Vol 4 No.4 (2025) - November, pp 1035-1042 https://doi.org/10.59025/ft4vqn81

Jurnal Masyarakat Madani Indonesia
e-ISSN: 2829-6702
https://syadani.onlinelibrary.id/

Inovasi kendali alat perendam biji merica untuk optimalisasi kualitas panen biji merica di Bumirejo, Malang

Dinda Ayu Permatasari[1], Odhitya Desta Triswidrananta[1], Adi Candra Kusuma[1], Herwandi[1], Wahyu Aulia Nurwicaksana[1], Almas Adibah[1], Sungkono[1]

[1]*Politeknik Negeri Malang*

INFO ARTIKEL

Diserahkan:
08/09/2025
Direvisi:
19/09/2025
Diterima
07/10/2025

***Keywords*:**

Merica,
Alat Perendam Otomatis,
Sensor Kekeruhan,
Pengabdian Teknologi,
Sistem Kendali

ABSTRAK

Desa Bumirejo, Malang, merupakan salah satu sentra produksi merica yang masih menerapkan metode perendaman tradisional pada proses pascapanen. Metode ini memerlukan waktu hingga 14 hari dan berisiko menurunkan mutu biji merica, seperti warna yang gelap, aroma yang kurang tajam, serta potensi kontaminasi mikroorganisme. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, tim pengabdian masyarakat merancang dan mengimplementasikan alat perendam biji merica otomatis berbasis teknologi sensor dan sistem kendali. Alat ini dilengkapi sensor suhu, sensor kekeruhan, pompa sirkulasi, dan solenoid valve yang memungkinkan pergantian air secara otomatis sesuai batas kekeruhan yang telah ditentukan. Hasil penerapan menunjukkan bahwa durasi perendaman dapat dipangkas menjadi 5 hari dengan enam kali siklus pergantian air, dan tingkat kekeruhan tertinggi yang tercatat adalah 33,25 NTU dengan rata-rata error pembacaan level air sebesar 1,52%. Penggunaan alat ini mampu meningkatkan efisiensi proses, menjaga kualitas warna biji merica, serta berpotensi meningkatkan daya saing produk di pasar.

Corresponding author email: candraraden45@gmail.com

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
Copyright@ Author (2025).

1. PENDAHULUAN

Merica (*Piper nigrum*) merupakan salah satu komoditas rempah bernilai ekonomi tinggi yang banyak dimanfaatkan dalam industri pangan, minuman, dan farmasi. Indonesia termasuk produsen sekaligus pengekspor utama merica di dunia, seperti pada Gambar 1, sehingga mutu hasil panen menjadi faktor penting dalam mempertahankan daya saing di pasar internasional [1]. Namun, di beberapa sentra produksi, termasuk Desa Bumirejo, Kabupaten Malang, pengolahan pascapanen masih dilakukan secara konvensional, terutama pada tahap perendaman biji merica.

Tahap perendaman berperan penting dalam melunakkan kulit luar biji dan mendukung fermentasi alami sebelum proses pengupasan dan pengeringan. Di tingkat petani, tahapan ini umumnya berlangsung antara 10–14 hari dengan metode manual tanpa pengaturan yang ketat terhadap kualitas air dan durasi perendaman [2]. Kondisi tersebut berisiko menurunkan kualitas produk, seperti perubahan warna menjadi lebih gelap, berkurangnya aroma khas merica, hingga kontaminasi

mikroorganisme akibat penggunaan air yang tidak terjamin kebersihannya [3], [4]. Risiko ini tidak hanya berdampak pada aspek teknis pengolahan, tetapi juga secara langsung mengurangi nilai jual merica dan melemahkan posisi tawar petani di pasar.



