

Microcontroller – Based Fish Freshness Detection Device With Google Sheet Integration

[Alat Pendeteksi Kesegaran Ikan Berbasis Mikrokontroler dengan Integrasi Google Sheet]

Muhammad Amar Rozan Fahrudin¹⁾, Izza Anshorry^{*2)}, Syamsudduha Syahririni³⁾, Arief Wisaksono⁴⁾

1, 2, 3, 4) Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: izzaanshory@umsida.ac.id

Abstract. Indonesia is widely recognized as a major fish-producing country, with common carp (*Cyprinus carpio*) representing an important freshwater commodity for domestic consumption. Despite its nutritional and economic value, rapid spoilage after harvest remains a persistent challenge, particularly under ambient storage conditions that accelerate microbial activity. This study proposes the development of a fish freshness detection system integrating an MQ-135 ammonia sensor and a TCS3200 color sensor controlled by an ESP32 microcontroller. The system measures ammonia concentration (ppm) and RGB values to classify freshness into fresh, less fresh, and spoiled categories using a threshold-based approach. Experimental observations recorded ammonia levels ranging from 0.60 to 15.63 ppm, demonstrating a progressive increase consistent with spoilage stages. Real-time data transmission to Google Sheets enables digital documentation and monitoring. The findings indicate that ammonia concentration serves as a more sensitive indicator than visual parameters. This system offers a practical and cost-effective solution to support quality control in small-scale fisheries and MSMEs.

Keywords - fish freshness; ammonia sensor; ESP32; real-time monitoring; digital logging

Abstrak. Indonesia dikenal sebagai salah satu negara penghasil ikan terbesar di dunia, dan ikan mas (*Cyprinus carpio*) merupakan komoditas air tawar yang banyak dikonsumsi masyarakat. Meskipun bernilai gizi dan ekonomi tinggi, ikan mas mudah mengalami pembusukan setelah dipanen, terutama pada penyimpanan suhu ruang yang mempercepat aktivitas mikroba. Penelitian ini mengembangkan sistem pendeteksi kesegaran ikan dengan memadukan sensor gas amonia MQ-135 dan sensor warna TCS3200 yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Sistem mengukur konsentrasi amonia (ppm) dan nilai RGB untuk mengelompokkan ikan ke dalam kategori segar, kurang segar, dan busuk menggunakan metode ambang batas. Hasil pengujian menunjukkan rentang amonia 0,60–15,63 ppm yang meningkat seiring proses pembusukan. Data dikirim secara real-time ke Google Sheets untuk pencatatan digital. Temuan menunjukkan bahwa parameter amonia lebih sensitif dibandingkan indikator visual. Sistem ini berpotensi menjadi solusi praktis dan terjangkau bagi pengendalian mutu pada sektor perikanan dan UMKM.

Kata Kunci - kesegaran ikan; sensor amonia; ESP32; pemantauan waktu nyata; pencatatan digital

I. PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan salah satu penghasil ikan terbesar di dunia dan menempati urutan kedua setelah Tiongkok [1]. Ikan menjadi sumber protein hewani yang sangat penting bagi masyarakat karena selain harganya terjangkau, ikan juga mudah diperoleh dan digemari oleh berbagai kalangan [2]. Salah satu jenis ikan konsumsi yang banyak dibudidayakan dan dipasarkan di Indonesia adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*), yang dikenal juga dengan sebutan karper [3]. Ikan ini berasal dari Asia dan telah lama dibudidayakan di berbagai negara, termasuk Indonesia, serta memiliki nilai ekonomis tinggi dan menjadi salah satu komoditas unggulan perikanan air tawar [4][5]. Dari sisi gizi, ikan mas mengandung berbagai nutrisi penting, seperti protein, mineral, serta asam lemak esensial omega-3 dan omega-6 yang bermanfaat bagi kesehatan jantung dan perkembangan otak [6][7][8].

