

## Peningkatan Efisiensi Sistem Sortasi Matang Buah Kopi melalui Optimasi Berbasis Ultrasound dan Logika Fuzzy Enhanced Efficiency of Coffee Fruit Ripe Sorting System through Ultrasound-based Optimization and Fuzzy Logic

Nova El Maidah<sup>1</sup>, Christian Dwi Suhendra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Jember, Jember, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Univeritas Papua, Papua Barat, Indonesia

[nova.pssi@uncj.ac.id](mailto:nova.pssi@uncj.ac.id), [c.suhendra@unipa.ac.id](mailto:c.suhendra@unipa.ac.id)

### Info Artikel

#### Riwayat Artikel:

Diterima mm dd, yyyy  
Direvisi mm dd, yyyy  
Disetujui mm dd, yyyy

#### Kata Kunci:

Sistem penyortiran  
Kematangan buah kopi  
Ultrasonik  
Logika fuzzy  
Peningkatan mutu kopi

### ABSTRACT (10 PT)

This research focuses on the development of a coffee fruit sorting system, which is a part of an embedded automation system for coffee processing and storage. The implementation of this system aims to improve and maintain the quality of coffee throughout the production and storage processes. The embedded automation system for coffee processing begins with the coffee fruit sorting system, which is responsible for selecting perfectly ripe and high-quality coffee fruits. Subsequently, the system proceeds with coffee bean production and storage processes. The developed system comprises small-scale subsystems capable of performing various coffee processing tasks. These subsystems can be integrated to form a larger system capable of handling coffee production and storage processes. The research utilizes software technology embedded in the hardware system. The employed software technology is a component of an intelligent control system, which utilizes artificial intelligence as its underlying control mechanism. The maturity classification of coffee fruits is divided into three classes: KM (immature), MM (mature), and MS (fully mature). This classification scheme simplifies the understanding of the sorting process.

### ABSTRAK (10 PT)

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penyortiran buah kopi, yang merupakan bagian dari sistem otomatis terdapat untuk pengolahan dan penyimpanan kopi. Implementasi sistem ini bertujuan untuk meningkatkan dan menjaga mutu kopi selama proses produksi dan penyimpanan. Sistem otomatis terdapat untuk pengolahan kopi dimulai dengan sistem penyortiran buah kopi, yang bertugas memilih buah kopi yang matang sempurna dan berkualitas baik. Selanjutnya, sistem ini melanjutkan proses produksi biji kopi dan penyimpanan. Sistem yang dikembangkan terdiri dari subsistem-skala kecil yang mampu melakukan berbagai tugas pengolahan kopi. Subsistem ini dapat diintegrasikan menjadi sistem yang lebih besar yang mampu mengelola proses produksi dan penyimpanan kopi. Penelitian ini menggunakan teknologi perangkat lunak yang terdapat dalam sistem perangkat keras. Teknologi perangkat lunak yang digunakan merupakan bagian dari sistem kontrol cerdas yang menggunakan kecerdasan buatan sebagai mekanisme pengendalian. Klasifikasi kematangan buah kopi dibagi menjadi tiga kelas, yaitu KM (kurang matang), MM (matang), dan MS (sangat matang). Skema klasifikasi ini memudahkan pemahaman tentang proses penyortiran.

### Koresponden:

Christian Dwi Suhendra  
Fakultas Teknik, Universitas Papua  
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari Papua Barat Kode Pos 98314  
Email: [c.suhendra@unipa.ac.id](mailto:c.suhendra@unipa.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN (10 PT)

Kabupaten Jember merupakan salah satu penghasil kopi terbesar di Jawa Timur, setelah Kabupaten Malang. Menurut data Badan Pusat Statistik Jawa Timur tahun 2016 [1], sekitar 11% dari total produksi kopi Jawa Timur pada tahun 2013 berasal dari Kabupaten Jember. Kawasan perkebunan kopi di Kabupaten Jember terletak di wilayah pengunungan Agropura dan pegunungan Raung, seperti yang dilaporkan oleh Pusat Penelitian Perkebunan Kementerian Pertanian [2].

Pengolahan biji kopi dengan baik memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan kualitas dan harga jual kopi. Metode pengolahan basah telah terbukti menghasilkan kopi berkualitas tinggi dengan proses yang relatif cepat. Proses pengolahan basah dimulai dengan pemilihan buah kopi yang matang sempurna, seperti yang disebutkan dalam penelitian sebelumnya [3].

Proses penyortiran buah kopi yang matang sempurna biasanya dilakukan dengan memperhatikan warna buah kopi. Buah kopi yang matang biasanya memiliki warna merah. Selain itu, penyortiran juga dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan metode perambangan. Metode ini melibatkan perendaman buah kopi dalam air, di mana buah yang mengapung merupakan buah kopi berkualitas rendah, sedangkan yang tenggelam merupakan buah kopi berkualitas baik [4].

