

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas mengenai landasan teori yang berkaitan dengan penelitian. Teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

2.1 Studi Literatur

Kopi adalah minuman hasil seduhan biji kopi yang telah disangrai dan dihaluskan menjadi bubuk, tanaman kopi dibagi menjadi 2 bagian spesies salah satunya kopi robusta dan kopi arabika dari masing-masing spesies tanaman kopi ini memiliki karakteristik yang juga berbeda berikut Tabel.2.1 perbandingan karakteristik antara kopi arabika dan robusta.

Tabel 2. 1 Perbandingan Karakter Arabika Dan Robusta[8]

	Arabika	Robusta
Sifat Tanaman	Adaptif terhadap lingkungan dan menangkap intisari mineral yang ada di dalam tanah.	Tidak begitu adaptif.
Kekuatan	Rentan terhadap penyakit dan perawatan sulit.	Kuat terhadap penyakit dan perawatan mudah.
Rasa	Rasa bervariasi tergantung jenis tanah tempat dia di tanam	Lebih pahit karena tingkat kafein lebih tinggi

Dalam minuman kopi terdapat rasa dan karakteristik berbeda karena tiap jenis biji kopi memiliki karakteristik rasa yang berbeda-beda pula. hal tersebut tergantung dari bibit, jenis biji kopi, proses penanaman, proses sangrai dan proses penyeduhan kopi, secara keseluruhan kopi identik dengan rasa pahit dan asam, rasa pahit dan asam berasal dari senyawa kimia yang terkandung dalam kopi yaitu asam klorogenat[9] , asam klorogenat adalah suatu senyawa yang termasuk kedalam komponen fenolik, mempunyai sifat yang larut dalam air dan terbentuk dari esterifikasi asam quinic dan asam transcinamic tertentu seperti asam kafein, asam ferulic, dan asam pcoumaric senyawa inilah yang memberikan sebuah rasa pahit dan asam pada kopi[10]. Adapun sebuah standar pahit dan asamnya biji kopi dengan tingkat warna setelah proses penyangraian yang telah memiliki standar nasional[8]. berikut Tabel 2.2 standar nasional biji kopi dengan tingkat skala pemanggangan dari biji kopi itu sendiri.

Tabel 2. 2 Tingkat Skala Pemanggangan

Beans Roasting Level				
Density Level	Initial Temp (C)	Final Temp (C)	Recomended Roast Level	
			Agtron	Roast Level
Low	150	180 - 190	75 - 65	Very light to medium light
Medium	160	185 - 195	70 - 58	Light to medium
High	170	190 - 205	65 - 55	Medium light to medium high
Very High	190	200 - 220	60 - 45	Medium light to dark

Adapun gambar mengenai *agtron roasting level*, tingkat skala warna dari beberapa

karakteristik kopi seperti pada Gambar 2.1. Dibawah ini:



Gambar 2. 1 Agron Roasting level

Agron roasting level digunakan untuk menganalisis warna biji kopi untuk menentukan tingkat pemanggangan biji kopi, semakin kecil nilai agron maka akan semakin pahit rasa yang dikeluarkan oleh biji kopi tersebut, dikarenakan proses pemanggangan dengan suhu diatas 150°C hingga 200°C, proses pemanggangan biji kopi ini disertai dengan menurunnya kadar air pada biji kopi tersebut[11].

2.2 Dasar Teori

Secara umum penanaman bibit kopi arabika dan robusta di Indonesia hampir 81,87% dari total jumlah produksi biji kopi pada tahun 2016, sementara sisanya sebesar 18,13% adalah kopi jenis arabika[12]. Perbedaan cita rasa kopi yang dimiliki arabika dan robusta tentunya berbeda berikut penjelasan mengenai perbedaan cita rasa kopi arabika dan robusta

1. Kopi arabika

Pada kopi arabika jenis tanah yang menjadi media tanam mempengaruhi pada cita rasa kopi sehingga aroma atau rasa yang dimiliki pada kopi arabika sangat beragam tergantung jenis tanah tempat dia di tanam, seperti memiliki rasa buah-buahan namun sedikit manis arabika juga memiliki tingkat asam

yang tinggi dan memiliki 1,2% kadar kafein, kadar kafein ini lebih rendah dari kopi robusta sehingga kopi arabika ini tidak begitu pahit[13].