Gambar 1. Biji merica

Sejumlah penelitian melaporkan bahwa mutu merica putih sering kali tidak memenuhi standar yang dipersyaratkan. Faktor penyebabnya antara lain fasilitas perendaman yang sederhana, kualitas air yang rendah, dan lamanya proses yang memicu timbulnya bau tidak sedap serta hilangnya sebagian minyak atsiri [3]. Warna merica menjadi indikator utama kualitas, di mana warna cerah menandakan produk bermutu tinggi dan bernilai jual lebih tinggi, sedangkan warna gelap cenderung menurunkan harga di pasaran [4], [6]. Dengan demikian, pengendalian mutu sejak tahap awal pascapanen sangat krusial karena berpengaruh langsung terhadap pendapatan petani [7].

Selain itu, tingkat kekeruhan air juga memengaruhi efektivitas pembersihan dan proses perendaman. Panduan keamanan pangan merekomendasikan penggantian air ketika kekeruhan melebihi 20 NTU, dan apabila mencapai 300 NTU atau lebih, air harus segera diganti karena dapat mengurangi efektivitas desinfektan serta menurunkan kualitas produk [5], [8]. Fakta ini menunjukkan bahwa tanpa adanya pemantauan kualitas air yang baik, petani menghadapi risiko kehilangan mutu secara signifikan.

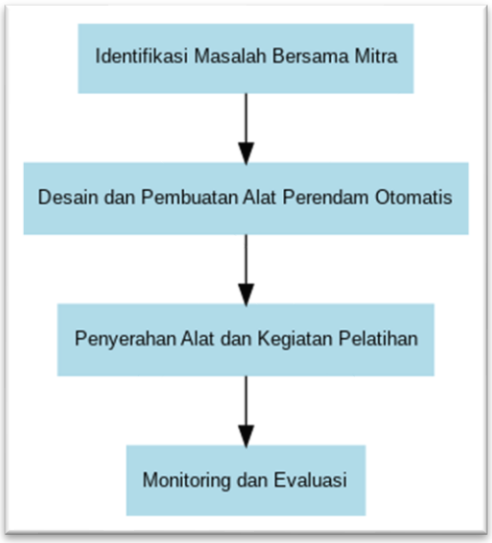
Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan penerapan teknologi yang mampu mengotomatisasi proses perendaman agar lebih higienis, efisien, dan konsisten. Salah satu solusi yang diusulkan adalah penggunaan alat perendam otomatis berbasis sensor turbidity yang dapat memantau kondisi air secara real-time dan menggantinya secara otomatis sesuai batas kekeruhan yang ditentukan. Dengan adanya sistem ini, proses perendaman diharapkan menghasilkan merica dengan mutu yang lebih baik dari segi kebersihan, warna, dan aroma [9]. Urgensi penerapan teknologi ini terletak pada perlunya peningkatan mutu dan nilai jual produk merica lokal agar mampu bersaing di pasar global, sekaligus mengurangi beban kerja petani dan meminimalkan risiko kerugian akibat rendahnya kualitas pascapanen.

Sebagai bagian dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat, program ini meliputi pembuatan dan penyerahan alat perendam otomatis kepada kelompok petani di Desa Bumirejo, disertai pelatihan teknis penggunaan dan perawatan. Inovasi ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas dan nilai jual produk merica lokal, sekaligus mendukung keberlanjutan usaha tani rempah dengan pendekatan

teknologi sederhana namun efektif.

2. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan melalui pendekatan partisipatif dan rekayasa teknologi tepat guna yang melibatkan petani merica sebagai mitra aktif dalam setiap tahapan kegiatan. Lokasi kegiatan berada di Desa Bumirejo, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Malang, yang merupakan salah satu sentra produksi merica di wilayah tersebut. Kegiatan ini dilaksanakan dalam tiga tahapan utama, yaitu: identifikasi permasalahan, perancangan dan pembuatan alat, serta pelatihan dan penyerahan alat kepada mitra seperti pada Gambar 2.



