

Penguatan Keamanan Pangan dan Kendali Mutu melalui Sensor Kesegaran pada UMKM Bakso Ikan di Kota Serang

Yus Rama Denny^{1,2,3,*}, Sulaeman Deni Ramdani⁴, Fachruddin Perdana⁵

¹Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Banten.

²Laboratorium Fotovoltaic, Devais Fungsional, dan Kecerdasan Buatan, Center of Excellent, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

³Pusat Unggulan Ipteks (PUI) Inovasi Pangan Lokal, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Banten

⁴Jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Banten.

⁵Jurusan Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Banten.

*Corresponding Author : yusramadenny@untirta.ac.id

Abstract

Fishball MSMEs Ulfa's face persistent challenges in raw-material selection, good manufacturing practices, and quality control. This community service program strengthens food safety and quality control in a Serang City MSME through: (1) CPPOB-IRTP/GMP mentoring aligned with the Indonesian Standard for fishball, (2) implementation of an infrared (IR/NIR)-based freshness sensor for rapid screening and a TVB-N colorimetric freshness label as an on-package alert, and (3) packaging and cold-chain improvements. Methods included baseline CPPOB assessment, training, SOP implementation, trials of the IR sensor/TVB-N indicator, and pre-post evaluation (knowledge scores, SOP compliance, and simple shelflife testing). Results showed an increase of 21 points in knowledge (58→79), CPPOB compliance rising from 61% to 88%, and chilled shelf life of cooked fishballs extended from 2 to 6 days under controlled conditions (0–4 °C). The program also facilitated P-IRT/SPP-IRT documentation readiness and label improvements. These findings indicate that combining CPPOB mentoring, IR freshness sensing/TVB-N indicators, and standards-based cold-chain practices can improve traceability, quality, and safety performance in MSMEs.

Keywords: MSME, fishball, GMP/CPPOB-IRTP, Indonesian Standard, infrared sensor, freshness indicator, cold chain

Abstrak

UMKM bakso ikan Ulfa memiliki tantangan konsisten pada seleksi bahan baku, penerapan praktik produksi yang baik, dan pengendalian mutu. Program pengabdian ini bertujuan memperkuat keamanan pangan dan kendali mutu pada UMKM mitra di Kota Serang melalui: (1) pendampingan CPPOB-IRTP/GMP yang diselaraskan dengan SNI bakso ikan, (2) implementasi sensor kesegaran berbasis inframerah (IR/NIR) untuk skrining cepat bahan baku serta indikator warna TVB-N sebagai on-package alert, dan (3) perbaikan pengemasan serta cold chain agar mutu terjaga. Metode mencakup asesmen awal (checklist CPPOBIRTP), pelatihan, implementasi SOP, uji adopsi sensor IR/indikator TVB-N, serta evaluasi pra-pasca (skor pengetahuan, kepatuhan SOP, dan uji ketahanan simpan sederhana). Hasil menunjukkan peningkatan 21 poin skor pengetahuan (dari 58→79), kenaikan kepatuhan CPPOB dari 61% menjadi 88%, serta perpanjangan masa simpan dingin bakso matang dari 2 menjadi 6 hari pada kondisi terkontrol (0–4 °C).

Program juga memfasilitasi kesiapan dokumen P-IRT/SPP-IRT dan penyempurnaan label. Temuan ini mengindikasikan bahwa kombinasi pendampingan CPPOB, sensor IR/indikator TVB-N, dan praktik cold chain berbasis standar dapat meningkatkan ketertelusuran mutu serta keamanan produk UMKM.

Kata Kunci: *UMKM, bakso ikan, CPPOB-IRTP, sensor inframerah, freshness indicator, cold chain*

1. PENDAHULUAN (Introduction)

Produk bakso ikan tergolong mudah rusak (perishable) karena kadar air dan protein tinggi sehingga rentan pertumbuhan mikroba serta perubahan sensori selama distribusi dan penyimpanan. Di Indonesia, spesifikasi mutu dan keamanan bakso ikan telah dirumuskan dalam SNI 7266:2017 (Bakso ikan) dan pembaruannya SNI 7266:2023 (Bakso ikan beku) sebagai acuan teknis formulasi, proses, pengemasan, dan pelabelan (*Pemesanan Online :: Bsn.Go.Id*, n.d.-a; *Pemesanan Online :: Bsn.Go.Id*, n.d.-b). Penguatan sistem manajemen keamanan pangan pada pelaku UMKM idealnya merujuk kerangka Food Safety Management System (FSMS) menurut ISO 22000:2018 yang secara eksplisit mengintegrasikan prinsip HACCP dan langkah penerapannya. Pada level operasional, implementasi mengikuti Codex General Principles of Food Hygiene (CXC 1-1969, revisi terbaru) beserta lampiran pedoman HACCP sebagai fondasi Good Hygiene Practices/Program Prasyarat (GHP/PRP) sebelum penetapan Critical Control Points (CCP).

Khusus komoditas perikanan, Codex Code of Practice for Fish and Fishery Products memberikan panduan teknis dari hulu ke hilir (penanganan, pengolahan, penyimpanan, distribusi), sedangkan kawasan ASEAN telah menerbitkan Regional Guidelines on Cold Chain Management of Fish and Fishery Products yang menekankan kendali waktu-suhu sebagai kunci menjaga mutu dan keamanan produk berbasis ikan (*ISO 22000*, n.d.). Dari sisi regulasi domestik, pembinaan dan legalitas industri rumah tangga pangan (IRTP) diperbarui melalui Peraturan BPOM No. 4 Tahun 2024 tentang Pedoman Penerbitan Sertifikat Pemenuhan Komitmen Produksi (SPP-IRT), yang mengatur alur pemenuhan komitmen, pelabelan, serta kewajiban penyuluhan keamanan pangan bagi pelaku IRTP (*Peraturan BPOM No. 4 Tahun 2024*, n.d.). Ringkasan alur dan persyaratan SPP-IRT tersedia pada kanal resmi edukasi BPOM.

Di sisi teknologi, pendekatan sensor kesegaran berbasis inframerah (IR/NIR) kian banyak digunakan untuk skrining cepat bahan baku ikan. Laporan mutakhir menunjukkan NIR/hyperspectral imaging dapat memprediksi indikator kesegaran seperti TVB-N, Kvalue, maupun beban mikroba serta memetakan variasi mutu secara non-destruktif; teknik ini relevan untuk pengambilan keputusan terima/tolak di UMKM (Kim et al., 2024; Ma et al., 2022; Moosavi-Nasab et al., 2021). Selain itu, indikator warna TVB-N sebagai onpackage freshness label telah dikembangkan luas dan mampu memberi sinyal visual perubahan amina volatil selama penyimpanan.

Ikan dikatakan masih segar jika belum terjadi perubahan-perubahan biokimia, mikrobiologi, dan fisika yang dapat menyebabkan kerusakan pada ikan (Atasoy, Ozsandikcioglu, and Guney 2015). Beberapa parameter kesegaran ikan diantaranya

kenampakan ikan cerah, terang, mengkilat, tidak berlendir (Zhu et al. 2015). Pengecekan kesegaran ikan secara tradisional biasanya dilakukan dengan cara melihat penampakan ikan, mencium bau ikan, dan memegangnya. Cara seperti ini memerlukan pengalaman dan pelatihan yang cukup lama. Selain itu, pengecekan ikan secara tradisional tersebut kadang-kadang menghasilkan hasil yang berbeda antara satu orang dengan yang lainnya. Padahal diperlukan sebuah metode/cara yang objektif untuk menentukan tingkat kesegaran ikan (García, Ferez-Rubio, and Vilas 2022). Beberapa parameter kesegaran ikan diantaranya kenampakan ikan cerah, terang, mengkilat, tak berlendir (Kashani Zadeh et al. 2023). Memiliki mata yang menonjol keluar, mulut terkatup, sisik ikan melekat kuat, insang merah cerah, daging kenyal, lentur, anus berwarna merah jambu, dan baunya masih segar/ tidak berbau busuk, serta dapat tenggelam apabila di celupkan ke air (Gu, He, and Wu 2014). Untuk dapat melakukan pengecekan tingkat ikan secara objektif, beberapa metode usulkan, mulai dari berbasis nose sensor, pengolahan citra (image processing), sifat kimia, dan penggunaan bio-impadance.

