

Perancangan Dan Implementasi Mesin Kopi Dengan Metode *Pour Over* Berbasis Mikrokontroler

1st Reza Hutomo Abdy Nugroho

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

rezahutomo@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Erwin Susanto

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

erwinelektro@telkomuniversity.ac.id

3rd Rizki Ardianto Priramadhi

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

rizkia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pada saat ini budaya mengonsumsi kopi sudah mulai berkembang, hal ini dipengaruhi oleh penikmat kopi yang ingin merasakan cita rasa kopi yang bermacam-macam dalam menikmati kopinya. Salah satu teknik penyajian yang sedang ramai yaitu teknik *manual brewing*. Yaitu sebuah teknik menyeduh kopi dengan menggunakan alat-alat yang manual dan salah satu metodenya adalah *pour over*. Hal ini disebabkan karena hasil seduhan yang didapat berbeda-beda tergantung metodenya yang menghasilkan cita rasa kopi yang menarik. Namun dengan metode ini cukup memakan waktu dan presisi seduhan dalam proses penyeduhannya karena melewati beberapa tahapan, sehingga membuat kerja barista disebuah *coffee shop* kurang efisien dan akurat dalam pengerjaannya. Dalam perancangan ini akan dibuat sebuah alat kopi dengan metode *pour over* berbasis mikrokontroler. Dengan dirancangnya alat ini diharapkan dapat membuat pekerjaan barista disebuah *coffee shop* dapat lebih efisien dan akurat dalam pengerjaannya. Alat ini dapat bekerja dimulai dari proses memanaskan air dengan suhu 85°C hingga proses ekstraksi kopi dengan mengalirkan air dari tabung dan juga menggunakan pola tuangan untuk menghasilkan ekstraksi terhadap bubuk kopi yang diseduh.

Kata kunci— Manual Brewing, Pour Over, Microcontroller

I. PENDAHULUAN

Saat ini teknik *manual brewing* sudah mulai banyak digemari para penikmat kopi. Sebelum itu kopi hanya diseduh dengan metode tubruk atau disajikan dalam bentuk *espresso*. Dengan ramainya konsumsi kopi menggunakan metode *manual brew* membuat operasional didalam *coffee shop* cukup memakan waktu dalam pengerjaan barista yang membuat kurang efisien dan akurat dalam penyeduhannya. Salah satunya teknik penyeduhan dengan metode *pour over* dalam proses penyeduhannya tidak bisa bekerja sendiri dan membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga kurang efisien karena memang prosesnya tidak bisa disajikan dengan cepat.

Metode *pour over* dalam pembuatannya memiliki beberapa tahap yang perlu diperhatikan. Dimulai dari memanaskan air pada *kettle*, menyiapkan biji kopi yang sudah ditakar serta digiling, menyiapkan timbangan, *server* kopi, *dripper*, *paper filter*, lalu menyeduh kopi dengan tahapan seduh untuk menghasilkan seduhan yang kompleks, optimal, dan juga ekstraksi yang tepat sampai disajikan kepada pelanggan.

Maka pada tugas akhir ini dibuat sebuah mesin kopi dengan metode *pour over* berbasis mikrokontroler guna untuk mempermudah dan membuat proses lebih efisien dan akurat bagi barista di setiap *coffee shop*.

II. KAJIAN TEORI

A. Manual Brewing

Akhir-akhir ini semakin banyak kedai kopi baru bermunculan, sebab dari itu semakin banyak *supply & demand* terhadap kopi itu sendiri. Meminum kopi sekarang sudah menjadi budaya sehari-hari setiap orang. Dengan maraknya kedai kopi, setiap kedai kopi menyajikan kopi yang berbeda-beda dengan teknik dan metodenya dengan cita rasa kopi yang khas untuk dinikmati.

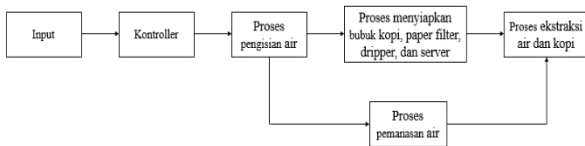
Berbeda cara pembuatan kopi, maka akan berbeda pula rasa kopi yang dihasilkan. Salah satu teknik penyajian kopi yang terkenal adalah teknik *manual brewing*. *Manual brewing* merupakan teknik menyeduh kopi yang dibuat secara manual tanpa menggunakan mesin seperti hal nya mesin *espresso* [1].

Macam-macam metode yang ada dalam teknik *manual brewing* ini cukup membuat para penyeduh kopi bisa mengeksplor setiap seduhannya. Dikarenakan setiap metode yang digunakan mempunyai cara yang berbeda-beda. Beberapa macam metode dalam teknik *manual brewing* ada metode *French Press*, *Pour Over*, *Aeropress*, *Syphon*, *Cold Brew*, *Cold Drip*, *Vietnam Drip*, dan Tubruk.

Pada perancangan ini metode yang akan digunakan sebagai proses pembuatan kopi yaitu dengan metode *pour over*. Dikarenakan pada saat ini metode *pour over* banyak digemari para penikmat kopi sampai sudah diadakan kompetisinya hingga ajang kelas dunia. Proses pembuatan kopi dengan metode *pour over* jauh lebih menghasilkan seduhan yang kompleks dan optimal.

Kompleks serta optimal memiliki arti dimana hasil seduhan kopi yang dibuat dapat sesuai tahapan yang sempurna dan rasa yang dihasilkan memiliki rasa dan aroma yang seimbang dari mulai tingkat kemanisan dan keasamannya [10].

Konsep solusi dari proses kerja mesin kopi dengan metode *pour over* digambarkan dalam diagram.



