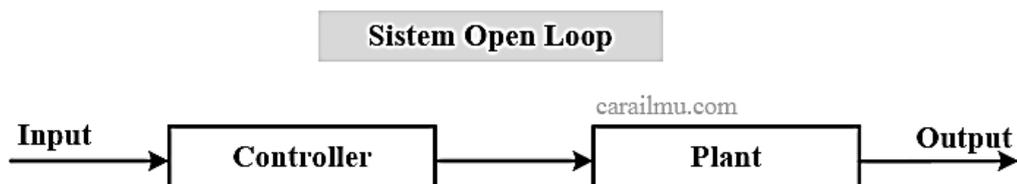
04.ino
1  #include <HX711.h>
2  #include <Stepper.h>
3  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4
5  // Konfigurasi Load Cell
6  #define DT_PIN 2
7  #define SCK_PIN 3
8  HX711 scale;
9
10 // Konfigurasi Motor Stepper
11 #define STEPS_PER_REVOLUTION 2048 // Jumlah langkah per revolusi motor stepper
12 #define IN1 8
13 #define IN2 9
14 #define IN3 10
15 #define IN4 11
16 Stepper myStepper(STEPS_PER_REVOLUTION, IN1, IN2, IN3, IN4);
17
18 // Konfigurasi LCD I2C
19 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Alamat I2C mungkin berbeda
20
21 // Nilai Kalibrasi Load Cell
22 long calibration_factor = -20000; // Sesuaikan dengan nilai kalibrasi Anda
23
24 void setup() {
25   Serial.begin(115200);
26   scale.begin(DT_PIN, SCK_PIN);
27   scale.set_scale(calibration_factor);
28   scale.tare(); // Zero the scale
29
30   myStepper.setSpeed(10); // Kecepatan awal motor stepper (dapat diubah)
31

```

Gambar 2. 5 Tampilan Arduino IDE IDE (Khairul Umurani, 2025)

2.7 Sistem Kendali Open Loop

Sistem kendali terbuka (open loop) adalah suatu sistem yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kontrol. Artinya, sistem kontrol terbuka keluarannya tidak dapat digunakan sebagai umpan balik dalam masukan.



Gambar 2. 6 Sistem Kendali Open Loop (Putranto et al., 2023)

Dalam suatu sistem kontrol terbuka, keluaran tidak dapat dibandingkan dengan masukan acuan. Jadi, untuk setiap masukan acuan berhubungan dengan operasi tertentu, sebagai akibat ketetapan dari sistem tergantung kalibrasi. Dengan adanya gangguan, sistem control terbuka tidak dapat melaksanakan tugas yang sesuai diharapkan. Sistem kontrol terbuka dapat digunakan hanya jika hubungan antara masukan dan keluaran diketahui dan tidak terdapat gangguan internal maupun eksternal.

Ciri – Ciri Sistem Kontrol Loop Terbuka :

1. Sederhana
2. Harganya murah
3. Dapat dipercaya
4. Kurang akurat karena tidak terdapat koreksi terhadap kesalahan
5. Berbasis waktu

Contoh Aplikasi Sistem Loop Terbuka :

1. Pengontrol lalu lintas berbasis waktu
2. Mesin cuci
3. Oven listrik
4. Tangga berjalan
5. Rolling detector pada bandara

2.8 Sensor Suhu DS18B20

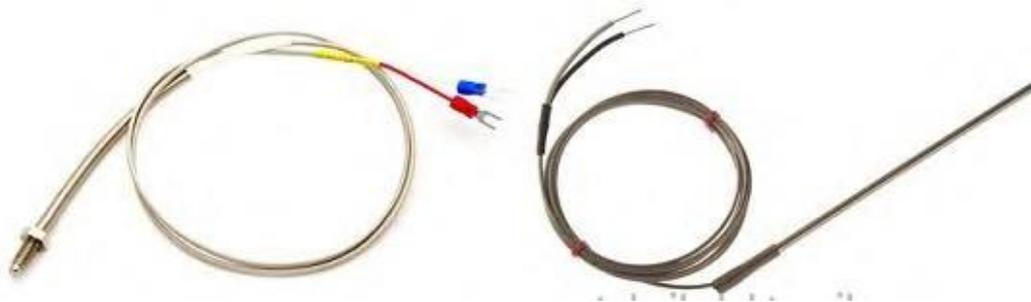
Sensor Suhu DS18B20 adalah sensor Suhu yang menggunakan interface one wire, sehingga hanya menggunakan kabel yang sedikit dalam instalasi nya. Uniknya sensor ini bisa di jadikan paralel dengan satu input. Artinya kita bisa menggunakan sensor DS18B20 lebih dari satu namun output sensor nya hanya di hubungkan ke satu PIN Arduino. Alasan ini membuat sensor ini banyak digunakan, apalagi sensor ini memiliki tipe waterproof, sehingga sensor ini bisa kita buat sebagai alat ukur dan kontrol pemanas air.



Gambar 2. 7 Sensor Suhu DS18B20 (Salimun Thoha et al., 2021)

2.8.1 Sensor Termokopel

Termokopel (Thermocouple) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “Thermo-electric” Prinsip kerja termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas. (Umurani et al., 2024)



Gambar 2. 8 Termokopel (Umurani et al., 2024)

Pada *miniplant* AC ini menggunakan dua buah *thermocouple type K* yang diletakkan sebelum saluran hisap dan saluran tekan. Penggunaan *thermocouple type K* ini dikarenakan suhu yang terdapat di dalam saluran tersebut dapat mencapai suhu minus.

Tabel 2. 3 Spesifikasi thermocouple type K (Umurani et al., 2024)

SPESIFIKASI	RANGE
Working voltage	DC5V
Operating Current	50mA
the temperature measuring range	-200°C - 1300 °C
the temperature measurement accuracy	± 1.5 °C
the temperature resolution	0.25 °C
the output mode	SPI digital signal
storage temperature	-50 ~ 150 °C

2.8.2 Signal Conditioning (Pengkondisian Sinyal)

Rangkaian *signal conditioning* adalah suatu rangkaian pengkondisian sinyal yang dapat merubah suatu sinyal menjadi sinyal lain yang dikehendaki. *Signal conditioning* yang digunakan adalah dengan menggunakan MAX6675 Fungsi dari termokopel adalah untuk mengetahui perbedaan temperature di bagian ujung dari dua bagian metal yang berbeda dan disatukan. Termokopel tipe *hot junction* dapat mengukur mulai dari 0°C sampai +1023,75°C. MAX6675 memiliki bagian ujung *cold end* yang hanya dapat mengukur -20°C sampai +85°C. Pada saat bagian *cold end* MAX6675 mengalami fluktuasi suhu maka MAX6675 akan tetap dapat mengukur secara akurat perbedaan temperature pada bagian yang lain. MAX6675 dapat melakukan koreksi atas perubahan pada temperature ambient dengan kompensasi *cold-junction*.



Gambar 2. 9 Pengkondisian sinyal (Fauzi Siregar et al., 2023)

2.9 Adaptor DC 12V 2A

Adaptor merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah tegangan AC (Bolak Balik) yang tinggi menjadi tegangan DC (Searah) yang lebih rendah. Pada prinsipnya adaptor merupakan sebuah power supply atau catu daya yang telah disesuaikan voltasenya dengan peralatan elektronik yang akan disuplynya. Sebuah alat yang beroperasi pada voltase 12V (Volt) maka harus memiliki sebuah adaptor yang bertugas untuk mengubah voltase 220 VAC dari PLN menjadi 12VDC.

Tanpa kehadiran adaptor, maka perangkat elektronika tersebut akan mengalami kerusakan karena tidak mampu beradaptasi akan voltase yang terlalu tinggi dalam bentuk AC (Bolak Balik).

2.9.1 Fungsi dan Penggunaan Adaptor

Fungsi utama sebuah adaptor yakni mengubah arus AC menjadi DC dengan besar tegangan tertentu yang sesuai dengan kebutuhan beban atau peralatan listrik. Selain itu, fungsi lain dari sebuah adaptor ialah sebagai alat untuk menyambungkan sumber tegangan DC atau juga menjadi sebuah alternatif pengganti dari tegangan DC seperti baterai dan aki.

Adaptor banyak digunakan sebagai power supply atau catu daya dalam beberapa peralatan elektronika seperti amplifier, radio, Televisi dan beberapa perangkat elektronika lainnya. Selain adaptor dipasang langsung pada peralatan elektronika ada juga yang dirangkai sendiri secara terpisah.

Untuk adaptor yang terpisah dari peralatan elektronika merupakan adaptor yang bersifat universal dimana pada tegangan outputnya dapat diatur manual sesuai dengan kebutuhan, misalnya 3 Volt, 4,5 Volt, 6 Volt, 9 Volt dan seterusnya. Namun ada juga adaptor terpisah yang juga menyediakan tegangan tertentu dan diaplikasikan untuk rangkaian elektronika tertentu seperti adaptor laptop atau adaptor monitor.



Gambar 2. 10 Adaptor DC 12V 2A (Dongoran & Siregar, 2023)

2.10 Push Button

Push Button adalah saklar yang berupa tombol dan berfungsi sebagai pemutus atau penyambung arus listrik dari sumber arus ke beban listrik. Suatu sistem saklar tekan push button terdiri dari saklar tekan start, stop reset dan saklar tekan untuk emergency.

Push button memiliki kontak NC (normally close) dan NO (normally open).