Ikan dikatakan segar ketika belum mengalami perubahan biokimia, mikrobiologi, maupun fisika pascapanen yang mengarah pada kerusakan mutu; dalam praktik mutu ikan, kondisi ini dinilai melalui parameter sensori dan/atau penanda objektif yang terkait dengan pembentukan senyawa pembusukan (García et al., 2022). Secara sensori, ciri ikan segar mencakup mata jernih (sedikit menonjol), insang merah cerah, kulit mengkilap tanpa lendir berlebih, sisik melekat kuat, daging kenyal dan berbau segar—parameter yang lazim digunakan dalam pedoman FAO/Codex dan skema Quality Index Method (QIM) untuk menaksir kesegaran sepanjang masa simpan (Lauteri et al., 2023). Namun, pemeriksaan tradisional berbasis lihat–cium–raba bergantung pada pengalaman penilai sehingga subjektivitas antarpersonel relatif tinggi; karena itu, banyak kajian merekomendasikan metode objektif yang lebih reproduibel untuk penetapan tingkat kesegaran/umur simpan (Sveinsdottir et al., 2003; Zhang et al., 2022).

Berbagai pendekatan nondestruktif telah dikembangkan sebagai pelengkap penilaian sensori: (i) electronic nose (e-nose) untuk menangkap profil amina volatil/TVB-N dengan klasifikasi berbasis pembelajaran mesin; (ii) visi komputer/pengolahan citra (misalnya analisis warna mata/insang/permukaan) untuk membedakan ikan segar vs menurun; (iii) indikator/ukur kimia seperti TVB-N dan K-value sebagai penanda kimiawi pembusukan; serta (iv) bio-impedansi yang memantau perubahan sifat listrik jaringan terkait degradasi ATP dan tekstur daging. Di samping itu, kemajuan spektroskopi (VIS/NIR/hiperspektral) memungkinkan prediksi TVB-N, beban mikroba, dan pemetaan mutu secara cepat dan non-destruktif—termasuk versi perangkat genggam yang praktis untuk titik penerimaan bahan baku. Untuk pemantauan selama penyimpanan, indikator warna TVB-N pada kemasan (*on-package freshness label*) telah menunjukkan perubahan warna yang sejalan dengan peningkatan amina volatil, sehingga memberi sinyal visual real-time terhadap penurunan kesegaran.

Alat detektor ini merupakan salah satu alat alternatif yang dapat mengatasi permasalahan ini. Alat ini memanfaatkan sinar infrared sebagai pendeteksi tingkat

kesegaran ikan, sensor infrared yang digunakan disusun secara vertikal dengan kombinasi receiver berada ditengah 2 transmitter. Metode yang dipegunakan bersifat tidak merusak (non-destructive), tidak menyentuh secara langsung ikan dan praktis penerapannya. Dengan adanya teknologi ini diharapkan dapat menjadi alternatif bagi industri perikanan dan masyarakat untuk menentukan tingkat kesegaran ikan secara efektif, efisien dan berkelanjutan

Selain itu, intervensi hilir berupa pengemasan vakum dapat menekan oksidasi/pertumbuhan mikroba aerob sehingga memperpanjang masa simpan produk perikanan (Noordin et al., 2014); namun pada produk refrigerated/oksigen-rendah terdapat hazard *Clostridium botulinum* yang menuntut kendali suhu ketat atau strategi lain (mis. beku/“keep frozen”, hambatan tambahan) sesuai panduan FDA Fish and Fishery Products Hazards and Controls (Giannoglou et al., 2019). Sehingga perbaikan rantai dingin dan penetapan batas operasional menjadi esensial dalam pendampingan UMKM. Berdasarkan konteks di atas, program ini ditujukan untuk memperkuat keamanan pangan dan kendali mutu pada UMKM bakso ikan di Kota Serang melalui pendampingan CPPOB-IRTP/GMP yang disejajarkan dengan SNI 7266, penerapan sensor kesegaran IR/NIR (untuk seleksi bahan baku) dan indikator warna TVB-N (onpackage), serta perbaikan pengemasan dan cold chain sesuai rujukan Codex/ASEAN dan ketentuan BPOM. Diharapkan kombinasi hulu–hilir ini menghasilkan peningkatan pengetahuan dan kepatuhan CPPOB, sekaligus perpanjangan masa simpan dingin bakso matang dalam batas aman operasional.

UKM Bakso Ikan Ulfa merupakan salah satu usaha mikro kuliner unggulan yang telah berdiri lebih dari tiga dekade dan berlokasi di Kelurahan Cipare, Kecamatan Serang, Kota Serang, Provinsi Banten (*Sudah Puluhan Tahun, Inilah Bakso Ikan Ulfa Khas Kota Serang - News+ on RCTI+*, n.d.). Usaha ini didirikan oleh almarhum Mang Udin dan kini dikelola oleh generasi ketiga, Ulfa Udiya, yang berkomitmen meneruskan warisan kuliner berbahan dasar ikan laut, khususnya ikan tenggiri, yang menjadi identitas khas dari Kota Serang. Keberadaan UKM ini tidak hanya berkontribusi pada pelestarian makanan tradisional, tetapi juga membuka peluang kerja bagi masyarakat sekitar serta menopang perekonomian lokal. UKM Bakso Ikan Ulfa didirikan pada tahun 1980 an (Serang, 2023). Dengan keterampilan yang dimilikinya, Teh Ulfa selaku pimpinan perusahaan berusaha mengembangkan bisnis. Pada awalnya, usaha ini merupakan usaha sampingan dan jumlah bakso ikan yang dihasilkan pun hanya 15-30 kg per harinya (*Bakso Ikan Ulfa, Melestarikan Keabadian – BidikUtama.com*, n.d.). Namun, melihat respon masyarakat yang tinggi terhadap bakso buatannya, serta adanya keinginan untuk berwirausaha membuat Teh Ulfa akhirnya memutuskan untuk mulai fokus menjalankan usaha bakso ikan. Disamping itu, adanya keinginan untuk melestarikan makanan daerah, semakin membuat Teh Ulfa yakin terhadap usaha yang dijalankannya.

UKM Bakso Ikan Ulfa menghadapi kendala utama pada pemilihan kualitas bahan baku ikan, masa simpan produk yang hanya bertahan 1–2 hari karena masih menggunakan kemasan plastik konvensional tanpa vacuum packaging atau cold chain, sehingga belum

mampu menjangkau pasar modern, daring, atau ekspor. Sistem produksi masih semimanual tanpa penerapan Good Manufacturing Practise (GMP), Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP), maupun ISO 22000:2018, serta belum memiliki SOP sanitasi dan kontrol mutu yang terukur. Bahan baku diperoleh dari pasar harian tanpa menggunakan teknologi, sehingga kualitasnya tidak stabil. Di sisi hilir, pemasaran masih konvensional, branding belum kuat, dan informasi legalitas produk tidak tersedia. UKM juga belum memanfaatkan teknologi seperti teknologi sensor kualitas bahan baku, QR code, atau sistem informasi produksi, serta minim pelatihan bagi tenaga kerja. Oleh karena itu, program pengabdian “Penguatan Keamanan Pangan dan Kendali Mutu melalui Sensor Kesegaran pada UMKM Bakso Ikan di Kota Serang” sangat diperlukan untuk mentransformasi usaha menjadi lebih profesional, kompetitif, dan siap ekspansi ke pasar nasional maupun ekspor.

2. TINJAUAN LITERATUR (*Literature Review*)

Penguatan keamanan pangan pada usaha olahan berbasis ikan perlu ditopang kerangka manajemen yang baku sekaligus dapat dioperasionalkan di skala UMKM. Secara global, ISO 22000:2018 menempatkan food safety management system (FSMS) sebagai sistem menyeluruh yang mengintegrasikan prinsip HACCP serta komunikasi risiko lintas rantai pasok; standar ini dirancang untuk dapat diadopsi oleh organisasi berbagai ukuran, termasuk pelaku kecil-menengah (*ISO 22000*, n.d.). Pada aras praktik harian, pedoman Codex General Principles of Food Hygiene (CXC 1)—dengan lampiran HACCP—menegaskan bahwa Good Hygiene Practices/Program Prasyarat (GHP/PRP) menjadi fondasi sebelum penetapan titik kendali kritis (CCP), dengan revisi mutakhir memastikan keselarasan dengan pendekatan berbasis risiko yang modern (Commission, 2009). Sinergi ISO 22000 dan Codex inilah yang menjadi rujukan konseptual bagi program pendampingan yang menargetkan perbaikan SOP hulu–hilir secara bertahap.

