

**DESAIN SISTEM MEKATRONIKA  
PENDISTRIBUSIAN GELAS PADA *SMART COFFE MAKER*  
MENGUNAKAN METODE *FINITE STATE MACHINE***

***MECHATRONIC SYSTEM DESIGN OF GLASS DISTRIBUTION IN  
SMART COFFEE MAKER USING FINITE STATE MACHINE METHOD***

**Dedek Dermawan<sup>1</sup>, Ir. Porman Pangaribuan, M.T<sup>2</sup>,  
Agung Surya Wibowo, S.T.,M.T.<sup>3</sup>**

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi, Dayeuhkolot Bandung 40257 Indonesia

<sup>1</sup>dermawadedek@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>porman@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>agungsw@telkomuniversity.ac.id

---

**Abstrak**

Beberapa masalah bagi pengguna mesin kopi dalam meracik kopi adalah takaran yang tidak sesuai dan proses waktu yang bersifat acak serta mesin yang digunakan pada umumnya masih bersifat manual dalam peracikan maupun penyajiannya. Mesin kopi otomatis diciptakan untuk mempermudah pekerjaan seseorang dalam meracik kopi. Dengan adanya mesin kopi otomatis dapat meminimalisir waktu proses peracikan kopi dan menghilangkan subjektivitas rasa pada kopi karena takaran bahan-bahannya yang telah diatur sesuai standar yang telah ditentukan. mesin kopi otomatis juga dapat menekan biaya operasional kafe dan dapat dikembangkan secara mandiri. dalam pengembangannya dibutuhkan sistem fungsi alih yang dapat meniru peracikan kopi yang umumnya dilakukan secara *handmade*.

Untuk memenuhi tujuan tersebut maka rancang bangun sistem pada penelitian ini menerapkan metode *finite state machine*(FSM). metode ini dipilih karena karakteristiknya yang sederhana sehingga mudah untuk diimplementasikan. Penerapan metode tersebut juga mempermudah ketika ingin mengurangi atau menambahkan varian kopi pada mesin. Pada penelitian ini aliran distribusi gelas pada fase penyimpanan dan peracikan dikendalikan oleh tiap state dari program yang meniru langkah peracikan kopi secara *handmade*. Sistem aktuator yang digunakan berupa kombinasi konveyor dan robot lengan untuk mengendalikan posisi gelas disaat fase peracikan. Sistem distribusi gelas menggunakan sistem umpan balik untuk menjamin bahwa posisi gelas tetap presisi didalam prosesnya.

Sistem yang dibangun memiliki tingkat keberhasilan peracikan kopi 98.62%, nilai ini dipengaruhi oleh akurasi sensor yang berfungsi membaca posisi gelas dan aktuator yang berfungsi sebagai penggerak kedudukan gelas. Sistem distribusi yang telah dirancang memiliki kecepatan waktu peracikan rata-rata  $\pm 32$  detik per gelas. .

**Kata kunci:** Mesin kopi, posisi, distribusi, gelas, *finite state machine*.

---

**Abstract**

*The various problems for user of coffe machine are the dosage is not appropriate and the mean process time is random and the machines operational are generally still needs operators hand. Automatic coffee machines were created to make it easier for someone to mix the coffee. With these machine, it can minimize the time of the coffee mixing process and eliminate the subjectivity of the taste in coffee because the dosage of the ingredients has been set according to predetermined standards. Automatic coffee machines can also reduce cafe operating costs and can be developed independently. In its development, a transfer function system is needed that can imitate coffee compounding which is generally done by handmade.*

*To meet these objectives, the system applied the finite state machine (FSM) method. This method was chosen because of its simple and easy to implement. The application of this method also makes it easier when you want to take or add coffee variants to the machine. the cup distribution flow in the storage and compounding phases is controlled by State conditional that*

imitate the handmade coffee compounding steps. The actuators use combination of series of conveyor and a robotic arm to control the position of the cup during the compounding phase. The cup distribution system uses a feedback system to ensure that the position of the cup remains precise in the process.

