

Perancangan Sistem Otomatis pada Mesin Sangrai Kopi Menggunakan Logika *Fuzzy*

Choirur Roziqin, Ary Mazharuddin Shiddiqi, dan Muhammad Husni
 Departemen Teknik Informarika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember(ITS)
e-mail: ary.shiddiqi@if.its.ac.id

Abstrak—Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia. Industri kopi di Indonesia mulai berkembang dan menjamur sejak tahun 2014. Jenis kopi yang banyak digemari di Indonesia antara lain arabica dan robusta dengan aroma dan rasa khas yang berbeda berdasarkan daerah asal. Rasa dan aroma pada kopi yang sudah diseduh salah satunya dibentuk pada proses pasca panen, yaitu penyangraian. Tingkat kematangan biji kopi pada proses penyangraian menciptakan rasa dan aroma kopi yang khas dan unik. Kesempurnaan penyangraian kopi dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu suhu dan waktu. Kisaran suhu sangrai bermacam-macam, mulai dari light dengan kisaran suhu 180°C-190°C, medium dengan kisaran suhu 191°C-200°C derajat celsius, dan dark dengan kisaran suhu 201°C-210°C derajat celsius, waktu dan suhu penyangraian bervariasi menyesuaikan karakter kopi dan alat. Penulis pada tugas akhir ini akan menerapkan alat pengatur suhu otomatis pada pemanas mesin sangrai dengan menggunakan logika fuzzy yang bisa dikontrol melalui smartphone. Alat pengatur suhu yang akan penulis buat menggunakan Arduino UNO dengan IC mikrokontroler atmega 328 dan pemanas utamanya menggunakan infra red ceramic heater, yang merupakan pemanas dengan konsep radiasi, sehingga biji kopi yang disangrai bisa matang dengan merata.

Kata Kunci—Kerusakan jalan SPBU, *Internet Of Things*, *Sensor Load Cell*.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia. Selain itu, tingkat konsumsi kopi di Indonesia juga tergolong besar. Industri kopi di Indonesia mulai berkembang dan menjamur sejak tahun 2014. Jenis kopi yang paling umum dan banyak dijumpai di Indonesia yakni arabica dan robusta dengan aroma dan rasa khas yang berbeda berdasarkan daerah asal. Rasa dan aroma pada kopi yang sudah diseduh salah satunya dibentuk pada proses pasca panen, yaitu penyangraian [1].

Tingkat kematangan biji kopi pada proses penyangraian menciptakan rasa dan aroma kopi yang khas dan unik. Kesempurnaan penyangraian kopi dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya suhu dan waktu. Kisaran suhu sangrai bermacam-macam, mulai dari light dengan kisaran suhu 180-205 derajat celsius, medium dengan kisaran suhu 206-220 derajat celsius, dan dark dengan kisaran suhu 221-240 derajat celsius [2].

Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi kualitas kopi adalah proses sangrai. Proses sangrai yang tepat dapat memperbaiki rasa, aroma, dan karakter kopi. Namun, memang sulit untuk menentukan parameter yang tepat untuk sangrai kopi karena banyak faktor yang mempengaruhi hasil akhir, seperti jenis biji kopi, kadar air, dan suhu [3].

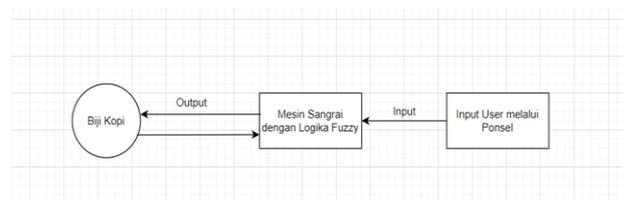
Proses sangrai pada usaha kopi yang tergolong kecil masih menggunakan metode tradisional, sehingga menjadi kendala pada kinerja pengusaha kopi, karena lamanya waktu yang



Gambar 1. Diagram alir sistem.



Gambar 2. Arsitektur sistem.



