



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research  
Volume 5 Nomor 4 Tahun 2025 Page 10513-10527  
E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246  
Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

## Kualitas Ikan Asap Hasil Proses Smart Cold Smoking Berbasis IoT

I Komang Pande Andika Krishnadhana<sup>1✉</sup>, I Made Wira Suteja<sup>2</sup>, Muhamad Mirza Sugandi<sup>3</sup>,  
Agus Dharma<sup>4</sup>, I Gusti Agung Putu Raka Agung<sup>5</sup>  
Universitas Udayana  
Email: [komang.pande095@student.unud.ac.id](mailto:komang.pande095@student.unud.ac.id)<sup>1✉</sup>

### Abstrak

Pengasapan ikan tradisional sering menghadapi tantangan dalam menjaga kestabilan suhu dan ketebalan asap, sehingga memengaruhi kualitas produk. Capstone project ini mengembangkan sistem Smart Cold Smoking berbasis Internet of Things (IoT) dengan devkit ESP32 untuk mengontrol suhu dan asap secara otomatis. Sistem dilengkapi sensor DS18B20, MQ-135, RTC DS3231, kipas, servo, buzzer, dan LCD 16x2, serta terhubung ke platform ThingSpeak. Pengasapan dilakukan pada suhu 45–50°C selama 6 jam menggunakan campuran tempurung dan serabut kelapa. Hasil menunjukkan penurunan kadar air pada ikan kembung sebesar 29,24% dan tongkol 18,72%, serta nilai organoleptik mendekati skor 7. Sistem ini terbukti meningkatkan konsistensi mutu ikan asap dan efisiensi proses, serta cocok untuk usaha skala kecil hingga menengah.

Kata Kunci: *Pengasapan Dingin, IoT, Otomatisasi, Ikan Asap, ThingSpeak*

## Abstract

Traditional fish smoking methods often face challenges in maintaining stable temperature and smoke density, which affect product quality. This capstone project develops a Smart Cold Smoking system based on the Internet of Things (IoT), utilizing the ESP32 devkit for automatic control of temperature and smoke. The system integrates DS18B20 temperature sensor, MQ-135 smoke sensor, RTC DS3231, DC fan, servo motor, buzzer, and 16x2 LCD, all monitored via the ThingSpeak platform. Smoking is carried out at 45–50°C for 6 hours using a mixture of coconut shell and husk. Results showed moisture reduction of 29.24% in mackerel and 18.72% in skipjack, with organoleptic scores averaging close to 7. This system improves product consistency and efficiency, making it suitable for small to medium-scale fish smoking businesses.

*Keywords: Cold Smoking, IoT, Automation, Smoked Fish, ThingSpeak*

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki lebih dari 17.000 pulau dan berada di posisi geografis strategis antara Samudra Pasifik dan Hindia. Letak ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan potensi kelautan terbesar di dunia, khususnya dalam sektor perikanan. Potensi lestari sumber daya perikanan laut Indonesia diperkirakan mencapai 7,3 juta ton per tahun, namun pemanfaatannya baru sekitar 5,4 juta ton (Sihombing, 2017). Hal ini membuka peluang besar untuk optimalisasi pengolahan hasil tangkapan guna meningkatkan nilai tambah produk perikanan sekaligus mengurangi limbah sumber daya laut yang belum dimanfaatkan secara optimal. Menurut Fachrudin dan Hasan (2019), pengembangan teknologi pengolahan hasil perikanan menjadi kunci dalam mengangkat kesejahteraan masyarakat pesisir serta memperkuat daya saing produk perikanan Indonesia di pasar global.

Salah satu metode pengolahan tradisional yang masih digunakan secara luas di masyarakat pesisir adalah pengasapan ikan. Teknik ini telah dikenal selama berabad-abad sebagai metode pengawetan yang efektif dan mampu memberikan cita rasa khas pada produk. Namun, sistem pengasapan tradisional bersifat manual, sangat bergantung pada keahlian operator, dan sulit menjaga suhu maupun kepadatan asap tetap stabil selama proses berlangsung. Ketidakstabilan ini berdampak pada kualitas akhir produk, baik dari segi tekstur, aroma, maupun daya simpan (Swastawati, 2018; Litaay, 2022). Lebih jauh, menurut Nugroho et al. (2020), variabilitas kualitas produk akibat ketergantungan pada metode manual dapat menurunkan kepercayaan konsumen dan membatasi kemampuan pelaku usaha dalam mengakses pasar yang lebih luas.