The system which already built has a success rate of 98.62% in coffee compounding process, this influenced by the accuracy of the sensor which read the position of the cup and the actuator which drive the position of the cup. The distribution system that has been designed has an average compounding time speed of  $\pm 32$  seconds per cup.

**Keyword:** Coffee machine, position, distribution, coffee cup, finite state machine, modularity

## 1. Pendahuluan

Mesin pembuat minuman kopi otomatis merupakan salah satu teknologi yang sedang berkembang pada saat ini. Mesin pembuat minuman kopi otomatis diciptakan untuk mempermudah serta mempercepat proses dalam pembuatan minuman kopi dan variasinya. Dengan banyaknya variasi ataupun pilihan jenis minuman kopi yang diberikan, tentunya mesin pembuat kopi otomatis ini harus dapat melakukan proses pembuatan minuman kopi yang sesuai berdasarkan pilihan yang diberikan.

Meningkatnya minat minum kopi pada generasi milenial dikarenakan semakin maraknya rasa yang dapat diolah dari biji kopi tersebut dengan campuran lainnya. Hal tersebut membuat menjamurnya kedai kopi modern yang menyajikan minuman kopi instan dengan rasa sama namun konsep tempat berbeda[1]. Saat ini rasa kopi yang nikmat sangat dinantikan oleh konsumennya. Namun di beberapa kasus, rasa kopi yang diracik terkadang berbeda walaupun kafe yang dikunjungi sama. Konsumen banyak yang ingin membuat takaran sendiri untuk mendapatkan kopi dengan rasa tertentu, mesin kopi yang sudah ada hanya bisa membuat satu jenis rasa kopi dengan takaran sama, dan rata-rata mesin kopi yang sudah ada masih menggunakan cara manual untuk memesan kopi. Dari masalah tersebut maka diusulkan untuk membuat mesin kopi otomatis dengan sistem penakar dan penyaji yang terprogram didalamnya.

Akan tetapi masih terdapat stigma bahwa mesin kopi yang diotomatisasi akan menghasilkan waktu penyajian yang lebih lama dibandingkan dengan penyajian manual oleh pramusaji, Untuk mengatasi permasalahan dalam proses pembuatan minuman pada mesin kopi otomatis tersebut, penerapan konsep *finite state machine* (FSM) merupakan pilihan yang tepat untuk memodelkan proses pendistribusian gelas pada mesin kopi otomatis.

*Finite state machine* (FSM) adalah sebuah metodologi perancangan sistem kontrol yang menggambarkan tingkah laku atau prinsip kerja sistem dengan menggunakan tiga hal berikut: *state* (keadaan), *event* (kejadian) dan *action* (aksi)[2]. Penerapan konsep *finite state machine* (FSM) pada sistem distribusi gelas digunakan untuk mengatur langkah-langkah yang akan dijalankan pada sistem distribusi gelas. Langkah-langkah yang dimaksud adalah alur pendeteksian ketersediaan gelas, menjalankan konveyor 1, 2 dan 3, robot lengan penangkap gelas, tempat penampung gelas. Sistem ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yaitu "Perancangan dan Implementasi Mesin Kopi Otomatis Berbasis Mikrokontroler"[3].

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Sistem Distribusi Gelas pada Mesin Pembuat Kopi

Sistem distribusi gelas pada mesin pembuat kopi merupakan suatu cara untuk menyuguhkan gelas kopi kepada orang atau para tamu untuk diminum yang berisikan komposisi yang diatur dan telah disesuaikan dengan permintaan dari orang yang memesan kopi. Sistem distribusi gelas ini ada beberapa jenis yaitu sebagai berikut[4] ;

#### 1. Manual

Konsep distribusi gelas dengan cara pembuat kopi mengambil gelas secara manual kemudian diletakkan di posisi kopi akan dituangkan dan kemudian disajikan. Contohnya dapat dilihat pada mesin kopi yang terdapat di rumah ataupun kafe-kafe.