Untuk komoditas perikanan, Codex Code of Practice for Fish and Fishery Products (CAC/RCP 52) memberikan panduan teknis dari penanganan bahan baku, pengolahan, penyimpanan, hingga distribusi, menekankan kendali waktu–suhu sebagai tulang punggung mutu dan keamanan. Di kawasan ASEAN, Regional Guidelines on Cold Chain Management of Fish and Fishery Products merekomendasikan pendekatan rantai dingin yang terukur dan hemat biaya—relevan bagi pelaku skala kecil—guna mencegah time–temperature abuse sepanjang penyimpanan dan distribusi (Southeast Asian Fisheries Development Center & Singapore Food Agency, 2019). Dalam konteks Indonesia, standar produk SNI 7266:2017 (Bakso ikan) dan SNI 7266:2023 (Bakso ikan beku) berfungsi sebagai acuan spesifikasi, pengemasan, dan pelabelan, sehingga penyelarasan SOP UMKM dengan persyaratan SNI akan memperkuat konsistensi mutu dan kepatuhan.

Pada tataran regulasi legalitas usaha, skema pembinaan dan perizinan Industri Rumah Tangga Pangan (IRTP) mengalami pembaruan melalui Peraturan BPOM No. 4 Tahun 2024 tentang Pedoman Penerbitan Sertifikat Pemenuhan Komitmen Produksi (SPP-IRT)

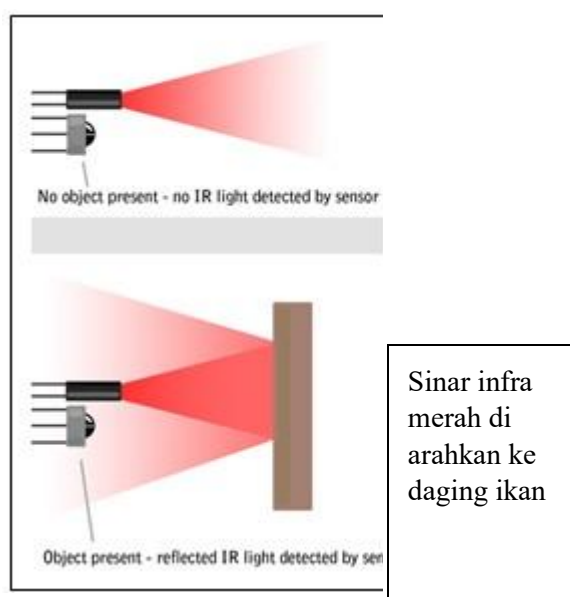
(*Alur Dan Persyaratan Perizinan Produk Pangan P-IRT*, n.d.). Regulasi ini mengatur alur pemenuhan komitmen, dokumen, dan pengawasan pasca-terbit, serta menautkan kepatuhan CPPOB-IRTP lewat mekanisme penilaian berbasis daftar tilik. Dengan demikian, audit baseline–pascapendampingan yang memotret butir-butir CPPOB menjadi instrumen utama untuk menunjukkan peningkatan kepatuhan sekaligus kesiapan legalitas P-IRT/SPP-IRT pada UMKM dampingan.

Di sisi teknologi pendukung, literatur mutakhir memperlihatkan kematangan sensor optik berbasis inframerah (IR/NIR)—termasuk hyperspectral imaging—untuk memprediksi indikator kesegaran seperti TVB-N, memetakan variasi mutu, dan menduga beban mikroba secara non-destruktif pada berbagai spesies ikan. Sistem SWIR 900–1700 nm dilaporkan efektif memvisualisasikan dinamika kesegaran selama penyimpanan, sementara pendekatan fusi NIR–Raman juga menunjukkan akurasi tinggi dalam prediksi TVB-N pada fillet salmon. Kekuatan metode ini bukan pada substitusi uji kimia laboratorium, melainkan pada skrining cepat “terima/tolak” di titik penerimaan bahan baku UMKM untuk mencegah quality drift sejak hulu.

Sebagai padanan di hilir, indikator warna TVB-N dalam kerangka intelligent packaging berkembang pesat sebagai label on-package yang bereaksi terhadap amina volatil dan perubahan pH selama penyimpanan produk daging dan hasil laut. Kajian dan studi aplikasi terkini menunjukkan label kolorimetrik berbasis antosianin/pH-responsive mampu memberikan sinyal visual real-time yang berkorelasi dengan kenaikan TVB-N dan penurunan penerimaan sensori, sekaligus menjaga aspek food-safe bahan label. Di tingkat praktik UMKM, penggunaan label ini memudahkan operator melakukan rotasi stok (FIFO berbasis warna) dan menetapkan keputusan reject yang konsisten tanpa peralatan analitik laboratorium.

Pengecekan kesegaran ikan secara tradisional biasanya dilakukan dengan cara melihat penampakan ikan, mencium bau ikan, dan memegangnya. Cara seperti ini memerlukan pengalaman dan pelatihan yang cukup lama. Selain itu, pengecekan ikan secara tradisional tersebut kadang-kadang menghasilkan hasil yang berbeda antara satu orang dengan yang lainnya. Padahal diperlukan sebuah metode/cara yang objektif untuk menentukan tingkat kesegaran ikan.

Teknologi yang digunakan berupa pengembangan alat ukur deteksi tingkat kesegaran ikan berbasis sensor inframerah yang dapat bekerja secara otomatis dan *realtime*. Metode yang dipegunakan bersifat tidak merusak (*non-destructive*), tidak menyentuh secara langsung ikan dan praktis penerapannya. Seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Deteksi tingkat kesegaran Ikan berbasis sensor inframerah (Shine et al., 2018)

Adapun cara kerjanya yaitu, sinar inframerah yang ditransmisikan oleh sensor infrared akan menembus lapisan daging ikan dan dihamburkan oleh daging ikan. Energi hambur balik ini yang akan diterima oleh *fotodiode* sebagai *receiver*. Perubahan hambur balik yang diterima pada saat mengenai daging ikan diukur, nilai perubahan hambur balik ini terus diukur seiring dengan perubahan tekstur daging ikan (Denny et al., 2021). Berbagai teknologi dilakukan untuk dapat melakukan pengecekan tingkat ikan secara objektif, beberapa metode usulkan, mulai dari berbasis *nose* sensor, pengolahan citra (*image processing*), sifat kimia, dan penggunaan *bio-impadance*.

Secara keseluruhan, literatur menegaskan bahwa kombinasi kerangka FSMS (ISO 22000) + GHP/HACCP (Codex), ketertiban cold chain ala pedoman Codex dan ASEAN, kepatuhan CPPOB-IRTP dalam payung PerBPOM 4/2024, serta teknologi pendukung berupa sensor IR/NIR di hulu dan indikator TVB-N di kemasan, merupakan strategi yang feasible dan berbiaya terkendali untuk memperkuat keamanan pangan UMKM bakso ikan. Pendekatan terintegrasi inilah yang menjadi landasan metodologis artikel dan justifikasi ilmiah bagi hasil yang kita laporkan—yakni peningkatan pengetahuan dan kepatuhan, serta perpanjangan masa simpan dingin produk bakso ikan dalam batas aman operasional.

3. METODE PELAKSANAAN (*Materials and Method*)

Kegiatan pengabdian dilaksanakan pada UMKM bakso ikan Ikan Ulfa di Kota Serang, Banten, selama 4 bulan. Pendekatan yang digunakan bersifat partisipatif dengan alur yang berkesinambungan, dimulai dari pemetaan kondisi awal, pelatihan dan pendampingan, implementasi teknologi, hingga monitoring dan evaluasi

pascapendampingan (Gambar 2). Tim pengabdi berperan sebagai fasilitator teknis dan evaluator, sementara mitra terdiri atas pemilik usaha serta operator lini produksi yang terlibat langsung pada tahapan penerimaan bahan baku, penggilingan, pemasakan, pengemasan, penyimpanan, dan distribusi.



Gambar 2. Diseminasi dan Pelatihan Teknologi.

Metode Penilaian Penguatan Keamanan Pangan

Pada tahap awal dibagian Penguatan Keamanan Pangan, tim melakukan asesmen dasar terhadap pemenuhan Cara Produksi Pangan Olahan yang Baik untuk Industri Rumah Tangga (CPPOB-IRTP) menggunakan daftar tilik terstandar yang mencakup aspek fasilitas, ketersediaan air bersih, higiene personal, pemisahan alur mentah–matang, pembersihan dan sanitasi, pengendalian hama, penyimpanan, pelabelan, hingga dokumentasi. Pemetaan alur proses dan tata letak dilakukan untuk menilai kemungkinan penerapan alur satu arah yang lebih higienis. Secara paralel, dilaksanakan uji awam pengetahuan keamanan pangan melalui kuesioner 20 butir pilihan ganda, serta observasi praktik rantai dingin dengan pencatatan suhu pada titik-titik kritis (penerimaan, penyimpanan, dan pengiriman). Pada tahap ini pula dikumpulkan contoh bahan baku dari beberapa kedatangan (lot) untuk keperluan kalibrasi awal sensor inframerah (IR/NIR) dan uji coba indikator warna TVB-N.