Dalam penelitian ini, dilakukan penyortiran buah kopi menggunakan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah kopi berdasarkan nilai frekuensi yang dipantulkan oleh buah kopi tersebut.

Hasil dari penelitian ini akan berupa purwarupa sistem penyortiran buah kopi serta makalah publikasi. Purwarupa sistem penyortiran buah kopi tersebut dapat dikembangkan menjadi produk yang dapat digunakan untuk melakukan penyortiran buah kopi, serta sebagai dasar untuk penelitian lanjutan dalam bentuk sistem tertanam otomatis untuk penyortiran buah kopi.

## 2. METODE (10 PT)

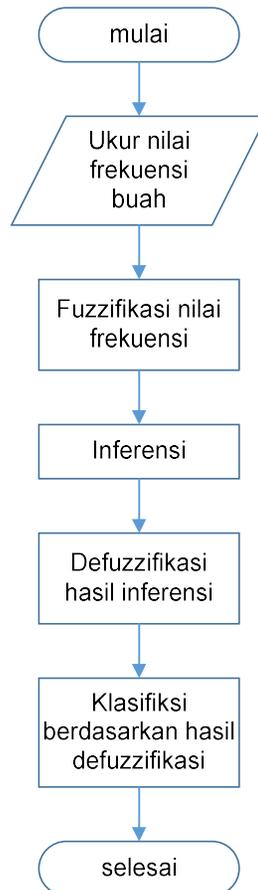
Penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan dengan tujuan menghasilkan rancangan sistem yang optimal. Rancangan sistem dibuat berdasarkan analisis mendalam yang disusun berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk mewujudkan rancangan tersebut, dilakukan implementasi sistem dengan membangun perangkat keras dan perangkat lunak yang sesuai. Kemudian, sistem tersebut diuji secara menyeluruh guna memastikan kesesuaiannya dengan rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Evaluasi capaian penelitian dilakukan berdasarkan hasil penelitian yang kemudian dibandingkan dengan metode konvensional yang umumnya digunakan dalam bidang tersebut. Metode dan jadwal penelitian yang telah ditetapkan dapat dilihat pada Gambar 1 untuk mempermudah pemahaman mengenai proses yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Bagan Metode Penelitian

Sistem yang telah dirancang terbagi menjadi dua komponen utama, yakni komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Pada bagian perangkat keras, kita menggunakan sistem mikrokontroler tipe Arduino yang telah kita sambungkan dengan sensor ultrasonik. Sebaliknya, bagian perangkat lunak bertugas lebih dari sekadar mengendalikan pengukuran fisik yang dilakukan oleh sensor. Perangkat lunak ini juga mempunyai fungsi penting dalam melakukan proses klasifikasi untuk menentukan kualitas buah kopi. Perangkat lunak ini kemudian akan kita integrasikan ke dalam sistem mikrokontroler.

Input untuk sistem ini adalah frekuensi yang dihasilkan dari pengukuran sensor ultrasonik. Pengukuran tersebut kemudian dikonversi menjadi nilai fuzzy, atau nilai yang tidak pasti dan berkelanjutan. Setelah itu, kita melakukan proses inferensi atau penarikan kesimpulan dengan menggunakan model Mamdani, sebuah metode populer dalam sistem logika fuzzy [5]. Hasil dari proses inferensi ini nantinya akan digunakan sebagai dasar dalam klasifikasi tingkat kematangan buah kopi. Bagaimana sistem bekerja bisa dijelaskan dengan lebih detail melalui diagram alir sistem yang tergambar pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

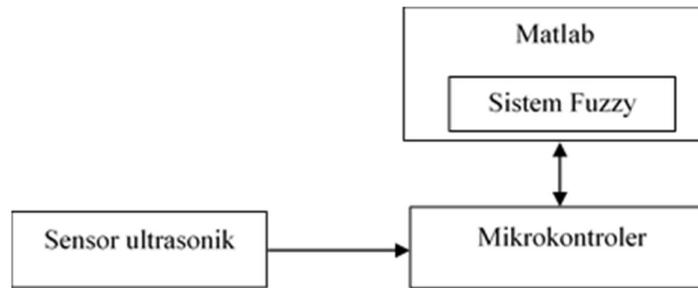
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN (10 PT)

Diagram Alir Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil integrasi antara sensor ultrasonik HC-SR04 [6] dan mikrokontroler Arduino. Mikrokontroler Arduino berfungsi sebagai pusat pengendali dari sistem penyortiran ini. Di dalam Arduino, terdapat sistem logika fuzzy yang telah dibuat menggunakan Matlab. Sistem logika fuzzy ini bertugas mengklasifikasikan data dari pengukuran sensor ultrasonik. Proses kerjanya adalah dengan mengubah masukan, yang berupa nilai pasti atau crisp, menjadi nilai yang berkelanjutan atau fuzzy. Dari proses konversi tersebut, diperoleh nilai fuzzy yang merupakan variabel penentu tingkat kematangan buah kopi. Ada tiga tingkat kematangan buah kopi yang menjadi fokus yaitu kurang matang, matang, dan sangat matang.