2. Kopi Robusta

Robusta memiliki sebuah cita rasa kopi yang berbeda dengan arabika, cita rasa robusta tidak dipengaruhi oleh tanah tempat dia di tanam, cita rasa kopi robusta umumnya seperti memiliki aroma kacang-kacangan, dengan tingkat keasaman yang rendah di bandingkan dengan kopi jenis arabika, kada kafein yang dimiliki oleh robusta sangat tinggi yaitu sebesar 2.2% sehingga kopi robusta umumnya lebih pahit dari kopi arabika[13].

Kopi di Indonesia memiliki beragam jenis sesuai dengan letak wilayah yang di tanami tanaman kopi tersebut, dari satu daerah dengan daerah lainnya kopi ini memiliki cita rasa yang berbeda, itu dipengaruhi beberapa faktor seperti lahan yang dekat dengan lahan perkebunan lainnya sehingga dapat mempengaruhi rasa, lahan yang memiliki ketinggian yang sesuai dengan batas tumbuhnya tanaman kopi juga dapat mempengaruhi tumbuh kembang dari biji kopi tersebut, peneliti akan menggunakan kopi asli dari manglayang Bandung yang terkenal akan cita rasa kopi yang pekat, dan memiliki aroma yang lebih natural.

2.3 Metoda Penyeduhan

Metoda penyeduhan kopi yang dilakukan oleh beberapa kedai kopi yang ada di Indonesia, ini merujuk pada sebuah organisasi riset kopi nasional dan juga merujuk pada *Specialty Coffee Association of America* (SCAA) dengan merekomendasikan rasio 55 g/L \pm 10% dengan perbandingan 1:20. Cara menghitung rasio kopinya adalah 1 gram bubuk kopi untuk diseduh 20 ml air panas. Perbandingan rasio 1:20 dipercaya

sebagai takaran kopi yang enak, karena menjadi standar acuan penyeduhan kopi skala dunia[14]. Pada proses penyeduhan dengan skala gram pada standar SCAA yang digunakan ini dengan perhitungan pada Tabel 2.3. di bawah ini.

Tabel 2. 3 Skala Penyeduhan Kopi dan Air

Size/Oz	Skala Penyeduhan 1:20 Antara Kopi dan Air	
	Kopi bubuk	Air panas
5 Oz	5-8g	100ml
7 Oz	10g	200ml
10 Oz	15g	300ml

Adapun proses penyeduhan kopi susu tubruk dengan standar otentik coffee Indonesia dengan skala 1: 15 dimana 1gram bubuk kopi sama dengan 15 ml air panas dengan tambahan varian susu dan creamer pada skala berbasis nasional ini yang banyak diterapkan di beberapa kedai kopi yang berada di Indonesia berikut Tabel 2.4. Skala kopi susu tubruk asli Indonesia[15].

Tabel 2. 4 Standar Penyeduhan Kopi di Indonesia

Size/Oz	Skala Penyeduhan 1:15 Kopi,Air,Susu & Gula			
	Kopi	Air	Susu	Gula
5 Oz	5g	75ml	60ml	30ml
7 Oz	10g	150ml	100ml	50ml
10 Oz	15g	225ml	150ml	80ml

Adapun beberapa metode penyeduhan kopi terdapat 3 metode dan tentunya masih ada banyak metode lainnya seperti AeroPress, siphon (alat penyeduhan vacpot), dan lainnya, akan tetapi tiga metode di bawah ini adalah beberapa jenis yang umum digunakan dalam penyeduhan kopi. Setiap metode memiliki karakteristik dan keunikan

sendiri dalam menghasilkan cita rasa kopi yang berbeda.

1. French press

Metoda french press ini lebih terkenal dengan istilah coffee press. Metoda french press ini dapat mengekstrak paling banyak cita rasa yang terdapat dalam kopi bubuk sekaligus merupakan cara yang populer. Cara pembuatannya pun cukup mudah, yakni dengan menggunakan gelas khusus. Pada umumnya bentuk dari gelas ini pun cukup unik dengan alat tekan pada bagian tutup gelas. Untuk menyeduhnya diperlukan waktu untuk mendiamkannya selama kurang lebih 4 menit. Setelah itu bisa menekan bagian atas secara perlahan hingga ampas dari kopi tertekan ke dasar. Terakhir, silahkan tuang kopi ke dalam cangkir agar rasanya tetap fresh dan rasa kopinya pun tidak akan hilang [16]. Berikut gambar 2.2 untuk metode French press