Metode cold smoking menjadi alternatif yang menjanjikan karena dilakukan pada suhu rendah (di bawah 40°C), sehingga menjaga tekstur ikan tetap lembut serta meminimalkan risiko kerusakan zat gizi. Namun, metode ini membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan pengasapan panas, serta memerlukan pengawasan ketat selama proses berlangsung. Waktu pengasapan yang lama menjadi kendala dalam efisiensi produksi, terutama bagi pelaku usaha kecil yang memiliki keterbatasan sumber daya (Maharmi, 2021). Sejalan dengan itu, menurut Santoso dan Widodo (2022), penerapan cold smoking yang optimal memerlukan teknologi kontrol suhu dan asap yang presisi agar manfaat gizi dan kualitas rasa dapat maksimal tanpa mengorbankan produktivitas.

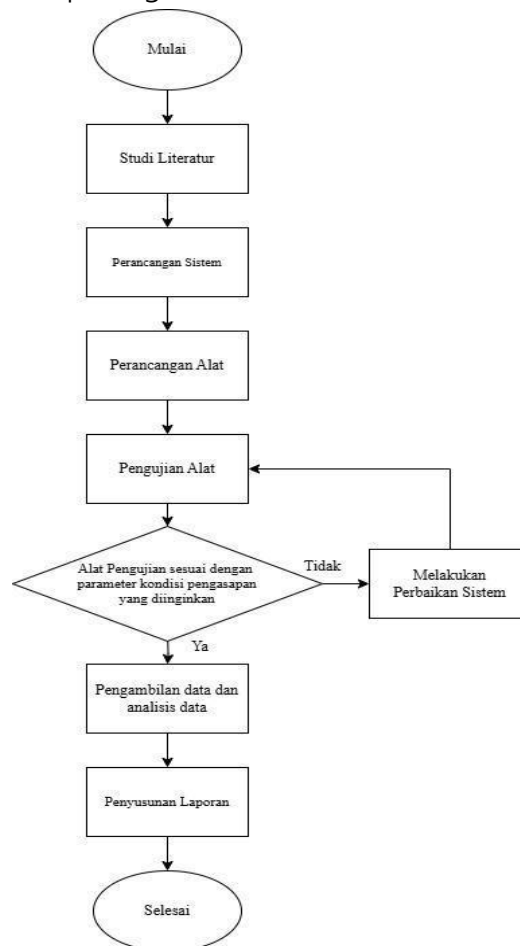
Perkembangan teknologi berbasis Internet of Things (IoT) menawarkan solusi terhadap tantangan tersebut. Mikrokontroler seperti ESP32 memungkinkan otomatisasi proses pengasapan dengan membaca data suhu dan asap secara real-time menggunakan sensor seperti DS18B20 dan MQ-135. Dengan tambahan RTC DS3231, LCD 16x2, kipas, dan motor servo, sistem dapat mengatur suhu, aliran udara, serta durasi pengasapan secara otomatis. Data pengasapan dikirim dan dipantau melalui platform ThingSpeak, memungkinkan pemantauan jarak jauh secara efisien dan akurat. Menurut Prasetyo et al. (2023), penerapan IoT dalam proses pengolahan pangan tradisional tidak hanya meningkatkan efisiensi dan kualitas produk, tetapi juga membuka peluang inovasi dalam manajemen produksi yang lebih responsif dan adaptif terhadap kebutuhan pasar.

Dengan sistem kendali otomatis ini, kualitas ikan asap dapat ditingkatkan secara signifikan melalui kontrol parameter yang stabil dan konsisten. Selain mengurangi ketergantungan pada keterampilan manual, sistem ini juga meningkatkan efisiensi bahan bakar dan waktu kerja. Oleh karena itu, sistem Smart Cold Smoking berbasis IoT sangat potensial untuk diterapkan pada industri pengasapan skala kecil hingga menengah, sebagai upaya peningkatan mutu dan keberlanjutan produksi ikan asap di Indonesia (Maharmi et al., 2021; Swastawati, 2018). Lebih jauh, menurut Setiawan dan Rahayu (2024), adopsi teknologi digital dalam pengolahan hasil perikanan tradisional merupakan langkah strategis yang tidak hanya mendukung peningkatan nilai tambah, tetapi juga memperkuat ketahanan pangan nasional dan mengurangi ketimpangan ekonomi di daerah pesisir.