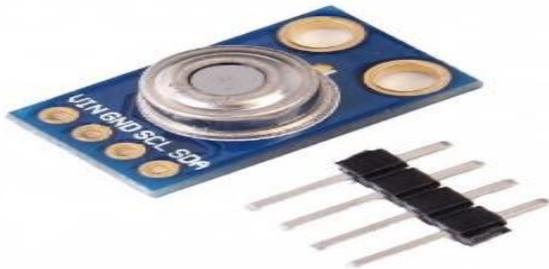
Gambar 3. Diagram blok perangkat keras.

dibutuhkan untuk menghasilkan biji kopi yang sudah disangrai. Berdasarkan permasalahan tersebut penulis ingin menghadirkan solusi dengan menerapkan logika *fuzzy* pada mesin sangrai. Logika *fuzzy* dapat digunakan untuk membantu mengatur dan mengendalikan proses sangrai kopi. Logika fuzzy dapat mempertimbangkan banyak faktor dan memperhitungkan parameter yang tepat untuk mencapai hasil sangrai yang optimal.

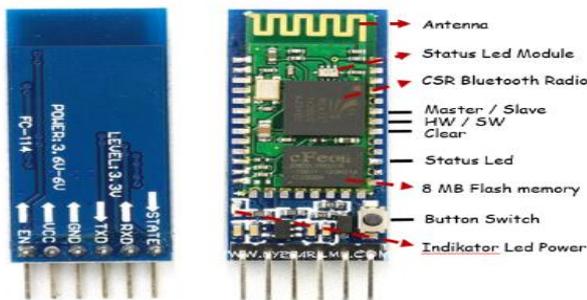
Mesin ini menggunakan sensor suhu yang dikombinasikan dengan sistem kendali fuzzy untuk mengatur parameter sangrai kopi secara otomatis. Dengan menggunakan mesin sangrai kopi berbasis logika fuzzy, kualitas kopi dapat



Gambar 4. Arduino R3.



Gambar 5. Sensor suhu MLX90614.



Gambar 6. Modul bluetooth blue HC-05.



Gambar 7. Relay 1 channel.



Gambar 8. Liquid crystal display 16x2.



Gambar 9. Alat sangrai.

ditingkatkan secara signifikan. Mesin ini memungkinkan produsen kopi untuk menghasilkan kopi yang konsisten, dengan karakteristik dan rasa yang diinginkan, serta dapat mengurangi waktu dan biaya dalam proses sangrai.

Berdasarkan permasalahan dan latar belakang di atas, maka peneliti akan mengusulkan judul Tugas Akhir "Perancangan Sistem Otomatis Pada Mesin Sangrai Kopi Menggunakan Logika fuzzy".

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Hardware Tools

Hardware tools diantaranya meliputi berikut:

1) Profil Sangrai

Pengolahan sekunder bertujuan untuk memberi nilai tambah serta merubah kopi beras hasil pengolahan primer menjadi kopi bubuk yang siap untuk dikonsumsi. Pengolahan sekunder memiliki peran cukup signifikan dalam pembentukan cita rasa kopi yaitu sebesar 30% pada proses penyangraian. Pengolahan sekunder terdiri dari penyangraian (roasting), pendinginan (tempering), Penghalusan (milling), dan pengemasan.

Proses sangrai atau penyangraian biji kopi merupakan suatu proses yang penting dalam perkopian. Adapun penyangraian itu dapat diartikan sebagai proses mengubah biji kopi mentah menjadi biji kopi yang matang siap diolah menjadi minuman kopi. Proses ini menentukan mutu dari minuman kopi yang dihasilkan.

Proses penyangraian diawali dengan penguapan air yang ada di biji kopi dengan memanfaatkan panas yang ada, kemudian diikuti dengan penguapan senyawa volatil serta proses pirolisis atau pencoklatan biji.

Biji kopi yang awalnya berwarna hijau atau coklat muda akan berubah warna menjadi coklat seperti warna kayu manis atau bahkan hitam dengan permukaan yang berminyak.

2) Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah suatu cabang ilmu Artificial Intelligence, yaitu suatu pengetahuan yang membuat computer dapat meniru kecerdasan manusia sehingga diharapkan computer dapat melakukan hal-hal yang apabila dikerjakan oleh manusia memerlukan kecerdasan.