Gambar 2. 2 Metode French Press

2. Tubruk

Metoda ini merupakan metoda paling banyak digunakan di Indonesia, proses pembuatannya pun terbilang mudah tuang kopi ke dalam cangkir, lalu

seduh dengan menggunakan air panas, dan aduk perlahan. Tunggu beberapa saat hingga bubuk kopinya mulai mengendap ke bagian bawah atau bisa juga dengan mengambil bubuk kopi yang mengambang dengan menggunakan sendok kecil[17]. Berikut Gambar 2.3. Metode Tuubruk



Gambar 2. 3 Metode Tubruk

3. Pour Over Drip

Metoda ini merupakan metode dengan cara menuangkan air panas pada bubuk kopi yang sudah diberi filter pada cangkir sehingga proses ekstraksi dari bubuk kopi dimulai pada saat air panas dituangkan kedalam gelas, metode ini juga disebut dengan drip v60 dan prosesnya pun cukup memakan waktu yang lama 5-8 menit agar proses ekstraksi bubuk kopi dapat menyeluruh[18]. Gambar 2.4 Berikut untuk metode Pour Over Drip



Gambar 2. 4 Metode Pour Over Drip

2.4 Alat Pembuat Kopi

Alat pembuatan kopi yang berada di pasaran memiliki 2 jenis dengan standar penyeduhan kopi yang sudah di sesuaikan, jenis alat pembuatan kopi dengan metoda manual dan mesin kopi dengan metoda otomatis berikut penjelasan dari kedua jenis alat pembuat kopi tersebut.

1. Alat Pembuatan Kopi Manual

Alat pembuat kopi manual umumnya banyak di temukan pada kedai kopi sederhana, metode ini hanya berbekal sebuah rokpreso dan sebuah filter, rokpreso sebagai pembuatan ekstraksi biji kopi yang telah di haluskan dan menghasilkan espresso dengan cara memberikan tekanan air panas pada sebuah port yang didalamnya terdapat bubuk kopi, dan filter sebagai penyaring sisa-sisa bubuk kopi, dibutuhkan juga barista untuk mengoprasikan alat manual tersebut, selain menggunakan rokpreso metode manual banyak dilakukan dengan mencampurkan air panas pada bubuk kopi secara langsung atau juga bisa disebut dengan metode kopi

tubruk manual[19], berikut gambar alat kopi pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Alat Rokpresso

2. Mesin Kopi

Mesin kopi ini banyak ditemui pada kedai kopi yang memiliki jam kerja yang padat, atau kebutuhan akan pembuatan kopi sudah banyak sehingga membutuhkan alat pembuatan espresso dengan cepat, salah satunya menggunakan mesin espresso yang memiliki kinerja mengekstraksi bubuk kopi dengan cepat, sama halnya dengan manual penggunaan mesin ini masih membutuhkan barista untuk mengoprasikannya[20]. Berikut gambar mesin kopi pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Mesin Kopi

Spesifikasi mesin kopi yang terdapat pada gambar 2.6 sebagai berikut:

- Konsumsi Daya: 3000W
- Frekuensi/Tegangan: 50 Hz/220V
- N.W: 25 Kg
- G.W: 28 Kg
- Dimensi: 345 x 428 x 485 mm
- Tekanan Pemanas air: 5 Bar
- Daya tampung air: 1.7 Liter

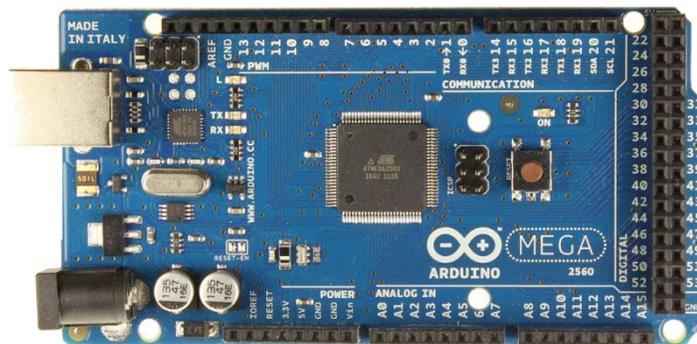
2.4.1 Metoda Pengukuran Bahan

Metode pengukuran bahan campuran seperti kopi, susu, gula dan creamer menggunakan metoda kalibrasi pada sensor loadcell, kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat ukur referensi berupa timbangan dengan skala 0.1 gram. ada dua istilah yaitu keakuratan dan ketidakpastian yang satu tidak dapat digantikan oleh yang lain. Untuk mencapai hasil eksperimen yang lebih baik yang satu ingin memiliki akurasi yang lebih dan lebih tetapi ketidakpastian yang lebih rendah. Akurasi berkaitan dengan instrumen atau standar pengukuran, Selain itu, akurasi berarti seberapa dekat indikasi instrumen dengan nilai sebenarnya atau nilai sebenarnya dari kuantitas[21]