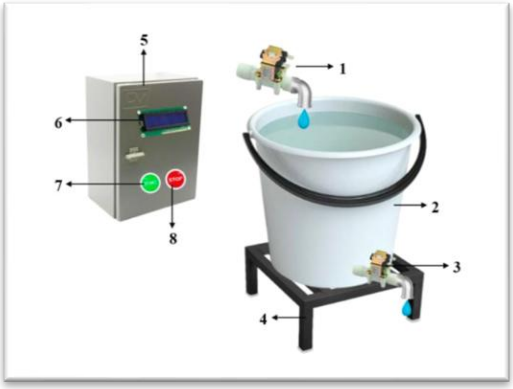
Gambar 2. Diagram proses pelaksanaan PPM

2.1 Identifikasi Masalah Bersama Mitra

Tahap awal dilakukan dengan kunjungan lapangan dan wawancara langsung kepada petani untuk menggali permasalahan pascapanen. Dokumentasi metode menunjukkan bahwa proses perendaman biji merica umumnya dilakukan secara tradisional selama 10–14 hari [10], menggunakan wadah terbuka dan tanpa pemantauan kualitas air. Praktik ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menegaskan bahwa mutu merica putih di tingkat petani sering kali rendah akibat pengolahan manual [2]. Kondisi tersebut berisiko menurunkan kualitas warna, aroma, dan meningkatkan kontaminasi mikroorganisme [3], [4].

2.2 Desain dan Pembuatan Alat Perendam Otomatis

Berdasarkan hasil identifikasi, dirancanglah alat perendam otomatis berbasis mikrokontroler dengan integrasi sensor suhu, sensor turbidity, pompa air, dan solenoid valve. Dokumentasi metode pengembangan ini mengacu pada penelitian mengenai otomatisasi perendaman hasil pertanian [10], di mana sensor digunakan untuk memantau kondisi air secara real-time. Selain itu, mengacu pada panduan keamanan pangan, kualitas air perlu dijaga agar kekeruhan tidak melebihi ambang batas 300 NTU [5], sehingga sistem dirancang untuk mengganti air secara otomatis ketika nilai kekeruhan melampaui standar tersebut.



Gambar 3. Desain alat perendaman biji merica

Tabel 1. Keterangan desain alat perendaman biji merica

No.	Keterangan Gambar
1.	Solenoid valve
2.	Bak perendaman
3.	Pompa air
4.	Penyangga bak
5.	Box elektrik
6.	LCD 16x2 I2C
7.	Push button start
8.	Push button stop

Tahapan pengembangan meliputi penyusunan sistem kerja alat, pemrograman, perakitan, serta pengujian fungsi alat di laboratorium sebelum diimplementasikan di lapangan. Spesifikasi alat penting bagi setiap alat sehingga dapat mempermudah pengguna untuk mengetahui alat yang digunakan. Alat pada proses perendaman biji merica yang akan dibuat terdiri dari sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *turbidity*, RTC DS3231, Arduino Uno, pushbutton, regulator IC 7805, relay, solenoid valve dan pompa air.

2.3 Penyerahan Alat dan Kegiatan Pelatihan

Setelah perakitan dan pengujian selesai, alat diserahkan kepada petani mitra. Kegiatan ini disertai pelatihan teknis penggunaan alat agar petani dapat mengoperasikan dan merawat alat secara mandiri. Dokumentasi metode pelatihan dilakukan dengan pendekatan technology transfer yang umum pada kegiatan pengabdian, yakni penyampaian materi, praktik langsung, dan penyediaan panduan penggunaan dalam bentuk cetak maupun digital [12].

2.4 Monitoring dan Evaluasi

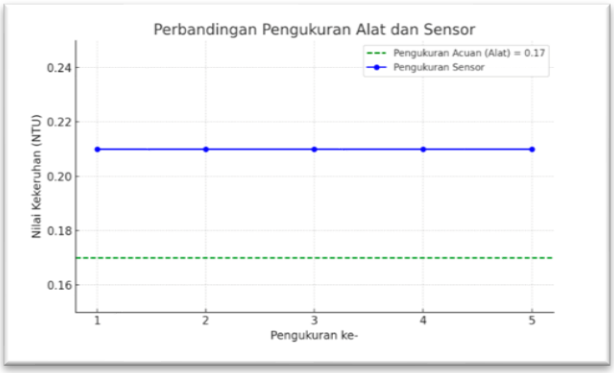
Tahap akhir berupa monitoring dan evaluasi dilakukan di lapangan. Dokumentasi metode evaluasi mengacu pada standar penelitian mutu merica yang menilai parameter warna, aroma, dan kebersihan produk pascaperendaman [3], [4]. Hasil pengukuran sensor turbidity dan ketinggian air dibandingkan dengan metode manual untuk menilai akurasi sistem. Selain itu, dilakukan diskusi kelompok dengan mitra untuk mengetahui keberhasilan implementasi, kendala yang muncul, serta peluang

pengembangan di masa depan.