Logika fuzzy merupakan cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input dalam suatu ruang output dan memiliki nilai yang berlanjut. Kelebihan logika fuzzy ada pada kemampuan penalaran secara bahasa, sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematis yang kompleks dari objek yang akan dikendalikan.

Dengan kata lain, logika fuzzy ini mempunyai fungsi untuk meniru kecerdasan yang dimiliki manusia untuk melakukan sesuatu dan mengimplementasikannya ke suatu perangkat. Selain itu, logika fuzzy sangat fleksibel, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, mampu bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional, juga didasarkan pada bahasa alami.

Tabel 1.
Komponen Rangkaian Utama

No	Nama Komponen	Deskripsi	Jumlah
1	Arduino Uno R3	Merupakan komponen penting untuk menerima data dari sensor.	1 buah
2	MLX90614	Sebuah komponen utama yang berfungsi untuk mendeteksi suhu objek, dalam hal ini yaitu biji kopi, yang kemudian diteruskan pada sistem.	1 buah
3	Mesin pemanas	Sebagai media pemanas biji kopi sehingga bisa didapatkan biji kopi yang sesuai dengan keinginan.	1 buah
4	Aplikasi android	Berfungsi sebagai input untuk mengirim perintah pada sistem, sehingga sistem mengolah sistem tersebut dan mengatur supaya mesin pemanas bisa berjalan sesuai input.	

Tabel 2.
Suhu dan Waktu Penyangraian Biji Kopi Profil Light Roast

No	Suhu Maksimum Penyangraian	Waktu sangrai
1	198	6 menit 53 detik
2	195	6 menit 48 detik
3	197	6 menit 39 detik
4	200	7 menit 4 detik

Tabel 3.
Suhu dan Waktu Penyangraian Biji Kopi Profil Medium Roast

No	Suhu Maksimum Penyangraian	Waktu sangrai
1	220	9 menit 24 detik
2	219	9 menit 16 detik
3	217	8 menit 03 detik
4	201	8 menit 27 detik

Tabel 4.
Suhu dan Waktu Penyangraian Biji Kopi Dark Roast

No	Suhu Maksimum Penyangraian	Waktu sangrai
1	239	11 menit 44 detik
2	241	11 menit 59 detik
3	238	11 menit 31 detik
4	237	11 menit 27 detik

III. PERANCANGAN

A. Arsitektur Sistem

Sistem akan disambungkan pada ponsel android melalui koneksi bluetooth. Modul bluetooth yang digunakan adalah HC-05. Setelah sistem dan ponsel tersambung, kemudian user memilih interface yang sesuai dengan sistem, lalu memilih profil sangrai yang dikehendaki.

Dalam tugas akhir ini terdapat tiga profil sangrai, yaitu A dengan ketentuan waktu 7 menit dan suhu 180°C, B dengan ketentuan waktu 9 menit dan suhu 220°C, dan C dengan ketentuan waktu 11 menit dan suhu 240°C.

Tahap selanjutnya adalah sistem akan menerima input dari user yaitu profil sangrai yang dipilih, dan sistem akan mengirim perintah pada mesin sangrai untuk memanaskan mesin dan menyangrai biji kopi hingga sesuai dengan input dari user.

Tahap selanjutnya, atau tahap terakhir dalam sistem ini adalah ketika biji kopi sudah matang sesuai input dari user maka sistem dan pemanas akan berhenti otomatis. Diagram alir sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Arsitektur sistem dari sistem sangrai otomatis pada Gambar 2 dan Gambar 3.

B. Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi:

1) Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah salah satu papan mikrokontroler yang paling populer dalam keluarga Arduino. Papan ini didasarkan pada mikrokontroler ATmega328P sebagai otaknya, yang memiliki kecepatan 6 MHz, 32KB memori flash untuk menyimpan program, 2KB SRAM untuk menyimpan data, dan 1KB EEPROM untuk penyimpanan data non-volatile (Gambar 4).