Prinsip kerja Push Button adalah apabila dalam keadaan normal tidak ditekan maka kontak tidak berubah, apabila ditekan maka kontak NC akan berfungsi sebagai stop (memberhentikan) dan kontak NO akan berfungsi sebagai start (menjalankan) biasanya digunakan pada sistem pengontrolan motor – motor induksi untuk menjalankan memamatkan motor pada industri – industry

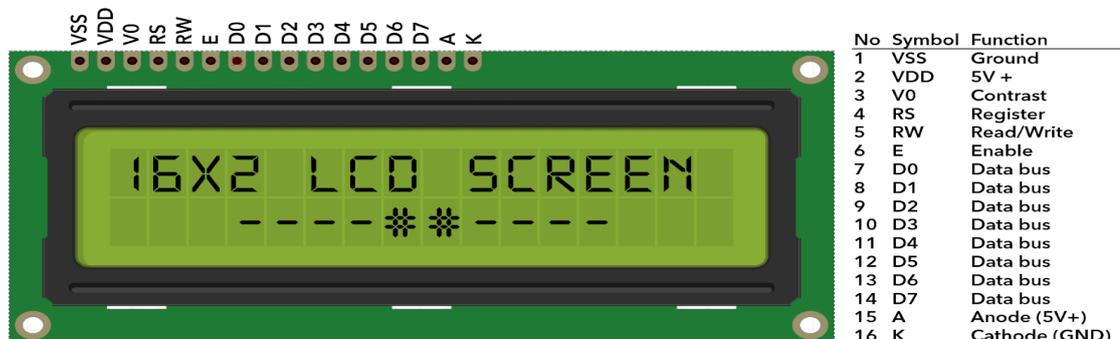


Gambar 2. 11 Push Button (Dongoran & Siregar, 2023)

2.11 LCD (Liquid Crystal Display) 16x2

LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alal–alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah:

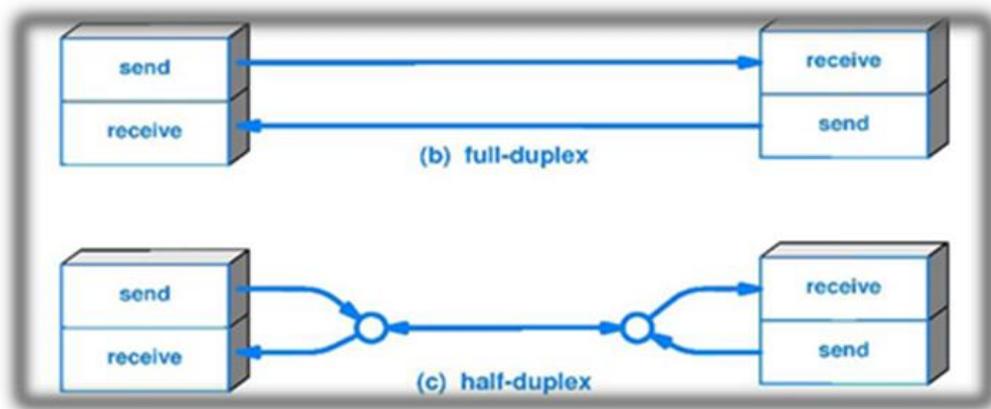
- Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- Terdapat karakter generator terprogram.
- Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
- Dilengkapi dengan back light.



Gambar 2. 12 Bentuk Fisik dari LCD 16x2 (Fauzi Siregar et al., 2023)

2.12 Komunikasi Nirkabel (Wireless)

Komunikasi nirkabel sangat penting dalam kehidupan modern, dengan berbagai teknologi yang memungkinkan konektivitas nirkabel. Wi-Fi, Bluetooth, NFC, dan teknologi seluler telah merevolusi interaksi kami dengan perangkat dan layanan. Komunikasi nirkabel atau wireless adalah metode pengiriman data atau informasi antara dua atau lebih perangkat tanpa menggunakan kabel fisik. Teknologi ini memanfaatkan gelombang elektromagnetik, seperti gelombang radio, gelombang mikro, dan inframerah, untuk mentransmisikan sinyal (Hakim et al., 2023). Keunggulan utama dari komunikasi nirkabel adalah fleksibilitas dan kemudahannya dalam instalasi serta mobilitas, yang memungkinkan perangkat untuk tetap terhubung tanpa keterbatasan jarak kabel. Teknologi ini sangat penting dalam berbagai aplikasi modern, seperti jaringan internet rumah, telepon seluler, dan perangkat IoT, yang menghubungkan berbagai perangkat untuk berkomunikasi dan berbagi data secara real-time. Istilah "duplex" menunjukkan kemampuan sistem untuk melakukan komunikasi dua arah. Konsep duplex, yang mencakup full duplex, half duplex, dan duplex, berkaitan dengan kapasitas sistem atau perangkat untuk melakukan komunikasi dua arah. Full duplex memungkinkan transmisi data secara simultan di kedua arah, mirip dengan telepon tradisional. Sebaliknya, half duplex membatasi transfer data ke satu arah pada satu waktu (Jiang et al., 2021). Pemodelan jenis komunikasi nirkabel dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2. 13 Jenis Komunikasi Nirkabel (Fauzi Siregar et al., 2023)

Dalam komunikasi nirkabel, konsep duplex menggambarkan arah komunikasi antara dua perangkat. Simplex memungkinkan komunikasi satu arah,

half duplex memungkinkan komunikasi dua arah namun tidak bersamaan, sedangkan full duplex memungkinkan komunikasi dua arah secara simultan. Pilihan mode duplex akan mempengaruhi efisiensi dan kompleksitas sistem komunikasi, serta jenis aplikasi yang dapat didukung. Faktor-faktor seperti bandwidth, biaya, dan kebutuhan real-time akan menjadi pertimbangan utama dalam memilih mode duplex yang sesuai (Mirza et al., 2020).

2.13 Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau yang juga dikenal dengan singkatan IoT, adalah sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang terus menerus terhubung. Ini memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan objek fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerja mereka secara mandiri. Dengan demikian, mesin dapat berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi yang baru diperoleh secara independen (Pasaribu et al., 2023).

Internet of Things pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 dalam salah satu presentasinya. Saat ini, banyak perusahaan besar mulai mengeksplorasi Internet of Things, seperti Intel, Microsoft, Oracle, dan banyak lainnya. Banyak yang memprediksi bahwa pengaruh Internet of Things akan menjadi "the next big thing" dalam dunia teknologi informasi karena IoT menawarkan banyak potensi yang bisa dieksplorasi. Contoh sederhana dari manfaat dan implementasi Internet of Things misalnya adalah kulkas yang dapat memberi tahu pemiliknya melalui SMS atau email tentang makanan dan minuman apa saja yang telah habis dan harus diisi ulang.

Teknologi Internet of Things merupakan suatu infrastruktur global yang digunakan masyarakat dalam hal informasi yang memungkinkan layanan dengan menghubungkan objek- objek (Things) baik fisik maupun virtual. Teknologi IoT berkembang pesat dengan cepat, baik dalam bidang industri, sistem keamanan, pendidikan, maupun transportasi yang sudah diterapkan dalam menjalankan aktifitasnya. Dengan demikian, IoT sudah menjadi bagian dari kehidupan manusia (Risfendra et al., 2021).



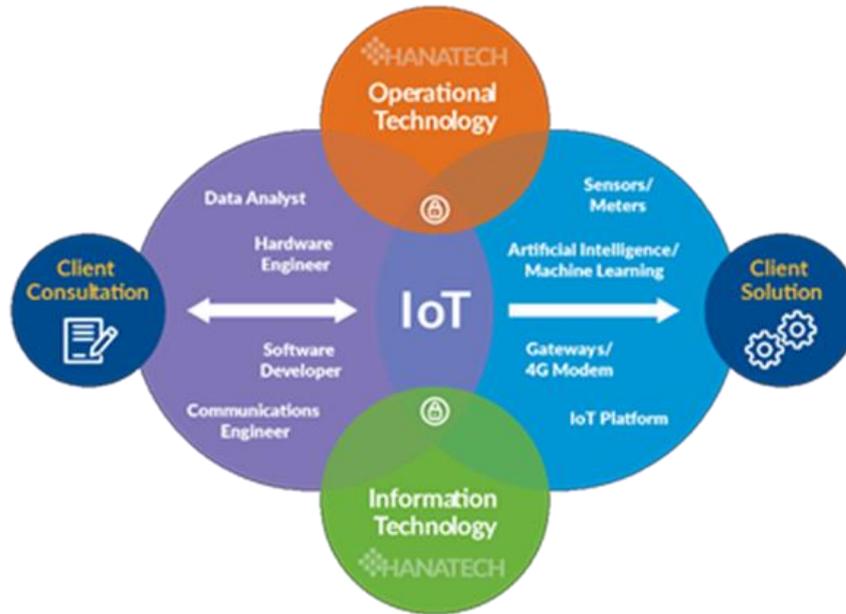
Gambar 2. 14 Teknologi Internet of Things (Sari et al., 2024)

2.14 Desain dan Arsitektur IoT

Sistem IoT yang baik dibangun di atas dasar desain arsitektur yang baik. Di lingkungan IoT, skalabilitas, perutean, jaringan, dan masalah lainnya semuanya dapat diselesaikan dengan arsitektur yang baik. Huansheng (Zainab, et al.,2015: 38) Biasanya, pendekatan arsitektur IoT berdasarkan tiga dimensi utama adalah :

- a. Item informasi : termasuk semua item yang terhubung ke lingkungan IoT mungkin merasakan item, mengidentifikasi item dan item kontrol.
- b. Jaringan independen : yang mencakup beberapa fitur seperti konfigurasi diri, perlindungan diri, adaptasi diri, dan optimalisasi diri;
- c. Aplikasi cerdas : yang memiliki perilaku cerdas melalui Internet secara umum. Perilaku cerdas memungkinkan kontrol cerdas, pertukaran metode data melalui item jaringan, pemrosesan data, semua aplikasi yang terkait dengan IoT dapat diklasifikasikan menurut dimensi ini.

Ketika dimensi-dimensi ini bersatu, ruang baru yang disebut infrastruktur IoT dibuat. Ruang ini berfungsi sebagai sistem pendukung untuk hal-hal tertentu dan dapat memberikan berbagai layanan seperti identifikasi barang, identifikasi lokasi, dan perlindungan data. Tiga dimensi IoT dan koneksinya digambarkan pada gambar 2.15 di bawah ini.



