

PROSES PENAKARAN GULA DAN PENGADUKAN KOPI PADA COFFE VENDING MACHINE MENGGUNAKAN PLC BERBASIS MIKROKONTROLER

Hafidz Hasan Komara¹, Ahmad Kurnia²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Otomasi Industri, Politeknik TEDC Bandung

²Dosen Program Studi Teknik Otomasi Industri, Politeknik TEDC Bandung

Email: hasankomara656@gmail.com , akurnia@poltektedc.ac.id

ABSTRAK

Konsumsi gula yang berlebihan, terutama melalui minuman kopi, telah menjadi perhatian utama karena dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan seperti diabetes. Beberapa negara telah memberlakukan regulasi terkait penggunaan gula tambahan dalam minuman, termasuk kopi, guna menurunkan konsumsi gula berlebihan. Inovasi teknologi dalam mesin pengaduk dan penakaran gula pada minuman kopi menjadi penting untuk menjaga kualitas rasa sambil mengurangi kandungan gula. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penakaran gula dan pengadukan kopi pada *coffee vending machine* berbasis *mikrokontroler* menggunakan PLC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan pompa air membantu menjaga stabilitas debit gula cair yang dikeluarkan. Takaran gula diatur oleh kontrol waktu melalui Arduino, dengan tiga opsi penakaran: opsi 1 setara dengan 12,8 gram (1 sendok makan), opsi 2 setara dengan 19,2 gram (1 ½ sendok makan), dan opsi 3 setara dengan 26,8 gram (2 sendok makan). Selain itu, proses pengadukan selama 1 detik menghasilkan cita rasa yang optimal pada sebagian besar opsi. Sistem ini dapat meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam penakaran serta pencampuran bahan, sehingga mendukung upaya mengurangi konsumsi gula berlebih dalam minuman kopi.

Kata kunci : Kopi, Gula, Penakaran, Konsumsi.

ABSTRACT

Excessive sugar consumption, especially through coffee drinks, is a major concern because it can increase the risk of health problems such as diabetes. Several countries have implemented regulations regarding the use of added sugar in drinks, including coffee, in order to reduce excessive sugar consumption. Technological innovation in coffee drink sugar mixing and measuring machines is important to maintain taste quality while reducing sugar content. This study aims to develop a sugar measuring and coffee stirring system on a microcontroller-based coffee vending machine using a PLC. The test results show that the use of a water pump helps maintain the stability of the liquid sugar discharge. The sugar dosage is regulated by time control via Arduino, with three measuring options: option 1 is equivalent to 12.8 grams (1 tablespoon), option 2 is equivalent to 19.2 grams (1 ½ tablespoons), and option 3 is equivalent to 26.8 grams (2 tablespoons). In addition, the 1-second stirring process produces optimal flavor in most of the options. This system can improve efficiency and consistency in measuring and mixing ingredients, thus supporting efforts to reduce excessive sugar consumption in coffee drinks.

Keywords: Coffe, Sugar, Measurement, Consumption.

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan minuman populer yang sering dikonsumsi dengan penambahan gula untuk meningkatkan cita rasa. Namun, konsumsi gula berlebih dalam pola makan sehari-hari, termasuk dalam minuman kopi, dapat menjadi sumber utama gula tambahan yang meningkatkan risiko gangguan kesehatan. Penambahan gula yang melebihi batas rekomendasi dapat memicu berbagai masalah kesehatan, termasuk diabetes. Menurut Adwinda & Srimati dalam jurnal yang ditulis oleh Nur Fitriyah & Novera Herdiani (2022), konsumsi gula yang tinggi dapat meningkatkan risiko terkena diabetes sebesar 0,38 kali lebih tinggi dibandingkan dengan konsumsi gula yang sesuai batas rekomendasi. Hal ini mengindikasikan adanya risiko konsumsi kalori berlebihan tanpa nilai gizi yang seimbang, yang berdampak pada kesehatan masyarakat.

Beberapa negara telah mengadopsi regulasi terkait penambahan gula dalam minuman kopi sebagai upaya mengurangi konsumsi gula berlebihan. Kebijakan semacam ini memiliki dampak pada industri minuman kopi serta perilaku konsumen. Di sisi lain, inovasi teknologi dalam penakaran gula pada minuman menjadi penting untuk menjaga kualitas rasa kopi dengan kadar gula yang lebih rendah.