2) Sensor Suhu MLX90614

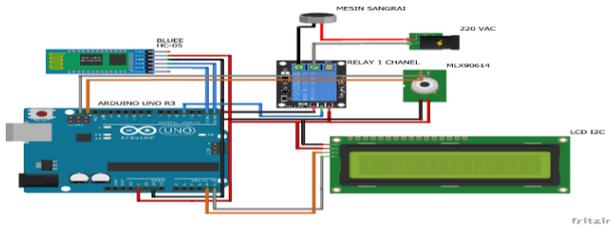
Sensor suhu MLX90614 adalah sensor non-kontak yang menggunakan teknologi inframerah untuk mengukur suhu objek tanpa perlu melakukan kontak fisik dengan objek tersebut. Prinsip kerja dari sensor ini yaitu menggunakan detector thermopile dan lensa optik untuk mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek, dalam penelitian ini yaitu biji kopi (Gambar 5).

3) Modul Bluetooth Blue HC-05

HC-05 adalah modul Bluetooth yang sering digunakan dalam proyek elektronika untuk mengaktifkan komunikasi nirkabel antara perangkat mikrokontroler atau mikrokomputer dengan perangkat Bluetooth lainnya, seperti ponsel cerdas, tablet, atau komputer (Gambar 6).

4) Relay 1 Channel

Relay 1 channel adalah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai saklar elektromagnetik yang



Gambar 10. Skema rancangan sistem.



Gambar 11. Rangkaian perangkat keras.



Gambar 12. Sistem perangkat lunak.



Gambar 13. Hasil sangrai biji kopi profil light roast.



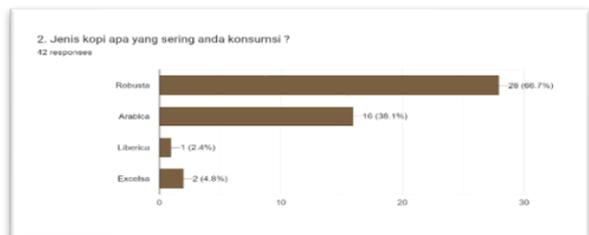
Gambar 14. Hasil sangrai biji kopi profil medium roast.



Gambar 15. Hasil sangrai biji kopi profil dark roast.



Gambar 16. Data frekuensi pelanggan mengkonsumsi kopi dalam seminggu.



Gambar 17. Data jenis kopi yang sering dikonsumsi.

mengendalikan aliran listrik pada satu saluran (channel). Relay ini dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik pada satu sirkuit dengan menggunakan sinyal kontrol dari perangkat lain seperti mikrokontroler, sensor, atau saklar (Gambar 7).

5) Liquid Crystal Display (LCD) 16x2

Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 adalah tipe display karakter yang sering digunakan dalam proyek elektronika. Ukuran 16x2 mengacu pada jumlah karakter yang dapat ditampilkan pada layar, yaitu 16 karakter dalam 2 baris.

Prinsip kerja dari LCD 16x2 yaitu menggunakan teknologi liquid crystal untuk menampilkan karakter. LCD terdiri dari sejumlah segmen dan piksel yang dapat dikendalikan secara individual. Ketika arus diterapkan pada segmen tertentu, kristal cair dalam segmen tersebut berubah posisi dan memungkinkan cahaya latar untuk melewati atau tidak melewati segmen, membentuk karakter atau simbol yang ditampilkan (Gambar 8).

6) Alat Sangrai

Alat sangrai digunakan sebagai wadah untuk meletakkan biji kopi yang akan disangrai. Pada alat sangrai terdapat sensor suhu MLX 90614 untuk mendeteksi suhu real time biji

kopi. Alat sangrai ini kemudian akan disambungkan dengan sistem sehingga user bisa mengontrol profil sangrai sesuai yang diinginkan (Gambar 9).

C. Perancangan Rangkaian Utama

Rangkaian utama dan beberapa komponen-komponen penting untuk rancangannya ditampilkan pada Tabel 1. Skema rancangan dari komponen-komponen yang disebutkan diatas disusun sebagaimana Gambar 10 sehingga menjadi sebuah sistem.

D. Peralatan Pendukung

Peralatan pendukung meliputi:

1) Perangkat Keras

Mesin sangrai yang dihubungkan pada sistem yang berfungsi untuk menjalankan perintah yang diteruskan dari sistem, mesin sangrai yang dipakai menggunakan pemanas infrared dan sumbernya dari listrik, sehingga meminimalisir hasil kopi yang berbau gosong.