GAMBAR 1
Diagram mesin kopi *pour over*

Mesin kopi dengan metode *pour over* ini dirancang untuk memudahkan pekerjaan barista menjadi lebih efisien dan akurat. Prinsip dan cara kerja dari proses pembuatan kopi dengan metode *pour over* adalah sebagai berikut

1. Proses diawali dengan air yang diisi pada tabung dengan kondisi suhu ruangan.



GAMBAR 2
Pengisian air

2. Setelah itu air masuk ke dalam proses pemanasan. Ada beberapa hal dilakukan selagi menunggu proses memanaskan air seperti menyiapkan *paper filter* sebagai media penyaring, *dripper* sebagai perantara ekstraksi kopi, *server* sebagai tempat menampung hasil dari seduhan kopi, dan menggiling biji kopi yang akan diseduh.



GAMBAR 3
Proses penyiapan

3. Dalam proses pemanasan air, terdapat elemen pemanas dan sensor suhu yang dipasang pada tabung. Hal ini dibutuhkan untuk mendapatkan suhu ideal untuk menyeduh kopi dengan metode *pour over*.
4. Setelah air sudah mencapai suhu yang ditentukan dan perlengkapan lainnya sudah dipersiapkan maka proses selanjutnya adalah proses menyeduh kopi.



GAMBAR 4
Proses menyeduh kopi

5. Dalam proses menyeduh, terjadi sebuah ekstraksi bubuk kopi dengan air. Air yang dituang dilakukan dengan beberapa tahapan tuangan. Proses dilakukannya tahapan tuangan dikarenakan agar ekstraksi kopi dapat menghasilkan seduhan yang kompleks dan optimal [2]. Untuk mengetahui rumus hasil ekstraksi air terhadap kopi maka rumusnya adalah

$$\text{Extraction yield} = \frac{\text{TDS} \times \text{Brew coffee}}{\text{Coffee ground}}$$

B. Metode *Pour Over*

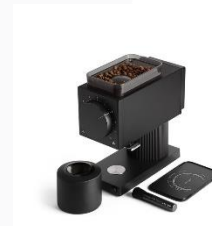


GAMBAR 5
Metode *Pour Over*

Metode *pour over* melibatkan proses penuangan air panas melalui bubuk kopi. Air mengalir menuju kopi dan disaring lalu menuju kedalam *server* sebagai penampung hasil seduhan [4].

Metode *pour over* menghasilkan rasa yang kompleks dan optimal dibandingkan dengan metode lainnya. Hal ini yang menyebabkan banyak disukai karena rasa dan aromanya yang kompleks lebih menonjol.

1. Alat yang dibutuhkan
 - a. Penggiling



GAMBAR 6
Penggiling

Alat ini digunakan untuk menggiling kopi yang masih berbentuk biji dengan hasil gilingan yang dapat disesuaikan ukurannya. Untuk ukuran gilingan dengan seduhan metode *pour over* yaitu menggunakan gilingan *medium* atau setara ukuran gula pasir.

- b. Teko



GAMBAR 7
Teko

Alat ini digunakan sebagai media untuk menuangkan air yang sudah dipanaskan untuk dituangkan ke bubuk kopi. Teko digunakan agar tuangan yang di alirkan kedalam bubuk kopi bisa stabil sehingga tidak akan terjadi agitasi yang tidak stabil pada saat proses ekstraksi.

- c. *Thermometer*



GAMBAR 8
Thermometer

Alat ini digunakan sebagai parameter suhu air yang digunakan untuk menyeduh kopi. Dengan suhu yang ditargetkan, maka kopi yang diseduh akan menghasilkan rasa yang kompleks dan optimal. Jika seduhan dengan suhu air yang rendah akan menghasilkan seduhan yang asin dan asam dikarenakan ekstraksi rendah atau disebut *under extract*. Jika seduhan dengan suhu air yang tinggi akan menghasilkan seduhan yang pahit dan tidak nyaman di mulut dikarenakan ekstraksi berlebih atau disebut *over extract*.

d. Dripper



GAMBAR 9
Dripper V60

Alat ini digunakan sebagai media untuk menyaring seduhan kopi dan juga menyimpan *paper filter* dan bubuk kopi yang akan diseduh. *Dripper* ini memiliki bentuk yang bermacam macam seperti V60, *Flat Bottom*, *Wave*, dll. Berfungsi menghasilkan karakter seduhan yang berbeda-beda di setiap jenis *dripper* yang dipakai. Dalam perancangan alat ini, *dripper* yang akan digunakan sebagai media untuk menyeduh bubuk kopi yaitu menggunakan V60.

e. Paper Filter



GAMBAR 10
Paper Filter

Alat ini digunakan sebagai penyaring bubuk kopi dengan hasil seduhan kopinya nanti. Sehingga hasil seduhan kopi akan bersih dan juga tidak ada bubuk kopi yang terminum karena sudah tersaring oleh *paper filter*.

f. Server



GAMBAR 11
Server

Alat ini digunakan sebagai penampung hasil seduhan kopi yang sudah diekstraksi sebelumnya dan ditampung ke dalam *server* hingga dituangkan ke dalam gelas untuk disajikan.

g. Timbangan



GAMBAR 12
Timbangan

Alat ini digunakan sebagai parameter atau indikator takaran kopi dan seduhan kopi agar mencapai hasil seduhan yang akurat sesuai target seduh yang sudah ditentukan.

2. Kopi yang digunakan

a. Roasting Profile



GAMBAR 13
Roasting Profile

Roasting profile atau tingkat kematangan sangrai kopi berpengaruh terhadap rasa dari seduhan kopi yang dihasilkan. Berbagai macam *Roasting profile* untuk biji kopi dari mulai *light roast*, *medium roast*, hingga *dark roast*. Untuk *Roasting profile* kopi yang diseduh dengan metode *pour over* menggunakan *profile medium roast* karena dapat mengeluarkan rasa dan aroma yang optimal dari hasil seduhannya.

b. Ukuran Gilingan



GAMBAR 14
Ukuran gilingan

Ukuran bubuk kopi yang digiling berpengaruh terhadap hasil ekstraksi kopi. Semakin halus bubuk kopi ekstraksi kopi semakin tinggi dan semakin kasar bubuk kopi ekstraksi kopi akan semakin rendah. Maka dalam metode *pour over* digunakan *grind size medium* atau setara dengan ukuran gula pasir untuk mengoptimalkan hasil seduhannya.

c. Rasio

Untuk rasio yang digunakan dalam ekstraksi kopi berbeda-beda sesuai target yang diinginkan. Dimulai dari 1 banding 10 hingga 1 banding 20, sebagai contoh jika menggunakan rasio kopi 1 banding 15 maka dalam 1 gram kopi menggunakan 15 ml air untuk ekstraksi seduhan kopi.