Gambar 2. 15 Diagram 3 dimensi IoT (Sari et al., 2024)

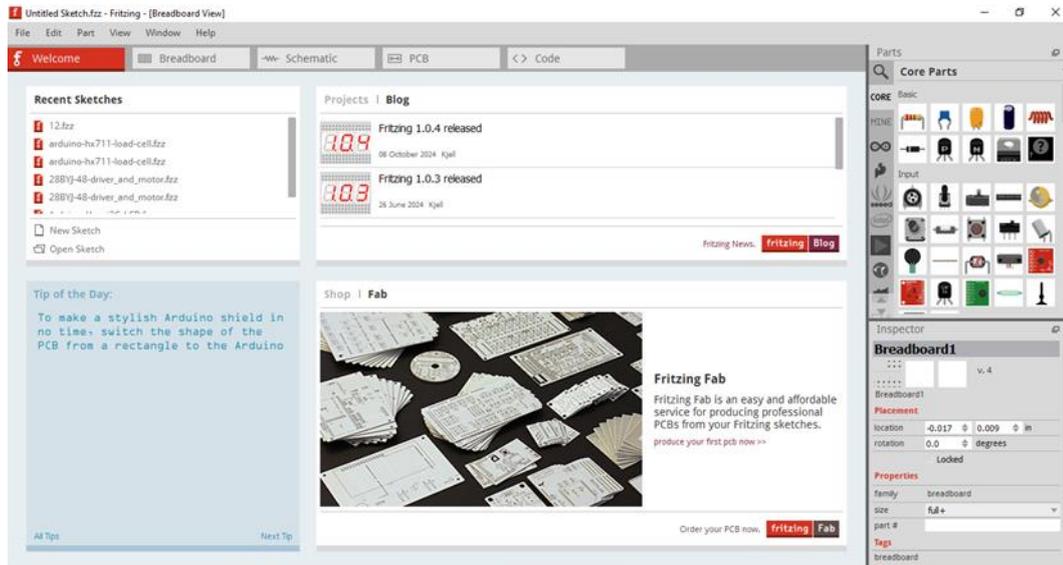
Cara Kerja Internet of Things (IoT) Internet of Things (IoT) bekerja dengan menggunakan argumen pemrograman. Setiap argumen perintah dapat menciptakan interaksi antar mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan tidak dibatasi oleh jarak yang jauh. Internet sekarang menjadi penghubung antara dua interaksi antar mesin. Di IoT manusia hanya berfungsi sebagai pengatur dan pengawas mesin langsung. Komponen fundamental IoT adalah :

1. Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan membuat hampir semua mesin yang ada menjadi "pintar". Hasilnya, teknologi berbasis AI dapat meningkatkan IoT dalam segala hal. Data, algoritme untuk kecerdasan buatan, dan jaringan yang tersedia digunakan untuk mengembangkan teknologi yang ada. Contoh sederhana termasuk meningkatkan atau mengembangkan lemari es dan freezer sehingga mereka dapat memesan secara otomatis ke supermarket ketika stok susu dan sereal hampir habis.
2. Konektivitas IoT memungkinkan pembuatan jaringan baru serta jaringan khusus IoT. Jaringan tidak lagi hanya bergantung pada penyedia utamanya. Jaringan tidak perlu luas dan mahal; itu dapat diakses dalam skala yang jauh lebih kecil dengan biaya lebih rendah. Jaringan kecil antar sistem perangkat dapat dibuat oleh IoT.

3. Sensor adalah yang membedakan IoT dari mesin berteknologi tinggi lainnya. Sensor ini mampu mendefinisikan instrumen, yang mengubah perangkat IoT pasif menjadi sistem aktif yang dapat dimasukkan ke dalam kehidupan sehari-hari dan menyimpang dari standar jaringan.
4. Internet of Things (IoT) memperkenalkan model baru untuk keterlibatan aktif dengan konten, produk, dan layanan.
5. Perangkat berukuran kecil. Perangkat kecil yang dibuat khusus digunakan di IoT untuk kecepatan, skalabilitas, dan kemampuan beradaptasi yang tinggi.

2.15 Fritzing

Fritzing adalah sebuah perangkat lunak yang dapat membuat model elektronik dan dapat diakses sebagai bahan kreatif bagi siapa saja. Fritzing adalah aplikasi perangkat lunak yang dirancang untuk merampingkan proses desain elektronik. Fritzing membantu mempelajari lebih lanjut tentang sirkuit elektronik, mendokumentasikan proyek, dan bahkan memungkinkan mempersiapkannya untuk produksi. Ini adalah alat yang memungkinkan pengguna untuk mendokumentasikan prototipe, membaginya dengan orang lain, mengajar elektronik di ruang kelas, atau membuat desain mereka dengan cara yang aman dan efektif. Fritzing menawarkan alat perangkat lunak, situs web komunitas, dan layanan dengan semangat Processing dan Arduino, menumbuhkan ekosistem kreatif yang memungkinkan pengguna mendokumentasikan prototipe mereka, membaginya dengan orang lain, mengajar elektronik di ruang kelas, dan menata serta membuat PCB profesional (Agus, Suryadiputra Liawatimena, Joshua Jenriwan L Tobing, 2023) Interface software fritzing dapat dilihat pada Gambar 2.16 dibawah ini.



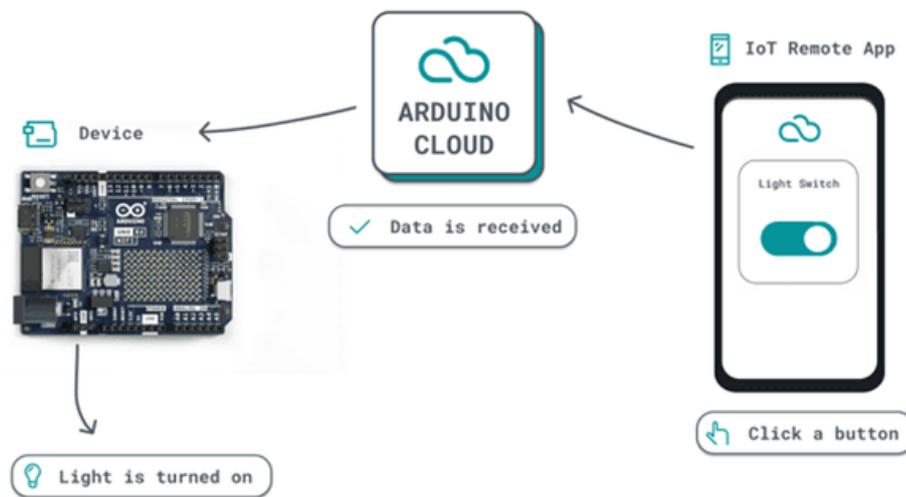
Gambar 2. 16 Interface Fritzing (Fauzi Siregar et al., 2023)

2.16 Arduino Cloud

Arduino adalah platform elektronik sumber terbuka yang didasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang mudah digunakan. Papan Arduino mampu menafsirkan input, seperti cahaya pada sensor, jari pada tombol, atau tweet, dan mengubahnya menjadi output, termasuk aktivasi motor, pencahayaan LED, atau publikasi konten online. Instruksi disampaikan ke mikrokontroler di papan, yang kemudian melakukan tindakan yang diperlukan. Untuk mencapai hal ini, bahasa pemrograman Arduino (berdasarkan Wiring) dan Perangkat lunak Arduino (IDE), berdasarkan Pemrosesan, digunakan. Arduino telah menjadi unit pemrosesan pusat dari ribuan proyek selama bertahun-tahun, mulai dari objek sehari-hari hingga instrumen ilmiah yang kompleks. Sebuah komunitas pembuat global, yang terdiri dari pelajar, penggemar, seniman, programmer, dan profesional, telah bersatu di sekitar platform sumber terbuka ini. Kontribusi mereka telah menghasilkan kumpulan pengetahuan yang dapat diakses yang dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi para pemula dan ahli.

Arduino dikembangkan di Ivrea Interaction Design Institute sebagai alat yang mudah digunakan untuk membuat prototipe cepat, yang dirancang untuk siswa tanpa latar belakang dalam bidang elektronik dan pemrograman. Seiring dengan semakin luasnya komunitas pengguna, platform Arduino mengalami evolusi yang

signifikan untuk menyelaraskan dengan kebutuhan dan tantangan yang muncul. Hal ini mengarah pada pengembangan produk yang melampaui papan 8-bit tradisional, yang mencakup aplikasi di Internet of Things (IoT), perangkat yang dapat dikenakan, pencetakan 3D, dan lingkungan yang disematkan (Arduino, 2024). Interface arduino cloud dapat dilihat pada Gambar 2.17 dibawah ini.



Gambar 2. 17 Arduino Cloud (Faisal Irsan Pasaribu, 2024)

Pada gambar diatas mengilustrasikan sistem kontrol lampu jarak jauh menggunakan Arduino Cloud. Sebuah papan Arduino (kemungkinan Uno R4 WiFi) terhubung ke lampu dan mengirim/menerima data ke/dari platform Arduino Cloud. Pengguna dapat mengontrol status lampu (dalam contoh ini, menyalakannya) melalui aplikasi IoT di smartphone, di mana perintah dari aplikasi dikirim melalui cloud ke Arduino, dan status perangkat juga dapat dipantau melalui aplikasi. Sistem ini mendemonstrasikan konsep dasar IoT dalam mengontrol perangkat fisik dari jarak jauh melalui platform cloud dan antarmuka pengguna seluler.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun penelitian dan perancangan Tugas Akhir dilaksanakan selama 6 bulan berada pada Laboratorium Praktikum Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dan perancangan ini dimulai dari persetujuan yang diberikan pembimbing, perancangan, pengujian hingga pengambilan data hingga data sampai dinyatakan selesai. Adapun kegiatan yang dilakukan pada penelitian dapat dilihat pada table 3.1 dibawah ini:

Tabel 3. 1 Jadwal kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	█					
2	Studi Literatur	█	█				
3	Penulisan Proposal		█	█			
4	Seminar Proposal			█	█		
5	Seminar Hasil				█	█	
6	Sidang Sarjana					█	█

3.2 Bahan dan Alat

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut alat komponen dan alat yang digunakan antara lain :

Bahan

3.2.1 Bahan Penelitian

1. Arduino ATmega2560

Arduino ATmega2560 sebagai pengendali utama.