Meskipun memiliki nilai gizi dan ekonomi yang tinggi, ikan mas sangat rentan mengalami pembusukan setelah dipanen [9]. Penurunan mutu ikan dapat terjadi dengan cepat apabila penanganan pascapanen dan sistem penyimpanan tidak dilakukan secara optimal. Pada kondisi tertentu, seperti musim panen raya di sentra budidaya ikan mas, sering terjadi pembusukan massal di tingkat distribusi akibat proses transportasi tanpa pendingin [10]. Kondisi ini tidak hanya menimbulkan kerugian ekonomi bagi pembudidaya dan pedagang, tetapi juga menurunkan kepercayaan masyarakat terhadap produk ikan segar.

Di sisi lain, keterbatasan fasilitas penyimpanan dingin dan peralatan pengujian kualitas masih menjadi kendala utama bagi pelaku usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Kondisi tersebut sering dimanfaatkan oleh oknum pedagang yang tidak bertanggung jawab dengan menjual ikan yang sebenarnya sudah tidak layak konsumsi, seperti

ikan busuk, atau bahkan ikan yang diberi bahan berbahaya seperti formalin[11]. Akibatnya, ikan yang seharusnya tidak layak konsumsi tetap beredar di pasaran, yang tidak hanya membahayakan konsumen tetapi juga merugikan pelaku usaha secara jangka panjang karena menurunkan nilai jual dan kepercayaan konsumen [12].

Penilaian kesegaran ikan saat ini sebagian besar masih dilakukan secara manual dengan mengandalkan pancaindra, seperti pengamatan warna insang, perabaan tekstur daging, dan penciuman bau [13][14][15]. Metode ini bersifat subjektif dan sangat bergantung pada pengalaman individu, sehingga hasilnya tidak selalu konsisten dan sulit distandardisasi. Sejumlah penelitian terdahulu telah mengembangkan pendekatan berbasis sensor untuk mendeteksi kesegaran ikan, baik melalui pengukuran gas hasil pembusukan seperti amonia maupun melalui analisis perubahan warna sebagai indikator visual. Pendekatan tersebut menunjukkan potensi dalam menghasilkan penilaian yang lebih objektif dibandingkan metode konvensional.

Namun demikian, penelitian-penelitian sebelumnya umumnya masih berfokus pada satu parameter pengujian saja, baik secara kimia maupun visual [16][17], tanpa mengintegrasikan keduanya dalam satu sistem yang sederhana dan aplikatif. Selain itu, sebagian besar sistem yang dikembangkan belum dirancang secara spesifik untuk mendukung kebutuhan UMKM, khususnya dari aspek kemudahan penggunaan, efisiensi biaya, serta kemampuan pencatatan data mutu ikan secara digital dan real-time. Padahal, dokumentasi mutu yang berkelanjutan sangat penting untuk mendukung pengawasan kualitas dan pengambilan keputusan dalam rantai distribusi perikanan[18][19].

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan sistem pendeteksi kesegaran ikan yang mengintegrasikan sensor gas amonia MQ-135 dan sensor warna TCS3200 dalam satu platform berbasis mikrokontroler ESP32. Sistem ini tidak hanya mengklasifikasikan tingkat kesegaran ikan berdasarkan parameter kimia dan visual secara simultan, tetapi juga dilengkapi dengan pencatatan data otomatis berbasis konektivitas Wi-Fi ke Google Sheet, yang masih jarang diimplementasikan pada penelitian sejenis, khususnya untuk mendukung kebutuhan UMKM perikanan.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimental melalui pengembangan dan pengujian alat pendeteksi kesegaran ikan berbasis sensor gas amonia MQ-135 dan mikrokontroler ESP32. Sistem dirancang untuk mengklasifikasikan tingkat kesegaran ikan secara objektif berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi gas amonia.