3. Suhu air

Menyeduh kopi menggunakan metode *pour over* diperlukan suhu air yang tepat. Suhu air berperan penting dalam proses penyeduhan kopi. Semakin rendah suhu air yang digunakan, maka menghasilkan ekstraksi yang rendah atau disebut *under extract* [10].

Suhu air yang ideal bisa berbeda-beda tergantung dari metode yang dipakai dan dari kopinya itu sendiri. Disarankan untuk memulai penyeduhan kopi dengan suhu antara 80 hingga 95 derajat celcius dikarenakan suhu tersebut cukup untuk menghasilkan ekstraksi yang kompleks dan ideal.

4. Teknik Tuangan

Membuat kopi dengan metode *pour over* membutuhkan teknik yang harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil seduhan yang kompleks dan optimal. Menggunakan teknik yang buruk memungkinkan hasil menjadi tidak optimal.

Dengan teknik seduh kopi yang direndam "*Immersion*" seperti alat seduh *French Press*, bubuk kopi dan air bersatu selama proses ekstraksi. Berbeda dengan metode *Pour Over* yang menggunakan teknik tuangan yang mengalir untuk menciptakan ekstraksi maksimal sehingga menghasilkan seduhan yang kompleks dan optimal.

Menuangkan air untuk metode *Pour Over* tanpa teknik yang tepat akan membuat hasil yang buruk. Dikarenakan air mengalir menuju bubuk kopi yang diarahkan. Air akan mencari jalur yang tidak resistan terhadap bubuk kopi. Sehingga menyebabkan ekstraksi yang berlebih, sedangkan bubuk kopi di area yang tidak tertuang air masih kering dan tidak mendapatkan ekstraksi. Hal ini dapat menghasilkan seduhan yang tidak seimbang dan menyebabkan rasa yang tidak enak.

C. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan mikrokomputer yang memiliki *chip* berupa IC (*Integrated Circuit*). Biasanya tidak membutuhkan perhitungan yang kompleks dan digunakan pada sistem yang kecil. Mikrokontroler berisikan bagian-bagian seperti CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), ROM (*Read Only Memory*), dan Port I/O (*Input/Output*). Mikrokontroler tertentu ada yang menyertakan USB Controller, ADC (*Analog To Digital Converter*), CAN (*Controller Area Network*), serta dapat melakukan komunikasi serial, interupsi, dll [5].

Mikrokontroler memiliki jalur *input* dan *output* yang digunakan dalam aplikasi pengontrolan, penyajian informasi, serta membaca data. *Input* digunakan untuk memasukan informasi atau data dari luar ke mikrokontroler. Sebagai contoh yang digunakan seperti saklar yang dihubungkan pada kaki mikrokontroler. Mikrokontroler tertentu berisikan ADC (*Analog To Digital Converter*) dengan sebagian jalur *input* dan *output*nya yang digunakan sebagai *input* analog. Jalur ini bisa digunakan seperti pada pembacaan tegangan dari sensor suhu analog. *Output* digunakan untuk mengeluarkan informasi atau data dari mikrokontroler. Sebagai contoh untuk dapat mengendalikan perangkat seperti relay, motor, LED, dan menampilkan informasi melalui perangkat seperti LCD.

D. Arduino

Arduino merupakan *prototyping* yang bersifat *open source*. Hardware Arduino berupa board *input* dan *output* yang terdapat mikrokontroler AVR buatan dari perusahaan Atmel. Software Arduino terdiri dari IDE (*Integrated Development Environment*). IDE memungkinkan untuk menulis program, mengkonversi menjadi instruksi, dan mengedit program untuk diteruskan pada papan Arduino [5].

Berikut adalah beberapa jenis Arduino yang disesuaikan dengan peruntukannya

1. Arduino Uno yaitu jenis arduino yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino ini memiliki 14 pin *input* dan *output* digital dan juga 6 pin *input* analog. Board arduino ini memiliki USB, *jack* sebagai sumber tegangan, dan header ICSP.
2. Arduino Micro yaitu jenis arduino yang menggunakan mikrokontroler ATmega32U4. Arduino ini memiliki 20 pin *input* dan *output* digital dan juga 12 pin *input* analog. Board arduino ini memiliki port koneksi header ICSP dan micro USB.
3. Arduino Mega yaitu jenis arduino yang menggunakan mikrokontroler ATmega2560 diperuntukan untuk keperluan yang lebih kompleks. Arduino ini memiliki 54 pin *input* dan *output* digital dan juga analog 16 pin dan 4 UART komunikasi serial. Board arduino ini memiliki koneksi header ICSP, sumber tegangan, dan USB.

E. Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan katup yang digerakan oleh energi listrik dengan digerakan oleh arus AC maupun DC. Elemen ini sering digunakan dalam kontrol sistem fluida. Seperti pada sistem hidrolik, pneumatik, maupun sistem kontrol yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Contohnya pada sebuah tabung air yang menggunakan solenoid valve sebagai pengatur pengisian air untuk mengontrol tingkatan yang perlu diisi. Atau pada sistem pneumatik untuk mengontrol saluran tekanan udara menuju aktuator [6].

Solenoid valve memiliki cara kerja bila sebuah kumparan mendapatkan tegangan atau arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja yang diproses. Pada umumnya tegangan kerja pada solenoid valve yaitu 100/200 VAC dan pada tegangan DC sebesar 12/24 VDC. Lalu dari kumparan akan menghasilkan medan magnet sehingga akan menggerakkan pin yang ada didalamnya. Pada saat itu pin tersebut bergerak, sehingga menyebabkan fluida akan dapat mengalir.