Selain itu, mesin pengaduk minuman berperan penting dalam proses pencampuran bahan, untuk menghasilkan produk dengan rasa yang konsisten dan berkualitas. Penggunaan mesin pengaduk yang efisien dapat meningkatkan produktivitas industri minuman dengan mengurangi waktu pencampuran, mengoptimalkan penggunaan bahan, dan menjaga kualitas produk akhir. Oleh karena itu, penggunaan mesin pengaduk yang tepat dapat memberikan keunggulan kompetitif bagi produsen di industri ini.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis berencana melakukan penelitian berjudul “Proses Penakaran Gula dan Pengadukan Kopi pada *Coffee Vending Machine* Menggunakan PLC Berbasis *Mikrokontroler*.”

2. KAJIAN TEORI

2.1. *Vending Machine*

Vending machine merupakan perangkat otomatis yang berfungsi untuk mendistribusikan berbagai produk, mulai dari minuman dan makanan ringan hingga barang-barang kecil lainnya. Mesin ini bekerja berdasarkan beberapa prinsip otomasi dan pemrosesan pembayaran. Pertama, pada aspek sensor dan otomasi, vending machine dilengkapi dengan sensor yang mampu mendeteksi pilihan produk oleh konsumen. Setelah proses pembayaran selesai, mesin secara otomatis mengeluarkan produk yang telah dipilih oleh konsumen. Kedua, pada aspek pembayaran elektronik, perkembangan teknologi telah memungkinkan vending machine untuk menerima berbagai bentuk pembayaran, termasuk kartu kredit, uang kertas, dan metode pembayaran elektronik lainnya.

Seiring perkembangan teknologi, vending machine telah mengadopsi beberapa inovasi, seperti teknologi *Internet of Things* (IoT). Dengan IoT, vending machine dapat terhubung ke internet sehingga memungkinkan pemantauan stok secara real-time, pembaruan harga, serta pengumpulan dan analisis data konsumen. Selain itu, inovasi pada cashless payment atau pembayaran tanpa uang tunai semakin banyak diterapkan, seperti pembayaran melalui aplikasi seluler, kartu RFID, dan berbagai metode lainnya. Hal ini menunjukkan adopsi teknologi terbaru dalam vending machine yang memperkuat efisiensi dan kenyamanan bagi pengguna.

2.2. Sistem Kontrol

Sistem kontrol adalah suatu mekanisme yang dirancang untuk mengatur dan mengendalikan suatu proses atau aktivitas guna mencapai hasil yang diinginkan. Sistem ini terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu sensor, pengendali, dan aktuator, yang bekerja secara terpadu. Dalam disiplin

ilmu sistem kendali, terdapat dua jenis sistem kendali yang umum, yaitu sistem kontrol terbuka (open loop) dan sistem kontrol tertutup (close loop).

1. Sistem Kontrol Terbuka (*Open Loop*)
Pada sistem kontrol terbuka, keluaran (*output*) tidak memiliki pengaruh terhadap aksi kontrol. Artinya, hasil yang dihasilkan oleh sistem ini tidak digunakan sebagai umpan balik (*feedback*) untuk menyesuaikan masukan. Sistem ini bergantung pada kalibrasi atau korelasi antara masukan dan keluaran untuk mengurangi kesalahan.
2. Sistem Kontrol Tertutup (*Close Loop*)
Sistem kontrol tertutup menggunakan keluaran sebagai umpan balik yang berpengaruh terhadap aksi kontrol. Dengan adanya umpan balik, sistem ini mampu mengatur masukan secara dinamis berdasarkan perubahan pada *output*.

2.3. Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) adalah perangkat elektronik yang banyak digunakan dalam pengendalian proses otomatisasi di berbagai aplikasi industri. PLC dirancang sebagai solusi untuk menggantikan sistem kontrol berbasis mekanis dan relay, sehingga memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi dalam pemrograman dan pemantauan sistem otomatis.



Gambar 1. *Programmable Logic Controller (PLC)*

Pengembangan awal PLC dimulai pada akhir tahun 1960-an, ketika seorang insinyur bernama Richard Morley dari Amerika Serikat mengusulkan konsep penggunaan sistem berbasis mikroprosesor untuk pengendalian proses industri. Ide ini terdapat sebagai alternatif untuk mengatasi keterbatasan dari sistem relay elektromekanis, yang dianggap mahal, rumit, serta kurang fleksibel dalam perubahan logika pengendalian. Kehadiran PLC memberikan kemajuan signifikan dalam sistem kendali industri karena memungkinkan perubahan logika dan fungsi kontrol yang lebih cepat dan efisien.