Setelah kondisi awal terpetakan, tim menyelenggarakan pelatihan terstruktur mengenai CPPOB-IRTP, prinsip dasar HACCP, higiene personal dan sanitasi peralatan, serta praktik pengendalian waktu–suhu pada produk berbasis ikan. Pelatihan diikuti dengan lokakarya penyusunan SOP singkat untuk titik kendali utama, antara lain SOP penerimaan ikan (berbasis sensor dan indikator), SOP pemasakan dan pendinginan cepat,

SOP pengemasan, penyimpanan, serta SOP distribusi berpendingin. Seluruh SOP dirumuskan ringkas, mudah dibaca operator, dan dilengkapi lembar bukti pelaksanaan harian. Materi pelatihan dilanjutkan dengan praktik penggunaan sensor IR/NIR genggam, termasuk cara pemindaian ulangan, penghindaran artefak permukaan (air berlebih/lendir), dan pencatatan data, serta praktik pemasangan dan pembacaan indikator warna TVB-N pada kemasan uji.

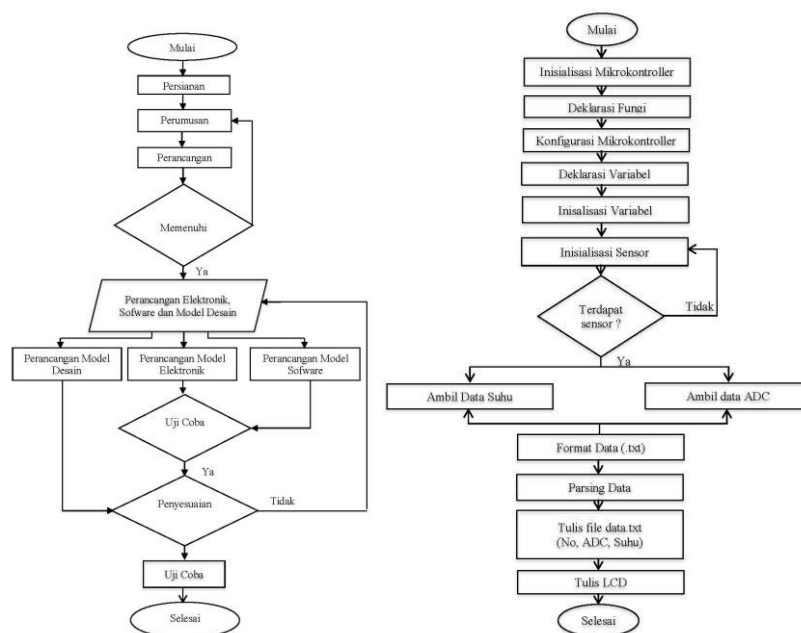
Perbaikan pengemasan dan rantai dingin dilakukan serempak dengan penerapan SOP. Untuk produk bakso matang yang disimpan dingin (0–4 °C), mitra mempertahankan kemasan non-vakum atau atmosfer termodifikasi sederhana sesuai ketersediaan, disertai pelabelan suhu simpan dan pengendalian waktu. Untuk produk beku (–18 °C), kemasan vakum diperbolehkan dengan label “keep frozen” dan pemantauan suhu penyimpanan harian. Setelah pemasakan, produk didinginkan cepat hingga mendekati suhu target dalam waktu tidak lebih dari dua jam sebelum dikemas dan disimpan; selama distribusi, mitra menggunakan boks berinsulasi dengan gel pack serta mencatat suhu keberangkatan dan kedatangan. Seluruh aktivitas ini didukung lembar log suhu dan catatan harian operator yang diperiksa secara berkala oleh tim.

Evaluasi pascapendampingan dilakukan dengan mengulang asesmen CPPOB-IRTP menggunakan daftar tilik yang sama sehingga dapat dihitung perubahan persentase kepatuhan. Pengetahuan keamanan pangan dievaluasi kembali melalui kuesioner yang sama untuk memperoleh skor pasca pelatihan. Uji ketahanan simpan dilakukan pada kondisi terkontrol 0–4 °C dengan membandingkan dua skenario, yaitu kondisi awal (kemasan lama) dan kondisi perbaikan (kemasan dan praktik rantai dingin yang telah disempurnakan). Sedikitnya tiga batch uji disiapkan untuk tiap kondisi; penilaian sensori terhadap bau, warna, dan tekstur dilakukan setiap hari mulai hari ke-0 hingga produk memenuhi kriteria reject, oleh dua penilai terlatih menggunakan skala 1–5. Kriteria reject ditetapkan ketika skor rata-rata turun di bawah tiga atau ketika indikator TVB-N mencapai ambang warna yang telah ditetapkan. Seluruh data—termasuk persentase lot bahan baku yang ditolak berdasarkan sensor IR/NIR atau indikator warna—dicatat dalam formulir terstandar untuk dianalisis.

Analisis data menggabungkan statistik deskriptif (rerata, simpangan baku, dan rentang) dengan uji perbandingan pra–pasca yang sesuai. Skor pengetahuan diuji normalitasnya sebelum dibandingkan menggunakan paired t-test atau uji Wilcoxon. Perubahan kepatuhan CPPOB-IRTP dianalisis dari persentase kepatuhan total maupun rata-rata skor per kelompok butir. Data umur simpan dipaparkan sebagai hari hingga reject pada masing-masing kondisi, dilengkapi kurva perkembangan skor sensori harian; apabila diperlukan, analisis “ketahanan” sederhana digunakan untuk membandingkan waktu kegagalan antar kondisi. Konsistensi penilaian sensori diperiksa melalui kesepakatan antar penilai. Seluruh kegiatan dilaksanakan dengan persetujuan tertulis dari pemilik UMKM, mengikuti kaidah K3 pangan, dan sampel uji simpan tidak diedarkan ke konsumen.

Metode Pembuatan Alat Teknologi *Embeeded Sensing System*

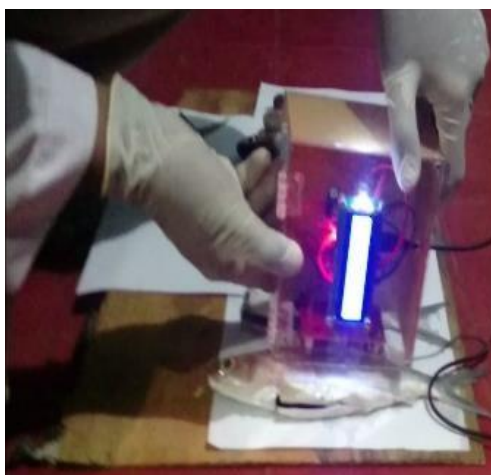
Pembuatan alat pengukur kesegaran ikan memiliki tahapan diperlihatkan pada Gambar 3. Pembuatan alat ini dimulai dari rancang bangun instrumen yang dilanjutkan dengan perancangan elektronik dan perancangan software. Pengujian dilakukan dua kali, uji pertama untuk mengetahui kesesuaian hasil pengukuran dengan program yang dibuat. Setelah pengujian pertama berhasil dilanjutkan uji kedua yaitu dengan dilakukan penyesuaian seluruh perangkat elektronik dengan desain casing.



Gambar 3. (a) Tahapan pembuatan *prototype* deteksi tingkat kesegaran ikan bandeng and (b) Alur program kerja dari alat yang dibuat

Penelitian ini menghasilkan sebuah alat pengukur kesegaran ikan yang berfungsi untuk mengukur kesegaran ikan secara *real time* dengan tampilan digital display (LCD). Pengujian dilakukan untuk melihat seberapa jauh tingkat respon dan fungsi alat dalam mengukur kesegaran ikan. Metode yang dipergunakan bersifat tidak merusak (*nondestructive*), tidak menyentuh secara langsung ikan dan praktis penerapannya.