F. Motor Stepper

Motor stepper merupakan motor DC yang tidak memiliki komutator. Pada dasarnya motor stepper hanya memiliki kumparan pada bagian stator, sedangkan pada bagian rotor berupa magnet permanen. Oleh sebab itu motor stepper dapat diatur gerakannya ke posisi tertentu atau dapat berputar sesuai arah yang diinginkan. Terdapat tiga jenis motor stepper yaitu motor stepper magnet permanen, *hybrid*, dan *variable reluctance*. Pada ketiga jenis ini memiliki fungsi yang sama, namun terdapat perbedaan pada beberapa aplikasinya [7].

Motor stepper dapat berputar dengan sudut step yang berbagai macam. Ukuran step dapat berada pada sudut 0.9° hingga 90° tergantung pada kebutuhan yang diinginkan. Dengan adanya macam sudut step tersebut dapat memudahkan melakukan pengontrolan. Serta dapat menggunakan sinyal digital tanpa harus menggunakan rangkaian *closed loop feedback* untuk mengontrol posisinya. Maka motor stepper digunakan sebagai aktuator yang menggunakan rangkaian digital untuk pengontrolannya.

G. Relay

Relay adalah saklar yang merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari elektromagnet berupa

kumparan dan mekanikal yang berupa saklar. Pada dasarnya relay terdiri dari empat komponen dasar seperti kumparan elektromagnet, saklar, *armature*, dan *spring*. Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar. Maka dengan arus listrik yang rendah dapat menghantarkan listrik yang memiliki tegangan yang tinggi [8].

Relay terdiri dari dua jenis yaitu *normally close* (NC) dimana kondisi awal sebelum aktif akan berada pada posisi close (tertutup) dan *normally open* (NO) dimana kondisi awal sebelum aktif akan berada pada posisi open (terbuka).

H. Elemen Pemanas

Elemen pemanas adalah komponen yang dapat merubah energi listrik menjadi energi panas. Komponen ini terbuat dari resistor yang bekerja berdasarkan prinsip kerja Joule. Dimana arus listrik yang melewati hambatan akan merubah suatu energi listrik menjadi energi panas. Elemen pemanas ini terbuat dari sebuah kawat yang berbahan *nichrome* dengan kandungan 80% nikel dan 20% krom. Bahan ini memiliki resistansi yang tinggi sehingga baik untuk melakukan proses dari energi listrik menjadi energi panas [9].

I. Sensor Suhu

Sensor suhu adalah sebuah komponen sensor pembaca suhu. Pada sensor ini terdapat kabel yang panjang, namun tidak akan mempengaruhi proses data dikarenakan memiliki output data digital. Dalam proses pembacaan suhu, pada sensor ini digunakan sistem *one wire communication* yang dapat membutuhkan hanya satu pin *input* dan *output* untuk bekerja pada sebuah mikrokontroler. Sensor suhu ini memiliki kemampuan mengukur suhu dari -55°C hingga 125°C [9].

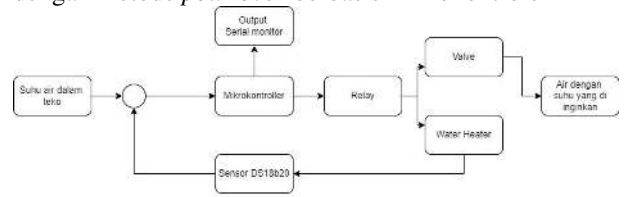
III. METODE

A. Desain Sistem

Pada perancangan ini, sistem yang dibuat merupakan sistem pembuat kopi *pour over* dengan sistem terdapat perancangan pemanas air dan perancangan sistem ekstraksi kopi. Untuk pemanasan air digunakan elemen pemanas dan juga ditambah sensor suhu DS18B20 untuk menargetkan suhu yang akan ditentukan. Untuk ekstraksi kopi sistem menggunakan *solenoid valve* sebagai pengontrol air yang akan dikeluarkan untuk menyeduh kopi, serta *motor stepper* yang akan berfungsi sebagai pemutar kopi pada *dripper* untuk menciptakan ekstraksi kopi dengan pola tuangan agar dapat menghasilkan seduhan kopi yang kompleks dan merata.

1. Diagram Blok

Berikut adalah gambar diagram blok mesin kopi dengan metode *pour over* berbasis mikrokontroler



GAMBAR 15

Blok diagram perancangan sistem

2. Fungsi dan Fitur

Fungsi dari alat yang dirancang adalah sebagai berikut

- Untuk memudahkan proses pembuatan kopi dengan metode *pour over* agar lebih efisien dan akurat.
 - Untuk menghasilkan satu kali seduhan kopi *pour over*
- Fitur dari alat yang dirancang adalah sebagai berikut
- Tabung air dengan pemanas, yang dapat memanaskan air hingga 85°C .
 - Air yang dikeluarkan bisa diatur, sehingga dapat menciptakan variabel seduhan yang kompleks terhadap ekstraksi kopi dengan air.

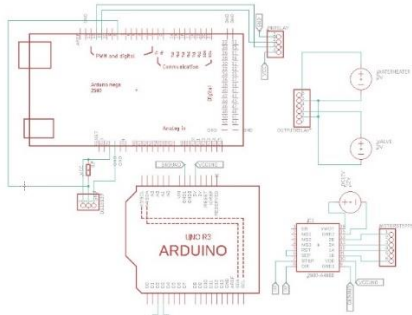
TABEL 1

Spesifikasi Arduino Mega 2560 dan Uno R3

Spesifikasi	Arduino Mega 2560	Arduino Uno R3
Mikrokontroler	Atmega2560	Atmega328P
Tegangan Operasi	5 Volt	5V
Tegangan Input	7 – 12 Volt	7 – 12 Volt
Batas Tegangan	6 – 20 Volt	6 – 20 Volt
Pin Digital	54	14
Pin PWM	15	6
Pin Analog	16	6
Arus Pin Digital	40 mA	20 mA
Arus Pin 3,3 V	50 mA	50 mA
Memori	256 KB	32 KB
SRAM	8 KB	2 KB
EEPROM	4 KB	1 KB

- Motor yang berputar dibawah *dripper* dan *server* ketika seduhan berlangsung agar dapat membuat ekstraksi dengan pola tuangan sehingga seduhan yang dibuat merata.