#### 2. Semi Otomatis

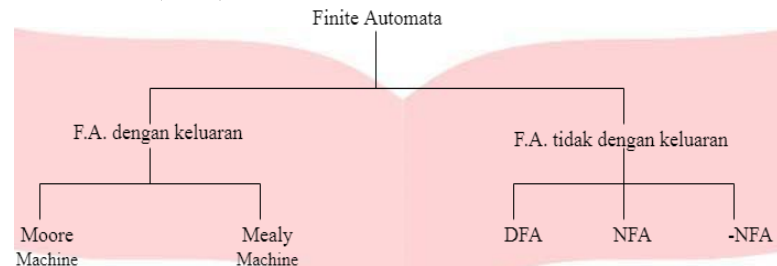
Konsep distribusi gelas yaitu pada bagian tertentu gelas akan bergerak secara otomatis dan pada bagian lain harus dipindahkan secara manual. Biasanya yang bagian otomatis terletak

pada proses pembuatan kopi atau pada proses pengambilan gelas dari tempat penampungan gelas menuju tempat proses pembuatan kopi. Untuk sistem semi otomatis dapat ditemukan pada vending machine kopi.

### 3. Otomatis

Konsep distribusi gelas pada jenis ini bisa menggantikan tugas-tugas seorang barista dalam pembuatan mesin kopi. Seperti namanya, sistem distribusi gelas pada mesin kopi ini sudah sepenuhnya otomatis. Untuk sistem distribusi gelas otomatis biasanya baru dipakai pada perusahaan makan cepat saji dan pabrik minuman.

## 2.2 Finite State Machine (FSM)



Gambar 2.1 Pembagian Sistem pada FSM

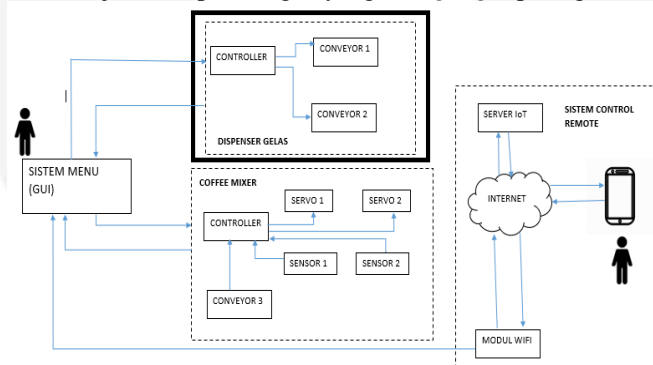
*Finite state machine* merupakan teknik pemodelan khusus untuk logika rangkaian sekuensial. Pemodelan ini sangat membantu dalam perancangan sistem terutama jenis tertentu yang tugasnya membentuk urutan yang jelas, *finite state machine* juga dapat dikatakan sebagai sebuah metodologi perancangan sistem kontrol yang menggambarkan tingkah laku atau prinsip kerja sistem dengan menggunakan tiga hal berikut: *state* (keadaan), *event* (kejadian) dan *action* (aksi)[2].

FSM terdiri dari dua jenis, yaitu FSM ber-*output* dan FSM tidak ber-*output*, dalam penelitian ini FSM yang akan digunakan adalah FSM ber-*output*. FSM digunakan untuk merancang mesin atau sistem. Untuk menghasilkan FSM ber-*output* dapat menggunakan dua metode utama yaitu moore machine dan mealy machine[5][6].

## 3. Pembahasan

### 3.1 Desain Sistem

Sistem mesin kopi yang dirancang memiliki komponen utama yakni sistem IOT sistem peracikan dan sistem distribusi gelas, ketiga komponen dijelaskan pada Gambar 3.1, dan fokus penelitian tugas akhir ini dijelaskan pada bagan yang di-*highlight* pada gambar.