2.4. Arduino Mega

Arduino Mega 2560 adalah *mikrokontroler* berbasis ATmega2560 yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan proyek dengan kebutuhan *input/output* (I/O) yang lebih besar dibandingkan papan Arduino lainnya, seperti Arduino Uno. Dengan jumlah pin I/O yang lebih banyak, Arduino Mega 2560 sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan banyak perangkat masukan dan keluaran.

Beberapa aplikasi ideal dari Arduino Mega 2560 antara lain adalah dalam sistem otomatisasi rumah, robotika yang kompleks, kontrol multi-motor, pengelolaan perangkat sensor dan aktuator

secara simultan, serta proyek Internet of Things (IoT) berskala besar. Kemampuan ini menjadikan Arduino Mega 2560 pilihan populer dalam pengembangan proyek besar yang memerlukan fleksibilitas dan kemampuan kontrol yang tinggi.

2.5. *Lead Screw*

Lead screw pada poros Z adalah komponen kunci dalam berbagai mesin, khususnya pada perangkat seperti printer 3D dan mesin CNC, yang berfungsi mengubah gerakan rotasi menjadi gerakan linear dengan tingkat presisi yang tinggi.



Gambar 1. *Lead Screw*

Komponen Utama *Lead Screw*:

- Screw* (Baut): *Screw* memiliki ulir yang memungkinkan *nut* (mur) bergerak sepanjang poros. Ulir ini biasanya berjenis trapezoidal atau acme, yang dikenal karena kekuatan dan daya tahannya.
- Nut* (Mur): *Nut* bergerak sepanjang ulir pada *screw* saat *screw* berputar. Material *nut* umumnya terbuat dari bahan yang tahan aus, seperti perunggu atau plastik khusus.

Motor Penggerak: Motor yang menggerakkan *lead screw* umumnya menggunakan motor *stepper*, karena mampu memberikan kontrol posisi dengan presisi yang tinggi. Motor *stepper* ideal untuk aplikasi yang memerlukan pergerakan yang konsisten dan terukur.

2.6. *Motor Gearbox*

Motor gearbox, atau yang sering disebut gear motor, adalah komponen esensial dalam berbagai mesin industri, di mana motor listrik dan gearbox digabungkan dalam satu unit. Gearbox dalam gear motor berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran dan torsi dari motor listrik, sehingga menghasilkan tenaga yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu.

Fungsi Utama *Motor Gearbox*:

- Pengaturan Kecepatan Putaran:** *Gearbox* memungkinkan penyesuaian kecepatan putaran motor listrik, baik untuk memperlambat atau mempercepatnya. Fungsi ini penting dalam aplikasi yang memerlukan tenaga besar pada kecepatan rendah, seperti conveyor belt atau pompa.
- Peningkatan Torsi:** *Gearbox* mampu meningkatkan torsi yang dihasilkan oleh motor listrik. Torsi, yaitu gaya putar yang dihasilkan motor, sangat penting dalam aplikasi yang membutuhkan tenaga besar untuk mengangkat atau memindahkan beban.

2.7. *Motor Servo*

Motor servo adalah jenis motor listrik yang dirancang untuk mengontrol posisi atau sudut rotasi dengan tingkat presisi yang tinggi. *Motor servo* digunakan secara luas dalam sistem kontrol yang

membutuhkan akurasi dan respons cepat, seperti dalam robotika, otomatisasi industri, kendaraan tanpa awak, dan berbagai aplikasi teknis lainnya.