Gambar 3. 1 Arduino ATmega2560

Spesifikasi dari Arduino ATmega2560 dapat dilihat pada table 3.2, seperti dibawah ini:

Tabel 3. 2 Spesifikasi Arduino ATmega2560

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

2. Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 digunakan sebagai pengukur besaran suhu pada proses peroastingan dan proses pendinginan.



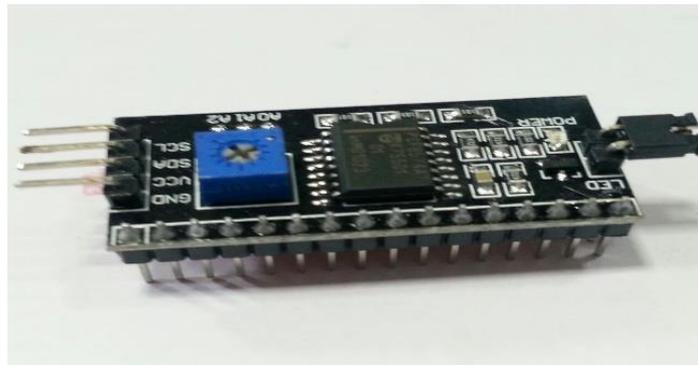
Gambar 3. 2 Sensor Suhu DS18B20

Sensor ini memiliki spesifikasi Sebagai berikut:

1. Unique 1 wire interface dengan output satu pin
2. Rangkae Suhu yang di ukur dari $-55^{\circ}\text{C} - 12^{\circ}\text{5C}$ ($-67^{\circ}\text{F} - 257^{\circ}\text{F}$) 22
3. Resolusi sensor 12bit
4. Voltage 3V – 5.5V
5. Pull up voltage 3V – 5.5v

3. Serial Interface Board 12C

12C Serial Interface Board digunakan sebagai adapter pada rangkaian LCD



Gambar 3. 3 12C Serial Interface Board

4. Buzzer Speaker

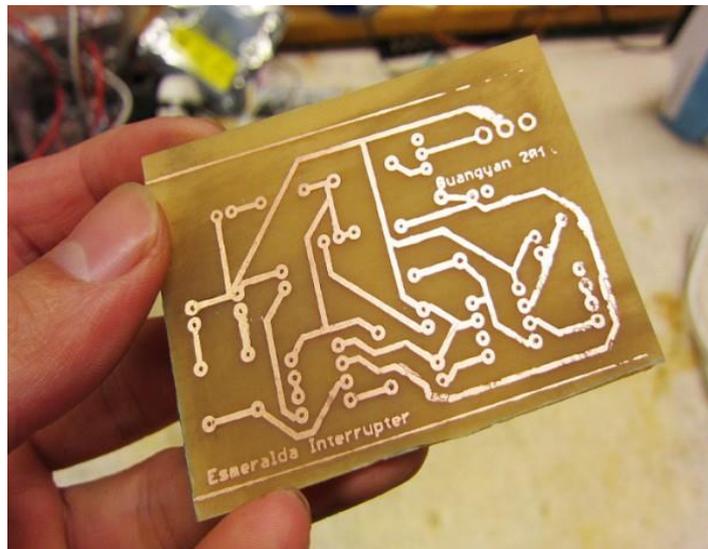
Buzzer Speaker berfungsi sebagai pengingat atau alarm pada mesin roasting.



Gambar 3. 4 Buzzer Speaker

5. PCB

PCB berfungsi sebagai penghubung kaki komponen.



Gambar 3. 5 PCB

6. Resistor 4700 Ohm

Resistor 4700 Ohm berfungsi sebagai pengatur atau untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam rangkaian LCD.



Gambar 3. 6 Resistor 4700 Ohm

7. LCD 16x2

LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan besaran suhu pada mesin peroastingan.



Gambar 3. 7 LCD 16x12

Tabel 3. 3 Spesifikasi Kaki LCD 16x2

Pin	Deskripsi
1	Ground
2	Vcc
3	Pengatur kontras
4	“RS” Instruction/Register Select
5	“R/W” Read/Write LCD Regis
6	“EN” Enable
7	D0
8	D1
9	D2
10	D3
11	D4
12	D5
13	D6
14	D7
15	Vcc
16	Ground

8. Push Button

Push Button digunakan sebagai pemutus dan penyambung arus listrik.



Gambar 3. 8 Push Button

9. Adaptor DC 12V

Adaptor DC 12V digunakan untuk mengubah tegangan dari arus dynamo AC yang digunakan.



Gambar 3. 9 Adaptor DC 12V

3.2.2 Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan adalah

1. Mesin Roaster Kopi

Mesin pendukung dalam penerapan Sistem Iot Pada Mesin Roaster Biji Kopi Untuk Pengontrolan Suhu dan Waktu Menggunakan NodeMCU.



Gambar 3. 10 Mesin Roaster Kopi

2. Solder dan Timah

Untuk menghubungkan kabel dan komponen pada alat.



Gambar 3. 11 Solder dan Timah

3. Bor Baterai

Untuk mengebor lubang pada berbagai material box projek dan PCB.



Gambar 3. 12 Bor Baterai

4. Multimeter

Untuk memeriksa koneksi, tegangan, dan mengatasi masalah (troubleshooting)



Gambar 3. 13 Multimeter

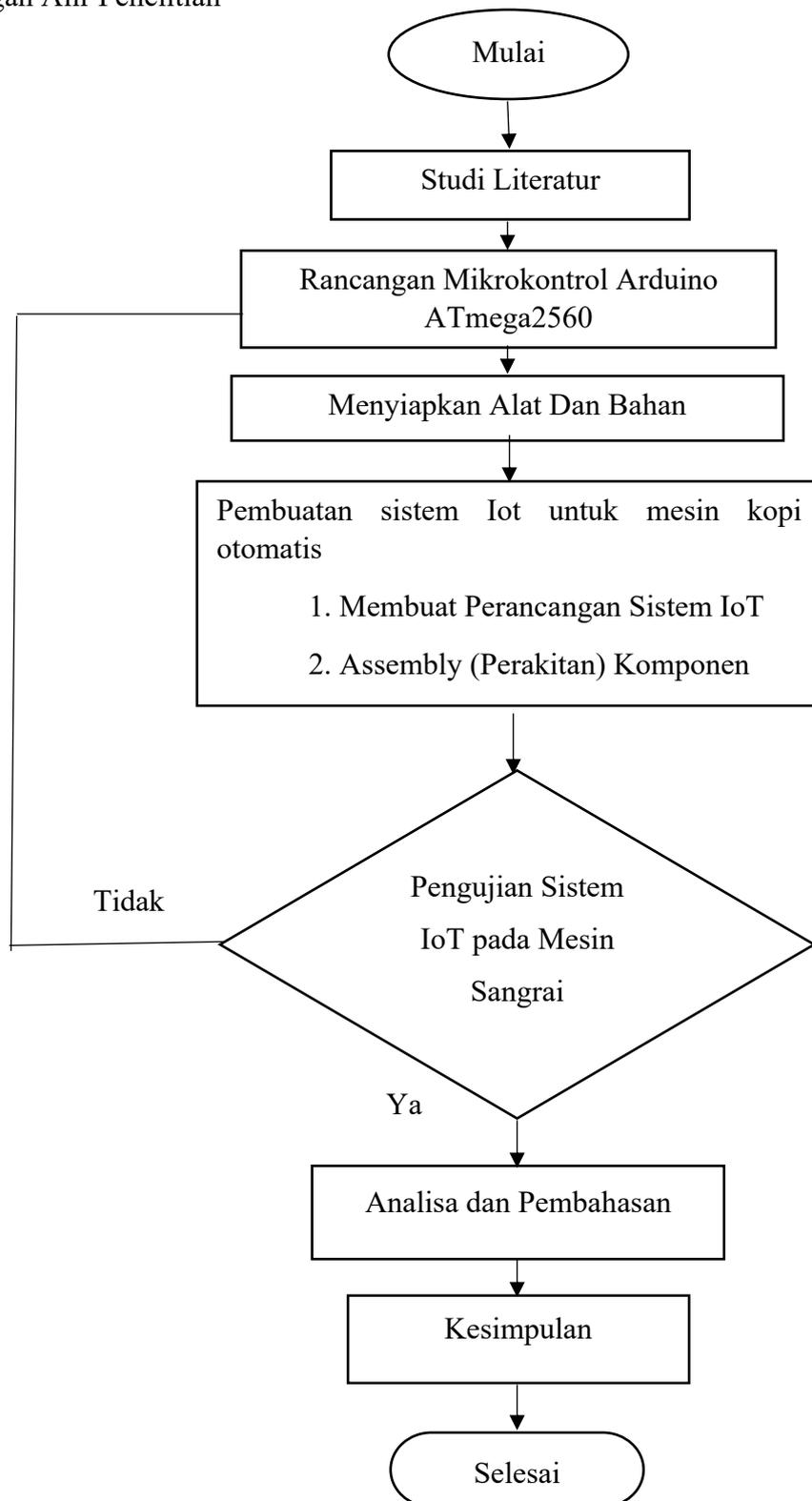
5. Tang dan Obeng

Untuk membongkar dan memasang komponen pada mesin roaster



Gambar 3. 14 Tang dan Obeng

3.3 Bagan Alir Penelitian

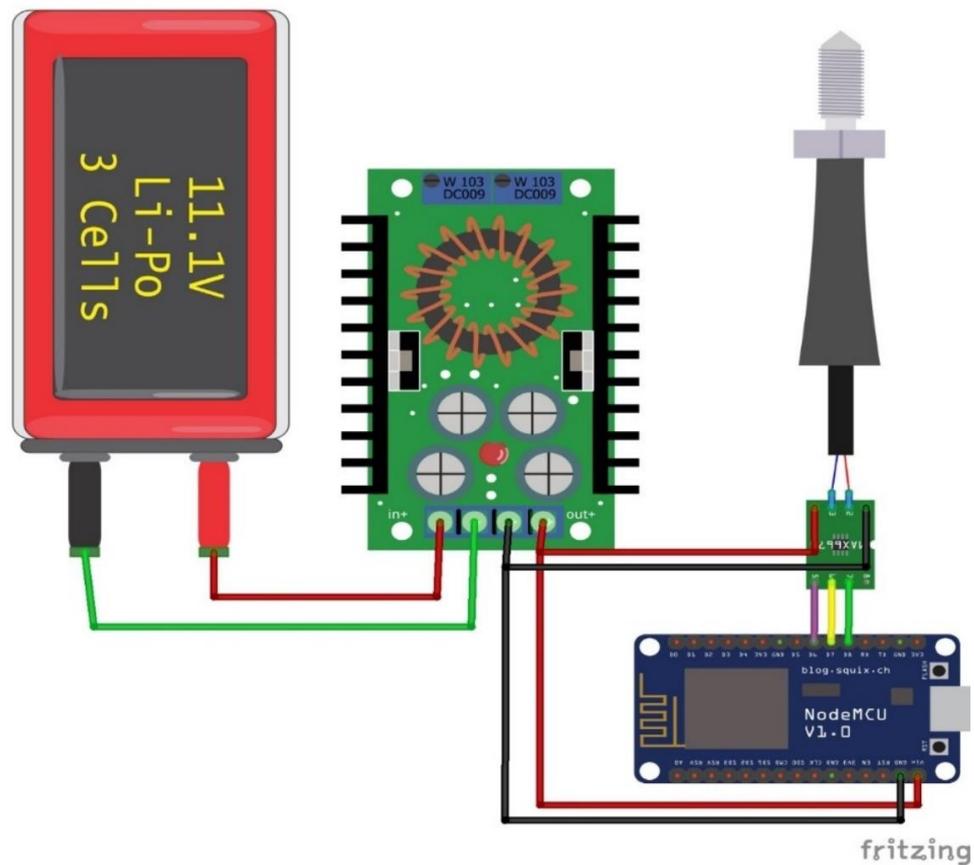


Gambar 3. 15 Bagan Alir Penelitian

Penjelasan Diagram Alir