2.5 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah mikrokontroler berbasis ATmega2560 yang dirancang untuk proyek-proyek elektronik yang kompleks dan membutuhkan banyak input/output serta memori. Dengan 54 pin digital I/O, 16 pin input analog, 15 pin PWM,

serta memori besar yang terdiri dari 256 KB Flash, 8 KB SRAM, dan 4 KB EEPROM, Arduino Mega 2560 memungkinkan pengontrolan berbagai perangkat seperti sensor, aktuator, dan lainnya dalam satu proyek. Keunggulannya termasuk kompatibilitas dengan banyak shields yang dibuat untuk Arduino Uno, serta empat port serial untuk komunikasi dengan perangkat serial lainnya. Arduino Mega 2560 cocok digunakan dalam proyek-proyek besar seperti robotika, sistem otomasi, dan aplikasi *Internet of Things* (IoT), menjadikannya pilihan utama untuk pengembangan aplikasi yang membutuhkan kontrol dan kapasitas lebih besar dibandingkan dengan board Arduino lainnya[22]. Berikut Gambar 2.7 Arduino mega 2560.



Gambar 2. 7 Arduino mega 2560.

Berikut spesifikasi utama dari Arduino Mega 2560:

- Mikrokontroler: ATmega2560
- Operating Voltage: 5V
- Input Voltage (rekomendasi): 7-12V
- Input Voltage (batas): 6-20V
- Digital I/O Pins: 54 (15 di antaranya dapat digunakan sebagai PWM output)
- Analog Input Pins: 16

- Flash Memory: 256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
- SRAM: 8 KB
- EEPROM: 4 KB
- Clock Speed: 16 MHz

Arduino Mega 2560 sering digunakan dalam proyek yang membutuhkan kontrol lebih banyak, seperti robotika, sistem otomasi, dan proyek IoT yang kompleks. Kelebihan dari board ini adalah kemampuannya untuk mengatur banyak komponen sekaligus, membuatnya ideal untuk aplikasi skala besar.

2.6 Peristaltic Dosing Pump

Peristaltic Dosing Pump adalah salah satu jenis pompa DC 12V yang mengandalkan sistem peristaltik dalam memompa dan mengalirkan cairan. Pompa ini sering diaplikasikan pada sistem yang membutuhkan takaran yang presisi pada cairan yang dialirkan. Selain itu sistem pompa yang terpisah dengan komponen elektronik membuat pompa ini steril dan dapat diaplikasikan untuk makanan dan bahan kimia (food and chemical grade)[23]. berikut gambar peristaltic dosing pump pada gambar 2.8



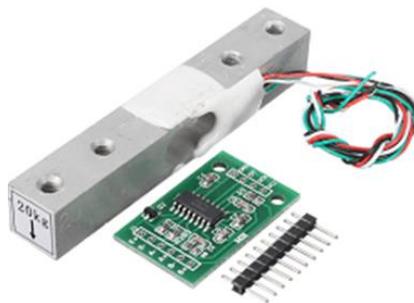
Gambar 2. 8 Peristaltic Dosing Pump

Adapun spesifikasi singkat dari pompa peristaltik ini antara lain sebagai berikut:

- Model : DP-DIY
- Tegangan Kerja : 12V DC
- Daya motor : 5watt
- Flow rate : 5-100mL / menit
- Speed range : 0-100 rpm
- Net Weight : 90gr
- Tube : Silicon (bening)
- Tube ID*OD : 1x3mm/2x4mm/3x5mm

