

Prototype Pengekstrak Kopi *Cold Brew* Otomatis Berbasis ATMEGA 328

Muhammad Syarif^{1*}, Fadilah², Fitriyadi³

Program Studi Teknik Informatika, STMIK Banjarbaru, Banjarbaru, Indonesia

*e-mail *Corresponding Author*: syarifmuhammad3116@gmail.com

Abstract

This research aims to develop an automatic cold brew coffee brewing device based on the Atmega 328 to overcome the problems of lower-extraction and over-extraction that often occur in manual brewing methods. The process of brewing cold brew coffee, which takes up to 12 hours, often causes the risk of the coffee tasting not being optimal if not monitored carefully. The tool developed in this research uses an Atmega 328 microcontroller, timer, relay module, and 5V water pump to control the extraction duration automatically and the research method used is Research and Development (R&D). Test results show that this tool can regulate extraction with high time accuracy and produce coffee with optimal density for a duration of 12 hours.

Keywords: *Cold Brew; Automatic; Timer; Arduino; Atmega 328.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat penyeduh kopi *cold brew* otomatis berbasis Atmega 328 guna mengatasi masalah *lower-extraction* dan *over-extraction* yang sering terjadi pada metode penyeduhan manual. Proses penyeduhan kopi *cold brew* yang memerlukan waktu hingga 12 jam sering menyebabkan risiko rasa kopi yang tidak optimal jika tidak diawasi dengan cermat. Alat yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan mikrokontroler Atmega 328, timer, modul relay, dan pompa air 5V untuk mengontrol durasi ekstraksi secara otomatis dan metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini dapat mengatur ekstraksi dengan akurasi waktu yang tinggi dan menghasilkan kopi dengan kepekatan optimal pada durasi 12 jam.

Kata Kunci: *Cold Brew; Otomatis; Timer; Arduino; Atmega 328*

1. Pendahuluan

Cold brew adalah teknik “menyeduh” bubuk kopi hitam dengan air dingin (atau air suhu ruangan) selama kurang lebih 12 jam, tergantung suhu air yang diseduh untuk mendapatkan rasa yang optimal. *Cold brew* bisa diseduh dengan bubuk kopi pilihan dengan cara merendamnya di gelas lalu didiamkan dan disaring, atau menggunakan alat penyeduh kopi khusus, seperti french press. Menyeduh kopi *cold brew* membutuhkan waktu hingga 12 jam untuk menghasilkan konsentrat [1]. Proses penyeduhan ekstraksi inilah yang menghasilkan rasa dan aroma yang lebih halus, dan menyebabkan kopi *cold brew* terasa lebih ringan dan manis. Konsentrat ini juga bisa dihidangkan dalam kondisi dingin dengan batu es tanpa harus takut kedapatan rasa yang berubah. Pembuatan kopi pakai metode *cold brew* umumnya dianggap sebagai metode terbaik untuk meracik kopi dingin[2].

Saat ini, penyeduhan kopi *cold brew* masih dilakukan secara manual, sehingga membutuhkan perhatian ekstra dari barista. Permasalahan yang muncul adalah risiko kopi mengalami *lower extraction* atau *over extraction* (ekstraksi berlebihan). Jika kopi tidak disaring tepat waktu, *lower extraction* (ekstraksi kurang) bisa membuat rasa kopi menjadi tawar karena pengeksraksiannya kurang optimal. Sebaliknya, *over extraction* akan membuat kopi terlalu pahit akibat pengeksraksiannya terlalu lama. Idealnya, penyeduhan kopi *cold brew* harus mendapat perhatian khusus agar menghasilkan rasa kopi yang optimal. Investigasi di Kalimantan Selatan menunjukkan bahwa hampir semua tempat penyedia kopi masih

menggunakan metode manual dan tidak ada alat penyeduh *cold brew* otomatis di pasaran. Hal ini mendorong perlunya untuk mengembangkan alat otomatis yang dapat membantu, mempermudah, dan meningkatkan kualitas kopi *cold brew*.