Subjek penelitian berupa ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang dibedakan ke dalam tiga kondisi kesegaran, yaitu segar, kurang segar, dan busuk, yang diperoleh melalui variasi lama penyimpanan pada suhu ruang. Pengambilan sampel dilakukan secara purposive untuk merepresentasikan setiap kategori kesegaran.

Perangkat yang digunakan meliputi sensor MQ-135, mikrokontroler ESP32, serta modul tampilan (LCD/LED). Data hasil pengukuran ditampilkan secara real-time dan dikirimkan secara otomatis ke Google Sheet melalui koneksi Wi-Fi sebagai sistem pencatatan digital. Pemrograman sistem dilakukan menggunakan Arduino IDE.

Rancangan pengujian dilakukan dengan mengukur konsentrasi gas amonia (ppm) yang dihasilkan oleh ikan pada setiap kondisi kesegaran. Variabel penelitian berupa kadar amonia, sedangkan pengumpulan data dilakukan melalui pembacaan sensor secara langsung oleh ESP32. Data dianalisis menggunakan metode klasifikasi berbasis ambang batas (threshold) untuk menentukan kategori kesegaran ikan secara deskriptif kuantitatif.

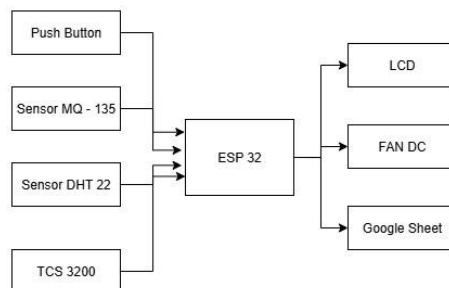
A. Perancangan Alat

Perancangan alat ini mencakup beberapa aspek yaitu : Blok Diagram, Flowchart, Design Rancang Bangun Alat.

B. Desain Sistem

A. Blok diagram Alat Pendeteksi Kesegaran Ikan

Blok Diagram berikut menunjukkan struktur utama sistem dalam mendeteksi tingkat kesegaran ikan berdasarkan pembacaan sensor amonia dan sensor warna yang diproses oleh ESP32.

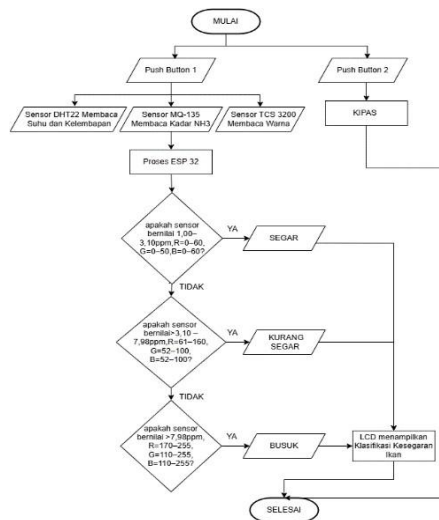


Gambar 1 Blok diagram Alat Pendeteksi Kesegaran Ikan

Diagram blok pada Gambar 1 menunjukkan alur kerja sistem pendeteksi kesegaran ikan. Sensor MQ-135 digunakan untuk membaca kadar amonia, sedangkan sensor DHT22 mengukur suhu dan kelembapan. Seluruh data sensor diproses oleh ESP32 sebagai pusat kendali yang disuplai oleh power supply. Hasil pengolahan ditampilkan melalui LCD/LED dan dikirim secara otomatis ke Google Sheet sebagai pencatatan digital. Setelah proses deteksi selesai, kipas DC diaktifkan untuk mengurangi sisa bau amonia di dalam box.

B. Flowchart Sistem Alat Pendeteksi Kesegaran Ikan

Flowchart berikut menunjukkan tahapan proses kerja sistem dalam mendeteksi tingkat kesegaran ikan berdasarkan pembacaan sensor amonia dan sensor warna yang diproses oleh ESP32.