B. Desain Perangkat Keras



GAMBAR 16
Desain Perangkat Keras

1. Spesifikasi Komponen

Untuk spesifikasi komponen dilakukan beberapa perbandingan terhadap alat yang akan digunakan. Tujuannya agar dapat diputuskan alat apa yang akan digunakan dari segi manfaat, efisiensi, harga, dll.

a. Mikrokontroler

Berikut adalah perbandingan spesifikasi dari mikrokontroler arduino mega 2560 dan arduino uno R3 yang akan digunakan sebagai mikrokontroler pada sistem ini



GAMBAR 17
Arduino Mega (kiri) dan Arduino Uno R3 (kanan)

Pada perancangan sistem ini mikrokontroler yang akan digunakan yaitu arduino mega 2560 untuk komponen relay, sensor suhu, dan *solenoid valve* serta arduino uno r3 untuk komponen motor *stepper*. Alasannya dikarenakan perancangan mengendalikan lebih dari satu komponen pada suatu rangkaian mikrokontroler, serta untuk motor *stepper* dipisah dikarenakan proses pemrograman alat tidak bisa berjalan secara bersamaan sehingga perlu dipisahkan.

b. Solenoid Valve

Berikut adalah spesifikasi dari *solenoid valve* yang akan digunakan dalam perancangan ini



GAMBAR 18
Solenoid Valve

TABEL 2
Spesifikasi *Solenoid Valve*

Spesifikasi	Solenoid Valve ¼ Inch	Solenoid Valve ¾ Inch
Diameter	¼ Inch	¾ Inch
Tegangan	12 V	12 V
Batas Temperatur	-10°C - 120°C	-10°C - 120°C

Batas Tekanan	0 – 90 PSI	0 – 90 PSI
Power	18 watt	18 watt

Pada perancangan sistem ini solenoid valve yang akan dipakai yaitu jenis solenoid valve ukuran diameter ¾ inch guna untuk bisa menghasilkan bukaan katup sehingga proses pengaliran air dapat berjalan lancar serta menyesuaikan kepada tabung yang digunakan.

c. Motor Stepper

Berikut adalah spesifikasi dari *motor stepper* yang akan digunakan dalam perancangan ini



GAMBAR 19
Motor stepper 28BYJ (kiri) dan *Motor stepper Nema 17* (kanan)

TABEL 3
Spesifikasi *Motor Stepper*

Spesifikasi	Motor Stepper 28BYJ	Motor Stepper Nema 17
Tegangan	5V	12V
Dimensi	45 x 30 mm	42 x 48 mm
Phases	4	4/2
Berat	33.3 gram	390 gram
Rasio Kecepatan	1/64	1/64
Sudut Langkah	5.625° /64	5.625° /64
Frekuensi	100Hz	100Hz
Resistansi DC	50Ω±7%(25 °C)	30Ω±7%(25 °C)
Resistansi Terisolasi	>10MΩ(500 V)	>100MΩ
Daya Listrik Terisolasi	600VAC/1m A/1s	500VAC

Dari spesifikasi diatas, alat yang akan digunakan dalam perancangan ini yaitu motor stepper nema 17 dikarenakan berat dan dimensinya cukup untuk menahan beban yang akan berputar agar stabil.

d. Elemen Pemanas

Berikut adalah spesifikasi dari elemen pemanas yang akan digunakan dalam perancangan ini



GAMBAR 20 Elemen Pemanas

TABEL 4 Spesifikasi Elemen Pemanas

Spesifikasi	Heating Element 350	Heating Element 600
Tegangan	220V / 50Hz	220V / 50Hz
Power	350W	600W

Dari spesifikasi diatas, alat yang akan digunakan sebagai elemen pemanas air dalam perancangan ini yaitu dengan *power* 350 watt. Dikarenakan *power* yang tidak terlalu besar dapat bermanfaat dalam efisiensi daya.

e. Sensor DS18B20

Berikut adalah spesifikasi dari sensor suhu air yang akan digunakan dalam perancangan ini



GAMBAR 21 Sensor DS18B20

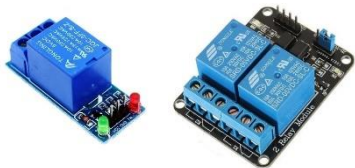
TABEL 5 Spesifikasi Sensor DS18B20

Spesifikasi	DS18B20 Waterproof	DS18B20 Non Waterproof
Tegangan	3V – 5,5V	3V – 5,5V
Suhu Operasi	-55°C - 125°C	-55°C - 125°C
Akurasi	±0,5°C	±0,5°C
Konektor	RJ11 / RJ12	RJ11 / RJ12
Casing	Waterproof	Non Waterproof

Dari spesifikasi diatas, komponen yang akan digunakan untuk sesnsor pembaca suhu air pada perangkat ini yaitu sensor DS18B20 *Waterproof*. Dikarenakan komponen sudah anti air dan dalam perancangan nya komponen disimpan didalam tabung air.

f. Relay

Berikut adalah spesifikasi dari *relay* yang akan digunakan dalam perancangan ini



GAMBAR 22

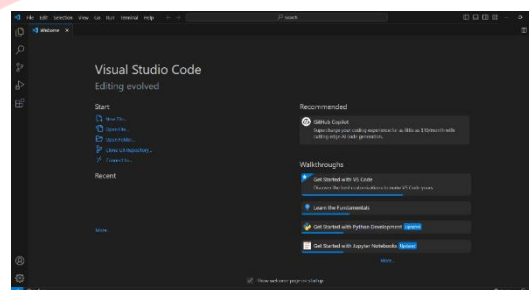
Relay 1 channel (kiri) dan relay 2 channel (kanan)

TABEL 6
Spesifikasi Relay

Spesifikasi	Relay 1 Channel	Relay 2 Channel
Tegangan	3.75V – 6V	3.75V – 6V
Arus Diam	2mA	5mA
Arus Aktif	±70mA	±140mA
Tegangan Kontak Maksimum	250VAC	250VAC
Arus Maksimum	10A	10A

Dari spesifikasi diatas, dalam perancangan ini komponen *relay* yang akan digunakan yaitu *relay 2 channel*. Dikarenakan pengoperasian setiap komponen berbeda maka masing-masing menggunakan *relay*nya sendiri agar dapat diatur kapan untuk menyala dan kapan dimatikan.