Untuk mengatasi masalah penyeduhan kopi *cold brew* manual yang sering menyebabkan *lower-extraction* atau *over-extraction*, peneliti menawarkan solusi berupa alat penyeduh kopi *cold brew* otomatis berbasis Atmega 328. Alat ini dirancang untuk mengontrol parameter ekstraksi secara tepat, sehingga kopi yang dihasilkan memiliki rasa optimal. Dengan menggunakan alat otomatis ini, barista atau pengguna tidak perlu terus-menerus mengawasi proses penyeduhan, menghindari risiko kopi menjadi terlalu pahit atau terlalu asam. Penelusuran di Kalimantan Selatan dan marketplace menunjukkan bahwa alat seperti ini belum tersedia secara luas, sehingga inovasi ini dapat membantu meningkatkan kualitas dan konsistensi kopi *cold brew*. Penelitian lain yang menggunakan Atmega 328 untuk sistem otomatisasi juga menunjukkan keberhasilan dalam menjalankan sistemnya dengan baik [3]-[8].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan alat penyeduh kopi *cold brew* otomatis berbasis Atmega 328 yang dapat mengontrol parameter ekstraksi dengan tepat. Manfaat dari alat ini meliputi pengurangan kebutuhan akan perhatian terus-menerus dari barista atau pengguna selama proses penyeduhan, serta penghindaran risiko *lower-extraction* dan *over-extraction* yang dapat mengakibatkan kopi menjadi terlalu tawar atau terlalu pahit. Selain itu, alat ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan konsistensi kopi *cold brew*, memberikan solusi otomatisasi yang belum tersedia luas di pasaran, dan mendukung penyeduh kopi di Kalimantan Selatan serta daerah lainnya.

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian Junaedy dkk menggunakan metode *Research and Development (R&D)* yang bertujuan untuk menghasilkan dan mengembangkan alat serta menguji keefektifannya dalam mengekstrak madu. Alat yang dirancang terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk adaptor, *push button*, mikrokontroler Atmega328, LCD, IC 7805, driver motor L298D, dan gearbox motor DC 12V. Semua komponen ini saling terintegrasi untuk menjalankan proses ekstraksi madu secara otomatis, cepat, dan higienis. Pengujian sistem menunjukkan bahwa alat ini berfungsi dengan baik, memungkinkan pemisahan madu dari sarangnya secara efisien. Dengan demikian, alat ini berpotensi besar untuk membantu peternak lebah dalam memanen madu dalam jumlah besar [9].

Reza dkk mengembangkan alat kopi berbasis mikrokontroler yang menggunakan metode *pour over*. Alat ini dirancang untuk membuat pekerjaan barista lebih efisien dan akurat, mulai dari memanaskan air hingga 85°C hingga proses ekstraksi kopi. Berdasarkan analisis dan percobaan, alat ini menunjukkan akurasi tinggi dengan sensor suhu mencapai akurasi 92,45% dan solenoid valve 99,7%. Meskipun terdapat sedikit error pada sensor suhu akibat delay pembacaan, alat ini secara keseluruhan mempercepat waktu pembuatan kopi dan menghasilkan cita rasa yang lebih enak berdasarkan survei responden. Alat ini membuktikan efektivitasnya dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas penyeduhan kopi di *coffee shop* [10].

penelitian dan pengujian yang dilakukan Akbar Fadilah dan Asep Wasid dengan judul "Rancang Bangun Alat Mesin *Coffee Espresso Tipe Almaz Acm 6851*" menghasilkan mesin espresso otomatis yang dikendalikan melalui kontrol Android berfungsi dengan baik ketika *Bluetooth* pada Android terkoneksi dengan modul *Bluetooth HC-05* pada *Arduino Uno*. Proses ekstraksi kopi yang diotomatisasi menghasilkan rasa kopi yang konsisten karena waktu ekstraksi yang sudah ditentukan. Selain itu, fitur keamanan pada mesin ini menggunakan kata sandi berbasis angka dan jarak maksimal 10 Meter antara Android dan *Bluetooth HC-05* pada *Arduino Uno*, memastikan penggunaan yang aman dan efektif [11].

Teknologi pada mesin kopi pembuat espresso semakin banyak digunakan di *coffee shop* maupun rumah tangga, mempercepat proses pembuatan kopi. Teknologi umum pada mesin kopi biasanya menggunakan satu sistem ekstraksi, yang membutuhkan penyetelan ulang untuk jenis kopi lain. Penelitian Fajar dkk memperkenalkan mesin kopi dengan tiga tombol berbeda, masing-masing dengan sistem ekstraksi variatif. Mesin kopi espresso berfungsi dengan mengekstraksi bubuk kopi yang dimasukkan ke *portafilter*, kemudian pompa

mendorong air panas dari *boiler* melalui *heater* menuju *group head*, sehingga air mendorong bubuk kopi untuk mengekstrak sarinya. Untuk memastikan produksi kopi yang kontinu, suhu pada *boiler* harus diatur dan dikontrol dengan tepat menggunakan metode PID. Dalam penelitian ini, metode PID digunakan untuk kontrol suhu mesin kopi dengan parameter $K_p=51$, $K_i=2,8$, dan $K_d=229,5$, yang berhasil mempertahankan suhu stabil pada 93°C . Mesin ini dapat menghasilkan tiga jenis kopi: *ristretto* (19 ml), *espresso* (36,2 ml), dan *lungo* (60,4 ml). PID mampu menjaga suhu *boiler* pada set point $93^\circ\text{C} \pm 3$, dengan stabil pada 94°C . Pembacaan sensor suhu *termokopel* menunjukkan akurasi yang baik dengan *error* maksimal 4,5%, menghasilkan kinerja sistem yang baik. Sistem kontrol suhu PID pada *boiler* menunjukkan respon yang efektif dengan nilai *delay time* (td) 216s, *rise time* (tr) 560s, *settling time* (ts) 560s, *peak time* (tp) 689s, dan maksimal *overshoot* sebesar 1,67% [12].