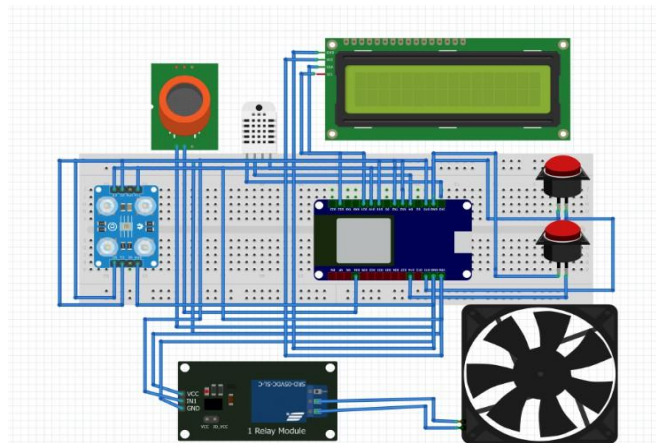


Gambar 2 Flowchart Alat Pendeteksi Kesegaran Ikan

Flowchart pada Gambar 2 menggambarkan alur kerja sistem deteksi kesegaran ikan. Proses dimulai dengan pembacaan kadar amonia (NH_3) dalam satuan ppm oleh sensor MQ-135 serta pengukuran suhu dan kelembapan oleh sensor DHT22. Data dari kedua sensor diproses oleh ESP32 untuk mengklasifikasikan tingkat kesegaran ikan menjadi Segar, Kurang Segar, dan Busuk. Hasil klasifikasi ditampilkan melalui LCD/LED dan dikirim ke Google Sheet sebagai pencatatan digital. Setelah proses penyimpanan data selesai, kipas DC diaktifkan untuk mengurangi sisa bau amonia di dalam box, kemudian sistem berakhir.

C. Perancangan Elektronika Alat Pendeteksi Kesegaran Ikan

Perancangan elektronika alat pendeteksi kesegaran ikan ditunjukkan pada gambar 3. Rangkaian ini menghubungkan sensor MQ-135, sensor warna TCS3200, dan sensor DHT22 dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali sistem.

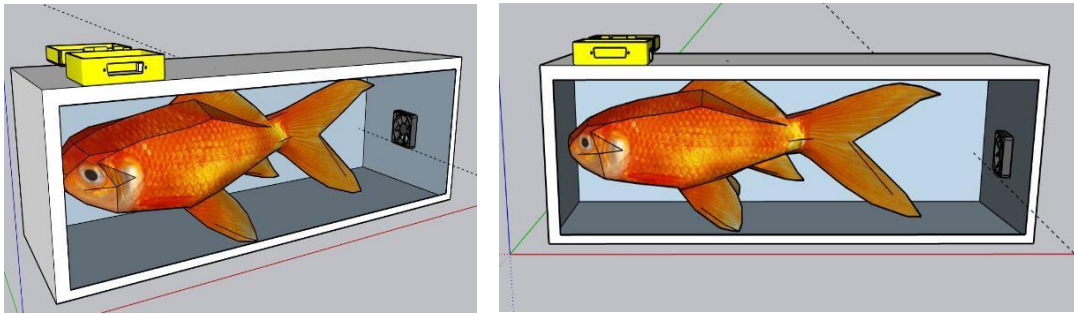


Gambar 3 Perancangan Elektronika Alat Pendeteksi Kesegaran Ikan

Agar kinerja alat lebih stabil dan terarah, maka dilakukan perancangan elektronika. Perancangan ini berfokus pada penataan rangkaian elektronika agar setiap bagian dapat terhubung dengan baik, sehingga sistem mampu menghasilkan data yang akurat dan sesuai tujuan penelitian.

D. Perancangan Hardware

Perancangan hardware alat pendeteksi kesegaran ikan ditunjukkan pada gambar 4. Yang terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor MQ-135, sensor TCS3200, sensor DHT22, serta perangkat output. Seluruh komponen dirangkai dalam satu sistem sehingga dapat bekerja secara terintegrasi untuk mendeteksi tingkat kesegaran ikan dan menampilkan hasil pengukuran secara langsung.