Gambar 3.1 Desain Sistem

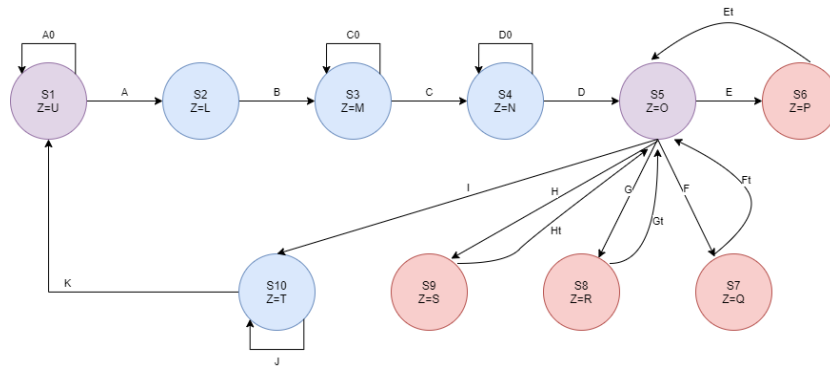
### 3.2 Desain Perangkat Lunak

Sistem distribusi gelas pada *smart coffe maker* ini memiliki perangkat lunak sebagai logika pengendali proses didalam perangkat keras mikrokontrolernya, penjabaran sistem kendali dan perangkat lunak dijabarkan dalam *flowchart* dan pemaparan logika kendali FSM.

#### 3.2.1 Diagram State Sistem

Pada sistem mesin kopi otomatis ini dibuat diagram *state* agar langkah-langkah untuk pembuatan kopi dapat dilakukan secara presisi sesuai dengan yang telah ditentukan. Berikut

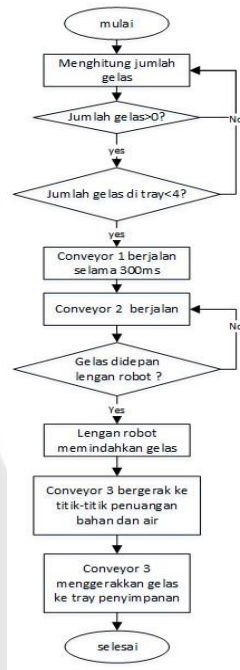
gambar diagram *state* sistem dimana penelitian ini hanya fokus pada *state* yang berwarna biru dan ungu :



Gambar 3.2 Diagram State FSM

### 3.2.2 Diagram Alir Sistem

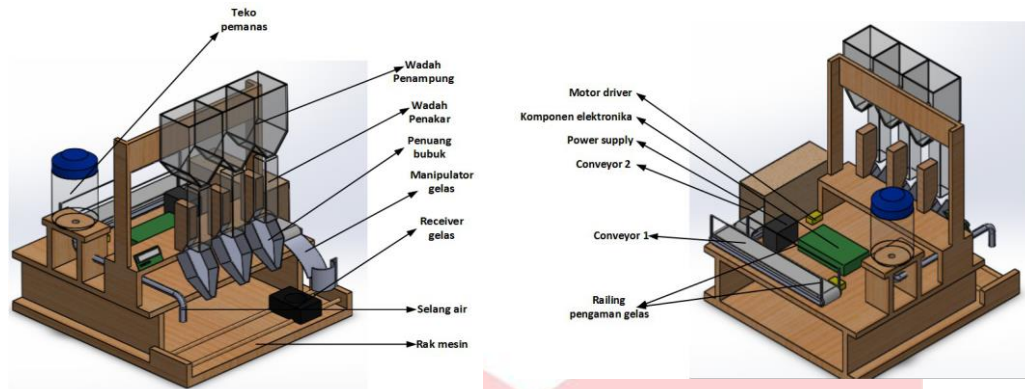
Diagram *state* yang telah dijabarkan pada sub-bab 3.3.1 kemudian diimplementasikan ke dalam program kontroler mesin kopi yang ditangani oleh Arduino Mega. Berikut adalah diagram alir yang menjelaskan sistem secara keseluruhan.