Selain itu mesin sangrai yang digunakan telah dipasang sensor suhu MLX9614 yang berfungsi untuk mengirim informasi suhu dari biji kopi yang disangrai ke sistem yang kemudian ditampilkan melalui LCD. Adapun tampilannya seperti pada Gambar 11.

2) Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan pada sistem memiliki spesifikasi antara lain menggunakan bahasa pemrograman C dan Arduino IDE sebagai media pemrogramannya. Dan untuk aplikasi pada ponsel android menggunakan aplikasi bluetooth electronics dimana nantinya akan disambungkan via bluetooth dan user mengatur interface pada aplikasi tersebut seperti Gambar 12.

IV. UJI COBA DAN EVALUASI

A. Hasil Uji Coba Perangkat

Pengujian waktu sangrai sangat bergantung pada jumlah kopi dan suhu ruang roasting, dimana kedua variable tersebut sangat mempengaruhi waktu sangrai. Proses memasukkan kopi ke ruang roasting dilakukan jika suhu sudah mencapai setting suhu yang diinginkan. Hasil dari penyangraian dari biji kopi profil light roast, medium roast, dan dark roast (Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4). Berdasarkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan pada proses penyangraian biji kopi maka semakin lama waktu sangrai yang dibutuhkan.

B. Hasil Sangrai Masing-masing Profil

Hasil uji coba yang telah dilakukan, warna biji kopi yang dihasilkan berdasarkan karakteristik dari tingkatan penyangraian dapat dilihat pada Gambar 13. Biji kopi light roast merupakan tingkatan awal dalam penelitian ini, memiliki karakter biji kopi kering, rasa asam yang tinggi, aroma kopi sedang dan rasa manis yang rendah. Pada penyangraian ini suhu yang digunakan sebesar 200 °C dengan waktu 7 menit 4 detik.

Biji kopi medium roast merupakan tingkatan kedua dalam penelitian ini, memiliki karakter biji kopi berminyak, rasa asam yang rendah, aroma kopi sedang dan rasa manis yang sedang. Pada penyangraian ini suhu yang digunakan sebesar 220 °C dengan waktu 9 menit 24 detik (Gambar 14).

Biji kopi dark roast merupakan tingkatan ketiga dalam penelitian ini, memiliki karakter biji kopi banyak minyak, rasa asam yang paling rendah, aroma kopi seperti sangrai dan rasa manis tidak ada. Pada penyangraian ini suhu yang digunakan sebesar 241°C dengan waktu 11 menit 59 detik (Gambar 15). Perbedaan tingkatan penyangraian ini berpengaruh terhadap warna biji kopi yang dihasilkan. Jika diurutkan dari warna yang paling terang hingga gelap, maka dapat diurutkan sebagai berikut light roast, medium roast, dan dark roast. Selain itu citarasa yang dihasilkan pun berbeda, baik citarasa ketika dimakan bijinya langsung ataupun olahan minuman dari biji kopi dari masing-masing.

C. Hasil Sebaran Kuisoner

Terdapat delapan pertanyaan yang ada pada kuisoner yang disebarakan melalui google forms. Pertanyaan-pertanyaan ini dibuat untuk menguatkan hasil penelitian biji kopi yang disangrai menggunakan logika fuzzy. Kuisoner ini disebarakan kepada pelanggan salah satu coffee shop sejumlah 42 orang, yang mana peneliti memberikan tiga sampel hasil penelitian, kemudian dilanjutkan dengan mengisi berdasarkan pengalaman pelanggan coffee shop tersebut.

Gambar 16 menunjukkan bahwa pelanggan yang mengisi kuisoner ini didominasi oleh pelanggan yang mengkonsumsi kopi lebih dari tiga kali dalam seminggu atau dapat dikatakan

pelanggan merupakan penyuka kopi. Berdasarkan hasil tersebut, peneliti beranggapan jika mayoritas pelanggan yang mengisi kuisoner yang diberikan mampu menjawab dengan sebaik-baiknya.