Gambar 4 Gambar desain 3D Alat Pendeteksi Kesegaran Ikan

Agar sistem dapat diwujudkan secara nyata, maka diperlukan perancangan hardware. Perancangan hardware ini menggambarkan susunan fisik rangkaian dan hubungan antarperangkat, sehingga seluruh komponen dapat bekerja terintegrasi sesuai fungsi masing-masing.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Klasifikasi Mutu Berdasarkan Ambang NH_3 dan RGB

Penentuan kategori mutu ikan dalam sistem ini dilakukan menggunakan ambang klasifikasi berbasis konsentrasi amonia (NH_3) dan rentang nilai warna RGB yang telah ditetapkan sebelumnya [20]. Skema klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skema Klasifikasi Kesegaran Ikan

Amonia (ppm)	R	G	B	Kelas
1,00 – 3,10	0–60	0–50	0–60	Segar
3,10 – 7,98	61–160	52–100	52–100	Kurang Segar
7,98 – 17	170–255	110–255	110–255	Busuk

Ambang tersebut menunjukkan bahwa parameter utama klasifikasi adalah konsentrasi NH_3 , sedangkan RGB berperan sebagai parameter pendukung visual. Secara konseptual, batas 3,10 ppm menjadi titik transisi dari kondisi segar ke kurang segar, sementara 7,98 ppm menjadi batas menuju kondisi busuk.

B. Data dengan Skema Klasifikasi

Berdasarkan data pengukuran (Tabel 2), diperoleh rentang NH_3 antara 0,60 hingga 15,63 ppm. Mayoritas sampel awal berada di bawah 3 ppm dan diklasifikasikan sebagai segar. Pada interval 3,16–3,81 ppm, sistem mengklasifikasikan sampel sebagai kurang segar, yang secara langsung konsisten dengan ambang 3,10 ppm pada Tabel 1. Ketika konsentrasi mencapai 12,34 ppm dan 15,63 ppm, sampel masuk dalam kategori busuk karena telah melewati batas 7,98 ppm.

Tabel 2. Data Pengukuran dan Hasil Klasifikasi

No	Waktu	NH ₃ (ppm)	Suhu (°C)	RGB	Kategori Sistem
1	16:46:39	0,73	35,9	10,8,8	Segar
2	16:47:04	0,70	35,9	10,8,8	Segar
3	17:09:23	0,60	35,9	11,8,8	Segar
4	17:11:35	1,89	36,1	11,8,8	Segar
5	17:12:24	1,81	36,1	11,8,8	Segar
6	17:29:33	3,81	35,6	11,8,8	Kurang Segar
7	17:29:48	3,75	35,6	11,8,8	Kurang Segar
8	17:30:14	3,70	35,7	11,8,8	Kurang Segar
9	17:38:33	3,16	35,6	11,8,8	Kurang Segar
10	17:39:47	2,71	35,5	11,8,8	Segar
11	17:39:57	2,32	35,5	11,8,8	Segar
12	17:40:10	1,99	35,5	11,8,8	Segar
13	17:57:43	1,13	35,3	11,8,8	Segar
14	18:05:32	15,63	36,3	11,8,8	Busuk
15	18:06:56	12,34	36,5	11,8,8	Busuk

Secara kuantitatif, seluruh data berada dalam rentang klasifikasi yang telah ditetapkan dan tidak ditemukan ketidaksesuaian antara nilai NH₃ dengan kategori yang dihasilkan sistem. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma berbasis ambang bekerja secara konsisten. Setiap hasil pembacaan sensor yang diproses oleh ESP32 berhasil dikirim dan tersimpan otomatis ke Google Sheet melalui koneksi Wi-Fi. Selama pengujian, tidak terjadi kehilangan data maupun kegagalan pengiriman, sehingga pencatatan dapat berlangsung konsisten dan real-time sesuai waktu pengukuran.