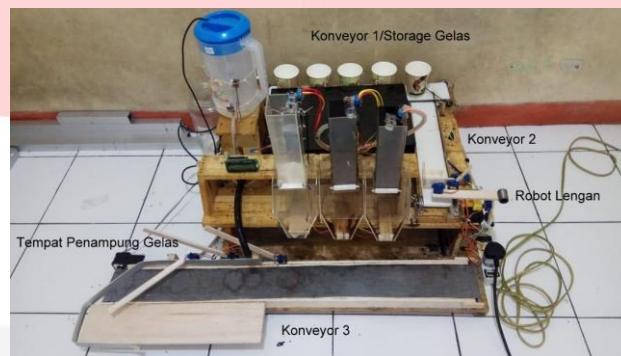
Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem

### 3.3 Desain Perangkat Keras

Desain perangkat keras penunjang sistem ini terdiri dari sistem mekanik dan sistem elektrikal. Untuk sistem mekanik terdiri dari konveyor, robot lengan, dan tempat penampungan gelas.



Gambar 3.6 Desain Mekanik



Gambar 3.7 Realisasi Alat

**4. Hasil dan Analisis**

**4.1 Uji Akurasi Sensor**

Sistem distribusi gelas pada *smart coffe maker* dirancang menggunakan beberapa sensor. Berikut adalah hasil pengujian akurasi sensor yang digunakan.

**4.1.1 Uji Akurasi Sensor Ultrasonik Pada Konveyor 1**

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan jumlah gelas dengan cara mengukur jarak sensor ultrasonik terhadap gelas yang berada paling dekat dengan sensor ultrasonik. :

Tabel 4.1 Akurasi Sensor Ultrasonik Pada Konveyor 1

Pengujian Ke-	Jumlah gelas	Jarak Ultrasonik	Jarak Sebenarnya	Error	Akurasi
1	5	5 cm	5 cm	0 cm	100%
2	5	5 cm	5 cm	0 cm	100%
3	5	5 cm	5 cm	0 cm	100%
4	5	6 cm	5 cm	1 cm	83.3%
5	5	5 cm	5 cm	0 cm	100%
6	4	14 cm	15 cm	1 cm	93.3%
7	4	14 cm	15 cm	1 cm	93.3%
8	4	15 cm	15 cm	0 cm	100%
9	4	13 cm	15 cm	2 cm	86.67%
10	4	14 cm	15 cm	1 cm	93.3%
11	3	24 cm	25 cm	1 cm	96%
12	3	23 cm	25 cm	2 cm	92%

Pengujian Ke-	Jumlah gelas	Jarak Ultrasonik	Jarak Sebenarnya	Error	Akurasi
13	3	23 cm	25 cm	2 cm	92%
14	3	22 cm	25 cm	3 cm	88%
15	3	21 cm	25 cm	4 cm	84%
16	2	32 cm	35 cm	3 cm	91.45%
17	2	33 cm	35 cm	2 cm	94.28%
18	2	34 cm	35 cm	1 cm	97.14%
19	2	33 cm	35 cm	2 cm	94.28%
20	2	31 cm	35 cm	4 cm	88.57%
21	1	43 cm	45 cm	2 cm	95.55%
22	1	41 cm	45 cm	4 cm	91.11%
23	1	42 cm	45 cm	3 cm	93%
24	1	40 cm	45 cm	5 cm	88%
25	1	42 cm	45 cm	3 cm	93%

Sensor dapat membaca *threshold* jarak gelas untuk mengetahui jumlah gelas untuk masing-masing lima gelas, empat gelas, tiga gelas, dua gelas dan satu gelas. Akan tetapi terdapat anomali yakni semakin jauh ultrasonik dari objek gelas yang diukur maka semakin tinggi nilai *error* nya, hal ini disebabkan oleh medium objek gelas yang terbuat dari kertas dan bersifat agak lunak.