## METODE PENELITIAN

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari - Juni 2025. Penelitian ini dibagi menjadi tiga identifikasi masalah, yaitu perencanaan, perancangan desain (*Hardware dan software*), dan uji hasil produk. Kegiatan ini dilakukan di Portofino, Jalan Danau Beratan II, Taman Griya Jimbaran, dan Lab. Digital dan Mikroprosesor Kampus Teknik Elektro Universitas Udayana. Diagram penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tahap Alur Kerja Rancangan Penelitian

Berikut penjelasan pada Gambar 1:

#### Langkah 1. Studi Literatur

Tahap awal pada pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai dengan mencari literatur yang berkaitan dengan penelitian ini berdasarkan sumber referensi yang ada pada buku, jurnal, skripsi, internet serta *data sheet* yang mendukung penelitian ini.

#### Langkah 2. Perancangan Sistem

Setelah melakukan studi literatur, tahap selanjutnya adalah perancangan sistem. Perancangan sistem bertujuan untuk mempermudah mengetahui dan memberi gambaran

bagaimana cara kerja sistem. Perancangan sistem dilakukan dengan cara membuat blok diagram hardware maupun secara keseluruhan dari sistem dan membuat flowchart untuk cara kerja sistem.

### Langkah 3. Perancangan Alat

Pada tahap perancangan alat sistem pengasapan dingin otomatis, beberapa langkah penting perlu dilakukan secara sistematis. Tahap awal adalah perancangan desain mekanik, yang mencakup pembuatan desain pada aplikasi Fusion 360, penentuan dimensi dan ukuran komponen, pemilihan material yang tepat. Desain ini meliputi elemen-elemen seperti ruang pengasapan, sistem ventilasi, rak ikan, smoke generator, saluran asap, dan sistem pendingin.

### Langkah 4. Pengujian Alat

Pengujian alat tersebut bertujuan untuk mengukur tingkat kesalahan sistem dari hasil pengukuran yang telah dilakukan. Jika pengujian sistem sudah memenuhi kebutuhan sesuai dengan parameter kondisi pengasapan yang dibutuhkan, maka langkah selanjutnya akan dilakukan pengambilan data. Pada tahap ini juga dilakukan kalibrasi yang bertujuan agar pembacaan sensor bisa akurat sehingga mendapat output yang diinginkan.

### Langkah 5. Pengambilan Data dan Analisis Data

Setelah melakukan tahap pengujian sistem pada alat, maka tahap selanjutnya yaitu pengambilan data. Tujuan pengambilan data ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas serta menganalisis hubungan antar variabel. Setelah data hasil pengujian sudah sesuai kebutuhan, maka tahap selanjutnya melakukan analisis serta pembahasan dari data yang sudah didapatkan.

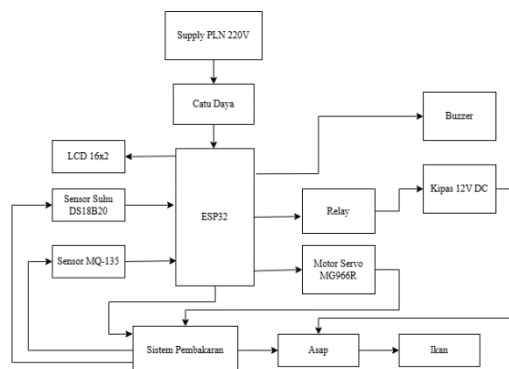
### Langkah 6. Penyusunan Laporan

Tahap ini merupakan langkah akhir dalam penelitian ini, di mana hasil pengumpulan dan analisis data akan disajikan dalam BAB IV yang berisi hasil dan pembahasan. Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan mengenai kinerja alat yang telah dikembangkan serta didasarkan pada data yang diperoleh. Pada tahap ini juga, diperlukan penyampaian saran untuk penelitian mendatang, dengan tujuan untuk mengatasi kekurangan-kekurangan pada sistem yang telah dibuat serta mendukung penyempurnaan sistem di masa depan.