Proses ekstraksi bubuk buah sirsak melibatkan empat tahap: penghancuran (*crusher*), penyaringan (*spinner*), pencampuran (*mixing*), dan pengeringan (*drying*). Tahap pengeringan bertujuan mengurangi kadar air sirsak setelah pencampuran agar dapat diubah menjadi bubuk. Ilham berlianto dkk melakukan penelitian terkait Sistem pengeringan yang beroperasi dengan menstabilkan suhu oven sesuai *setpoint* menggunakan metode PID (*Proportional-Integral-Derivative*). Sistem ini menggunakan kontroler DCS, sensor suhu, dan *heater* sebagai aktuator. Pengujian menggunakan metode *Ziegler-Nichols I* menunjukkan bahwa sistem pengeringan dengan *setpoint* suhu 65°C dan beban 250 gram menghasilkan parameter $K_p=2,641$; $T_i=328$; $T_d=82$. Waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan 250 gram busa sirsak adalah 2 jam 15 menit dengan persentase *overshoot* sebesar 1,5%, *error steady state* 0,5%, dan *settling time* 30 menit. Kesimpulan dari pengujian menunjukkan bahwa dengan metode *Ziegler-Nichols II*, nilai parameter K_p , K_i , dan K_d yang diperoleh menghasilkan performa sistem yang baik pada berbagai *setpoint* suhu, meskipun peningkatan *setpoint* suhu *heater* mengakibatkan peningkatan maksimum *overshoot* dan *delay time*, tetapi *rise time* lebih cepat dengan tetap beresilasi [13].

Penelitian ini menyoroti perbedaan dan kelebihan dengan mengembangkan *prototype* alat penyeduh kopi *cold brew* otomatis. Alat ini dirancang untuk digunakan dalam proses penyeduhan kopi *cold brew* dengan durasi ekstraksi standar, sehingga barista tidak perlu khawatir kapan kopi harus diangkat dan disaring karena alat ini melakukannya secara otomatis. *Prototype* ini menggunakan *Arduino Uno* atau *Atmega 328*, modul *relay*, *timer*, dan pompa air 5V. Alat ini beroperasi sesuai dengan instruksi yang telah diprogram: *timer* akan mendeteksi waktu yang telah diatur, dan saat waktu tersebut tercapai, *Arduino* mengirimkan perintah ke modul *relay* untuk mengaktifkan pompa air 5V, yang kemudian memindahkan air hasil ekstraksi ke wadah penyimpanan.

3. Metodologi

3.1. Jenis Penelitian

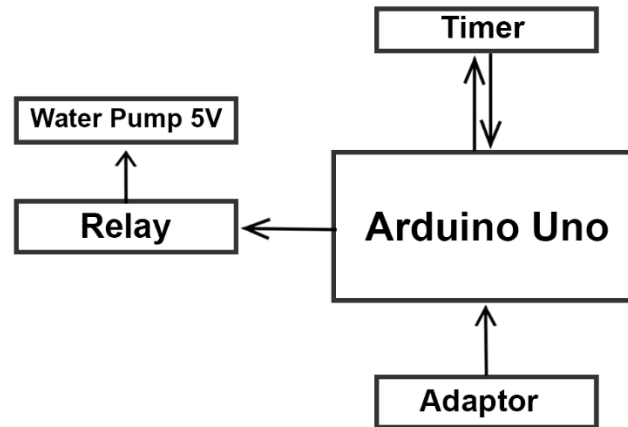
Penelitian ini menggunakan metode Penelitian Pengembangan atau *Research and Development (R&D)*. Metode ini bertujuan untuk menciptakan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada dan menguji efektivitasnya. R&D melibatkan proses langkah demi langkah dalam pengembangan produk yang dapat dipertanggungjawabkan [14].

3.2. Analisis Kebutuhan

- 1) Memastikan ekstraksi kopi yang konsisten dan berkualitas.
- 2) Mengurangi beban kerja barista dengan mengotomatisasi proses penyeduhan.
- 3) Meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam penyeduhan kopi *cold brew*.
- 4) Kontrol Waktu: *Timer* untuk mengatur durasi ekstraksi sesuai standar *cold brew*.
- 5) Sensor: Sensor waktu untuk mendeteksi dan memantau durasi ekstraksi.
- 6) Modul *Relay*: Untuk mengendalikan pompa air berdasarkan perintah dari *timer*.
- 7) Pompa Air 5V: Untuk memindahkan air hasil ekstraksi ke wadah penyimpanan.
- 8) Pengendalian Otomatis: Sistem yang memungkinkan operasi otomatis tanpa perlu pengawasan terus-menerus.