1. Mulai, mulai melihat rancangan yang akan dibuat.
2. Study Literatur, merupakan bagian sangat penting dari sebuah proposal atau laporan penelitian, teori-teori yang melandasi dilakukannya penelitian. Studi literature dapat diartikan sebagai kegiatan yang meliputi, mencari, membaca dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.
3. Desain merupakan suatu perencanaan atau perancangan yang dilakukan sebelum pembuatan suatu objek, system, komponen atau struktur.
4. Pembuatan merupakan kegiatan menciptakan atau memproses suatu kegiatan yang bertujuan untuk menciptakan sesuatu dengan beberapa cara atau langkah yang sesuai dengan alat yang akan di buat.
5. Assembly merupakan suatu proses penyusunan dan penyatuan beberapa bagian komponen menjadi suatu alat atau sistem yang mempunyai fungsi tertentu.
6. Pengoprasian merupakan untuk mengetahui apakah sistem dapat beroperasi secara baik.
7. Pengujian merupakan pengambilan hasil data dari sistem yang telah selesai dibuat.
8. Kesimpulan adalah hasil yang didapat dari pembuatan sistem IoT tersebut apakah sudah layak untuk dioprasikan.

3.4 Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3. 16 Desain IoT

3.5 Prosedur Penelitian

Perancangan Sistem IoT Pada Rancangan sistem yang akan digunakan dalam pembuatan mesin sangrai kopi otomatis adalah sebagai berikut:

1. Power Suply

Power supply adalah perangkat keras yang berfungsi untuk menyediakan tegangan langsung ke komponen, dalam casing yang membutuhkan tegangan. Senada, Priyo Jatmiko dalam buku yang berjudul Pengenalan Komponen Industri: Part, Plc, dan Touchscreen, menuliskan power supply merupakan alat yang menyuplai tegangan listrik secara langsung, dari sumber tegangan listrik ke tegangan listrik lainnya.

2. Step down

Step down atau penurun tegangan ini akan menyelesaikan masalah perbedaan tegangan yang dibutuhkan dengan yang tersedia. Seringkali dalam pembuatan

rangkaian elektronika atau modul-modul mikrokontroler terdapat perbedaan tegangan kerja antar modul sehingga memerlukan sebuah modul regulator untuk menyesuaikan tegangan.

3. NodeMCU

NodeMCU merupakan sebuah open source platform IoT dan pengembangan kit yang menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu dalam membuat prototype produk IoT atau bisa dengan memakai sketch dengan arduino IDE.

4. Thermocouple

Thermocouple, juga disebut sambungan termal, termometer termoelektrik, atau termel, alat pengukur suhu yang terdiri dari dua kabel dari logam berbeda yang dihubungkan pada setiap ujungnya. Satu persimpangan ditempatkan di tempat suhu akan diukur, dan persimpangan lainnya dijaga pada suhu yang lebih rendah secara konstan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini akan dibahas tentang pengujian berdasarkan perancangan dari sistem yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari alat dan mengetahui apakah alat sudah berjalan dengan perencanaan, sekaligus mengetahui kekurangan dan kelebihan sistem yang dirancang. Proses kontrol IoT (Internet of Things) pada Sistem IoT Pada Mesin Roaster Biji Kopi Untuk Pengontrolan Suhu Dan Waktu Menggunakan Nodemcu untuk menghubungkan sistem mesin roaster biji kopi dengan aplikasi Arduino Cloud. NodeMCU ESP32 berfungsi sebagai penghubung utama antara perangkat keras mesin roaster biji kopi dengan jaringan internet. Mikrokontroler ini menerima perintah dari Arduino Cloud yang berjalan pada perangkat mobile atau komputer. Arduino Cloud memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memantau sistem mesin roaster biji kopi secara real-time melalui antarmuka pengguna yang intuitif. Melalui NodeMCU, data sensor dari mesin roaster biji kopi dapat dikirim ke Arduino Cloud, sehingga pengguna dapat mengawasi kondisi operasional mesin dan melakukan penyesuaian atau kontrol jarak jauh, dengan integrasi ini, proses manufaktur dapat menjadi lebih efisien dan responsif, karena memungkinkan pemantauan dan kontrol yang lebih baik terhadap mesin roaster biji kopi tanpa memerlukan interaksi fisik langsung.

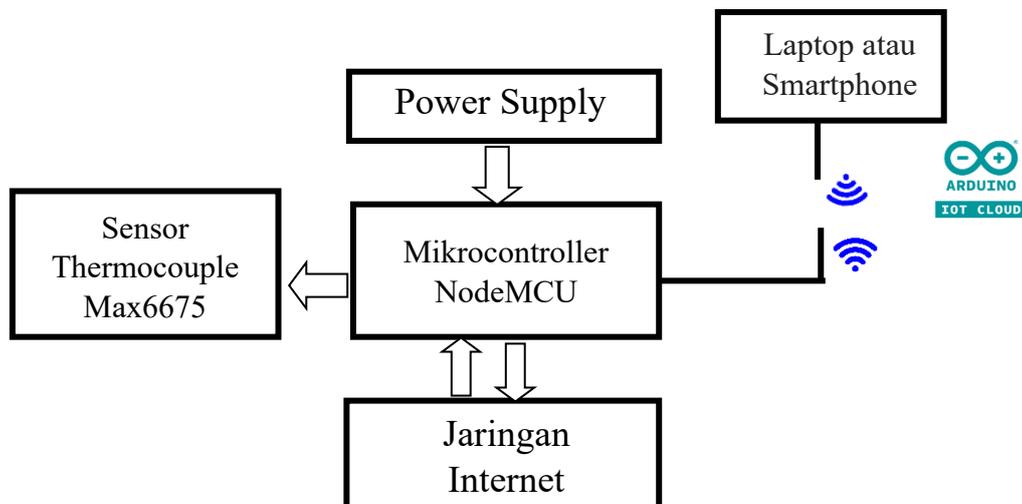
4.1 Perancangan dan Implementasi Sistem

Tahap perancangan dan implementasi sistem pada mesin roaster biji kopi ini dimulai dengan merancang desain elektronik dan sistem kontrol yang menjadi inti dari pengoperasian mesin. Desain ini mencakup pemilihan dan integrasi sensor suhu serta NodeMCU sebagai mikrokontroler utama. Selanjutnya, pengembangan perangkat lunak (software) dilakukan untuk memprogram NodeMCU agar dapat membaca data sensor, mengolahnya, dan mengontrol mesin sangrai secara otomatis sesuai dengan algoritma yang telah ditentukan. Sebagai pelengkap, pengembangan aplikasi IoT dilakukan untuk memberikan antarmuka pengguna yang intuitif,

memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol proses sangrai dari jarak jauh melalui perangkat seluler atau komputer.