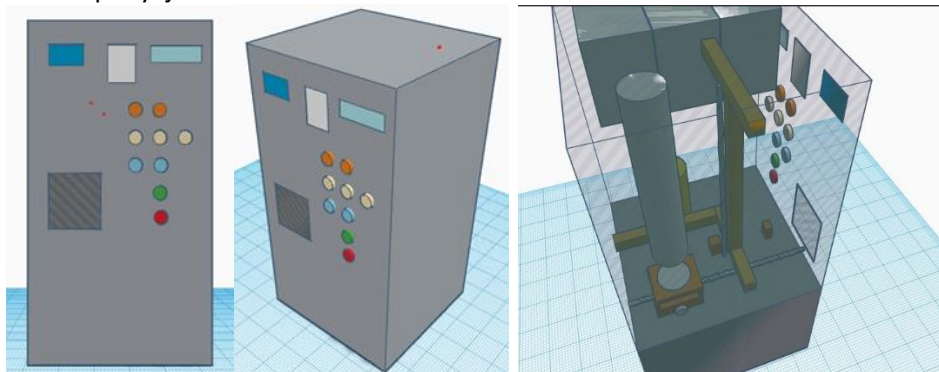
2.8. Water Heater

Water heater, atau pemanas air, adalah perangkat yang dirancang untuk menaikkan suhu air dengan cepat untuk berbagai kebutuhan, seperti mandi, memasak, pembersihan, serta aplikasi industri. Meskipun terdapat beberapa jenis water heater yang menggunakan teknologi berbeda, prinsip dasar dari perangkat ini adalah meningkatkan suhu air dengan memanfaatkan sumber energi tertentu, seperti listrik, gas, atau energi surya.

3. METODE PENELITIAN

Sistem *vending machine* kopi ini memiliki komponen utama yang terdiri dari perangkat *input*, kontrol, dan aktuator untuk proses penyajian kopi otomatis. Bagian luar alat dilengkapi dengan tombol *input* (push button) yang memungkinkan pengguna memilih opsi penyajian sesuai preferensi. Pilihan ini mencakup dua jenis kopi, tiga tingkat jumlah gula, dan dua volume air (penuh atau setengah). Setelah pengguna menentukan jenis kopi, jumlah gula, dan volume air, tombol konfirmasi ditekan untuk memulai proses oleh *Programmable Logic Controller* (PLC). PLC akan mengirimkan informasi pilihan ke Arduino Mega untuk menampilkan tagihan pembayaran dan menunggu transaksi selesai. Jika pembayaran tidak dilakukan dalam waktu tertentu, sistem akan otomatis mengatur ulang pilihan. Setelah pembayaran berhasil dilakukan, sensor inframerah mendeteksi adanya cup yang ditempatkan pada mesin untuk memulai proses pembuatan kopi. Cup akan dipindahkan ke titik pengisian bahan oleh motor yang dikendalikan melalui output sistem, dan akan berhenti di setiap titik pengisian ketika terdeteksi oleh sensor inframerah.

Proses pengisian bahan ke cup dilakukan dalam urutan sebagai berikut: pertama, kopi cair, dilanjutkan dengan gula cair, dan terakhir air panas. Setelah semua bahan selesai dimasukkan, alat pengaduk akan turun untuk mencampur bahan hingga merata. Motor pengaduk kemudian berhenti dan pengaduk kembali ke posisi semula. Selanjutnya, cup yang telah berisi kopi siap disajikan akan digerakkan ke titik penyajian.

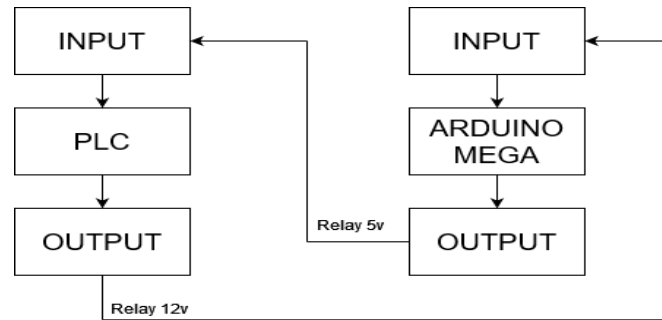


Gambar 2. Desain Alat

Desain bagian luar *coffee vending machine* ini dilengkapi dengan berbagai komponen kontrol yang memudahkan pengguna dalam memilih dan memesan minuman. Di pojok kiri atas terdapat sebuah kotak biru yang berfungsi sebagai thermostat untuk mengatur suhu pemanas air. Sedikit di sebelah kanan dan lebih ke bawah, terdapat layar LCD yang menampilkan total harga pesanan pengguna. Di bagian tengah atas alat, terdapat sensor RFID untuk mendeteksi pembayaran secara nirkabel. Untuk pilihan kopi, terdapat dua tombol oranye yang mewakili opsi kopi jenis 1 dan jenis 2. Selain itu, terdapat tiga tombol putih yang memungkinkan pengguna memilih tingkat manis sesuai