Terdapat berbagai macam jenis kopi yang biasanya digunakan oleh coffee shop. Antara lain seperti robusta, arabica, liberica, dan excelsa. Jenis kopi yang umumnya digunakan coffee shop di Indonesia yakni robusta dan arabica. Namun, pada beberapa coffee shop juga menggunakan kopi jenis lainnya. Jenis kopi ini dapat dibedakan salah satunya melalui rasa setelah diolah.

Gambar 17 menunjukkan bahwa jenis kopi yang sering dikonsumsi oleh pelanggan adalah robusta, kemudian arabica, excelsa, dan yang paling jarang dikonsumsi adalah liberica. Selaras dengan itu, peneliti pada penelitian ini juga menggunakan kopi jenis robusta untuk dijadikan bahan penelitian.

Terdapat tiga sampel yang disediakan yakni, sampel satu light roast biji kopi yang disangrai dengan suhu 180 sampai dengan 200 derajat celsius, sampel dua medium roast biji kopi yang disangrai dengan suhu 201 sampai dengan 220 derajat celsius, dan sampel tiga dark roast biji kopi yang disangrai dengan suhu 221 sampai dengan 240 derajat celsius. Berdasarkan sampel yang disediakan, peneliti menguji aroma dan rasa masing-masing jenis kepada pelanggan yang mengisi kuisoner.

Menunjukkan bahwa 42,9% pelanggan menjawab biji kopi yang termasuk dalam kategori light roasting memiliki aroma ringan. Ini merupakan presentase terbesar diantara jawaban lainnya. Menunjukkan bahwa 59,5% pelanggan menjawab biji kopi yang termasuk dalam kategori medium roasting memiliki aroma sedang. Ini merupakan presentase terbesar diantara pilihan jawaban lainnya.

Menunjukkan bahwa 52,4% pelanggan menjawab biji kopi yang termasuk dalam kategori dark roasting memiliki aroma kuat. Ini merupakan presentase terbesar diantara pilihan jawaban lainnya. Data yang didapatkan selaras dengan teori yang ada bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan semakin tercium kuat aroma biji kopi yang dihasilkan dari hasil penyangraian.

Menunjukkan bahwa 33.% pelanggan menjawab biji kopi yang termasuk dalam kategori light roasting memiliki rasa yang cukup. Ini merupakan presentase terbesar diantara jawaban lainnya. Menunjukkan bahwa 57,1% pelanggan menjawab biji kopi yang termasuk dalam kategori medium roasting memiliki rasa yang puas. Ini merupakan presentase terbesar diantara pilihan jawaban lainnya.

Menunjukkan bahwa 42.9 % pelanggan menjawab biji kopi yang termasuk dalam kategori dark roasting memiliki rasa yang puas. Ini merupakan presentase terbesar diantara pilihan jawaban lainnya.

Data yang didapatkan selaras dengan teori yang ada bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan semakin pahit biji kopi yang dihasilkan dari hasil penyangraian

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang di dapatkan berdasarkan Hasil Uji coba yang telah didapat adalah sebagai berikut: (1) Dari hasil penelitian ini, dapat menciptakan alat penyangrai kopi otomatis dengan mengimplementasikan logika *fuzzy*. (2)

Pada alat penyangrai kopi yang telah dirancang, user bisa mengatur profil sangrai yang diinginkan melalui ponsel yang dikoneksikan pada mesin sangrai melalui *Bluetooth*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. B. Utomo, Sumardi, and A. P. N, "Perancangan Sistem Pengaturan Suhu pada Mesin Sangrai Kopi Berbasis Logika Fuzzy," Departemen Teknik Elektro, Universitas Jember, 2014.
- [2] F. Winjaya, M. Rivai, and D. Purwanto, "Identification of Cracking Sound During Coffee Roasting Using Neural Network," in *2017 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, 2017, pp. 271–274. doi: 10.1109/ISITIA.2017.8124093.
- [3] B. Kharisma and Y. H. Nur, "Penentuan komoditas perkebunan unggulan di Provinsi Jawa Barat," *Media Trend*, vol. 14, no. 1, pp. 73–104, 2019, doi: 10.21107/mediatrend.v14i1.4779.