#### 4.1.2 Uji Akurasi Sensor Ultrasonik dan Sensor Cahaya pada Robot Lengan, Robusta, Arabika dan Gula

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sensor ultrasonik dan sensor cahaya dapat mendeteksi benda rintangan berupa gelas yang berada di depannya.

**Tabel 4.2** Akurasi Sensor Ultrasonik Pada Robusta dan Arabika

Pengujian Ke-	Posisi gelas	Pembacaan Sensor Ultrasonik	Pengujian Ke-	Posisi gelas	Pembacaan Sensor Ultrasonik
1	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)	1	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)
2	Ada gelas	Ada gelas (2 cm)	2	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)
3	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)	3	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)
4	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)	4	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)
5	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)	5	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)
6	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)	6	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)
7	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)	7	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)
8	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)	8	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)
9	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)	9	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)
10	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)	10	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)
11	Tidak ada	Kosong (330 cm)	11	Tidak ada	Kosong (330 cm)
12	Tidak ada	Kosong (330 cm)	12	Tidak ada	Kosong (330 cm)
13	Tidak ada	Kosong (330 cm)			
14	Tidak ada	Kosong (330 cm)			

		cm)			
15	Tidak ada	Kosong (330 cm)	13	Tidak ada	Kosong (330 cm)
16	Tidak ada	Kosong (330 cm)	14	Tidak ada	Kosong (330 cm)
17	Tidak ada	Kosong (330 cm)	15	Tidak ada	Kosong (330 cm)
18	Tidak ada	Kosong (330 cm)	16	Tidak ada	Kosong (330 cm)
19	Tidak ada	Kosong (330 cm)	17	Tidak ada	Kosong (330 cm)
20	Tidak ada	Kosong (330 cm)	18	Tidak ada	Kosong (330 cm)
			19	Tidak ada	Kosong (330 cm)
			20	Tidak ada	Kosong (330 cm)

**Tabel 4.3** Akurasi Sensor Ultrasonik Pada Gula dan Sensor Cahaya pada Robot Lengan

Pengujian Ke-	Posisi gelas	Pembacaan Sensor Ultrasonik	Pengujian Ke-	Posisi gelas	Pembacaan Sensor Cahaya
1	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)	1	Ada gelas	Ada gelas (0)
2	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)	2	Ada gelas	Ada gelas (0)
3	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)	3	Ada gelas	Ada gelas (0)
4	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)	4	Ada gelas	Ada gelas (0)
5	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)	5	Ada gelas	Ada gelas (0)
6	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)	6	Ada gelas	Ada gelas (0)
7	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)	7	Ada gelas	Ada gelas (0)
8	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)	8	Ada gelas	Ada gelas (0)
9	Ada gelas	Ada gelas (3 cm)	9	Ada gelas	Ada gelas (0)
10	Ada gelas	Ada gelas (4 cm)	10	Ada gelas	Ada gelas (0)
11	Tidak ada	Kosong (330 cm)	11	Tidak ada	Kosong (1)
12	Tidak ada	Kosong (330 cm)	12	Tidak ada	Kosong (1)
13	Tidak ada	Kosong (330 cm)	13	Tidak ada	Kosong (1)
14	Tidak ada	Kosong (330 cm)	14	Tidak ada	Kosong (1)
15	Tidak ada	Kosong (330 cm)	15	Tidak ada	Kosong (1)
16	Tidak ada	Kosong (330 cm)	16	Tidak ada	Kosong (1)
17	Tidak ada	Kosong (330 cm)	17	Tidak ada	Kosong (1)
18	Tidak ada	Kosong (330 cm)	18	Tidak ada	Kosong (1)
19	Tidak ada	Kosong (330 cm)	19	Tidak ada	Kosong (1)
20	Tidak ada	Kosong (330 cm)	20	Tidak ada	Kosong (1)

Sensor dapat membaca keberadaan gelas sesuai *threshold* yang ditetapkan, jika ditempatkan

#### 4.2 Uji Sistem Kendali FSM

Pengujian sistem kendali dilakukan untuk menguji performansi metode kendali yang diterapkan ke dalam sistem agar sesuai dengan diagram *state* yang sudah dirancang.