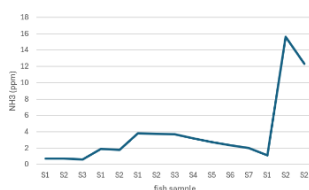
Pada fase awal pengamatan, kadar amonia berada pada kisaran 0,60–1,89 ppm dan seluruh sampel diklasifikasikan sebagai segar. Nilai ini mencerminkan aktivitas dekomposisi yang masih rendah. Seiring waktu, konsentrasi amonia meningkat ke rentang 3,16–3,81 ppm dan sistem mengidentifikasi kondisi kurang segar sesuai ambang di atas 3,10 ppm. Peningkatan ini menunjukkan percepatan aktivitas bakteri dan proses penguraian protein. Semua perubahan nilai tercatat langsung pada Google Sheet dengan penanda waktu yang sesuai, sehingga pola kenaikan dapat ditelusuri secara kronologis.

Pada tahap lanjut, kadar amonia meningkat tajam hingga 12,34 ppm dan 15,63 ppm, melewati ambang 7,98 ppm dan diklasifikasikan sebagai busuk. Lonjakan terjadi pada suhu 35–36°C dan kelembapan tinggi, kondisi yang mempercepat pertumbuhan mikroba. Data pada fase ini juga terkirim dan tersimpan secara real-time tanpa jeda transmisi.

Selama seluruh pengujian, nilai RGB relatif stabil sehingga perubahan mutu lebih jelas terdeteksi melalui parameter kimia. Temuan ini menegaskan bahwa konsentrasi amonia merupakan indikator utama dalam menentukan tingkat kesegaran. Secara keseluruhan, sistem mampu mengklasifikasikan mutu ikan secara bertahap sekaligus mendokumentasikan hasil pengukuran secara digital, konsisten, dan real-time.

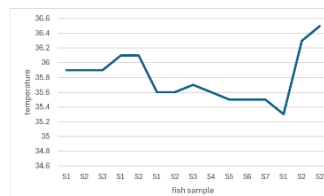
Hasil pengukuran sensor selama proses pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mempermudah analisis perubahan parameter lingkungan dan indikator kesegaran ikan. Grafik berikut menunjukkan perubahan nilai suhu, kelembapan, konsentrasi amonia (NH₃), serta nilai warna RGB yang diperoleh selama proses pengamatan

Grafik berikut menunjukkan perubahan konsentrasi amonia (NH₃) selama proses pengamatan. Peningkatan kadar amonia terlihat seiring bertambahnya waktu penyimpanan, yang menunjukkan terjadinya proses pembusukan pada ikan

**Gambar 5 Grafik NH₃**

Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa konsentrasi amonia (NH_3) cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu pengamatan. Peningkatan ini menunjukkan terjadinya proses pembusukan yang disebabkan oleh aktivitas bakteri dalam menguraikan protein pada jaringan ikan. Semakin tinggi kadar amonia yang terdeteksi, semakin rendah tingkat kesegaran ikan.

Grafik berikut menunjukkan perubahan suhu selama proses pengujian. Suhu lingkungan berada pada kisaran tertentu dan berperan dalam mempengaruhi kecepatan proses pembusukan ikan.



C. Gambar Alat Pendeteksi Kesegaran Ikan

Gambar alat pendeteksi kesegaran ikan berikut menunjukkan bentuk fisik dari sistem yang telah dirancang. Alat ini terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor MQ-135, sensor TCS3200, sensor DHT22, serta perangkat output yang terintegrasi dalam satu rangkaian untuk mendeteksi tingkat kesegaran ikan dan menampilkan hasil pengukuran.



Gambar 9 Alat Kesegaran Ikan

Gambar berikut menunjukkan desain tiga dimensi (3D) dari alat pendeteksi kesegaran ikan yang telah dirancang. Desain ini menggambarkan susunan komponen utama dalam sistem sehingga alat dapat bekerja secara terintegrasi dalam mendeteksi tingkat kesegaran ikan.