3.3. Perancangan Desain Hardware

Pembuatan perancangan desain *hardware* ini menggunakan media kopi. Dan sedangkan alat yang digunakan dalam pembuatan ekstraksi *cold brew* Otomatis Dengan Sensor Sentuh Menggunakan *Mikrokontroller* ini adalah *arduino uno* yang berfungsi mengontrol *module relay* dan *timer*.

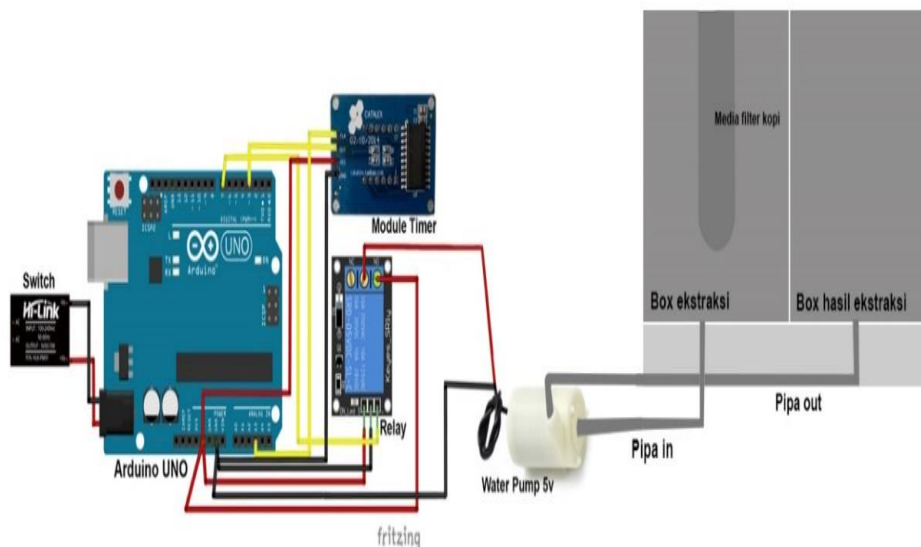


Gambar 1. Rancangan desain *hardware*

Gambar diatas merupakan gambaran dari perancangan desain *hardware* alat ekstraksi *cold brew* otomatis yang ketika komponen *arduino* diberi daya maka semua komponen lainnya juga akan menyala. *Timer* di set di 12 jam, apabila waktu sudah menunjukkan di 12 jam maka *water pump* akan aktif dan memompa kopi dari *box ekstraksi* ke *box* yang baru. Sebaliknya jika waktu belum menunjukkan di 12 jam peng ekstraksian kopi maka *water pump* tidak akan menyala.

3.4. Desain Rangkaian Alat Arduino

Berikut ini merupakan desain dari rangkain alat pengekstrak kopi *cold brew* otomatis dengan *module timer* dan *relay* menggunakan *Mikrokontroller*.