3. HASIL & PEMBAHASAN

Pada pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, tim pengabdi menerapkan sistem perendaman biji merica otomatis berbasis sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu mempersingkat waktu perendaman dari 14 hari (metode tradisional) menjadi 5 hari dengan tetap mempertahankan mutu biji merica. Selama proses perendaman, dilakukan enam kali pergantian air secara otomatis berdasarkan deteksi sensor turbidity. Tingkat kekeruhan air tertinggi yang tercatat mencapai 33,25 NTU, nilai ini diperoleh dari hasil pembacaan sensor turbidity pada hari kedua perendaman (Gambar 4). Angka ini sejalan dengan referensi bahwa kualitas air dengan kekeruhan di atas 20 NTU sudah perlu diganti untuk menjaga mutu produk.

Mereka terlibat dalam proses perancangan dan pembuatan alat kendali perendam biji merica yang dirancang untuk mengoptimalkan kualitas panen melalui pengaturan waktu dan kualitas perendaman secara presisi. Selain itu, anggota tim juga bertanggung jawab dalam melakukan pengujian fungsional alat untuk memastikan keandalan sistem sebelum diimplementasikan di lapangan. Hasil pembacaan sensor *turbidity* pada Gambar 4 dengan error dengan nilai terbesar 16,6% dan nilai terkecil 0,8% dengan nilai error rata-rata sebesar 8,06%. Nilai error terbesar diperoleh karena pembacaan sekala sangat kecil sehingga nilai error yang didapat cukup besar, dimana nilai tersebut masih dalam batas toleransi sehingga perancangan ini sudah sesuai. Pada pembacaan sensor *turbidity* terdapat delay dimana jika sensor mendeteksi air jernih kemudian air keruh dan kembali lagi mendeteksi air jernih, hasil yang dibaca pada air jernih tidak bisa sesuai dengan data yang dibaca sebelum sensor membaca air keruh.



Gambar 4. Grafik perbandingan sensor dan alat ukur

Setelah seluruh bagian alat diuji secara terpisah, dilakukan pengujian menyeluruh untuk melihat kinerja dan efisiensi sistem secara keseluruhan. Dalam tahap ini digunakan penggaris sebagai alat pembanding untuk memastikan hasil pembacaan sensor ultrasonik. Pengujian dimulai dengan menetapkan batas atau setpoint yang menjadi acuan kondisi air rendaman. Batas tersebut digunakan untuk menentukan kapan air perlu diganti agar kualitas rendaman tetap terjaga. Pada sensor kekeruhan, batas ditetapkan pada 30 NTU, sedangkan pada sensor ultrasonik batas ketinggian air ditetapkan 10 cm.

Selama lima hari proses perendaman biji merica, pergantian air pertama dilakukan pada hari kedua

pukul 17.00, dengan tingkat kekeruhan tertinggi tercatat sebesar 33,25 NTU. Saat batas tersebut tercapai, pompa air secara otomatis membuang air rendaman dari bak Gambar 5 kemudian bak diisi kembali dengan air baru melalui solenoid valve. Dalam periode lima hari tersebut, pergantian air dilakukan sebanyak enam kali.

Proses perendaman biji merica berhasil dilaksanakan selama lima hari, dengan pergantian air sebanyak enam kali. Selama proses tersebut, tingkat kekeruhan tertinggi tercatat sebesar 33,25 NTU, sedangkan pengukuran level air menunjukkan rata-rata error sebesar 1,52%. Penerapan sistem ini mampu mempermudah proses perendaman sekaligus menghasilkan biji merica dengan kualitas warna yang lebih baik dibandingkan metode konvensional. Namun, masih terdapat kekurangan pada aspek desain mekanik, khususnya pada sambungan antara pompa air dan selang pembuangan.