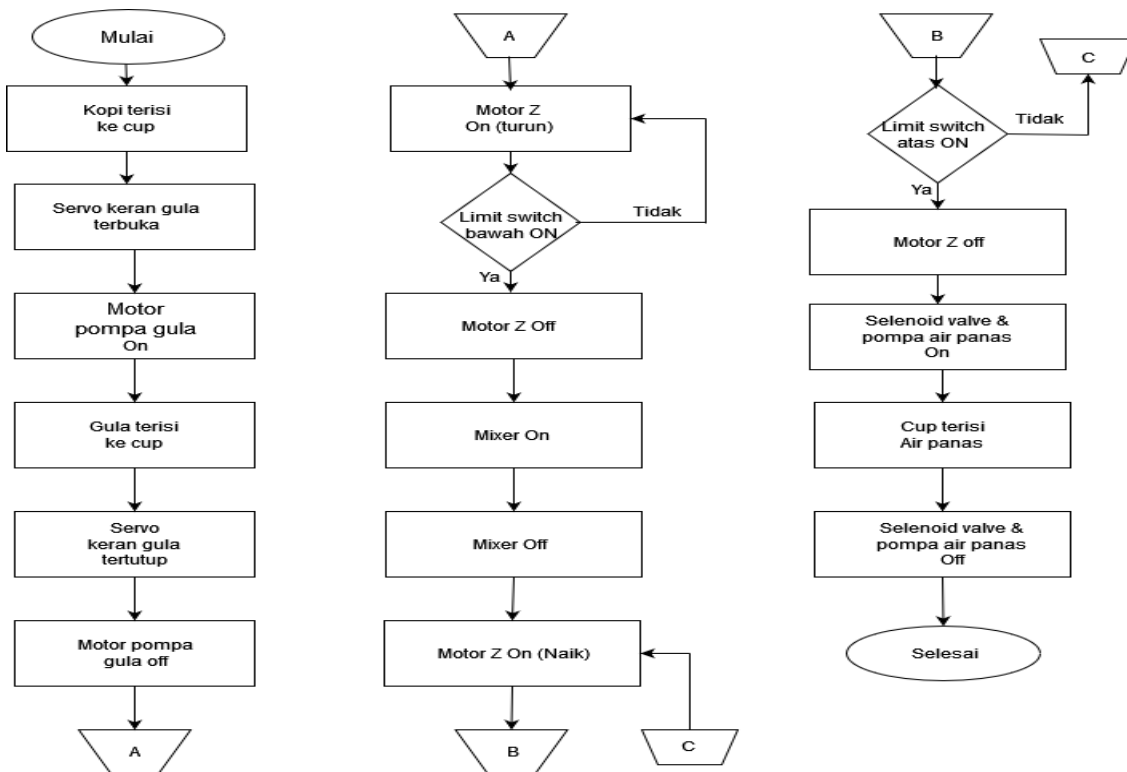
preferensi: sedikit, sedang, atau banyak gula. Dua tombol biru di sebelahnya digunakan untuk memilih jumlah air yang diinginkan, yaitu setengah atau penuh.

Tombol merah disediakan sebagai tombol reset, yang memungkinkan pengguna membatalkan pilihan sebelumnya jika ingin mengubah pesanan. Sementara itu, tombol hijau berfungsi sebagai tombol konfirmasi pesanan, yang akan memulai pemrosesan oleh sistem setelah seluruh pilihan ditentukan.



Gambar 3. Blok Diagram

Gambar di atas merupakan blok diagram pada alat *coffee vending machine* jika menggunakan relay untuk komunikasi antara plc dengan arduino (komunikasi lewat fisik).