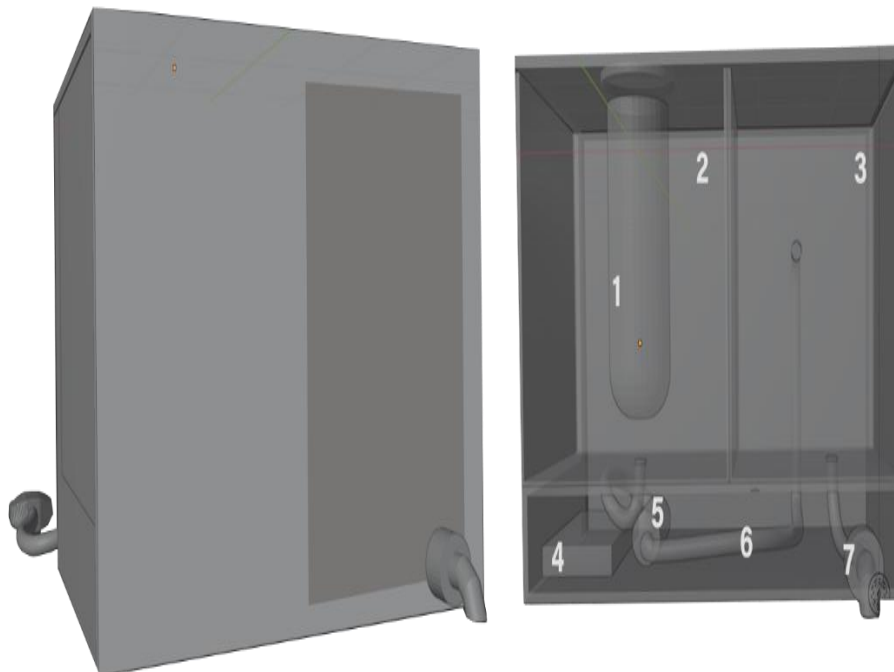
Gambar 2. Desain rangkaian alat arduino

Gambar diatas merupakan desain dari rangkaian alat pengestrak kopi *cold brew* otomatis yang terdiri atas beberapa komponen antara lain *arduino uno*, *module relay*, *module timer*, *water pump* dan kabel *jumper* yang di desain dengan aplikasi khusus secara online maupun bisa secara offline salah satunya adalah Fritzing

Penjelasan dari komponen alat diatas sebagai berikut:

- 1) *Arduino Uno* digunakan sebagai pengontrol dari keseluruhan komponen alat ekstraksi *cold brew* otomatis yang saling terhubung.
- 2) *Timer* digunakan sebagai sensor alat pengukur waktu.
- 3) *Module relay* sebagaimana saklar yang dapat melakukan *switch ON* dan *OFF* untuk menghantarkan daya tegangan alur listrik.
- 4) *Water Pump* digunakan sebagai pemompa air hasil ekstraksi kopi dari *box* ekstraksi ke *box* khusus.
- 5) Kabel *jumper* digunakan sebagai alat bantu dari antar komponen lain supaya bisa saling terhubung.

3.5. Desain Pengestrak Kopi Cold Brew



Gambar 3. Usecase Diagram

Dari desain alat yang saya buat terdiri dari beberapa bidang yaitu diantaranya ada 7 yang mana ke 7 bidang tersebut merupakan bidang penting dalam berlangsungnya alat ini bekerja dengan baik. Berikut penjelasan tentang hal tersebut:

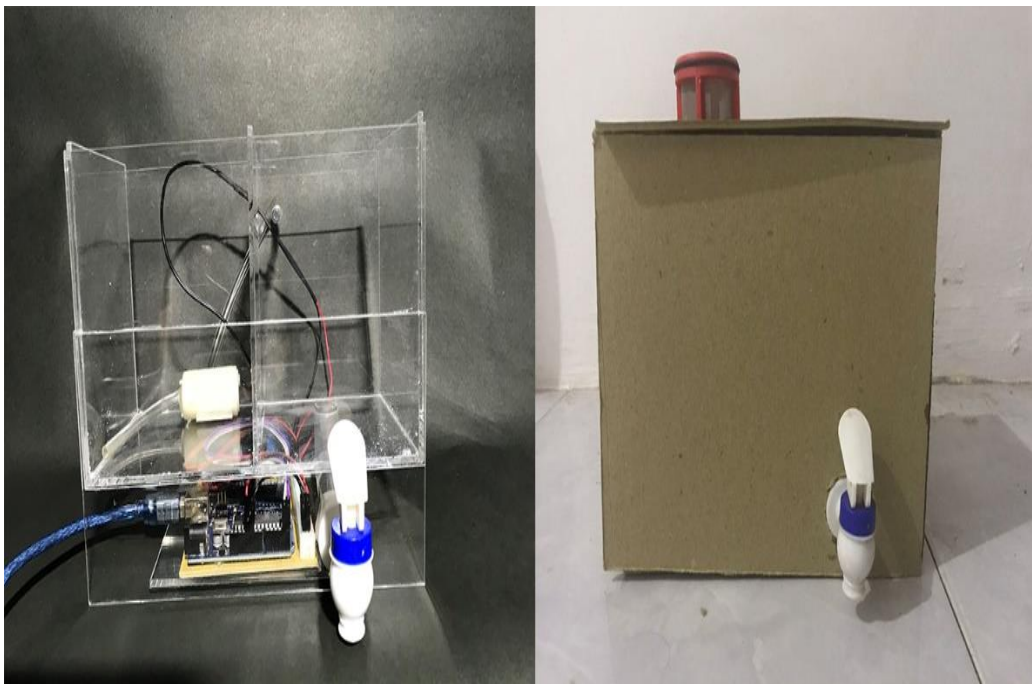
- 1) Bidang yang pertama adalah Filter yang mana filter ini berfungsi untuk tempat penyimpanan bubuk kopi yang belum pernah dipakai sebelumnya.
- 2) Bidang yang kedua adalah kotak ekstraksi, kotak ekstraksi ini berfungsi untuk proses pengestraksian kopi dari filter dengan cara bubuk kopi yang berada di dalam filter direndam didalam kotak ekstraksi selama durasi waktu yang sudah ditentukan.
- 3) Bidang yang ketiga adalah kotak hasil ekstraksi, jadi kotak ini berfungsi untuk menerima air kopi yang sudah melalui tahap pengestraksian dari kotak pertama.