Gambar 5. Percobaan penggunaan alat

Tahap implementasi dilakukan secara langsung di lokasi mitra, yaitu Desa Bumirejo, Malang, dengan melibatkan dua petani merica sebagai penerima manfaat utama. Selama proses tersebut, tim memberikan pelatihan teknis yang mencakup pengoperasian, perawatan, dan *troubleshooting* alat, sehingga mitra memiliki keterampilan yang memadai untuk mengoperasikan teknologi ini secara mandiri. Hasil pengujian di lapangan menunjukkan bahwa penggunaan alat ini mampu meningkatkan efisiensi proses perendaman dan mengurangi potensi kerusakan biji merica, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan mutu hasil panen.

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini berlangsung pada bulan Agustus 2025 di Desa Bumirejo, Malang. Kegiatan diikuti oleh dua orang petani merica sebagai mitra utama, beserta tim pengabdian yang terdiri dari ketua tim dan anggota dengan latar belakang keahlian di bidang teknik elektro. Ketua tim berperan sebagai koordinator yang mengatur jalannya seluruh rangkaian kegiatan, memastikan setiap tahap terlaksana sesuai jadwal dan target yang telah ditetapkan. Selama kegiatan, dilaksanakan pelatihan yang meliputi pengenalan komponen dan prinsip kerja alat, prosedur pengoperasian, langkah-langkah perawatan rutin, serta cara melakukan *troubleshooting* sederhana apabila terjadi gangguan. Selain itu, petani juga diberikan simulasi langsung penggunaan alat pada proses perendaman biji merica sehingga mereka dapat mempraktikkan pengetahuan yang diperoleh.

Sebagai upaya keberlanjutan, tim pengabdian juga menyediakan buku panduan penggunaan alat yang berisi petunjuk teknis, langkah-langkah pengoperasian, panduan perawatan, serta tips untuk

menjaga kualitas biji merica yang direndam. Buku ini diharapkan menjadi referensi praktis yang dapat dibaca ulang oleh petani kapan pun diperlukan, sehingga pengetahuan yang diperoleh tidak hanya berhenti pada saat pelatihan, tetapi dapat terus dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas panen di masa mendatang. Kegiatan monitoring dilaksanakan dengan memantau secara langsung kinerja alat perendam selama lima hari proses perendaman biji merica di lokasi mitra. Pemantauan difokuskan pada pengukuran tingkat kekeruhan air, ketinggian air di bak perendaman, serta jumlah dan ketepatan waktu pergantian air otomatis. Hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan penggaris untuk memastikan ketepatan data. Selain itu, perubahan warna dan kebersihan biji merica juga diamati setiap hari sebagai indikator kualitas hasil perendaman.



Gambar 6. Penyerahaan alat kepada mitra

Evaluasi dilakukan berdasarkan data yang terkumpul selama proses pemantauan. Dari hasil evaluasi, alat mampu melakukan pergantian air sebanyak enam kali dengan tingkat kekeruhan tertinggi mencapai 33,25 NTU dan rata-rata error pengukuran ketinggian air sebesar 1,52%. Proses ini menghasilkan biji merica dengan kualitas warna yang lebih baik dibandingkan metode perendaman tradisional. Meski demikian, masih ditemukan kendala pada desain mekanik, terutama pada sambungan antara pompa dan selang pembuangan, sehingga diperlukan perbaikan pada tahap pengembangan berikutnya.