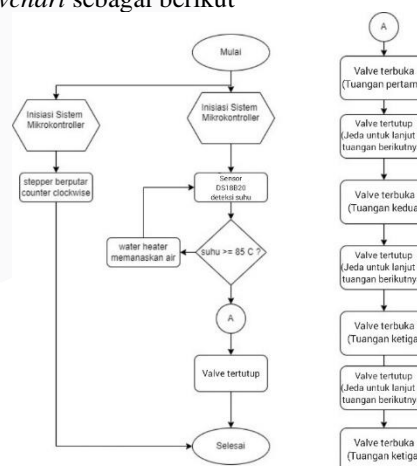
C. Desain Perangkat Lunak



GAMBAR 23

Tampilan Pemrograman Arduino

Perangkat lunak untuk perancangan alat ini menggunakan pemrograman Arduino dengan *visual studio code*, serta desain perangkat lunak sistem perancangan alat ini dijelaskan melalui *flowchart* sebagai berikut



GAMBAR 24

Flowchart sistem

Pada *flowchart* ini dijelaskan bahwa ketika inisiasi dimulai sensor suhu DS18B20 akan membaca suhu air. Ketika suhu air kurang dari 85°C maka pemanas akan menyala, sedangkan pemanas akan mati ketika suhu air mencapai batas 85°C. Setelah itu *solenoid valve* akan berjalan untuk melakukan proses ekstraksi kopi dengan air.

Solenoid valve akan mati dan menyala selama proses ekstraksi kopi agar dalam seduhan kopi dapat menciptakan interval tuangan yang akan menghasilkan seduhan kopi yang kompleks sesuai dengan variabel seduhan kopi yang sudah ditentukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Percobaan

Dalam bab ini dijelaskan tentang pengujian dan analisis dari rangkaian alat yang dibuat. Pengujian alat dilakukan dengan cara uji coba komponen seperti pengujian sensor suhu terhadap komponen pemanas dan juga pengujian *solenoid valve* terhadap air yang akan dikeluarkan. Keseluruhan dilakukan agar dapat menghasilkan kerja alat yang sesuai dengan capaian sehingga proses pembuatan kopi dengan teknik *manual brew* dan proses metode *pour over* dapat berjalan baik dan menghasilkan seduhan kopi yang kompleks dan optimal.

Parameter seduh yang akan digunakan dalam percobaan alat ini serta rasa yang dihasilkan pada seduhan kopi yang dibuat bertujuan untuk dapat menghasilkan seduhan yang kompleks dan optimal dijelaskan dalam tabel sebagai berikut



GAMBAR 25
Alat seduh kopi

TABEL 7 Parameter dan rasa seduhan kopi	
Parameter	Keterangan
Asal biji kopi	Kamojang, Jawa Barat
Karakter rasa biji kopi	Mangga, beri, floral
Ukuran gilingan	Medium
Rasio seduh	1 : 15
Gramasi kopi	16 gram
Suhu air yang digunakan	85°C
Air yang digunakan	240 ml
Ketinggian air terhadap kopi	10 cm

B. Pengujian Sensor Suhu terhadap Komponen Pemanas

Sensor suhu yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sensor suhu DS18B20 *waterproof*. Pengujian dilakukan dengan memanaskan air menggunakan komponen pemanas bertegangan 350 watt

untuk mendapatkan nilai suhu dan akurasi yang akan dicapai. Dilakukan kalibrasi sensor terlebih dahulu untuk menentukan serta memastikan komponen yang digunakan berjalan dengan baik. Pengujian sensor dilakukan dengan percobaan menggunakan berbagai target suhu yang diatur guna untuk mengetahui tingkat akurasi suhu yang akan dicapai untuk selanjutnya diteruskan menuju *solenoid valve*.



GAMBAR 26
Kalibrasi sensor suhu

TABEL 8
Data pengujian sensor suhu

Pengujian Ke -	Target suhu air (°C)			Rata-rata (%)
	45°C	65°C	85°C	
1	40,31	60,13	80,25	
2	40,50	60,44	80,12	
3	42,81	60,44	80,12	
4	40,94	60,88	80,25	
5	40,50	60,19	80,12	
6	43,94	60,00	80,37	
7	40,88	60,63	80,25	
8	40,56	60,31	80,37	
9	40,81	60,44	80,31	
10	40,88	60,19	80,06	
11	40,21	60,21	80,13	
12	40,50	60,18	80,31	
13	40,82	60,33	80,25	
14	40,56	60,44	80,05	
15	40,30	60,43	80,22	
16	42,31	60,22	80,12	
17	40,83	60,30	80,15	
18	41,94	60,21	80,25	
19	40,29	60,44	80,32	
20	42,56	60,35	80,13	
21	42,50	60,88	80,05	
22	40,50	60,88	80,28	
23	42,21	60,25	80,23	
24	42,50	60,19	80,14	
25	40,95	60,88	80,35	
26	42,22	60,37	80,25	
27	42,23	60,15	80,38	
28	41,82	60,22	80,12	
29	40,51	60,18	80,22	
30	40,21	60,44	80,34	
Rata-rata	41,27	60,37	80,22	
Error (%)	9,03	7,66	5,95	7,55
Akurasi (%)	90,97	92,34	94,05	92,45

Nilai perhitungan dari pengujian pada tabel didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

$$Akurasi = 100 \% - \% Error$$

Dimana nilai $\% Error$ didapatkan melalui persamaan

$$\% Error = \frac{Nilai\ pengukuran - Nilai\ sebenarnya}{Nilai\ sebenarnya} \times 100$$

1. Hasil dan Analisa

Dalam tabel merupakan hasil dari analisa pengujian dari sensor suhu. Pada pengaplikasiannya berupa pembacaan dari akurasi sensor terhadap hasil suhu air yang didapat ketika mencapai target suhu yang ditentukan. Nilai rata-rata *error* pada pengujian tersebut didapatkan sebesar 7,55% dengan akurasi sebesar 92,45%.