- 4) Bidang yang keempat merupakan area untuk meletakkan komponen dasar berupa *Arduino Uno*, *Module Relay*, dan *Timer*.
- 5) Yang kelima merupakan *waterpump* 5v yang berfungsi sebagai pemompa air kopi dari kotak ekstraksi ke kotak hasil ekstraksi dalam durasi waktu yang sudah di tentukan sebelumnya.
- 6) Yang keenam merupakan selang/pipa berfungsi sebagai media transportasi air.
- 7) Yang terakhir kran air berfungsi untuk mempermudah proses penyeduhan hasil air kopi *cold brew* untuk dihidangkan ke konsumen atau diolah lagi dengan ditambahkan susu dan sebagainya sesuai selera atau permintaan konsumen.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Implementasi

Adapun hasil implementasi *prototype* yang telah di buat dari alat kopi *cold brew* adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Hasil *Prototype*

Dari gambar 4 dapat kita lihat beberapa area seperti *box* ekstraksi untuk tempat media ekstraksi bubuk kopi, kemudian disamping itu terdapat *box* yang dimana *box* ini nantinya akan diisi oleh kopi yang telah di ekstrak pada *box* sebelumnya, dan dibawahnya terdapat *box* yang mana *box* ini berfungsi untuk tempat meletakkan komponen alat seperti *arduino*, *relay*, dan *timer*. Untuk bahan yang akan digunakan nantinya pada *prototype* ini adalah akrilik (berupa seperti plastik bening yang mirip seperti kaca) kelebihan menggunakan material akrilik ini adalah bahannya lebih kuat dalam jangka waktu yang lama, anti rembes dan kuat terhadap suhu air tertentu. Untuk bagian sisi luar atau pada bagian *cover* akan dilapisi dengan kertas karton jakarta fungsinya untuk menambah estetika dan tampilan yang lebih enak untuk dilihat.

Desain miniatur di atas sesuai dengan ukuran yang di tentukan yaitu:

- 1) Ukuran dimensi rangka : 21cm x 10,5cm
- 2) Tinggi miniatur : 16,5cm
- 3) Bahan rangka : Akrilik Dan karton jakarta
- 4) Sensor dan Alat Bantu : *Relay*, *Timer*, *water pump* 5v dan *Arduino*

4.2. Pengujian dan Pembahasan

Pengujian *prototype* dilakukan dengan melakukan pengujian pada deteksi sensor dan hasil ekstraksi

1. Pengujian deteksi sensor

Pengujian deteksi sensor bertujuan untuk mengetahui akurasi sensor yang terdeteksi dengan waktu yang sebenarnya. Pengujian dilakukan dengan cara mengatur *setting* waktu pada *prototype* kemudian membandingkannya dengan waktu yang sebenarnya. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan pada deteksi sensor:

Tabel 1. Hasil Uji Deteksi Sensor

| NO | Setting waktu | Stopwatch | Selisih |
|----|----------------|------------------------|---------|
| 1 | 12 menit | 12 menit 1 detik | 1 detik |
| 2 | 30 menit | 30 menit 1 detik | 1 detik |
| 3 | 1 jam | 1 jam 2 detik | 2 detik |
| 4 | 1 jam 30 menit | 1 jam 30 menit 2 detik | 2 detik |
| 5 | 2 jam | 2 jam 2 detik | 2 detik |
| 6 | 3 jam | 3 jam 2 detik | 2 detik |
| 7 | 6 jam | 6 jam 2 detik | 2 detik |
| 8 | 8 jam | 8 jam 2 detik | 2 detik |
| 9 | 12 jam | 12 jam 2 detik | 2 detik |
| 10 | 14 jam | 14 jam 2 detik | 2 detik |

Hasil pengujian deteksi sensor menggunakan stopwatch mendapatkan selisih 1 sampai 2 detik hal ini membuktikan bahwa *prototype* alat pengeksrak kopi *cold brew* memiliki tingkat akurasi waktu yang sangat baik.