4.2 Diagram Perancangan Sistem IoT

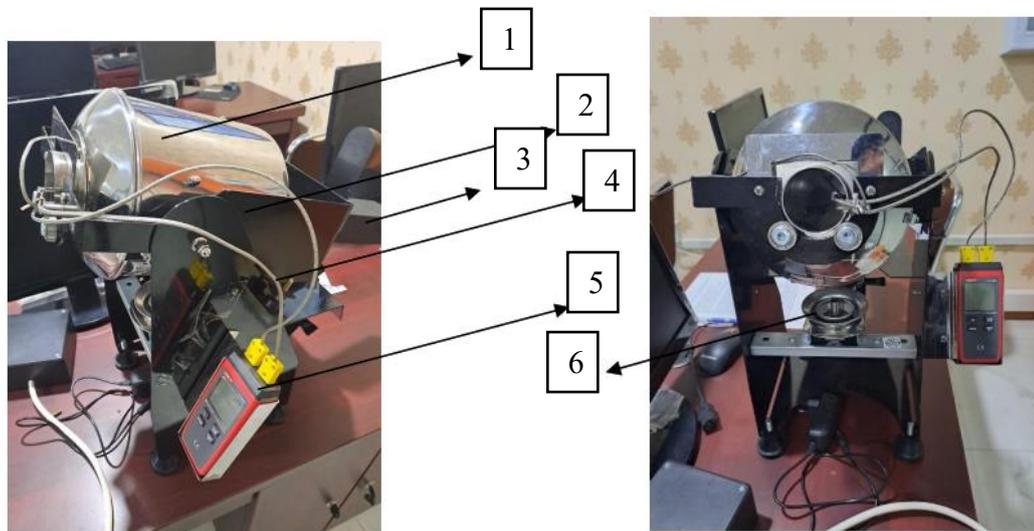
Sistem IoT ini dirancang untuk memantau dan mengontrol proses pemanggangan biji kopi secara otomatis, memanfaatkan konektivitas internet untuk memberikan fleksibilitas pemantauan dari jarak jauh. Komponen utamanya adalah Mikrokontroler NodeMCU, yang berfungsi sebagai otak sistem. NodeMCU, yang dikenal dengan kemampuan Wi-Fi bawaannya, bertanggung jawab untuk membaca data suhu dari Sensor Termokopel Max6675. Sensor ini dipilih karena kemampuannya mengukur suhu tinggi yang diperlukan dalam proses roasting kopi. Data suhu yang terbaca kemudian dikirimkan oleh NodeMCU melalui Jaringan Internet ke platform Arduino IoT Cloud. Di cloud, data tersebut dapat diakses dan divisualisasikan secara real-time melalui Laptop atau Smartphone pengguna. Selain pemantauan, platform Arduino IoT Cloud juga memungkinkan pengguna untuk mengirimkan perintah kontrol kembali ke NodeMCU, misalnya untuk menyesuaikan suhu target atau durasi pemanggangan (meskipun blok kontrol untuk pemanas tidak secara eksplisit digambarkan, ini adalah fungsi umum dari sistem seperti ini). Seluruh sistem ini ditenagai oleh Power Supply yang stabil, memastikan semua komponen mendapatkan daya yang cukup untuk beroperasi secara optimal dan berkelanjutan. Dengan demikian, sistem ini menyediakan solusi cerdas untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam proses pemanggangan biji kopi.



Gambar 4. 1 Diagram Perancangan Sistem IoT

4.3 Desain Mekanik Mesin Roaster Kopi

Desain fisik mesin roaster kopi ini dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi dan kontrol yang optimal dalam proses sangrai. Komponen utama mesin ini adalah drum (ruang sangrai) kopi yang berfungsi sebagai wadah untuk biji kopi selama proses pemanasan. Drum ini ditempatkan di dalam konstruksi rangka yang kokoh, memberikan stabilitas dan perlindungan bagi komponen internal. Sistem penggerak drum menggunakan motor DC yang memungkinkan rotasi drum secara teratur, memastikan pemanasan merata pada biji kopi. Untuk pemantauan suhu, mesin dilengkapi dengan sensor thermocouple type K dan digital temperature sensor yang memberikan data suhu secara akurat dan real-time. Pemanasan dilakukan oleh burner yang terletak di bawah drum, memberikan panas yang diperlukan untuk proses sangrai. Desain ini merupakan mesin sangrai biji kopi yang masih manual tidak terhubung dengan IoT dirancang untuk memastikan kontrol suhu yang tepat dan distribusi panas yang merata, menghasilkan kualitas sangrai kopi yang optimal dengan cara melihat suhu pada digital temperatur sensor saja, dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini. Pengembangan yang akan dilakukan penulis membuat sistem mesin sangrai kopi berbasis IoT.



Gambar 4. 2 Mesin sangrai kopi kapasitas 1 kg

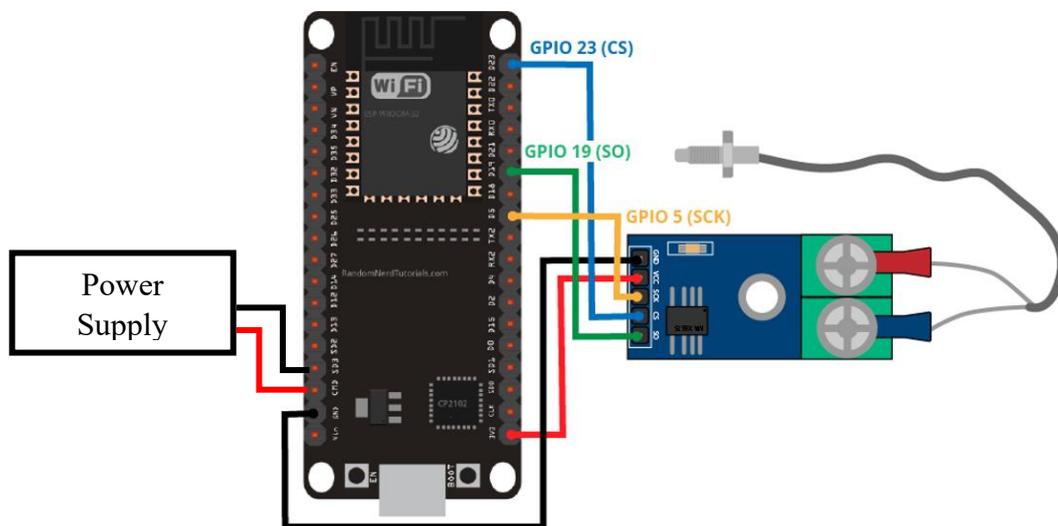
Keterangan:

1. Drum (Ruang Sangrai) Kopi
2. Konstruksi Rangka

3. Motor DC Penggerak
4. Sensor Thermocouple Type K
5. Digital temperatur Sensor
6. Burner

4.4 Desain Elektronik dan Sistem Kontrol

Rangkaian elektronik pada sistem ini menggunakan NodeMCU sebagai mikrokontroler utama, yang berfungsi sebagai otak dari sistem kontrol. NodeMCU dipilih karena kemampuannya dalam terhubung ke jaringan Wi-Fi, memungkinkan kontrol dan pemantauan jarak jauh. Sensor suhu thermocouple digunakan untuk mengukur suhu drum sangrai secara akurat. Sensor ini terhubung ke NodeMCU melalui pin GPIO yang telah ditentukan, yaitu GPIO 23 (CS), GPIO 19 (SO), dan GPIO 5 (SCK). Power supply digunakan untuk menyediakan daya yang diperlukan bagi NodeMCU dan sensor suhu dapat dilihat pada gambar 4.3 wiring sensor roaster biji kopi.



Gambar 4. 3 Wiring Sensor Roaster Biji Kopi

Cara Kerja Sensor Suhu Thermocouple bekerja berdasarkan prinsip efek Seebeck, di mana perbedaan suhu antara dua logam yang berbeda akan menghasilkan tegangan listrik. Tegangan ini kemudian diukur dan dikonversi menjadi nilai suhu yang akurat oleh NodeMCU. NodeMCU membaca data suhu

dari sensor thermocouple melalui antarmuka SPI (Serial Peripheral Interface). Data suhu yang diperoleh kemudian diolah oleh NodeMCU, dan dibandingkan dengan nilai suhu target yang telah ditentukan. Jika suhu aktual lebih rendah dari suhu target, NodeMCU akan mengaktifkan elemen pemanas. Sebaliknya, jika suhu aktual melebihi suhu target, NodeMCU akan mematikan elemen pemanas. Proses ini dilakukan secara berulang dalam loop kontrol, memastikan suhu drum sangrai tetap berada dalam rentang yang diinginkan sesuai dengan grade yang dipilih.

4.5 Pengembangan Perangkat Lunak (Software)

Pengembangan perangkat lunak untuk sistem kontrol mesin roaster biji kopi ini menggunakan Arduino IDE, sebuah lingkungan pengembangan terintegrasi yang dipilih karena kemudahan penggunaan dan dukungan luasnya terhadap mikrokontroler NodeMCU. Selain itu, Arduino IDE juga menawarkan platform Arduino Cloud yang memungkinkan pemantauan suhu mesin sangrai biji kopi secara real-time melalui jaringan internet, memberikan kemudahan akses dan kontrol dari jarak jauh.

4.6 Implementasi algoritma great kopi

Program mengimplementasikan algoritma great kopi berdasarkan suhu dan waktu yang di dapatkan oleh sensor suhu thermocouple. Kode di atas menunjukkan bagaimana program menentukan great kopi berdasarkan suhu dan waktu yang dibaca oleh sensor. **Light**: Coklat terang, Ringan, Asam, Tidak berminyak, suhu berada dalam rentang 180°C hingga 205°C disangrai selama 4–5 menit. **Medium** : Coklat, *Balace and rich*, Sedikit berminyak, suhu berada dalam rentang 210°C hingga 220°C disangrai selama 6–7 menit. **Dark**: Coklat Gelap (*bold*), Berminyak, suhu berada dalam rentang 240°C hingga 245°C disangrai lebih lama dari medium, biasanya sekitar 12–13 menit. Great ini merupakan panduan dalam hasil penelitian yang dilakukan.

4.7 Pengujian Sistem Mesin Sangrai Biji Kopi

Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan hasil biji kopi sangrai yang memiliki great berbeda gambar 1. Coklat terang, Ringan, Asam, Tidak berminyak,

suhu berada dalam rentang 180°C hingga 205°C disangrai selama 4–5 menit. Gambar 2 Coklat, *Balace and rich*, Sedikit berminyak, suhu berada dalam rentang 210°C hingga 220°C disangrai selama 6–7 menit. Gambar 3 Coklat Gelap (*bold*), Berminyak, suhu berada dalam rentang 240°C hingga 245°C disangrai lebih lama dari medium, biasanya sekitar 12–13 menit, dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini. Pengujian ini juga didapatkan grafik dan kode pesan secara *real-time* suhu dan waktu mengsangrai dilakukan.