2.7 Sensor Load Cell HX711

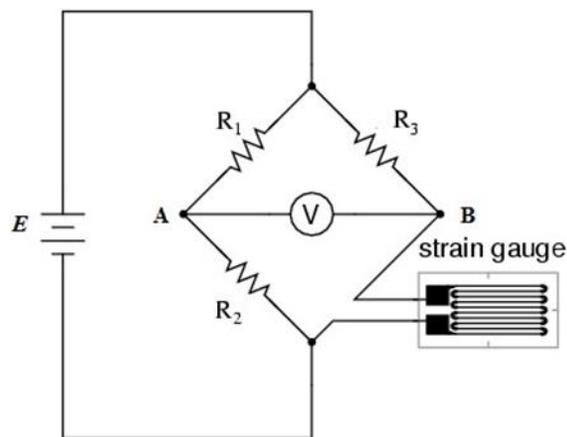
Load cell adalah sensor yang dapat mengubah gaya tekan (berat suatu benda yang diukur) pada penampang menjadi sinyal listrik. Untuk mengukur perbedaan nilai tegangan yang cukup kecil, load cell mengandalkan prinsip Wheatstone Bridge. Dikarenakan perbedaan tegangan yang sulit untuk diukur, maka dibutuhkan amplifier untuk menguatkan sinyal dan memproses data menjadi berat benda yang diukur. Gambar 2.9 berikut menunjukkan sensor Load Cell HX711.



Gambar 2. 9 Sensor Load Cell

HX711 adalah penguat yang sering digunakan dalam load cell. Di dalamnya terdapat perangkat ADC (Analog to Digital Converter) 24-bit yang dapat mengukur perbedaan tegangan pada load cell dan mengkonversi data tersebut menjadi data digital berupa berat benda terukur. Komponen ini memiliki sensitivitas $1.0 \pm 0.1 \text{ mV / V}$ [24].

Karena perubahan tahanan yang sangat kecil pada strain gauge maka diperlukan bantuan suatu rangkaian yang sensitif dengan perubahan nilai resistansi yaitu rangkaian jembatan wheatstone seperti pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2. 10 Jembatan wheatstone

Konsep jembatan wheatstone yaitu membuat nilai resistansi yang tersusun secara diagonal menjadi seimbang, berkebalikan dengan konsep tersebut pada strain gauge nilai resistansinya dapat berubah sesuai dengan regangan yang di alami, sehingga jembatan wheatstone menjadi tidak seimbang dan tegangan yang muncul pada titik A,B menjadi tidak sama dengan nol, besar tegangan yang terdapat pada titik A dan B ini sebanding dengan gaya yang diterima oleh strain gauge.

Adapula modul penguat bagi sensor loadcell ini yaitu modul HX711 Modul hx711 merupakan modul penguat sinyal (amplifier) dari keluaran sensor load cell dan

modul ini juga yang mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital atau yang biasa disebut Analog To Digital Converter (ADC). Pada timbangan digital ini modul hx711 digunakan sebagai pembaca sensor load cell dengan prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terjadi pada perubahan nilai resistansi strain gauge dan mengkonversikannya dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada berikut gambar 2.11 yang menunjukkan modul HX711.



Gambar 2. 11 Modul HX711

Hx711 merupakan konverter presisi 24-Bit Analog to Digital Converter (ADC) dimana data keluaran dari load cell yang nantinya akan di proses oleh microcontroller terlebih dahulu dikuatkan sinyalnya dan dikonversi dari analog ke digital sehingga data yang diperoleh microcontroller adalah data digital. Kelebihan dari modul ini adalah mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil, hasil dengan keluaran lebih sensitif, dan dapat mengukur perubahan dengan cepat.

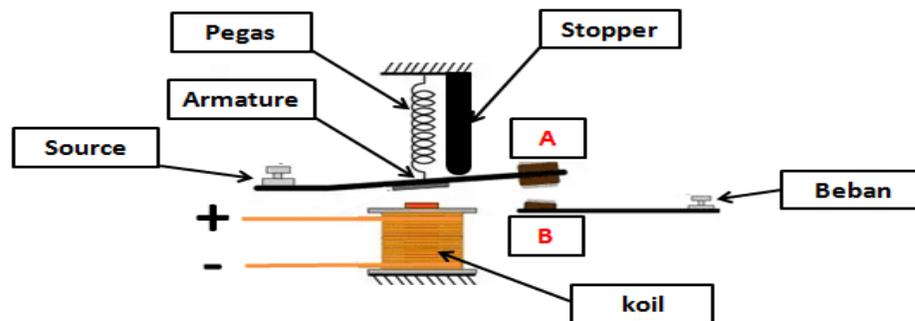
2.8 Relay 5V

Relay adalah salah satu komponen elektronika yang beroperasi berdasarkan prinsip elektromagnetik menggerakkan kontaktor guna memindahkan posisi ON ke OFF atau sebaliknya dengan memanfaatkan tenaga listrik. Tertutup atau terbukanya kontaktor ini dihasilkan oleh efek induksi magnetik yang terjadi dari kumparan induksi listrik gambar 2.12 berikut adalah gambar dari sebuah relay[25].