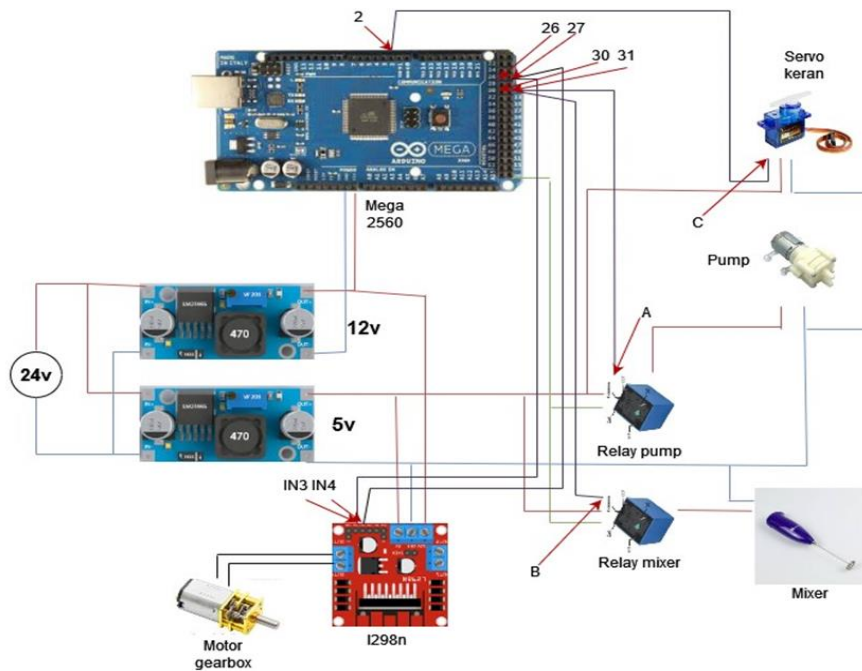
Gambar 4. Flowchart

Berdasarkan alur kerja yang diuraikan, proses penakaran gula dan pengadukan kopi dimulai setelah proses penakaran kopi selesai. Setelah kopi ditakar sesuai dengan opsi yang dipilih, sistem akan melanjutkan ke tahap penakaran gula. Kemudian, pengaduk akan bergerak turun untuk mencampur

kopi dan gula dengan durasi yang telah ditentukan. Setelah proses pengadukan selesai, pengaduk akan berhenti dan kembali ke posisi awal, diikuti dengan dimulainya proses pengisian air panas ke dalam cup. Berikut merupakan *Input output* yang digunakan untuk proses penakaran gula dengan pengadukan kopi pada *coffe vending machine*.

Tabel 1. *Input Output*

No	Nama Komponen	Kontroler	Alamat	I/O	Name Tag
1	Motor Servo Keran gula	Arduimo	2	O	SGS
2	Pompa gula	Arduino	30	O	P3G
3	Motor Gearbox Z	L298N	OUT 3 OUT 4	O	MGZ
4	L298N	Arduino	26 27	O	MGZ1 MGZ2
5	Limit Switch atas	Arduino	6	I	LSA
6	Limit Switch bawah	Arduino	5	I	KSB
7	Mixer	Arduino	31	O	MP



Gambar 5. *Wiring Alat*

Gambar di atas merupakan wiring komponen-komponen pada penakaran gula dan pengadukan kopi dimana :

- A terhubung dengan pin 30 arduino
- B terhubung dengan pin 31 arduino
- C terhubung dengan pin 2 arduino
- IN3 terhubung dengan pin 26 arduino
- IN4 terhubung dengan pin 27 arduino



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil pengujian dari servo, takaran gula dan pengadukan kopi berdasarkan desain alat yang dibuat pada bagian metode penelitian.

Tabel 2. Hasil Pengujian servo

Kondisi kran	Sudut Motor servo	Keterangan
Menutup	180°	Keran tertekan oleh motor servo dan motor <i>servo</i> berbunyi
Menutup	170°	Keran tertekan oleh motor servo dan motor <i>servo</i> berbunyi
Menutup	160°	Keran tertekan oleh motor servo dan motor <i>servo</i> berbunyi
Menutup	150°	Keran tidak tertekan dan motor <i>servo</i> tidak berbunyi
Membuka	30°	Keran terbuka dan tertarik, motor <i>servo</i> berbunyi
Membuka	40°	Keran terbuka dan tertarik, motor <i>servo</i> berbunyi
Membuka	50°	Keran terbuka dan tidak tertarik, motor <i>servo</i> tidak berbunyi

Selanjutnya hasil pengujian takaran gula, dilakukan beberapa opsi untuk mendapatkan hasil yang berbeda-beda tergantung minat dari konsumen.