2. Pengujian Hasil Ekstraksi

Pengujian terkait hasil ekstraksi kopi dilakukan dengan cara mengatur waktu lamanya ekstraksi dan mengukur hasil ekstraksinya sehingga akan diketahui tingkat kepekatan hasil ekstraksi:

Tabel 1. Hasil Uji

| NO | Waktu | Hasil Ekstraksi |
|----|----------|---|
| 1 | 12 menit | Tingkat kepekatan 5% (<i>under extraction</i>) |
| 2 | 30 menit | Tingkat kepekatan 7% (<i>under extraction</i>) |
| 3 | 1 jam | Tingkat kepekatan 10% (<i>under extraction</i>) |

| NO | Waktu | Hasil Ekstraksi |
|----|----------------|---|
| 4 | 1 jam 30 menit | Tingkat kepekatan 15% (<i>under extraction</i>) |
| 5 | 2 jam | Tingkat kepekatan 20% (<i>under extraction</i>) |
| 6 | 3 jam | Tingkat kepekatan 45% (<i>under extraction</i>) |
| 7 | 6 jam | Tingkat kepekatan 50% (<i>under extraction</i>) |
| 8 | 8 jam | Tingkat kepekatan 90% (<i>under extraction</i>) |
| 9 | 12 jam | Tingkat kepekatan optimal 100% |
| 10 | 14 jam | Terlalu pekat dan menghitam(<i>over extraction</i>) |

Pada pengujian menggunakan kopi dari arabika Bali Kintamani dengan rasio 1:7 yaitu 50g kopi dengan 350ml air, sedangkan tingkat gilingan kopinya di gilingan kasar (*coarse*) dan suhu air yang digunakan di 21 derajat celcius.

- 1) Pengujian pertama (12 menit), tingkat kepekatan masih terlalu rendah sedangkan untuk rasanya masih hambar dan terlalu berair.
- 2) Pengujian kedua (30 menit), tingkat kepekatan masih terlalu rendah sedangkan untuk rasanya masih hambar dan terlalu berair.
- 3) Pengujian ketiga (1 jam), tingkat kepekatan masih terlalu rendah sedangkan untuk rasanya masih hambar dan terlalu berair.
- 4) Pengujian keempat (1 jam 30 menit), tingkat kepekatan masih terlalu rendah sedangkan untuk rasanya masih hambar dan terlalu berair.
- 5) Pengujian kelima (2 jam), tingkat kepekatan masih terlalu rendah sedangkan untuk rasanya masih hambar dan terlalu berair.
- 6) Pengujian keenam (3 jam), tingkat kepekatan masih terlalu rendah sedangkan untuk rasanya masih hambar dan terlalu berair.
- 7) Pengujian ketujuh (6 jam), tingkat kepekatan sudah terlarut dengan air namun warnanya masih agak bening sedangkan untuk rasanya masih hambar dan terlalu berair.
- 8) Pengujian kedelapan (8 jam), tingkat kepekatan hampir mendekati warna yang optimal sedangkan untuk rasanya masih hambar dan belum muncul rasa khas dari kopinya (Bali kintamani memiliki rasa khas seperti ada rasa gabungan antara sayuran dan buah jeruk).
- 9) Pengujian kesembilan (12 jam), tingkat kepekatan sudah optimal dan untuk rasanya pun sudah muncul rasa khas dari kopi arabika bali kintamani.
- 10) Pengujian kesepuluh (14 jam), tingkat kepekatannya sudah mencapai terlalu pekat kehitaman sedangkan untuk rasanya dominan pahit.

4.3. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat penyeduh kopi *cold brew* otomatis berbasis *Atmega 328* yang dikembangkan berhasil menyelesaikan masalah yang diidentifikasi dalam proses penyeduhan manual. Dengan kemampuan untuk mengontrol durasi ekstraksi secara tepat, alat ini mengurangi risiko *lower-extraction* dan *over-extraction* yang sering terjadi dalam penyeduhan manual. Implementasi *prototype* telah terbukti efektif dalam menjaga akurasi waktu dan menghasilkan kopi dengan tingkat kepekatan optimal pada 12 jam ekstraksi, sesuai dengan standar *cold brew*. Pengujian menunjukkan bahwa alat ini secara otomatis dapat mengatur waktu ekstraksi dan menghindari kesalahan dalam proses penyeduhan, menghilangkan kebutuhan untuk pengawasan manual terus-menerus. Penelitian ini memberikan penguatan

terhadap penelitian [15]-[17] yang menggunakan mikrokontroler sebagai sistem kontrol otomatisasi yang efektif.

5. Simpulan

Dalam penelitian ini, telah dikembangkan alat penyeduh kopi *cold brew* otomatis berbasis *Atmega 328* yang dirancang untuk mengatasi masalah *lower-extraction* dan *over-extraction* yang sering terjadi pada metode manual. Alat ini secara efektif mengontrol durasi ekstraksi untuk memastikan kopi yang dihasilkan memiliki rasa yang optimal tanpa perlu pengawasan manual. Hasil uji coba menunjukkan bahwa alat ini mampu mencapai tingkat kepekatan yang ideal pada durasi ekstraksi 12 jam, serta memiliki akurasi waktu yang tinggi. Dengan adanya alat ini, barista atau pengguna dapat menghindari risiko rasa kopi yang tidak diinginkan dan meningkatkan kualitas serta konsistensi kopi *cold brew*.