Gambar 2. 12 Relay 5V

Jadi fungsi relay arduino sama dengan switch yaitu menyambung dan memutus arus. Karena bekerjanya menggunakan elektromagnet, maka membutuhkan sumber tegangan untuk berfungsi. Tegangan yang di butuhkan adalah 5 volt, spesifikasinya umumnya tertera pada badan relay[26] yang ditunjukkan pada gambar 2.13



Gambar 2. 13 Komponen Relay 5V

Berdasarkan gambar komponen *relay* tersebut, kita dapat memahami bahwa relay dapat bekerja karena adanya gaya elektromagnetik. Ini tercipta dari inti besi yang dililitkan kawat kumparan dan dialiri aliran listrik. Saat kumparan dialiri listrik, maka otomatis inti besi akan jadi magnet dan menarik penyangga sehingga kondisi yang awalnya tertutup jadi terbuka (*Open*).Sementara pada saat kumparan tak lagi dialiri

listrik, maka pegas akan menarik ujung penyangga dan menyebabkan kondisi yang awalnya terbuka jadi tertutup (*Close*)[27].

2.9 LCD 16 X 2

Liquid Crystal Display (LCD) adalah komponen yang dapat menampilkan informasi berupa tulisan dengan ukuran 16 baris dan 2 kolom. Pada penelitian ini, LCD digunakan sebagai penampil informasi berupa data hasil pengukuran, input dari sensor, hingga status berjalannya sistem yang ditampilkan sesuai kebutuhan gambar 2.14 berikut LCD.



Gambar 2. 14 LCD 16 x 2

Terdapat lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang

ingin ditampilkan [28]

2.10 Sensor NTC

Sensor NTC (Negative Temperature Coefisien) dan PTC (Positive Temperature Coefisien) adalah salah satu jenis sensor pendeteksi suhu. Sensor NTC merupakan jenis termistor yang peka terhadap suhu, jika suhu meningkat, maka resistansi menurun dan kebalikannya. Misalnya, ratusan ohm pada suhu ruang akan menjadi puluhan ohm pada suhu yang tinggi. Sedangkan sensor PTC merupakan resistor dengan koefisien temperatur positif. Hal ini berarti bahwa adanya kenaikan temperature / suhu yang diterima oleh PTC akan mengakibatkan kenaikan pada nilai resistansinya. Berikut gambar 2.16 untuk sensor NTC.



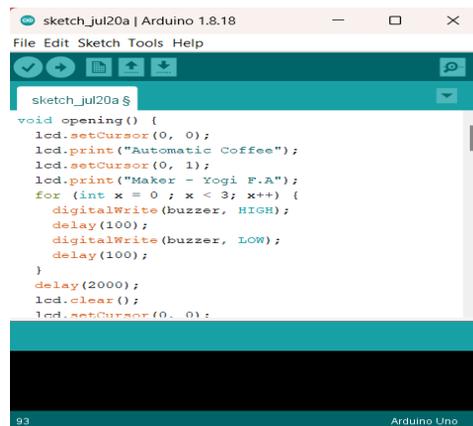
Gambar 2. 15 Sensor NTC

Karakteristik sensor NTC dan PTC adalah resistansi sensor NTC akan menurun, jika pada kondisi suhu panas. Semakin tinggi temperatur maka semakin rendah resistansi sensor NTC. Sensitivitas sensor NTC adalah faktor penting dalam aplikasinya. Perubahan resistansinya 5% per °C, tetapi tidak selalu sama. Sedangkan diketahui bahwa resistansi PTC akan meningkat seiring kenaikan temperatur/suhu pada rentang 100°C – 175°. Jadi ketika suhu kurang dari 100°C dan lebih dari 175°C

resistansi PTC akan menurun[29].

2.11 Software Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrate Development Enviroment*) ialah software yang dipakai untuk membuat, mengedit suatu kode program, memverifikasi, dan mengunggah kode program ke arduino. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri berikut gambar tampilan dari software Arduino IDE .Arduino IDE terdiri dari teks editor untuk membuat, dan mengedit code program, area pesan, console teks, dan tool bar serta tombol–tombol dengan fungsi umum. Program yang dibuat menggunakan software Arduino IDE dinamai sketch ditulis dalam teks editor dan disimpan dalam bentuk ekstensi .ino [30]. Berikut Gambar 2.16 Software Arduino IDE.