Diagram blok dari sistem secara keseluruhan dapat dilihat di Gambar 3. Hasil dari proses pengklasifikasian tingkat kematangan biji kopi, yang direpresentasikan dalam bentuk nilai fuzzy, dapat ditampilkan melalui Matlab. Selain itu, Matlab juga memungkinkan penampilan grafik yang menunjukkan rentang interval dari setiap kelompok tingkat kematangan biji kopi yang telah diuji.

Prinsip kerja gelombang ultrasonik [7], [8] menunjukkan bahwa jika permukaan bahan yang diuji memiliki warna yang lebih terang, maka jumlah gelombang yang dipantulkan kembali akan lebih banyak. Sebaliknya, jika warna permukaan bahan uji lebih gelap, gelombang ultrasonik yang dipantulkan kembali akan

lebih sedikit karena lebih banyak gelombang yang diserap oleh bahan tersebut. Prinsip yang sama juga berlaku pada bahan yang memiliki tingkat kelembaman yang berbeda.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem

Kekerasan dari suatu benda uji ditentukan oleh nilai modulus Young-nya. Diasumsikan bahwa benda yang lebih keras, yang biasanya memiliki kandungan air yang lebih sedikit, akan memiliki nilai modulus Young [9], [10] yang lebih tinggi. Sehingga, semakin tinggi nilai modulus Young suatu benda, semakin banyak gelombang ultrasonik yang dipantulkan kembali ketika benda tersebut diuji. Tingkat kematangan buah dapat ditentukan berdasarkan warna dan kekerasan bahan yang diuji. Panjang gelombang digunakan untuk menentukan nilai warna, sedangkan nilai modulus Young digunakan untuk menentukan kekerasan. Nilai-nilai ini dapat diperoleh dari frekuensi yang digunakan dalam pengujian.

Sensor ultrasonik menghasilkan variabel jarak sebagai outputnya, oleh karena itu perbedaan dalam nilai frekuensi gelombang tidak bisa diukur secara langsung. Untuk memperoleh variabel waktu dan frekuensi, output ini perlu diubah terlebih dahulu. Menurut spesifikasi sensor, frekuensi yang dihasilkan adalah konstan, dan output waktu dihasilkan dari perhitungan rata-rata waktu ketika gelombang tiba dan waktu ketika gelombang dipantulkan kembali. Dalam konteks penelitian ini, frekuensi gelombang yang dipantulkan mengalami perubahan, yang menyebabkan perbedaan pada panjang gelombang dan waktu tempuh gelombang pantul. Meski sensor ultrasonik tidak mampu mengukur perbedaan tersebut secara langsung, namun masih bisa mendapatkan nilai perbedaan tersebut melalui perubahan tegangan pada titik hubungan antara sensor dan Arduino.

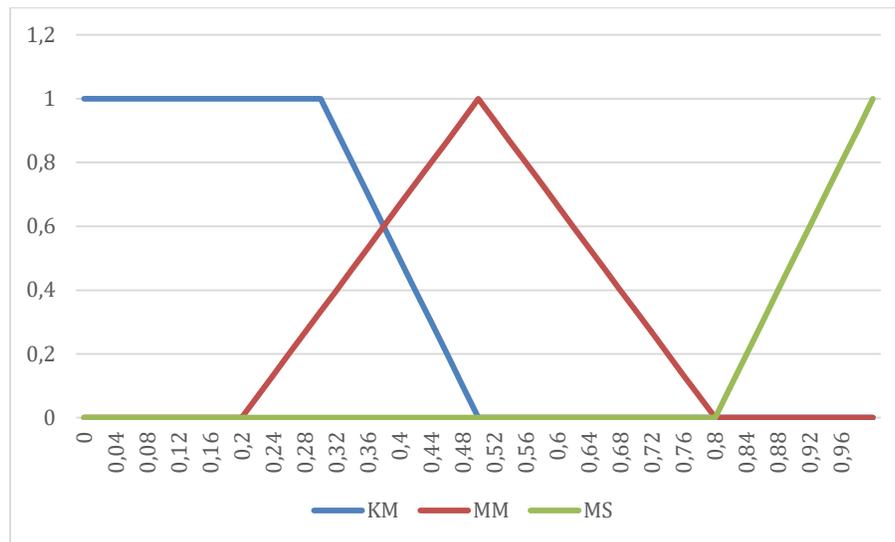
Tabel 1 menampilkan hasil dari pengujian yang dilakukan pada tiga jenis bahan uji, dengan sensor ditempatkan pada jarak 17 cm dari bahan tersebut. Sementara itu, Tabel 2 memperlihatkan hasil dari pengukuran perbedaan tegangan pada input HC-SR04 dibandingkan dengan ground. Tingkat kematangan bahan uji diklasifikasikan ke dalam tiga kategori: kurang matang (KM), matang (MM), dan terlalu matang (MS). Gambar 3 menunjukkan grafik dari fungsi keanggotaan fuzzy untuk klasifikasi tersebut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pembacaan Jarak HC-SR04  
Sampel Data Tegangan yang Terbaca Melalui Echo Pin