Daftar Referensi

- [1] R. Iskandar dan S. Khoirunisa, "Proses Pengilingan, Suhu, Ekstraksi dan Jenis Kopi Pada Karakteristik *Cold Brew Coffee*," *Jurnal Pariwisata Vokasi*, vol. 2, no. 2, pp. 47-55, 2021.
- [2] A. Istanti, S. Setiadevi dan A. N. Zazilah, "Pembuatan Kopi Decaf dalam Kemasan Drip Bag dengan Metode *Cold Brew* di Rumah Kopi Ibu Bumi Banyuwangi," *Jurnal ABDINUS : Jurnal Pengabdian Nusantara*, vol. 7, no. 2, pp. 366-372, 2023.
- [3] M. N. Ikbal dan I. Gunadi, "Pemrograman Mesin Bor Otomatis Berbasis *Atmega 328* Yang Terintegrasi LCD *Touchscreen Nextion 3,2 INCHI*," *Berkala Fisika*, vol. 22, no. 4, pp. 144-152, 2019.
- [4] Y. Triawan dan J. Sardi, "Perancangan Sistem Otomatisasi pada *Aquascape* Berbasis *Mikrokontroler Arduino Nano*," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 76-83, 2020.
- [5] M. Phang dan W. J. Kurniawan, "Perancangan *Prototype* Sistem Penyiraman Tanaman Secara Otomatis Menggunakan *Mikrokontroler Atmega 328*," *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi (JMApTeKsi)*, vol. 5, no. 2, pp. 88-93, 2023.
- [6] S. P. Sutisna, E. Sutoyo dan A. K. Hidayat, "Rancang bangun dan pengujian sistem *filling* pada mesin *packaging* otomatis berbasis *microcontroller*," *Sultra Journal of Mechanical Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 1-7, 2023.
- [7] A. Pradika dan Aswardi, "Rancang Bangun *Coffee Maker* Berbasis *Mikrokontroler* dengan Notifikasi Suara," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 2, pp. 853-862, 2023.
- [8] Y. Yuliadi, M. T. A. Zaen, M. Adami dan A. Gofur, "Implementasi *Arduino Atmega* pada Pompa Air *Automatik* Perahu Nelayan Gili Marinkik Lombok Timur," *BEES: Bulletin of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 1-7, 2022.
- [9] Junaedy, Sukirman, Ilham dan A. W. Nur, "Rancang Bangun *Prototype* Alat Pengekstrak Madu Otomatis Berbasis *Mikrokontroler ATmega328*," *Jurnal Teknologi dan Komputer (JTEK)*, vol. 3, no. 2, pp. 289-295, 2023.
- [10] R. H. A. Nugroho, E. Susanto dan R. A. Priamadhi, "Perancangan Dan Implementasi Mesin Kopi Dengan Metode *Pour Over* Berbasis *Mikrokontroler*," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 215-225, 2024.
- [11] A. Fadilah dan A. Wasid, "Rancang Bangun Alat Mesin *Coffee Espresso* Tipe *Almaz Acn 6851* (Studi Kasus *Astrophilia Coffee*)," *Jurnal Informatika & Komputasi*, vol. 18, no. 1, pp. 29-35, 2024.
- [12] F. S. Hidayatulloh, W. Dirgantara dan D. C. Permatasri, "Implementasi Kontrol PID Untuk Optimasi Suhu *Boiler* Pada Mesin Kopi *Espresso*," *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, vol. 5, no. 2, pp. 106-114, 2023.
- [13] I. Berlianto, E. S. Budi dan Tarmukan, "Implementasi PID Control Untuk Pengendalian Suhu *Foam Mat Drying* Pada Proses Ekstrak Buah Sirsak Berbasis DCS (*Distributed Control*)

- System),” *JURNAL ELKOLIND*, vol. 7, no. 3, pp. 87-92, 2020.
- [14] E. W. Winarni, *Teori dan PRaktik Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, PTK, R&D*, Jakarta: Bumi Aksara, 2018.
- [15] R. Hidayatulloh, & B. Bahar, “Model Alat Monitoring Baku Mutu Air Bebas Web Terkendali Mikrokontroler”. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 12, no. 3, pp.1865-1872, 2023.
- [16] M. D. Sopiannor, Fitriyadi dan N. Rosmawanti, “Model Atap Jemuran Gabah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega328,” *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, vol. 18, no. 1, pp. 43-54, 2022.
- [17] Julaiha dan B. Rahmani, “Model Sistem Penerangan Toilet Berbasis Sensor Gerak Terkendali Mikrokontroler Atmega328,” *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, vol. 18, no. 1, pp. 11-22, 2022.