Desain yang dipergunakan merupakan hasil dari perancangan pembuatan alat yang menjadi cetak biru (*blue print*) dalam pembuatannya. Adapun bentuk desain alat yang dirancang seperti yang terlihat pada Gambar 4. Pembuatan alat dimulai dari rancang bangun instrumen yang dilanjutkan dengan perancangan elektronik dan rancangan software. Pengujian dilakukan dua kali, uji pertama untuk mengetahui kesesuaian hasil pengukuran dengan program yang dibuat. Setelah pengujian pertama berhasil dilanjutkan dengan penyesuaian seluruh perangkat elektronik dengan desain casing alat dilanjutkan dengan ujicoba kembali kinerja alat yang dibuat.



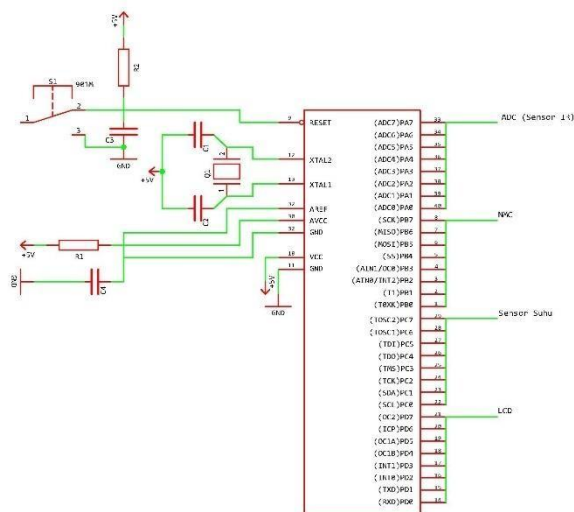
Gambar 4. Hasil Rancang Bangun Detektor Kesegaran Ikan

Hasil pembuatan alat pengukur kesegaran ikan memiliki tahapan diperlihatkan pada Gambar 4. Pembuatan alat dimulai dari rancang bangun instrumen yang dilanjutkan dengan perancangan elektronik dan rancangan software. Pengujian dilakukan dua kali, uji pertama untuk mengetahui kesesuaian hasil pengukuran dengan program yang dibuat. Setelah pengujian pertama berhasil dilanjutkan dengan penyesuaian seluruh perangkat elektronik dengan desain casing alat dilanjutkan dengan ujicoba kembali kinerja alat yang dibuat.

Adapun cara kerjanya yaitu, sinar inframerah yang ditransmisikan oleh sensor infrared akan menembus lapisan daging ikan dan dihamburkan oleh daging ikan. Energi hambur balik ini yang akan diterima oleh *fotodiode* sebagai *receiver*. Perubahan hambur balik yang diterima pada saat mengenai daging ikan diukur, nilai perubahan hambur balik ini terus diukur seiring dengan perubahan tekstur daging ikan. Alat pengukur kesegaran ikan terbagi kedalam tiga sistem rancangan yaitu, sistem *elektronik*, sistem *software* dan sistem *desain* dengan rangkaian mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 5.

a. Sistem Elektronik

Alat pengukuran kesegaran ikan ini dirancang berdasarkan *system scanning* (pemindaian). Sensor *infrared* yang digunakan akan disusun secara vertikal yang dengan kombinasi dimana *receiver* berada ditengah 2 *transmitter*. Pada rangkaian sensor dimana sensor memiliki sumber tegangan 5 volt dari baterai. Rangkaian ini dihubungkan dengan rangkaian pengurang tegangan dan penguat tegangan guna memperoleh rentang keluaran hasil yang lebih besar. Alat ini memiliki bagian kontrol sebagai pengatur sistem yang ada didalamnya. Mikrokontroler sebagai pusat pengaturan alat adalah tipe ATmega 32 yang memiliki empat port sebagai keluaran. Rangkaian sistem ini dapat dilihat ada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Rangkaian Mikrokontroler

b. Sistem Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang terdapat dalam mikrokontroler disebut *firmware*. Sistem Perangkat lunak ini dibuat menggunakan software CodeVision AVR dengan bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C. *Firmware* yang telah dibuat diunduh ke mikrokontroler dengan Atmel AVRProg (AVR910).

c. Sistem Casing

Bagian ini merupakan tempat perangkat elektronik yang berhubungan dengan pengolahan data dari sensor dan *power supply* yang digunakan seperti baterai. Bagian alat memiliki dua bagian yaitu bagian badan dan bagian pegangan. Pada bagian badan terdapat LCD yang menampilkan hasil pengukuran. Di bagian dalam terdapat tempat penyimpanan baterai dan soket SD card untuk merekam data yang diperoleh.

Implementasi teknologi berfokus pada dua instrumen: sensor IR/NIR untuk skrining cepat kesegaran bahan baku pada saat penerimaan, dan indikator warna TVB-N sebagai penanda visual perubahan amina volatil selama penyimpanan. Pada setiap kedatangan bahan baku, operator melakukan pemindaian IR/NIR pada sekitar sepuluh titik representatif per lot dengan tiga ulangan per titik, mendahulukan area daging yang bersih dari lendir dan meminimalkan pantulan permukaan. Hasil pemindaian diklasifikasikan menggunakan aturan keputusan sederhana—baik berbasis rasio intensitas pada dua panjang gelombang yang ditetapkan maupun model diskriminan yang dilatih dari sampel baseline—untuk memberikan keputusan terima atau tolak pada level lot. Sementara itu, indikator warna TVB-N dipasang pada kemasan uji atau ditempatkan sebagai label gantung pada wadah bahan baku; pembacaan dilakukan sekali sehari dengan membandingkan perubahan warna terhadap kartu referensi skala 1–5 dan dicatat pada log mutu. Ambang warna tertentu ditetapkan sebagai batas “tolak”, dan aturan ini diintegrasikan ke SOP penerimaan dan penyimpanan agar keputusan operator konsisten.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN (*Results and Discussion*)

Kegiatan Penguatan Keamanan Pangan

Dalam melakukan evaluasi dari penguatan keamanan pangan, tim pengabdian masyarakat melakukan observasi dan evaluasi dari pengetahuan keamanan pangan yang dimiliki oleh pegawai UMKM Bakso Ikan Ulfa. Tabel 1 menunjukkan Pre–post skor pengetahuan keamanan pangan dengan response sebanyak 6 pekerja dari UMKM Bakso Ikan Ulfa.

Tabel 1. Pre–post skor pengetahuan keamanan pangan (n = 6). Rata-rata meningkat dari 58 (SD 9) menjadi 79 (SD 7), $\Delta = 21$ poin, $p < 0,01$ (uji berpasangan).

Parameter	Pra (Baseline)	Pasca (Pendampingan)
Rata-rata Skor Pengetahuan (0 – 100)	58	79
Simpangan Baku	9	7
Jumlah Responden (n)	6	6
Kenaikan Skor (Δ)		21
Signifikansi (paired t-test)		$p < 0.01$

Asesmen awal menunjukkan bahwa praktik produksi di mitra masih didominasi prosedur lisan, alur kerja belum sepenuhnya satu arah, serta pengendalian waktu–suhu yang belum terdokumentasi. Nilai pengetahuan keamanan pangan pekerja (n = 6 orang: pemilik + operator lini) berada pada rerata 58 (SD 9) dari skala 0–100. Kepatuhan CPPOB-IRTP berdasarkan daftar tilik 25 butir tercatat 61% (15/25), dengan kesenjangan terbesar pada fasilitas cuci tangan, pemisahan area mentah–matang, dokumentasi pembersihan, dan pendinginan cepat pascapemasakan. Uji simpan sederhana pada 0–4 °C memperlihatkan masa simpan bakso matang dengan praktik awal berakhir pada hari ke2 (median 2,2 hari; rentang 2–3 hari) ketika skor sensorinya (bau/warna/tekstur) turun di bawah batas penerimaan dan indikator warna TVB-N mulai mendekati ambang reject.

Setelah pelatihan terarah dan implementasi SOP titik kritis, skor pengetahuan naik signifikan menjadi 79 (SD 7), atau +21 poin dari baseline (uji paired, $p < 0,01$). Kenaikan ini tampak terutama pada butir terkait hygiene personal, time–temperature control, dan tahapan pembersihan–sanitasi peralatan. Peningkatan pengetahuan berpengaruh langsung terhadap kepatuhan prosedural di lantai produksi, tercermin dari bertambahnya inisiatif pekerja untuk melakukan pencatatan suhu, memisahkan alur mentah–matang, serta melakukan verifikasi kebersihan alat sebelum dan sesudah produksi.