Tabel 3. Hasil Pengujian takaran opsi 1

No	Waktu	Banyaknya gula(volume)	Banyaknya gula(berat)	Debit gula cair(ml/s)
1	0,5 detik	13 ml	13 gram	26 ml/s
2	0,5 detik	13 ml	13 gram	26 ml/s
3	0,5 detik	13 ml	13 gram	26 ml/s
4	0,5 detik	13 ml	13 gram	26 ml/s
5	0,5 detik	11 ml	11 gram	22 ml/s
6	0,5 detik	13 ml	13 gram	26 ml/s
7	0,5 detik	13 ml	13 gram	26 ml/s
8	0,5 detik	13 ml	13 gram	26 ml/s
9	0,5 detik	13 ml	13 gram	26 ml/s
10	0,5 detik	13 ml	13 gram	26 ml/s

Tabel 4. Hasil Pengujian takaran opsi 2

No	Waktu	Banyaknya gula(volume)	Banyaknya gula(berat)	Debit gula cair(ml/s)
1	0,7 detik	21 ml	21 gram	30 ml/s
2	0,7 detik	18 ml	18 gram	25,7 ml/s
3	0,7 detik	18 ml	18 gram	25,7 ml/s
4	0,7 detik	18 ml	18 gram	25,7 ml/s
5	0,7 detik	21 ml	21 gram	30 ml/s
6	0,7 detik	18 ml	18 gram	25,7 ml/s
7	0,7 detik	18 ml	18 gram	25,7 ml/s
8	0,7 detik	21 ml	21 gram	30 ml/s
9	0,7 detik	18 ml	18 gram	25,7 ml/s



10	0,7 detik	21 ml	21 gram	30 ml/s
----	-----------	-------	---------	---------

Tabel 5. Hasil Pengujian takaran opsi 3

No	Waktu	Banyaknya gula(volume)	Banyaknya gula(berat)	Debit gula cair(ml/s)
1	0,95 detik	28 ml	28 gram	29,4 ml/s
2	0,95 detik	28 ml	28 gram	29,4 ml/s
3	0,95 detik	26 ml	26 gram	27,3 ml/s
4	0,95 detik	26 ml	26 gram	27,3 ml/s
5	0,95 detik	28 ml	28 gram	29,4 ml/s
6	0,95 detik	26 ml	26 gram	27,3 ml/s
7	0,95 detik	26 ml	26 gram	27,3 ml/s
8	0,95 detik	28 ml	28 gram	29,4 ml/s
9	0,95 detik	26 ml	26 gram	27,3 ml/s
10	0,95 detik	26 ml	26 gram	27,3 ml/s

Tabel 6. Hasil Pengujian pengadukan kopi

No	Pilihan menu	Kecepatan mengaduk	Suhu Air panas	Lama mengaduk	Hasil rasa kopi	
					Hafidz	Ridfan
1	-kopi 40ml -gula opsi 1 -air penuh	1200 rpm	89°C	1 detik	Kurang manis	Kurang manis
2	-kopi 40ml -gula opsi 1 -air penuh	1200 rpm	89°C	1 detik	Kurang manis	Kurang manis
3	-kopi 40ml -gula opsi 2 -air penuh	1200 rpm	89°C	1 detik	Pass	Pass
4	-kopi 40ml -gula opsi 2 -air penuh	1200 rpm	89°C	1 detik	Pass	Pass
5	-kopi 40ml -gula opsi 3 -air penuh	1200 rpm	89°C	1 detik	Pass	Pass
6	-kopi 40ml -gula opsi 3 -air penuh	1200 rpm	89°C	1 detik	Pass	Pass
7	-kopi 40ml -gula opsi 1 -air setengah	1200 rpm	89°C	1 detik	Pass	Pass
8	-kopi 40ml -gula opsi 1 -air setengah	1200 rpm	89°C	1 detik	Pass	Pass
9	-kopi 40ml -gula opsi 2 -air setengah	1200 rpm	89°C	1 detik	Pass	Pass
10	-kopi 40ml	1200 rpm	89°C	1 detik	Pass	Pass

- gula opsi 2
- air setengah

Berikut beberapa hasil pengujian dari tabel diatas:

1. Pengaturan sudut bukaan keran gula cair optimal berada pada 150° dalam kondisi tertutup dan 50° dalam kondisi terbuka, memastikan aliran gula cair yang sesuai dengan kebutuhan.
2. Pada waktu 0,5 detik, rata-rata takaran gula cair yang dihasilkan adalah 12,8 ml (setara dengan 12,8 gram gula), yang hampir mendekati takaran satu sendok makan. Debit rata-rata gula cair pada pengaturan ini adalah 25,6 ml/s.
3. Untuk durasi 0,7 detik, takaran rata-rata yang dihasilkan mencapai 19,2 ml (atau 19,2 gram gula), yang setara dengan sekitar 1,5 sendok makan. Debit gula cair pada pengaturan ini tercatat sebesar 27,4 ml/s.
4. Pada waktu 0,95 detik, takaran rata-rata mencapai 26,8 ml (setara dengan 26,8 gram gula), mendekati takaran dua sendok makan. Debit rata-rata gula cair tercatat sebesar 28,2 ml/s.
5. Proses pengadukan yang optimal untuk memastikan kopi dan gula tercampur merata, serta menghasilkan rasa yang konsisten, adalah dengan durasi pengadukan selama 1 detik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian penakaran gula dan pengadukan pada mesin coffee vending machine, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Takaran gula dapat diatur dengan akurat menggunakan kontrol waktu berbasis Arduino. Dalam penelitian ini, pengaturan waktu pompa dan keran servo memberikan hasil takaran gula yang bervariasi yaitu: (a) Opsi 1 dengan waktu 0,5 detik menghasilkan 12,8 gram gula (setara dengan 1 sendok makan); (b) Opsi 2 dengan waktu 0,7 detik menghasilkan 19,2 gram gula (setara dengan 1 ½ sendok makan); (c) Opsi 3 dengan waktu 0,95 detik menghasilkan 26,8 gram gula (setara dengan 2 sendok makan).
2. Durasi pengadukan selama 1 detik sudah cukup untuk menghasilkan campuran kopi dan gula yang merata, serta menghasilkan rasa yang pas pada sebagian besar opsi takaran gula.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. (2024a, June 20). V Apa Itu Water Heater? Pengertian, Fungsi dan Jenisnya. Finoo.id. Retrieved August 30, 2024, from <https://www.finoo.id/apa-itu-water-heater/>
- Arifin, A. (2021a, July 27). Sistem Kontrol Open Loop & Close Loop Serta Contohnya. CARA ILMU. Retrieved from <https://www.carailmu.com/2021/06/open-loop-close-loop.html>
- Choirunnisa'Nur Fitriyah, N. H. (2022). Konsumsi Gula dan Kebiasaan Merokok dengan Kejadian Diabetes Melitus di Puskesmas Gading Surabaya. JIK (Jurnal Ilmu Kesehatan), 6(2), 469.
- Ishak Okta Sagita. (2024). Beginilah Sejarah Asal Muasal Lahirnya PLC. anakteknik.co.id. Retrieved August 30, 2024, from https://www.anakteknik.co.id/ish_sagita/articles/beginilah-sejarah-asal-muasal-lahirnya-plc#google_vignette
- Joki Irawan, Andi Kuswandi. 2014. RANCANG BANGUN PROTOTIPE MESIN PENGADUK MINUMAN (MIXING DRINK MACHINE)
- kevramadhani. (2024, February 18). Penjelasan Lengkap RFID: Pengertian, Jenis, Cara Kerja, dan Manfaatnya. PRIEDS. Retrieved from <https://www.prieds.com/post/penjelasan-lengkap-rfid-pengertian-jenis-cara-kerja-dan-manfaatnya>



Mei Anggara. 2022. Rancang Bangun Vending Machine Dengan Smartphone Berbasis Android dan Arduino

Muthukrishnan, V. (2019, July 13). Programmable Logic Controllers (PLCs): Basics, Types & Applications Electrical4U. Electrical4U. Retrieved from <https://www.electrical4u.com/programmable-logic-controllers/>

M. Toriqul amien, Syaiful Bakhri, Donie Agus Ardianto, & Rivandy Henki Tandayu. (2020). Rancang Bangun Coffee Maker Otomatis Berbasis Arduino Uno R3 Dengan Kontrol Suara

Rakhman, alief. (2023, April 8). Motor Servo: Pengertian, Fungsi, Jenis dan Cara Kerjanya. Alief Rakhman. Retrieved from <https://rakhman.net/ilmu-pengetahuan/motor-servo/>

Rika. (2023, September 29). Pengertian Sistem Kontrol: Definisi dan Penjelasan Lengkap Menurut Ahli. Geograf. Geograf. Retrieved August 30, 2024, from <https://geograf.id/jelaskan/pengertian-sistem-kontrol/>