C. Pengujian Solenoid Valve terhadap Air yang dikeluarkan

Solenoid valve yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk mengalirkan air yang ada dalam tabung untuk di salurkan ke *dripper* yang nantinya digunakan untuk menyeduh kopi. Dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu untuk menentukan serta memastikan komponen yang digunakan berjalan dengan baik. Pengujian *solenoid valve* bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi jumlah air yang dihasilkan untuk setiap variabel tuangan yang diperlukan untuk menyeduh kopi hingga selesai.



GAMBAR 27
Kalibrasi *solenoid valve*

TABEL 9
Data pengujian *solenoid valve*

Pengujian Ke -	Variabel tuangan air (ml)				Rata-rata (%)
	30 ml	70 ml	70 ml	70 ml	
1	30,3	70,1	70,2	70,1	
2	30,4	70,4	70,2	70,2	
3	30,0	70,1	70,3	70,0	
4	30,2	70,3	70,4	70,1	
5	30,4	70,3	70,2	70,0	
6	30,2	70,4	70,3	70,4	
7	30,0	70,2	70,0	70,1	
8	30,3	70,0	70,2	70,1	
9	30,2	70,1	70,2	70,0	
10	30,0	70,0	70,1	70,2	
11	30,2	70,4	70,1	70,4	
12	30,3	70,1	70,3	70,0	
13	30,0	70,2	70,1	70,2	
14	30,4	70,0	70,2	70,4	
15	30,2	70,2	70,3	70,2	

16	30,2	70,1	70,4	70,2	
17	30,0	70,3	70,0	70,3	
18	30,3	70,4	70,3	70,0	
19	30,3	70,2	70,4	70,1	
20	30,4	70,0	70,1	70,2	
21	30,2	70,1	70,2	70,1	
22	30,0	70,1	70,0	70,1	
23	30,2	70,4	70,2	70,2	
24	30,3	70,0	70,3	70,1	
25	30,4	70,1	70,2	70,1	
26	30,4	70,3	70,4	70,0	
27	30,3	70,2	70,3	70,0	
28	30,0	70,0	70,1	70,2	
29	30,2	70,0	70,3	70,3	
30	30,3	70,4	70,2	70,1	
Rata-rata	30.2	70.2	70.2	70.1	
Error (%)	0.6	0.2	0.2	0.1	0.3
Akurasi (%)	99.4	99.8	99.8	99.9	99.7

Nilai perhitungan dari pengujian pada tabel didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut

$$Akurasi = 100 \% - \% Error$$

Dimana nilai $\% Error$ didapatkan melalui persamaan

$$\% Error = \frac{Nilai\ pengukuran - Nilai\ sebenarnya}{Nilai\ sebenarnya} \times 100$$

2. Hasil dan Analisa

Dalam tabel merupakan hasil dari analisa pengujian dari *solenoid valve*. Pada pengaplikasiannya berupa pembacaan dari akurasi hasil air yang dapat di alirkan melalui *solenoid valve* ke *dripper* dengan satuan berupa mililiter. Nilai rata-rata *error* pada pengujian tersebut sebesar 0,3% dengan akurasi sebesar 99,7%.

D. Hasil percobaan

Setelah dilakukan pengujian alat, langkah selanjutnya membuktikan bahwa hasil seduhan kopi dengan menggunakan alat ini dan dengan tanpa menggunakan alat terdapat perbedaan. Maka dilakukan pengukuran waktu pembuatan kopi serta survey terhadap beberapa responden untuk membuktikannya.

TABEL 10
Pengukuran waktu seduh

	Menggunakan alat	Tanpa menggunakan alat
Pengukuran waktu	9 menit 15 detik	11 menit 37 detik

TABEL 11
Survey responden

Nama	Kelamin	Waktu pembuatan	Hasil seduhan
Ardelia	Wanita	Lebih cepat	Lebih enak
Fuja	Wanita	Lebih cepat	Sama saja
Sena	Pria	Lebih cepat	Lebih enak
Ghifari	Pria	Lebih cepat	Sama saja
Jingga	Pria	Lebih cepat	Lebih enak

Dari hasil kedua tabel diatas membuktikan bahwa waktu pembuatan kopi menjadi lebih cepat menggunakan alat dibanding dengan tidak menggunakan alat. Serta hasil seduhan berdasarkan survey beberapa responden menyatakan bahwa dengan menggunakan alat maka rasanya lebih enak dibandingkan dengan tanpa menggunakan alat.

V. KESIMPULAN

A. Simpulan

Berdasarkan analisis dan percobaan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan untuk tugas akhir ini sebagai berikut

1. Pada pengujian sensor suhu, akurasi sensor terhadap suhu air yang ditentukan saat mencapai target sebesar 92,45% dengan *error* 7,55%.
2. Pada pengujian *solenoid valve*, akurasi hasil dari air yang dapat dialirkan memiliki tingkat akurasi sebesar 99,7% dengan nilai *error* sebesar 0,3%.
3. *Error* yang didapatkan pada pengujian sensor suhu dikarenakan pembacaan sensor suhu memiliki *delay* yang cukup panjang. Maka target suhu yang di set pada mikrokontroler di perpendek agar dapat sesuai target dan tidak terjadi kenaikan suhu yang tidak di inginkan.
4. Dengan dilakukannya pengujian alat dan perbandingan hasil seduhan kopi. Membuktikan bahwa dengan menggunakan alat, waktu pembuatan menjadi lebih cepat serta hasil seduhan berdasarkan survey beberapa responden menyatakan bahwa rasanya lebih enak dibandingkan dengan tanpa menggunakan alat.