VII. SIMPULAN

Simpulan

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pendeteksi kesegaran ikan mas berbasis integrasi sensor amonia MQ-135 dan sensor warna TCS3200 yang dikendalikan oleh ESP32, serta dilengkapi pencatatan digital real-time. Berdasarkan hasil pengujian, tujuan tersebut telah tercapai. Sistem mampu mengklasifikasikan tingkat kesegaran ikan secara objektif dengan menjadikan konsentrasi amonia sebagai parameter utama, sementara data visual berperan sebagai pendukung. Dengan demikian, hipotesis bahwa kadar amonia dapat digunakan sebagai indikator yang efektif untuk membedakan kondisi segar, kurang segar, dan busuk dapat diterima.

Pengembangan ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis sensor terintegrasi dapat menjadi alternatif yang lebih terukur dibandingkan metode penilaian inderawi yang cenderung subjektif. Selain itu, fitur pencatatan otomatis berbasis Wi-Fi memperluas fungsi sistem tidak hanya sebagai alat deteksi, tetapi juga sebagai sarana dokumentasi mutu yang berkelanjutan.

Ke depan, penelitian ini dapat dikembangkan melalui proses kalibrasi yang lebih mendalam terhadap standar laboratorium, penambahan algoritma klasifikasi berbasis machine learning untuk meningkatkan akurasi, serta pengujian pada variasi jenis ikan dan kondisi penyimpanan yang berbeda. Langkah tersebut diperlukan agar sistem memiliki validitas yang lebih luas dan siap diimplementasikan secara nyata pada rantai distribusi perikanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan pendanaan dalam pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan juga disampaikan kepada berbagai pihak yang turut membantu selama proses penelitian, baik dalam penyediaan fasilitas, pendampingan teknis, maupun dukungan administratif, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] A. Suharsono and T. Irschlinger, "Fuel Subsidies to Marine Fisheries in Indonesia: An overview," 2022.
- [2] D. A. C. Rasmi, P. Sedijani, and D. Y. Sativa, "Ayo Penuhi Zat Gizi Protein Dengan Konsumsi Ikan," *J. Pengabd. Magister Pendidik. IPA*, vol. 6, no. 4, pp. 1348–1352, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v6i4.6679>