Percobaan ke-	Jarak Pengukuran 17 cm		
	Hasil Pengukuran Sensor		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	171	174	175
2	170	177	179
3	174	176	180
4	175	174	187
5	177	174	182
6	177	174	180
7	176	175	183
8	174	179	182
9	178	180	182
10	176	180	179

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tegangan pada Input HC-SR04  
**Hasil Konversi Nilai Sensor ke Tegangan ( $Tegangan = \frac{Nilai\ Sensor \times 5}{1023}$ )**

Percobaan ke-	Sampel 1 (volt)	Sampel 2 (volt)	Sampel 3 (volt)
1	0.835777126	0.850439883	0.855327468
2	0.830889541	0.865102639	0.874877810
3	0.850439883	0.860215054	0.879765396
4	0.855327468	0.850439883	0.913978495
5	0.865102639	0.850439883	0.889540567
6	0.865102639	0.850439883	0.879765396
7	0.860215054	0.855327468	0.894428152
8	0.850439883	0.874877810	0.889540567
9	0.869990225	0.879765396	0.889540567
10	0.860215054	0.879765396	0.874877810



Gambar 3. Grafik Fungsi Keanggotaan Fuzzy

#### 4. KESIMPULAN (10 PT)

Klasifikasi tingkat kematangan biji kopi dapat dibagi menjadi tiga tahap: kurang matang, matang, dan sangat matang. Tingkat kematangan ini dapat ditentukan berdasarkan pengukuran panjang gelombang, yang mencerminkan warna dari benda uji, dan modulus Young, yang mengindikasikan kekerasan daging buah. Nilai dari panjang gelombang dan modulus Young ini dapat diperoleh dari pengukuran nilai frekuensi.

#### REFERENSI (10 PT)

- [1] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, "Tabel Produksi Perkebunan Kopi 2006-2013," 2016. <http://jatim.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/98> (accessed Jul. 19, 2016).
- [2] Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan Kementerian Pertanian, "Kaya Potensi Kopi, tapi Minim Produksi," 2012. <http://perkebunan.litbang.pertanian.go.id/?p=3441> (accessed Jul. 19, 2016).
- [3] Setyohadi, *Diklat Agro Industri Hasil Tanaman Perkebunan*. Medan: USU-Press, 2007.
- [4] Najiyati and Danarti, *Kopi Budidaya dan Penanganan Lepas Panen*, Revisi. Jakarta: Penebar Swadaya, 2004.
- [5] G. J. Klir and B. Yuan, *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*, vol. 20, no. 1. Ney Jersey: Prentice Hall, 1996. doi: 10.1016/s0160-9327(96)90083-6.
- [6] ElecFreaks, "HC-SR04 Datasheet." [elecFreaks.com](http://elecFreaks.com) (accessed Sep. 21, 2016).
- [7] P. Laugier and G. Haiat, "Introduction to the Physics of Ultrasound," in *Bone Quantitative Ultrasound*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2011, pp. 29–45. doi: 10.1007/978-94-007-0017-8\_2.
- [8] A. Schroder, M. Kupnik, P. O'Leary, E. Benes, and M. Groschl, "A Capacitance Ultrasonic Transducer With Micromachined Backplate for Fast Flow Measurements in Hot Pulsating Gases," *IEEE Sens. J.*, vol. 6, no. 4, pp. 898–905, Aug. 2006, doi: 10.1109/JSEN.2006.877975.
- [9] J. M. Gere and B. J. Goodno, *Mechanics of Materials*, 8th ed. Cengage Learning, 2012.
- [10] V. Průša and L. Trnka, "Mechanical response of elastic materials with density dependent Young modulus," *Appl. Eng. Sci.*, vol. 14, p. 100126, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.apples.2023.100126.