**Tabel 4.4** Uji Sistem Kendali FSM

Uji Ke-	Menu	Jalur Sebenarnya	Jalur hasil pengujian	Keterangan
1	Robusta	S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 3
2		S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 2
3		S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 1
4		S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, kapasitas <i>tray</i> penuh, gelas diangkat.
5		S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 3
6		S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 2
7		S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Gelas terdeteksi habis, isi ulang gelas, lalu memulai kembali peracikan kopi, Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 1
8		S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, kapasitas <i>tray</i> penuh, gelas diangkat.
9		S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 3
10		S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S6,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 2
11	Arabika	S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 3
12		S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 2
13		S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 1
14		S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, kapasitas <i>tray</i> penuh, gelas diangkat.
15		S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 3
16		S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong 2
17		S1,S2,S3,S4,	S1,S2,S3,S4,	Kopi berhasil dibuat, sisa <i>tray</i> kosong



Uji Ke-	Menu	Jalur Sebenarnya	Jalur hasil pengujian	Keterangan
		S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	1
18		S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, kapasitas tray penuh, gelas diangkat.
19		S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa tray kosong 3
20		S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	S1,S2,S3,S4, S5,S7,S5,S8, S5,S9,S5,S10	Kopi berhasil dibuat, sisa tray kosong 2

Sistem berhasil memberikan *output* urutan *state* sesuai dengan yang telah diprogram, desain *tray* penampungan berhasil menampung dan menghitung semua pesanan terlihat pada uji 5 dan 14. Terdapat anomali pada pengujian 7 saat sisa gelas tersisa satu akan tetapi sistem mendeteksi stok gelas telah kosong, hal ini disebabkan *error* pembacaan sensor ultrasonik.

#### 4.3 Uji Waktu Proses

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan mesin kopi untuk meracik satu gelas kopi dari adanya pesanan hingga gelas berada pada *tray* gelas.

**Tabel 4.5** Uji Waktu Proses

Uji Ke-	Menu	Durasi (detik)
1	Robusta	33.500
2		33.271
3		32.120
4		32.005
5		33.488
6		33.188
7		32.070
8		32.070
9		33.620
10		33.530
11	Arabika	33.557
12		33.497
13		33.380
14		33.290
15		33.980
16		33.870
17		33.760
18		33.700
19		32.500
20		33.000

Waktu rata-rata yang digunakan untuk memproses satu gelas kopi adalah 32 sampai 33 detik. Kecepatan peracikan kopi dipengaruhi kecepatan aktuator pendistribusi gelas. Apabila pengaturan kecepatan aktuator dibuat lebih cepat maka torsi yang dibutuhkan tidak tercapai, posisi gelas menjadi tidak akurat dan gelas rawan terjatuh. Terlihat di uji pemesanan 1, uji ke-2, ke-3, ke-4 terdapat selisih waktu rata-rata 90 ms dan pada uji ke-5, ke-6, ke-7, ke-8 sama-sama terdapat selisih waktu 90 ms – 100 ms. Hal ini terjadi karena jarak untuk motor bergerak antar *tray* 1, *tray* 2, *tray* 3, dan *tray* 4 yang berbeda. Jarak antar *tray* gelas adalah 10 cm.

#### 4.4 Uji Konsumsi Daya

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui konsumsi daya yang dihasilkan saat mesin dalam keadaan *idle* dan saat mesin menyala sudah diberi perintah untuk bekerja.