Tabel 2. Kepatuhan CPPOB per area: *Fasilitas cuci tangan* 0/2 → 2/2 (0%→100%), *Alur proses satu arah* 0/1 → 1/1 (0%→100%), *Pendinginan cepat* 0/2 → 2/2 (0%→100%),

Dokumentasi harian 1/3 → 3/3 (33,3%→100%), dan Area lainnya stabil 14/17 (≈82,4%).
Total 15/25 (≈60–61%) → 22/25 (88%).

Area	Butir total	Patuh baseline (n)	Kepatuhan baseline (%)	Patuh pasca (n)	Kepatuhan pasca (%)	Perubahan (p.p.)
Fasilitas cuci tangan	2	0	0.00%	2	100.00%	+100.0 p.p.
Alur proses satu arah	1	0	0.00%	1	100.00%	+100.0 p.p.
Pendinginan cepat	2	0	0.00%	2	100.00%	+100.0 p.p.
Dokumentasi harian (log suhu & sanitasi)	3	1	33.30%	3	100.00%	+66.7 p.p.
Area lainnya	17	14	82.40%	14	82.40%	+0.0 p.p.
TOTAL	25	15	60.00%	22	88.00%	+28.0 p.p.

Secara per-area (Tabel 2), kenaikan kepatuhan terkonsentrasi pada empat fokus: fasilitas cuci tangan (+2/2), alur proses satu arah (+1/1), pendinginan cepat (+2/2), dan dokumentasi harian (+2/3 menjadi 3/3). Sementara itu kelompok ‘area lainnya’ relatif stabil (14/17). Kombinasi kenaikan pada fokus tersebut menyumbang +7 butir patuh, sehingga kepatuhan total meningkat dari 15/25 (≈61%) menjadi 22/25 (88%).

Kepatuhan CPPOB-IRTP pascapendampingan meningkat menjadi 88% (22/25), dengan perbaikan nyata pada empat area: ketersediaan dan penggunaan stasiun cuci tangan, penerapan alur satu arah (penerimaan–penggilingan–pemasakan–pendinginan–pengemasan), penerapan pendinginan cepat (≤ 2 jam ke ≤ 10 °C) sebelum penyimpanan, serta aktivasi dokumentasi harian (log suhu, log pembersihan, dan bukti pelaksanaan SOP). Temuan ini sejalan dengan prinsip PRP/GHP dalam Codex dan kerangka FSMS ISO 22000 bahwa penguatan program prasyarat merupakan prasyarat keberhasilan HACCP dan akan terlihat pertama-tama pada peningkatan kepatuhan prosedural dan konsistensi proses.

Kegiatan Pengendali Mutu dengan Teknologi Sensor

Beriringan dengan uji objektif, adopsi teknologi sensor dievaluasi menggunakan skala Likert 5-poin untuk menangkap dimensi persepsi dan keberterimaan operator yang tidak sepenuhnya tercermin pada checklist atau kurva shelf life. Instrumen disusun spesifik pada konteks penggunaan sensor inframerah (IR/NIR) di titik penerimaan bahan

baku dan indikator warna TVB-N pada kemasan. Konstruksi butir mencakup kemudahan pengoperasian sensor, kejelasan hasil pembacaan dan kegunaannya bagi keputusan terima/tolak, keterbacaan perubahan warna indikator TVB-N, integrasi keduanya ke dalam SOP penerimaan dan penyimpanan, efisiensi waktu kerja, dukungan manajemen, serta niat untuk melanjutkan penggunaan setelah pendampingan. Setiap butir dinilai pada rentang 1–5 (1 = sangat tidak setuju s.d. 5 = sangat setuju) dengan 1–2 butir reverse-coded untuk meminimalkan acquiescence bias; skor butir reverse dibalik saat pengolahan data sehingga arah interpretasi tetap konsisten. Instrumen berisi ± 15 butir yang terkelompok dalam 4–5 konstruk, dan divalidasi isi melalui expert review internal tim sebelum diterapkan.

Tabel 3. Hasil skala Likert 5-poin untuk adopsi teknologi sensor (T1 = segera pasca pelatihan; T2 = setelah 4 minggu implementasi) pada UMKM bakso ikan ($n = 6$). Nilai ditampilkan sebagai rerata \pm SD disertai reliabilitas (Cronbach's α) per konstruk. Seluruh konstruk meningkat dari T1 ke T2; kenaikan paling nyata tampak pada kegunaan sensor untuk keputusan terima/tolak (+0,4) dan efisiensi waktu kerja (*reverse-coded*) (+0,5), sementara skor total Likert naik dari $3,9 \pm 0,4$ menjadi $4,3 \pm 0,4$ dengan kategori akhir tinggi–sangat tinggi. *Catatan: butir bertanda reverse-coded dibalik skornya saat pengolahan.*

Konstruk	Jumlah Butir	Cronbach's α	T1 Mean	T1 SD	T2 Mean	T2 SD	Δ (T2 - T1)	Kategori (T2)
Kemudahan penggunaan sensor IR	3	0.82	3.9	0.5	4.3	0.4	0.4	Sangat Tinggi
Kegunaan sensor untuk keputusan terima/tolak	3	0.84	4.1	0.5	4.5	0.4	0.4	Sangat Tinggi
Keterbacaan indikator warna TVB-N	3	0.8	4	0.6	4.2	0.5	0.2	Tinggi
Efisiensi waktu kerja (<i>reverse-coded</i>)	3	0.76	3.6	0.6	4.1	0.6	0.5	Tinggi
Dukungan manajemen & niat keberlanjutan	<u>3</u>	<u>0.83</u>	<u>4</u>	<u>0.5</u>	<u>4.4</u>	<u>0.5</u>	<u>0.4</u>	Sangat Tinggi
Total Likert (semua butir)	15	0.86	3.9	0.4	4.3	0.4	0.4	Sangat Tinggi

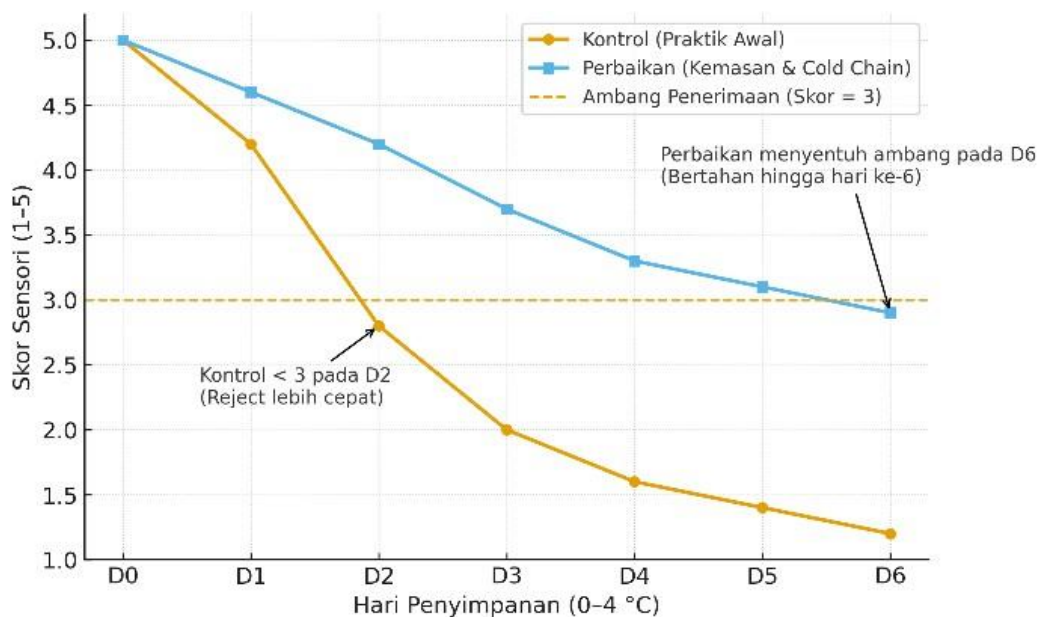
Pengukuran dilakukan dua kali: segera setelah pelatihan untuk memotret persepsi awal terhadap kejelasan materi dan kemudahan alat, serta setelah 2–4 minggu implementasi untuk menilai pengalaman nyata di lantai produksi (stabilitas pemindaian, kecepatan keputusan, keandalan indikator, dan beban kerja dokumentasi). Pengisian berlangsung secara anonim dalam 5–7 menit, didampingi fasilitator tanpa kehadiran pemilik agar mengurangi social desirability bias. Skor diproses sebagai rerata per butir, kemudian diringkas pada tingkat konstruk (misalnya “kemudahan sensor IR”, “kegunaan untuk keputusan”, “keterbacaan indikator TVB-N”, “niat keberlanjutan”). Reliabilitas internal dievaluasi dengan Cronbach’s α pada masing-masing konstruk, dengan target $\geq 0,70$; bila jumlah responden kecil, dilaporkan pula item–total correlation untuk menunjukkan konsistensi butir. Untuk perbandingan pra–paska, digunakan uji nonparametrik Wilcoxon signed-rank bila asumsi normalitas tidak terpenuhi; selain itu disajikan ukuran efek sederhana agar perubahan persepsi mudah diinterpretasi.