- [3] D. F. Ismuaji, "Pendederan III Ikan Mas Marwana (*Cyprinus carpio*)," pp. 1–8, 2023.
- [4] N. Gajah, E. S. Lubis, A. Arifana, E. L. Roito, H. Harahap, and M. Simamora, "Dampak Eksistensi Kampung Budidaya Ikan Mas Terhadap Kehidupan Sosial Ekonomi Masyarakat Desa Sibulele Muara Kecamatan Batang Angkola," *J. Ilm. Muqoddimah J. Ilmu Sos. Polit. dan Hum.*, vol. 9, no. 1, p. 506, 2025, doi: 10.31604/jim.v9i1.2025.506-515.
- [5] I. Anshory, I. Sulistiyowati, and L. Hudi, "Technology diffusion: Application of slicer machine in making milkfish crackers in Kampung Tambak Asri, Surabaya," *Community Empower.*, vol. 8, no. 6, pp. 863–867, 2023, doi: 10.31603/ce.9144.
- [6] A. Nurul Aisyah, D. N. Setyowati, and B. H. Astriana, "Potensi Pemanfaatan Daun Singkong (*Manihot Utilissima*) Terfermentasi Sebagai Bahan Pakan Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*) Potential Utilization Of Fermented Cassava (*Manihot Utilissima*) Leaves As Feed Ingredients To Increase Growth," *J. Perikan.*, vol. 11, no. 1, pp. 13–25, 2021.
- [7] B. Agam *et al.*, "Penyuluhan Manfaat Mengonsumsi Ikan Pada Siswa Di Pondok Pesantren Al-Amin Sungai Kelambu," *J. Pengabd. Masy. Bangsa.*, vol. 2, no. 9, pp. 3889–3896, 2024, doi: 10.59837/jpmba.v2i9.1578.
- [8] Y. Putri Rahayu, "Kaitan Omega-3 dengan Tumbuh Kembang Otak Diserahkan Untuk Memenuhi Tugas Individu," pp. 1–7, 2022.
- [9] N. Lubis, Y. Srirahayu, and E. C. Junaedi, "Nitrogen cair the nutritional value of goldfish (*Cyprinus carpio*) after freezing," *Edufortech*, vol. 9, no. 2, pp. 137–145, 2024.
- [10] D. Kuncoro, "Analisis Risiko Distribusi Makanan Olahan Beku Di Pt. Salimah Prima Cita, Tangerang Selatan," p. Fakultas Sains dan Teknologi. Jakarta: Universitas, 2020.
- [11] G. D. K. Sandi, D. Syaury, and R. Maulana, "Sistem Pendeteksi Kesegaran Ikan Bandeng Berdasarkan Bau Dan Warna Daging Berbasis Sensor MQ135 Dan TCS3200 Dengan Metode Naive Bayes," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 10, pp. 10110–10117, 2020.
- [12] I. Ghali-Mohammed *et al.*, "Food safety knowledge and attitudes among fish vendors in informal markets in Ilorin, Nigeria: a cross-sectional study," *Discov. Food*, vol. 4, no. 1, 2024, doi: 10.1007/s44187-024-00232-2.
- [13] D. Eka P, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," vol. 2, no. 4, pp. 1147–1152, 2021.
- [14] M. F. Mansyur, M. F. Rustan, and W. Syarifuddin, "Pendeteksi Kesegaran Ikan menggunakan Sensor MQ-135," *J. Comput. Inf. Syst. (J-CIS)*, vol. 5, no. 2, pp. 49–58, 2022, doi: 10.31605/jcis.v5i2.2405.
- [15] S. Syahririni, D. Syamsudin, D. H. R. Saputra, and A. Ahfas, "K-Nearest Neighbor Algorithm to Identify Cucumber Maturity with Extraction of One-Order Statistical Features and Gray-Level Co-Occurrence," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 819, no. 1, pp. 0–6, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/819/1/012010.
- [16] M. Sholihin, "Identifikasi Kesegaran Ikan Berdasarkan Citra Insang dengan Metode Convolution Neural Network," *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 3, pp. 1352–1360, 2021, doi: 10.35957/jatisi.v8i3.939.
- [17] R. AZZAHRA and G. Setyawan, "Perbandingan Kinerja Sensor Mq135 Pada Pendeteksian Gas Amonia Sampel Uji Menggunakan Atmega 2560," vol. 70000, pp. 17–23, 2021.
- [18] S. Sugiarto and S. Supadi, "Analysis of Digital Archive Management Using Google Spreadsheets in the Educators and Education Personnel Section of the Education Office," *Lembaran Ilmu Kependidikan*, vol. 53, no. 2, pp. 284–292, 2024, doi: 10.15294/lii.v53i2.11914.
- [19] P. Data, M. Rw, and K. Cilayung, "Pemanfaatan Google Spreadsheet Sebagai Media," *J. EKBIS (Ekon. Bisnis) Politek. Piksi Ganesha*, vol. 48, no. Desember, pp. 1–7, 2021.
- [20] Hasnawati, Muh. Fuad Mansyur, and Chairi Nur Insani, "Deteksi Kesegaran Ikan Selar menggunakan Sensor Warna Dan Sensor Gas Berbasis Web," *J. Comput. Inf. Syst. (J-CIS)*, vol. 6, no. 1, pp. 37–44, 2023, doi: 10.31605/jcis.v6i1.3588.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.