1. Coklat terang

2. Coklat

3. Coklat Gelap

Gambar 4. 4 Hasil sangrai biji kopi

Tabel 4. 1 Pengujian sistem alat berbasis IoT

Suhu (°C)	Level Roasting	Keterangan
180-205	Coklat terang	Ringan, Asam, Tidak berminyak
210-220	Coklat	<i>Balace and rich</i> , Sedikit berminyak
240-245	Coklat gelap	Tebal dan Berminyak

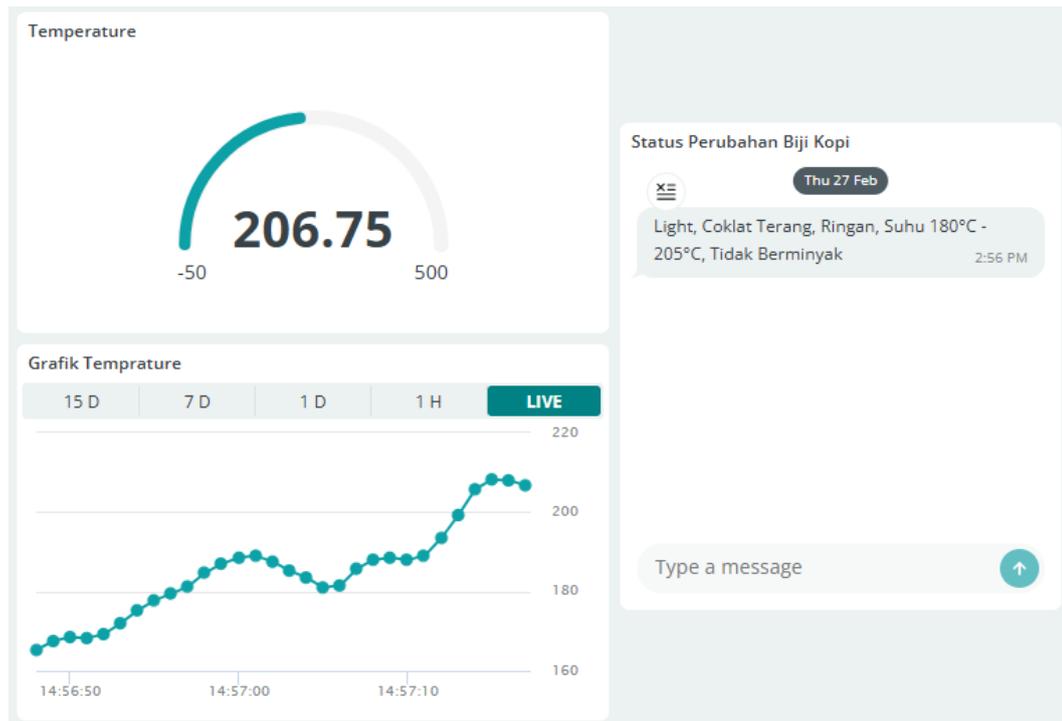
4.8 Pengujian Konektivitas IoT

Pengujian konektivitas adalah langkah krusial untuk memastikan sistem IoT pada mesin roaster biji kopi Anda berfungsi optimal, terutama saat menggunakan platform Arduino IoT Cloud. Proses ini melibatkan verifikasi keberhasilan NodeMCU terhubung ke jaringan Wi-Fi, pengiriman data suhu dari sensor ke cloud secara real-time yang dapat dipantau melalui dashboard, serta kemampuan cloud untuk mengirimkan perintah kembali ke NodeMCU guna mengontrol elemen pemanas. Dengan memastikan semua komponen ini berkomunikasi secara stabil dan akurat-mulai dari kredensial Wi-Fi, konfigurasi variabel di cloud, hingga implementasi kode sensor dan kontrol relay dapat menjamin sistem pengontrol suhu

dan waktu beroperasi dengan andal untuk menghasilkan roasting kopi yang sempurna.

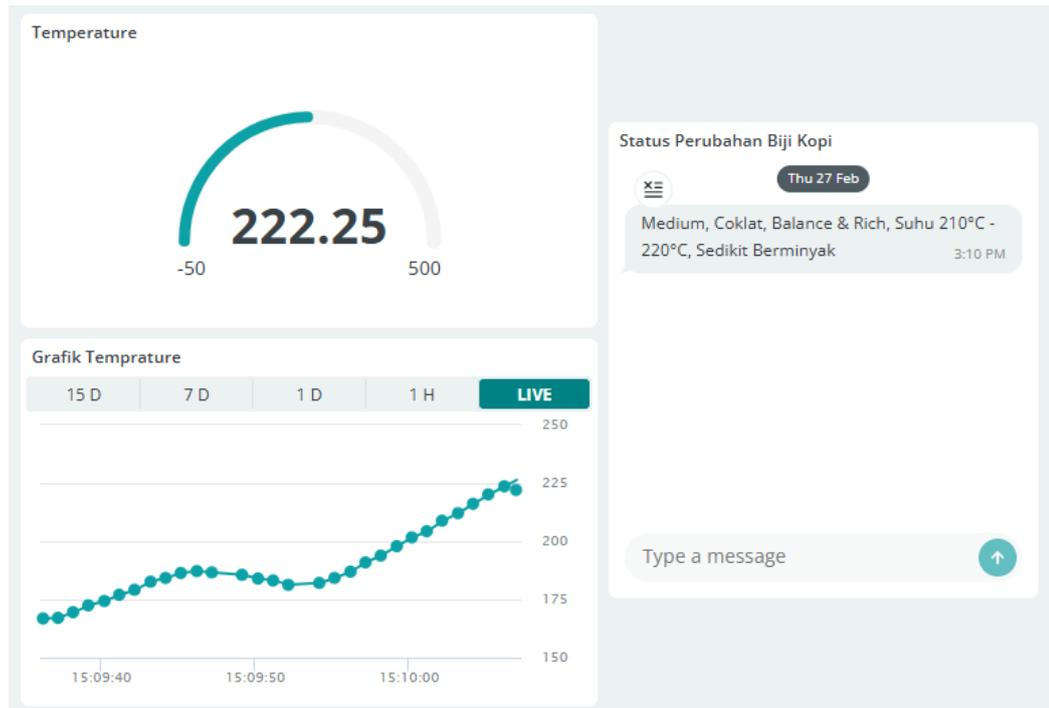
4.9 Mesin Sangrai Biji Kopi Berbasis IoT

Pada gambar dibawah ini merupakan dashboard web arduino cloud yang dapat dipantau melaui smarphone secara *realtime*.



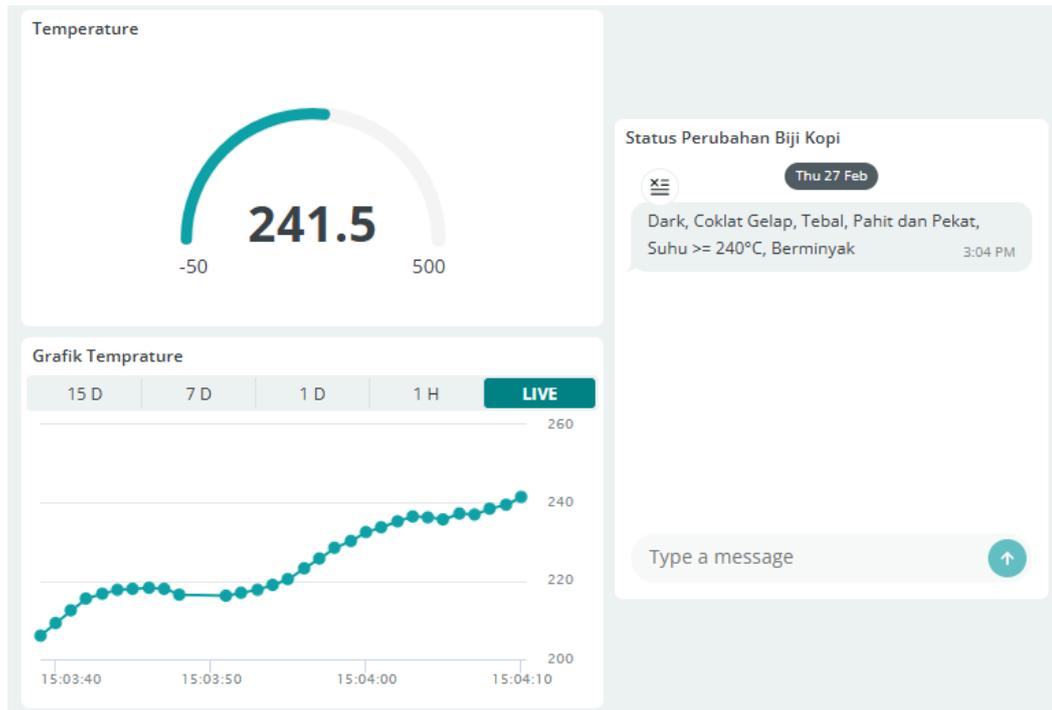
Gambar 4. 5 Tampilan dashboard Arduino Cloud Uji 1

Pada dashboard Arduino Cloud, gambar diatas menampilkan pembacaan suhu real-time sekitar 206.75 °C, yang berada dalam rentang ideal 180-205 °C untuk jenis roast ringan. Grafik suhu di bagian bawah menunjukkan peningkatan yang stabil dari waktu ke waktu, mengindikasikan proses pemanggangan yang sedang berlangsung. Di sisi kanan, terdapat status perubahan biji kopi yang menjelaskan karakteristik light roast: "Light, Coklat Terang, Ringan, Suhu 180°C - 205°C, Tidak Berminyak", memperkuat bahwa pada suhu ini, biji kopi mencapai tingkat pemanggangan awal dengan karakteristik rasa yang lebih cerah dan keasaman yang menonjol.