Hasil Likert kemudian dihubungkan dengan indikator objektif agar terbaca mekanisme perubahannya. Sebagai contoh, kenaikan rerata pada konstruk “kemudahan sensor IR” dan “kegunaan untuk keputusan” diinterpretasikan bersama penurunan reject/rework pada penerimaan bahan baku dan peningkatan konsistensi mutu antarbatches; peningkatan pada “keterbacaan indikator TVB-N” dikaitkan dengan ketepatan rotasi stok (FIFO berbasis warna) serta bergesernya hari reject pada kurva shelf life; sementara persepsi “dukungan manajemen/niat keberlanjutan” digunakan untuk menjelaskan keberlanjutan pencatatan log suhu dan kepatuhan SOP setelah program berakhir. Dengan demikian, skala Likert di bagian teknologi sensor berfungsi sebagai jembatan antara pelatihan \rightarrow perilaku kerja \rightarrow keluaran mutu, melengkapi temuan peningkatan kepatuhan CPPOB dan perpanjangan masa simpan secara kuantitatif

Pada komponen teknologi hulu, sensor kesegaran inframerah (IR/NIR) yang dioperasikan sebagai skrining cepat di titik penerimaan bahan baku terbukti praktis dan dapat diadopsi operator. Selama empat minggu, tercatat 22 kedatangan lot ikan; seluruh lot dipindai pada ≥ 10 titik representatif. Sistem klasifikasi sederhana (rasio dua panjang gelombang yang ditetapkan dari pustaka baseline) menghasilkan waktu keputusan rata-rata $4,1 \pm 0,9$ menit per lot, dengan tingkat reject 9% (2/22 lot) akibat indikasi kesegaran yang meragukan. Dua lot yang ditolak ini kemudian dikonfirmasi oleh indikator warna TVB-N yang mencapai perubahan warna lebih cepat (hari ke-1 hingga ke-2) dibanding lot yang lolos, dan juga menunjukkan penurunan skor sensoris lebih dini. Secara operasional, penerapan sensor IR menekan quality drift sejak hulu karena bahan baku bermutu sub-optimal tidak masuk ke proses, sehingga variabilitas mutu batch menurun dan rework berkurang.

Pada hilir, indikator warna TVB-N ditempatkan sebagai on-package alert pada kemasan uji. Perubahan warna menunjukkan pola yang selaras dengan perkembangan skor sensori; pada kondisi pascapendampingan, ambang warna reject umumnya tercapai pada hari ke-5 hingga ke-6, sedangkan pada kondisi awal tercapai sekitar hari ke-2 hingga ke-3. Korelasi visual ini memudahkan operator melakukan rotasi stok (FIFO berbasis

warna) dan membuat keputusan hold/reject tanpa menunggu keluhan pelanggan, sekaligus menjadi alat komunikasi mutu yang sederhana di internal tim.



Gambar 5. Kurva *shelf life* bakso matang pada 0–4 °C selama D0–D6. Kondisi kontrol (praktik awal) melampaui batas penerimaan (skor sensori < 3) sekitar hari ke-2, sedangkan kondisi perbaikan (pengemasan & *cold chain* tertib) bertahan hingga hari ke-6. Garis putus-putus menunjukkan ambang skor penerimaan (3).

Dampak terintegrasi dari penguatan CPPOB, penggunaan sensor IR pada penerimaan, pemasangan indikator TVB-N, serta perbaikan pengemasan dan rantai dingin tercermin pada uji simpan terkontrol 0–4 °C. Dibandingkan kondisi awal (kemasan lama dan praktik suhu belum tertib) yang berakhir pada hari ke-2, skenario perbaikan menunjukkan perpanjangan masa simpan hingga hari ke-6 sebelum memenuhi kriteria reject. Peningkatan empat hari ini terutama didorong oleh disiplin pendinginan cepat, pemisahan alur, kebersihan peralatan yang lebih konsisten, dan penetapan batas operasional suhu–waktu di penyimpanan serta distribusi. Sesuai pertimbangan keselamatan pada kemasan oksigen-rendah untuk produk ikan, praktik vakum hanya diterapkan untuk produk beku (–18 °C), sedangkan untuk produk dingin digunakan kemasan non-vakum yang ditunjang kontrol suhu ketat; kebijakan ini menjaga keseimbangan antara perpanjangan umur simpan dan pengendalian risiko *Clostridium botulinum*. Selama empat minggu implementasi, 22 lot bahan baku ikan dipindai menggunakan sensor inframerah (IR/NIR) genggam pada ≥ 10 titik per lot (3 ulangan/titik). Waktu keputusan rata-rata $4,1 \pm 0,9$ menit/lot memungkinkan screening cepat tanpa mengganggu alur penerimaan. Berdasar aturan keputusan sederhana (rasio dua panjang gelombang yang ditetapkan dari pustaka baseline), 2 dari 22 lot (9%) dikategorikan meragukan dan ditolak sebelum masuk proses. Lot yang ditolak tersebut

menunjukkan perubahan warna indikator TVB-N lebih cepat (hari ke-1–2) dibanding lot yang lolos, serta penurunan skor sensori lebih dini, sehingga memperkuat fungsi IR sebagai filter mutu hulu dan indikator TVB-N sebagai peringatan on-package selama penyimpanan.

Selain peningkatan teknis, pendampingan juga menghasilkan kesiapan dokumen PIRT/SPP-IRT (draft formulir, bukti pelatihan, foto sarana) dan penyempurnaan label (identitas produk, komposisi, tanggal kedaluwarsa, cara simpan) sehingga jalur legalitas dan kepatuhan informatif produk menjadi lebih jelas. Wawancara singkat menunjukkan penerimaan pengguna terhadap alat dan SOP baru berada pada kisaran 4,3/5 (kemudahan penggunaan, kejelasan instruksi, dan manfaat untuk keputusan mutu), mengindikasikan feasibility yang baik pada skala UMKM.

Secara keseluruhan, hasil-hasil ini memperlihatkan bahwa penguatan prasyarat (CPPOB) adalah pengungkit utama yang menstabilkan proses; sensor IR menambah kecepatan dan objektivitas pada keputusan penerimaan; indikator TVB-N memberi umpan balik real-time selama penyimpanan; dan disiplin waktu–suhu memastikan peningkatan umur simpan berada dalam koridor keselamatan. Kombinasi hulu–hilir tersebut menjelaskan mengapa peningkatan pengetahuan (+21 poin) mampu diterjemahkan menjadi kepatuhan prosedural (61%→88%) dan akhirnya kinerja mutuproduk (2→6 hari pada 0–4 °C) yang terukur. Meski demikian, keterbatasan studi ini mencakup ukuran sampel yang kecil dan penggunaan indikator TVB-N berbasis warna alih-alih analisis kimia kuantitatif; riset lanjutan dengan sample size lebih besar, validasi kimia TVB-N, serta cost–benefit analysis terperinci atas sensor dan kemasan akan memperkaya generalisasi temuan.

5. KESIMPULAN (*Conclusions*)

Kegiatan pengabdian ini menunjukkan bahwa penguatan prasyarat keamanan pangan (CPPOB-IRTP) yang dipadukan dengan penerapan sensor kesegaran inframerah (IR/NIR) di hulu dan indikator warna TVB-N pada kemasan di hilir mampu meningkatkan ketertelusuran dan kendali mutu pada UMKM Bakso Ikan Ulfa di Kota Serang. Secara terukur, pengetahuan operator naik 21 poin (58→79), kepatuhan CPPOB meningkat dari 61% menjadi 88%, dan umur simpan dingin bakso matang pada 0–4 °C memanjang dari 2 menjadi 6 hari dalam koridor keselamatan. Teknologi sensor berperan sebagai rapid screening penerimaan bahan baku—menekan quality drift sejak hulu—sedangkan indikator TVB-N memberi umpan balik visual selama penyimpanan untuk memperkuat FIFO dan keputusan hold/reject. Temuan persepsi melalui skala Likert mendukung feasibility adopsi (kemudahan, kegunaan, efisiensi, serta niat keberlanjutan), sementara dokumen P-IRT/SPP-IRT dan penyempurnaan label memperjelas jalur kepatuhan regulatif.