4. KESIMPULAN

Penerapan alat perendam biji merica otomatis berbasis sensor dan sistem kendali di Desa Bumirejo, Malang, berhasil meningkatkan efisiensi proses perendaman dari 14 hari menjadi 5 hari dengan enam kali pergantian air otomatis. Sistem mampu mendeteksi tingkat kekeruhan dan ketinggian air secara akurat, dengan nilai kekeruhan tertinggi sebesar 33,25 NTU dan rata-rata error pembacaan level air sebesar 1,52%. Penggunaan alat ini menghasilkan biji merica dengan kualitas warna yang lebih baik dibandingkan metode konvensional, sehingga berpotensi meningkatkan nilai jual dan daya saing produk.

Namun demikian, masih diperlukan perbaikan pada aspek desain mekanik. Secara khusus, sambungan antara pompa air dan selang pembuangan perlu diperkuat dengan

sistem *clamp* atau *fitting* yang lebih kokoh agar tidak mudah bocor saat alat beroperasi. Selain itu, desain penyangga bak dapat disarankan menggunakan rangka berbahan besi ringan atau stainless steel untuk meningkatkan stabilitas dan ketahanan jangka panjang. Dengan penguatan pada aspek mekanik ini, diharapkan alat dapat lebih andal, mudah dirawat, dan siap diimplementasikan secara lebih luas di kalangan petani merica.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik Negeri Malang atas dukungan pendanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini melalui skema DIPA Reguler Tahun Anggaran 2025. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mitra dan seluruh pihak yang telah berpartisipasi serta memberikan dukungan selama proses pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Ahmad, A. ul Hasan, T. Naqvi, and T. Mubeen, “A Review on Software Testing and Its K. Kamila, R. Riwan, and S. Sitti, “Pengaruh Metode Pengolahan Terhadap Mutu Merica Putih,” Jurnal Agroteknologi, vol. X, no. X, pp. XX–XX, 2019.

[2] S. Sri and N. Nanan, “Analisis Mutu Merica Putih di Tingkat Petani,” Jurnal Penelitian Pertanian, vol. X, no. X, pp. XX–XX, 2006.

[3] R. Anggraini, A. Jayuska, and A. H. Alimuddin, “Isolasi dan karakterisasi minyak atsiri lada hitam (Piper nigrum L.) asal Sajingan Kalimantan Barat,” Jurnal Kimia Khatulistiwa, vol. 7, no. 4, pp. 51–58, 2018.

[4] S. Sulhatun, J. Jalaluddin, and T. Tisara, “Pemanfaatan lada hitam sebagai bahan baku pembuatan oleoresin dengan metode ekstraksi,” Jurnal Teknologi Kimia Unimal, vol. 11, no. 2, pp. 45–54, 2022.

[5] Michigan State University, “Water Quality and Food Safety Guidelines,” 2016.

[6] R. S. Wardani, “Hubungan Mutu Fisik Merica terhadap Harga Jual,” Jurnal Agribisnis, vol. X, no. X, pp. XX–XX, 2020.

[7] B. A. Prasetyo and L. D. Utami, “Pengaruh Kualitas Produk terhadap Pendapatan Petani Rempah,” Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian, vol. X, no. X, pp. XX–XX, 2018.

[8] H. T. Nabilah, I. H. Wulandari, Khumaidi, and E. Priyanti, “Kajian daya terima minuman rempah dengan penambahan lada hitam,” Jurnal Teknologi Pertanian, vol. 10, no. 1, pp. 25–32, May 2021.

[9] K. Kamila, R. Riwan, and S. Sitti, “Pengaruh metode pengolahan terhadap mutu merica putih,” Jurnal Agroteknologi, vol. 10, no. 2, pp. 77–84, 2019.

[10] Food and Agriculture Organization (FAO), “Guidelines for Drinking-water Quality and Turbidity Control,” FAO, 2019.

[11] A. H. Nugroho, M. Y. Firmansyah, and D. P. Anggraeni, “Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Perendaman Hasil Pertanian Berbasis Sensor,” Jurnal Teknologi Pertanian, vol. X, no. X, pp. XX–XX, 2021.

[12] M. Syakir, T. Hidayat, and D. R. Maya, “Karakteristik mutu lada putih butiran dan bubuk yang dihasilkan melalui pengolahan semi mekanis di tingkat petani,” Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian, vol. 14, Des., 2017