Gambar 2. 16 Software Arduino IDE 1

Berikut spesifikasi dari Software Arduino IDE:

- Text Editor: Arduino IDE memiliki editor teks yang sederhana namun fungsional. Pengguna dapat menulis kode program menggunakan bahasa pemrograman Arduino, yang mirip dengan bahasa C/C++.

- **Library Manager:** IDE ini menyediakan pustaka (library) yang berisi kumpulan fungsi dan rutin yang telah dibuat sebelumnya untuk berbagai perangkat keras. Pustaka ini memudahkan pengguna untuk mengakses dan mengintegrasikan perangkat keras tambahan dengan mudah dalam proyek mereka.
- **Serial Monitor:** Arduino IDE menyertakan fitur Serial Monitor yang memungkinkan pengguna untuk melihat data yang dikirim dan diterima.

2.12 Motor Steper

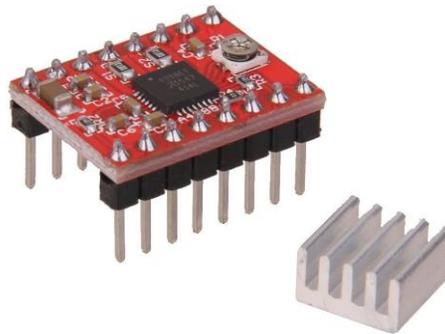
Motor stepper (atau dikenal juga sebagai motor langkah) adalah jenis motor listrik yang berbeda dari motor listrik biasa. Motor stepper beroperasi dengan cara menggerakkan rotornya dalam langkah-langkah diskrit, bukan berputar secara kontinu seperti motor listrik konvensional. Cara kerja motor stepper didasarkan pada prinsip elektromagnetisme. Motor stepper memiliki beberapa kelompok kumpulan kumparan elektromagnetik yang diberi nama "fase". Setiap fase berhubungan dengan satu langkah motor, dan ketika arus dialirkan ke fase-fase tersebut secara berurutan, rotor motor bergerak dari satu langkah ke langkah berikutnya[31]. Berikut Gambar 2.17 motor stepper.



Gambar 2. 17 Motor Steper

2.13 Motor Driver Steper A4988

Motor stepper driver A4988 adalah salah satu jenis driver yang digunakan untuk mengendalikan motor stepper. Driver ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan kendali motor stepper dengan presisi. A4988 merupakan salah satu produk dari Allegro MicroSystems, LLC, yang populer dan banyak digunakan di dunia elektronika[32].Berikut Gambar 2.18 Motor Driver Stepper A4988



Gambar 2. 18 Motor Stepper Driver A4988

Secara umum, motor stepper adalah pilihan yang baik untuk aplikasi di mana diperlukan kontrol posisi yang presisi, torsi yang tinggi pada kecepatan rendah, dan kesederhanaan dalam desain dan pengendalian.

2.14 Batas Nilai Toleransi Kesalahan

Batas nilai toleransi kesalahan pada pembuatan kopi tidak boleh lebih dari 3% dikarenakan pada proses pencampuran bahan baku tidak boleh berlebihan, ketika berlebihan akan menyebabkan ketidak konsistenan rasa yang dihasilkan, maka dari itu dari peneliti pembuatan mesin kopi atau dari beberapa kedai kopi atau caffe itu harus memiliki rasa yang konsisten dan maksimal toleransi kesalahannya 3% [33]. Contoh rumus nilai toleransi kesalahan seperti berikut:

$$\text{Batas Toleransi} = \text{Nilai Nominal} \times (\text{Persentase Toleransi} / 0.03)$$

2.15 Perhitungan Analisa Data

Penentuan keakuratan pengujian pada suatu alat memerlukan metode perhitungan setelah diperoleh data hasil pengukuran berat benda oleh sensor load cell, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis data tersebut untuk menghitung nilai persentase (%) kesalahan (Error) [34]. Dengan contoh rumus seperti berikut.

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{\text{nilai terukur} - \text{nilai aktual}}{\text{nilai aktual}} \times 100\%$$

Ket :

Nilai terukur = hasil pengujian

Nilai aktual = nilai set point pada algoritma.