**Tabel 4.6** Uji Konsumsi Daya

Uji ke-	Menu	Arus Peak (A)	Voltase (V)	Daya (Watt)
1	Robusta	0.0682	231.9	15.81
2		0.0601	231.9	15.76
3		0.0677	231.8	15.69
4		0.0659	231.7	15.26
5		0.0691	231.8	16.01
6		0.0681	231.7	15.77
7		0.0675	231.8	15.64
8		0.0669	231.6	15.49
9		0.0684	231.9	15.86
10		0.0675	231.8	15.64
11	Arabika	0.0693	231.8	16.06
12		0.0682	231.6	15.79
13		0.0680	231.4	15.73
14		0.0675	231.1	15.59
15		0.0673	231.8	15.60
16		0.0660	231.7	15.29
17		0.0655	231.5	15.16
18		0.0651	231.5	15.07
19		0.0699	231.9	16.20
20		0.0691	231.7	16.01
21	Idle	0.0514	229.9	11.81
22		0.0550	229.6	12.62
23		0.0527	229.8	12.11
24		0.0518	229.9	11.86
25		0.0968	225.5	21.82
26		0.0561	229.6	12.88
27		0.0556	229.1	12.75
28		0.1000	225.3	22.53
29		0.0565	229.2	12.94
30		0.0549	229.1	12.60

Pada saat mesin *idle* atau tidak menerima pesanan tetapi seluruh sensor dalam kondisi membaca lingkungan, rata-rata konsumsi daya yang diperlukan ialah 14.39 watt, pada pengujian ke 25 dan 28 terdapat lonjakan hingga lebih dari 20 watt, hal ini disebabkan pemanas air yang menyala. Pada saat pemesanan menu Robusta dan Arabika rata-rata daya yang diperlukan adalah 15.67 watt.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan serta dianalisis dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem distribusi gelas yang dirancang menghasilkan waktu proses pembuatan sebesar 32 sampai 33 detik per pesanan. Kecepatan peracikan kopi dipengaruhi kecepatan aktuator pendistribusi gelas yang terdiri dari konveyor, lengan robot dan sistem *tray* gelas.
2. Metode FSM yang telah dirancang pada mesin kopi memiliki tingkat keberhasilan 100% dalam proses distribusi dan peracikan kopinya.

3. Penggunaan sensor ultrasonik dan LDR sebagai pendeteksi dan penghitung jumlah gelas sudah menunjukkan performansi yang baik dengan tingkat akurasi 98.62%.
4. Konsumsi daya pada sistem saat *idle* adalah 14.39 watt dan pada saat bekerja meracik kopi adalah 15.67 watt. Penggunaan daya tertinggi pada sistem distribusi gelas terjadi saat menggerakkan motor stepper.

**Referensi:**

- [1] Dwinanda, R. (2019, August 24). *Warung Kopi Bertumbuhan Seiring Tingginya Minat Masyarakat*. Republika Online. <https://gayahidup.republika.co.id/berita/pwprnl414/warung-kopi-bertumbuhan-seiring-tingginya-minat-masyarakat>
- [2] I. Setiawan, "Perancangan Software Embedded System Berbasis FSM," *J.Tek . Elektro*, pp. 1–2, 2006.
- [3] Prasetyo, B. A. 2018. "Perancangan dan Implementasi Mesin Kopi Otomatis Berbasis Mikrokontroler".
- [4] Sasame Coffee. (2019, September 16). *Bagian dan Tipe-Tipe Mesin Kopi Espresso*. <https://www.sasamecoffee.com/kopipedia/mesin-kopi-espresso/>
- [5] D. Lee and M. Yannakakis, "Principles and methods of testing finite state machines - A survey," *Proc. IEEE*, vol. 84, no. 8, pp. 1090–1123, 1996, doi: 10.1109/5.533956.
- [6] T. Villa, T. Kam, R. K. Brayton, and A. L. Sangiovanni-Vincentelli, *Synthesis of Finite State Machines : Logic Optimization*, 1st ed. California: Kluwer Academic Publishers, 1997.