Gambar 4. 6 Tampilan dashboard Arduino Cloud Uji 2

Dashboard pada gambar kedua menunjukkan suhu saat ini mencapai 222.25 °C, yang sedikit melampaui rentang 210-220 °C yang direkomendasikan untuk medium roast, namun masih mengindikasikan bahwa biji kopi sedang dalam tahap pemanggangan menengah. Pola grafik suhu terus menunjukkan kenaikan progresif, mencerminkan transisi ke tingkat pemanggangan yang lebih lanjut. Status perubahan biji kopi di panel kanan mengkonfirmasi fase ini dengan deskripsi "Medium, Coklat, Balance & Rich, Suhu 210°C - 220°C, Sedikit Berminyak", menandakan bahwa biji kopi mulai mengembangkan keseimbangan rasa yang kaya dan sedikit minyak permukaan.



Gambar 4. 7 Tampilan dashboard Arduino Cloud Uji 3

Pada gambar ketiga, dashboard Arduino Cloud menampilkan suhu yang telah mencapai 241.5 °C, secara akurat merepresentasikan rentang 240-245 °C yang ditargetkan untuk dark roast. Grafik suhu menunjukkan kurva kenaikan yang berkelanjutan, menyoroti progres pemanggangan menuju suhu yang lebih tinggi dan intens. Panel status perubahan biji kopi di samping mengkonfirmasi fase dark roast ini dengan deskripsi "Dark, Coklat Gelap, Tebal, Pahit dan Pekat, Suhu >= 240°C, Berminyak", menunjukkan bahwa pada suhu ini, biji kopi telah mengalami karamelisasi yang signifikan, menghasilkan warna gelap, rasa pahit yang kuat, dan permukaan yang berminyak.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa tujuan perancangan dan pengujian sistem IoT pada mesin sangrai kopi otomatis berbasis NodeMCU telah berhasil dicapai. Perancangan sistem ini memungkinkan integrasi sensor termokopel Max6675 untuk akuisisi data suhu real-time dan kemampuan NodeMCU untuk terhubung ke platform Arduino IoT Cloud, sehingga proses pemanggangan dapat dipantau dan dikontrol secara otomatis melalui perangkat laptop atau smartphone. Pengujian konektivitas yang telah dilakukan membuktikan bahwa sistem ini mampu mengirimkan data suhu secara akurat ke cloud serta menerima perintah kontrol, memastikan fungsionalitas dan keandalan sistem IoT dalam mengoptimalkan proses sangrai biji kopi. Dengan presisi kontrol suhu yang dihasilkan, sistem ini terbukti mampu menghasilkan berbagai jenis roast kopi, mulai dari light roast pada suhu 180-205°C yang menghasilkan kopi coklat terang, ringan, dan tidak berminyak, hingga medium roast pada 210-220°C untuk kopi coklat dengan keseimbangan rasa yang kaya dan sedikit minyak, hingga dark roast pada suhu di atas 240°C yang menghasilkan biji kopi coklat gelap, tebal, pahit, dan berminyak.

5.2 Saran

Harapannya, penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan mesin roaster kopi yang lebih canggih dan komersial, mendukung industri kopi lokal dalam menghasilkan produk berkualitas tinggi secara konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Cholish, C., & Zainul haq, Moh. (2021). Pemanfaatan IoT (Internet of Things) Dalam Monitoring Kadar Kepekatan Asap dan Kendali Pergerakan Kamera. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 86. <https://doi.org/10.22373/crc.v5i1.8497>
- Budi Utomo, S., & Agung, M. P. (2015). PERANCANGAN SISTEM PENGATURAN SUHU PADA MESIN SANGRAI KOPI BERBASIS LOGIKA FUZZY. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(2), 107–110.
- Dongoran, R. S., & Siregar, A. M. (2023). Pembuatan Otomatisasi Alat Pengecekan pH Air Pada Mesin Pemberi Pakan Ternak Ikan. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 6(2), 308–317. <https://doi.org/10.30596/rmme.v6i2.17195>
- Faisal Irsan Pasaribu, E. S. N. L. N. M. R. (2024). DISAIN ALAT MONITORING REAL-TIME DARI KUALITAS AIR TAMBAK UDANG BERBASIS INTERNET OF THINGS. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 6. <https://doi.org/10.30596/rele.v6i1.17200>
- Fauzi Siregar, R., Rudi Nasution, A., & Tanjung, I. (2023). IoT Smart Control System: Smoke and Fire Detection Using SIM900A Module. *Journal of Electrical Technology UMY (JET-UMY)*, 7(2).
- Khairul Umurani, R. M. M. S. A. D. M. S. (2025). *Pembuatan Alat Pelipat Baju Otomatis Berbasis Arduino Uno Untuk UMKM Laundry*. 8(1).
- Manurung, R., Nugroho, O. I. A., & Apriliyanto, E. (2020). Pelatihan Penggunaan Mesin Roasting Modern dalam Pengelolaan Kopi Arabika pada Kelompok Swadaya Masyarakat Galuh Lestari. *Jurnal Abdidas*, 1(5), 471–477. <https://doi.org/10.31004/abdidas.v1i5.102>
- Muliadi, Imran, A., & Rasul, M. (2020). Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32. *Jurnal Media Elektrik*, 17(2), 2721–9100.
- Nurbaeti, A., Kusumawardani, M., Darmono, H., Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, P., Teknik Elektro, J., & Negeri Malang, P. (2021). *Rancang Bangun Alat Pengering Biji Kopi Berbasis Internet Of Things* (Vol. 11, Issue 2).
- Prastyaningsih, Y., Kusrini, W., Negeri Tanah Laut, P., Yani KM, J. A., Panggung KecPelaihari KabTanah Laut, D., & Selatan, K. (2021). Sistem Temu Kembali Citra Pada Level Roasting Biji Kopi Menggunakan Ekstraksi Fitur Warna. 6, 6(2), 2021.

- Puiianto, D., Asia, M., Jend Yani No, J. A., Tanjung Baru, A., & Selatan Korespondensi, S. (2022). Implementasi Internet Of Things (IOT) Pada Smart Cooker. In *JIK* (Vol. 13, Issue 1).
- Putranto, J., Saidatin, N., Syafik Maulana, H., Arifianto Patriawan, D., & Teknologi Adhi Tama Surabaya, I. (2023). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan III (SENASTITAN III) Surabaya*.
- Rahmatullah, K. U. A. A. W. K. & A. M. S. (2025). *Rekayasa Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis Arduino Uno dengan Sensor MQ-2 pada Regulator LPG*. 8(1). <https://doi.org/10.30596/rmme.v8i1.21983>
- Salimun Thoha, A., Dwirastiaji, B., & Samsugi, S. (2021). MONITORING DAN KONTROL SUHU AQUASCAPE MENGGUNAKAN ARDUINO DENGAN SENSOR SUHU DS18B20. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik*, 2(2), 2723–598. <https://doi.org/10.33365/jimel.v1i1>
- Sari, I. P., Novita, A., Al-Khowarizmi, A.-K., Ramadhani, F., & Satria, A. (2024). Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(4), 337–343. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i4.505>
- Singh Parihar, Y., & dan Petugas Informatika Kabupaten, I. D. (2019). *Internet of Things dan Nodemcu Ulasan penggunaan Nodemcu ESP8266 dalam produk IoT* (Vol. 6). JETIR. www.jetir.org
- Susanto, F., Komang Prasiani, N., & Darmawan, P. (2022). IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI. In *Jurnal IMAGINE* (Vol. 2, Issue 1). Online. <https://jurnal.std-bali.ac.id/index.php/Imagine>
- Umurani, K., Rudi Nasution, A., & Zufri, Ms. (2024). *Design And Implementation Of Temperature Measuring Device Using Max6675 And Thermocouple On Wet Cooling Tower*. 7(2), 335–342. <https://doi.org/10.30596/rmme.v7i2.19801>
- M Titan. (2020). Pembuatan Mesin Sangrai Biji Kopi Otomatis Kapasitas 5kg Dengan Tipe Silinder Horizontal. In *Repostory* (Vol. 2, Issue 1).
- BSNI (Badan Standar Nasional Indonesia). (2014). SNI 2983 : 2014 Kopi. In Badan Standardisasi Nasional.
- Edvan, B. T., Edison, R., & Same, M. (2016). Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian pada Mutu Kopi Robusta (*Coffea robusta*). *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 4(1), 31–40.

- A. A. Dwirossi, (2017). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kadar Air Biji Kopi Pada Mesin Pengering Biji Kopi Berbasis Penjejak Matahari Aktif Dengan Mikrokontroler Atmega16.
- H. Silitonga, (2019) “Pengontrol Suhu Ruangan Otomastis Menggunakan Nodemcu V3 Lolin dan Sensor DHT 11 Berbasis Internet,” Repos. Institusi USU, pp. 1–44.
- M. V. Hardiyansyah, M. Kabib, and A. Z. Hudaya, (2021) “Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Pada Mesin Oven Kopi Tray Rotary Berbasis Arduino,” J. Crankshaft, vol. 4, no. 1, pp. 67–76.

Lampiran 1. Alat Pengujian

Sistem IoT Pada Mesin Roaster Biji Kopi Untuk Pengontrolan Suhu Dan Waktu Menggunakan Nodemcu





Lampiran 2. Lembar Asistensi

Lampiran 3. SK Pembimbing

Lampiran 4. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian

Lampiran 5. Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATADIRI

Nama : Arief Priadi
Tempat/Tanggal Lahir : Suka Rame / 23-Januari-2000
Alamat : Desa Bengabing, Kec. Pegajahan, Kab. Serdang
Bedagai, Sumatera Utara
Agama : Islam
Email : ariefpriadi46@gmail.com
No. Hp : 082247092674

RIWAYAT PENDIDIKAN

Kartu Tanda : 1807230088
Mahasiswa
Fakultas : Teknik
Praogram Studi : Teknik Mesin
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat : Jl. Kapten Muchtar BasriNo.3 Medan 2023.

No	Tingkat Sekolah	Nama Sekolah	Tahun Lulus
1	SD	SDN 117491 Simandi Angin	2012
2	SMP	SMPN1 Sei Kanan	2015
3	SMA	SMK Pemda Rantau Prapat	2018