B. Saran

Setelah dilakukannya penelitian, terdapat beberapa saran yang bisa digunakan untuk pengembangan penelitian ini agar bisa diaplikasikan pada penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut

1. Untuk media perpindahan air bisa dilakukan menggunakan *solenoid valve* dengan diameter yang lebih kecil lagi untuk lebih menyempurnakan akurasi tingkat air yang dialirkan.
2. Menggunakan komponen sensor suhu yang lebih baik lagi seperti jenis RTD PT1000 *Class A* agar dapat menghindari *delay* serta meningkatkan nilai akurasi antara sensor suhu terhadap air yang dipanaskan.

REFERENSI

- [1] Coffeeland, "Apa itu manual brewing? Hanya sebatas menyeduh kopi sajakah?". Internet: <https://coffeeland.co.id/apa-itu-manual-brewing-hanya-sebatas-menyeduh-kopi-sajakah/>, 6 Desember 2022.
- [2] Scottrao, "Dripp vs immersion". Internet: <https://www.scottrao.com/blog/2017/9/20/immersion-vs-drip-brewing-and-our-first-quiz->, 18 Februari 2018.
- [3] Siti sulbiyah kurniasih, "Rancang bangun alat pengisi air otomatis berbasis mikrokontroller," jurnal coding, sistem komputer untan volume 04, No.3, (2016).
- [4] Perfectdailygrind, "Everything you need to know to brew great pour over coffee". Internet: <https://perfectdailygrind.com/2019/01/everything-you-need-to-know-to-brew-great-filter-pour-over-drip-coffee/>, 25 Januari 2019.
- [5] Hari, arief dharmawan. (2017). Mikrokontroler Konsep Dasar Dan Praktis. UB Press, Malang.
- [6] Robert M. Haney, P.E. (2013). Solenoid Control, Testing, and Servicing. McGraww-Hill.
- [7] Syahrul, "Motor Stepper : Teknologi, Metoda, dan Rangkaian Kontrol" Jurnal ilmiah UNIKOM Volume 6, No.2.
- [8] Muhamad Saleh. "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay." Jurnal teknologi elektro UMB volume 8, No,2 (2017).
- [9] Muhamad Iqbal. "Perancangan dan Implementasi Alat Pengendali Suhu Air Berbasis Mikrokontroler." e-Proceeding of Engineering Volume 4, No.1 (2017).
- [10] Coffeeland. "Tentang ekstraksi kopi dan air pada penyeduhan kopi". Internet: <https://coffeeland.co.id/tentang-ekstraksi-kopi-dan-air-pada-penyeduhan-kopi/>, 10 Mei 2021.
- [11] Kitchenaid. "How to use a kettle". Internet: kitchenaid.com/pinch-of-help/countertop-appliances/how-to-use-a-kettle, 2023.
- [12] Noble house prepared. "Hario v60 glass coffee server". Internet: <https://noblehouseprepared.com/products/hario-v60-glass-coffee-server-size-02-700ml>, 2020.
- [13] Coffeegeek. "How to brew with a hario v60 pour over". Internet: <https://www.coffeegeek.com/guides/hariov60howto/>, 5 Mei 2021.
- [14] Tomsguide. "How to make pour over coffee". Internet: <https://www.tomsguide.com/how-to/how-to-make-pour-over-coffee>, 4 July 2022.
- [15] Otten coffee. "Fellow ode grinder". Internet: <https://ottencoffee.co.id/electric-grinder/fellow-ode-grinder>, 2023.
- [16] Goshencoffee. "Fellow stagg pour over kettle". Internet: <https://goshencoffee.com/products/fellow-stagg-pour-over-kettle>, 2023.
- [17] Brewmaster. "Brewmaster clip on kettle thermometer". Internet: <https://brewmasterwholesale.com/products/brewmaster-brewing-thermometer-2-12.html>, 2023.
- [18] Hario. "Hario v60 glass coffee dripper black 01". Internet: <https://hario.co.id/product/hario-v60-glass-coffee-dripper-black-01/>, 2023.
- [19] Coma coffee. "Hario v60 filters". Internet: <https://www.comacoffee.com/equipment/hario-v60-filters-for-the-02-dripper-white-paper-pack-of-100>, 2023.
- [20] Caffé society. "Coffee roasting". Internet: <https://www.caffesociety.co.uk/coffee-roasting>, 2023.
- [21] Hipwee. "6 rahasia nyeduh kopi tubruk yang minim ampas dan nendang rasanya". Internet: <https://www.hipwee.com/tips/kopi-tubruk/>, 11 Juli 2023.
- [22] Elektrologi. "Perbedaan arduino uno dan arduino mega 2560". Internet: <https://elektrologi.iptek.web.id/perbedaan-arduino-uno-dan-arduino-mega-2560/>, 2 November 2022.

- [23] Amazon. “*Electric solenoid valve*”. Internet: <https://www.amazon.in/Electric-Solenoid-Two-Way-Normally-Nitrile/dp/B09987C9YJ>, 2023.
- [24] Edukasi elektronika. “Motor stepper 28byj-48”. Internet: <https://www.edukasielektronika.com/2020/12/motor-stepper-28byj-48.html>, 2023.
- [25] Components 101. “Nema 17 stepper motor”. Internet: <https://components101.com/motors/nema17-stepper-motor>, 19 Agustus 2019.
- [26] Lazada. “Elemen pemanas air listrik”. Internet: <https://www.lazada.co.id/products/water-heater-air-panas-elemen-pemanas-air-listrik-1000w-stainless-i5661990800-i5661990800.html>, 2023.
- [27] Aksesoris komputer lampung. “Sensor suhu DS18B20”. Internet: <https://www.aksesoriskomputerlampung.com/2019/06/ds18b20-waterproof-temperature.html>, 2023.
- [28] Digi ware. “Relay module 1 channel”. Internet: <https://digiwarestore.com/id/io-module/relay-module-1-channel-5v-with-led-indicator-263068.html>, 2023.
- [29] Shopee. “Relay 2 channel”. Internet: <https://shopee.co.id/Relay-2-Channel-Module-5V-Arduino-Raspberry-Pi-i.22631505.1209566607>, 2023.