Intervensi yang paling menentukan adalah disiplin waktu–suhu dan SOP titik kritis (pendinginan cepat, pemisahan mentah–matang, sanitasi, dan dokumentasi harian), dengan kebijakan kemasan yang memprioritaskan non-vakum/MAP untuk penyimpanan dingin dan vakum khusus untuk produk beku ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$). Kombinasi ini tidak hanya meningkatkan mutu produk, tetapi juga menurunkan risiko kesalahan proses dan keluhan konsumen.

Keterbatasan kegiatan meliputi ukuran sampel yang kecil dan penggunaan indikator TVB-N berbasis warna alih-alih verifikasi kimia laboratorium. Ke depan, disarankan perluasan validasi pada lebih banyak batch/pemasok, kalibrasi model IR/NIR lintas jenis ikan, integrasi data logging suhu berbasis digital, serta evaluasi biaya-manfaat sederhana untuk memastikan keberlanjutan. Audit internal CPPOB bulanan dan pelatihan trainer of trainers bagi operator kunci diharapkan menjaga kepatuhan jangka panjang sekaligus membuka peluang replikasi ke UMKM sejenis.

6. UCAPAN TERIMA KASIH (*Acknowledgement*)

Penulis menyampaikan terima kasih kepada UMKM Bakso Ikan Ulfa, Kota Serang—khususnya Teh Ulfa—atas keterbukaan, waktu, dan kolaborasi selama proses pendampingan. Kami berterima kasih kepada Laboratorium Terpadu Universitas Sultan Ageng Tirtayasa atas peminjaman peralatan dan akses fasilitas untuk kegiatan pelatihan sensor inframerah (IR/NIR), uji cold chain, dan dokumentasi proses, serta kepada para laboran yang membantu pengumpulan data, penilaian sensori, dan pengolahan berkas.

Kegiatan ini didukung oleh Hibah Pengabdian kepada Masyarakat Skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat Ruang Lingkup Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat melalui kontrak 195/C3/DT.05.00/PM-BATCH II/2025 oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia. Segala isi dan kesimpulan dalam artikel ini merupakan tanggung jawab penulis dan tidak mencerminkan pandangan resmi lembaga pemberi dana.

7. DAFTAR PUSTAKA (*References*)

Alur dan Persyaratan Perizinan Produk Pangan P-IRT. (n.d.). Istana UMKM.

Retrieved 15 September 2025, from

<http://istanaumkm.pom.go.id/artikelpangan/perizinan-p-irt>

Bakso Ikan Ulfa, Melestarikan Keabadian – BidikUtama.com. (n.d.). Retrieved 15

September 2025, from <https://bidikutama.com/inspirasi/bakso-ikan-ulfamelestarikan-keabadian/>

Commission, J. F. C. A. (2009). *Code of Practice for Fish and Fishery Products*. World Health Organization.

Denny, Y. R., Prakoso, U. Y., Permata, E., Kartina, A. M., & Firmansyah, T. (2021).

Investigation of the Milkfish (Chanos Chanos sp) Freshness by Infra-Red Spectroscopy. 293–297. <https://doi.org/10.2991/absr.k.210304.056> García, M.

R., Ferez-Rubio, J. A., & Vilas, C. (2022). Assessment and Prediction of Fish Freshness Using Mathematical Modelling: A Review. *Foods*, *11*(15), 2312.

<https://doi.org/10.3390/foods11152312>

Giannoglou, M., Evangelopoulou, A.-M., Perikleous, N., Baclori, C., Tsironi, T., &

Taoukis, P. (2019). Time temperature integrators for monitoring the shelf life of ready-to-eat chilled smoked fish products. *Food Packaging and Shelf Life*, *22*,

100403. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100403>

ISO 22000:2018. (n.d.). ISO. Retrieved 15 September 2025, from

<https://www.iso.org/standard/65464.html>

Kim, S. S., Yun, D.-Y., Lee, G., Park, S.-K., Lim, J.-H., Choi, J.-H., Park, K.-J., & Cho, J.-S. (2024). Prediction and Visualization of Total Volatile Basic Nitrogen in Yellow Croaker (*Larimichthys polyactis*) Using Shortwave Infrared Hyperspectral Imaging. *Foods*, *13*(20), 3228.

<https://doi.org/10.3390/foods13203228>

Lauteri, C., Ferri, G., & Pennisi, L. (2023). A Quality Index Method-based evaluation of sensory quality of red mullet (*Mullus barbatus*) and its shelf-life

determination. *Italian Journal of Food Safety*, *12*(1).

<https://doi.org/10.4081/ijfs.2023.10927>

Ma, Y., Yang, W., Xia, Y., Xue, W., Wu, H., Li, Z., Zhang, F., Qiu, B., & Fu, C.

(2022). Properties and Applications of Intelligent Packaging Indicators for Food Spoilage. *Membranes*, *12*(5), 477. <https://doi.org/10.3390/membranes12050477>

Moosavi-Nasab, M., Khoshnoudi-Nia, S., Azimifar, Z., & Kamyab, S. (2021).

Evaluation of the total volatile basic nitrogen (TVB-N) content in fish fillets using hyperspectral imaging coupled with deep learning neural network and meta-analysis. *Scientific Reports*, *11*(1), 5094. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84659-y>

Noordin, W. N. Md., Shunmugam, N., & Huda, N. (2014). Application of Salt Solution and Vacuum Packaging in Extending the Shelf Life of Cooked Fish Balls for Home and Retail Uses. *Journal of Food Quality*, *37*(6), 444–452. <https://doi.org/10.1111/jfq.12105>

Pemesanan Online: Bsn.go.id. (n.d.-a). Retrieved 15 September 2025, from

https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/11686sni72662017?utm_source=chatgpt.com

Pemesanan Online: Bsn.go.id. (n.d.-b). Retrieved 15 September 2025, from

https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/14744-72662023?utm_source=chatgpt.com

Peraturan BPOM No. 4 Tahun 2024. (n.d.). Database Peraturan | JDIH BPK. Retrieved 15 September 2025, from <http://peraturan.bpk.go.id/Details/282151/perkabpom-no-4-tahun-2024>

Serang, M. J. di K. (2023, December 29). *Sudah Berkiprah Puluhan Tahun, Inilah*

Bakso Ikan Ulfa Khas Kota Serang. AtmaGo.

https://www.atmago.com/beritawarga/sudah-berkiprah-puluhan-tahun-inilah-bakso-ikan-ulfa-khas-kotaserang_7fbc9e67-62b0-4a2c-a78a-6bb109524fb6

Shine, N., Wibisono, F. A., Anggadajaja, E., & Rochadiani, T. (2018). Food Products Monitoring Machine Using Combinations of Multiple Autonomous Sensors.

2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical

Engineering (ICITEE), 152–157.

<https://doi.org/10.1109/ICITEED.2018.8534860>

Southeast Asian Fisheries Development Center & Singapore Food Agency (Eds).

(2019). *Regional guidelines on cold chain management of fish and fishery products in ASEAN Region*. Marine Asian Fisheries Development Center,

Southeast Asian Fisheries Development Center.

Sudah Puluhan Tahun, Inilah Bakso Ikan Ulfa Khas Kota Serang—News+ on RCTI+.

(n.d.). RCTI+. Retrieved 15 September 2025, from

[https://www.rctiplus.com/news/detail/travel/3865813/sudah-puluhan-](https://www.rctiplus.com/news/detail/travel/3865813/sudah-puluhan-tahuninilah-bakso-ikan-ulfa-khas-kota-serang)

[tahuninilah-bakso-ikan-ulfa-khas-kota-serang](https://www.rctiplus.com/news/detail/travel/3865813/sudah-puluhan-tahuninilah-bakso-ikan-ulfa-khas-kota-serang)

Sveinsdottir, K., Hyldig, G., Martinsdottir, E., Jørgensen, B., & Kristbergsson, K.

(2003). Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Quality and Preference*, 14(3), 237–245.

[https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00081-2](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00081-2)

Zhang, Z., Sun, Y., Sang, S., Jia, L., & Ou, C. (2022). Emerging Approach for Fish Freshness Evaluation: Principle, Application and Challenges. *Foods*, 11(13),

1897. <https://doi.org/10.3390/foods11131897>