## Gambaran Umum Sistem *Smart Cold Smoking*

Teknik pengasapan smart cold smoking dirancang untuk mempermudah proses pengasapan ikan secara otomatis dan higienis. Sistem ini terdiri dari tiga komponen utama: ruang pembakaran otomatis, ruang pengasapan, dan sistem kontrol berbasis ESP32. ESP32 mengatur sensor suhu DS18B20 dan sensor asap MQ-135. DS18B20 memantau suhu ruang pengasapan menggunakan protokol 1-Wire dan mengirim data ke ESP32 melalui pin ADC. Suhu ideal untuk cold smoking adalah 25–50°C selama enam jam. MQ-135 berfungsi mengukur kepadatan asap dan memastikan konsistensinya, dengan data dikirim ke platform ThingSpeak untuk pemantauan jarak jauh.

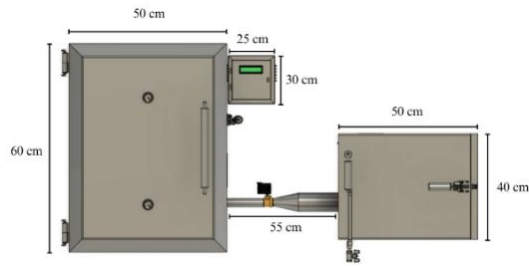
Sistem aktuator berupa motor servo mengontrol aliran asap berdasarkan suhu ruang pengasapan. Katup akan terbuka jika suhu di bawah 50°C dan tertutup jika melebihi batas tersebut, dikendalikan melalui sinyal dari ESP32 dan relay. Kipas 12V DC menjaga kestabilan aliran udara dan kelembapan. Fitur buzzer yang terhubung dengan RTC DS3231 berfungsi sebagai pengingat waktu pengasapan telah selesai. Meskipun data suhu ditampilkan di LCD, sistem ini juga dilengkapi monitoring berbasis IoT melalui ThingSpeak untuk akses data secara real-time dari jarak jauh. Diagram sistem ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Gambaran Umum Alat

## Perancangan Sistem Alat

Perancangan alat ini disesuaikan untuk skala rumah tangga dengan desain menyerupai pengasapan konvensional industri. Ruang pengasapan berukuran 60 × 50 × 40 cm menggunakan bahan plat stainless 201, terhubung dengan pipa asap dari ruang pembakaran. Panel kontrol berukuran 25 × 25 × 10 cm dipasang pada ruang pengasapan, berisi devkit ESP32, sensor, dan modul pengendali sistem. Pipa berbentuk L bow berdiameter 1½ inch dan panjang 50 cm menghubungkan ruang pembakaran (50 × 40 × 40 cm) ke ruang pengasapan, cukup untuk membakar tempurung dan serabut kelapa sebagai sumber asap.



Gambar 3. Desain Sistem Pembakaran Pada Smart Cold Smoking Tampak Depan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Ikan Kembung dan Tongkol Sebelum Diasapkan

Sebelum diasap, ikan harus dipilih yang segar dengan ciri mata jernih, sisik kuat, dan daging kenyal. Setelah itu, ikan dibersihkan dari isi perut dan insangnya, lalu dimarinasi menggunakan marinasi khas bumbu Bali dan didiamkan selama 8 – 24 jam sebelum proses pengasapan dimulai. Proses pengasapan ikan tidak hanya memberikan rasa yang khas tetapi juga membantu memperpanjang masa simpan ikan karena garam berfungsi sebagai agen pengawet alami karena dapat menurunkan aktivitas air (aw) dalam daging ikan. Dengan berkurangnya massa ikan, pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri pembusuk dan patogen menjadi terhambat. Hal ini memperpanjang umur simpan ikan asap.

Tabel 1. Bahan - Bahan Marinasi Ikan

Bahan	Jumlah
Garam kasar	50–60 gram
Gula aren/gula pasir	30–40 gram
Ketumbar bubuk	1 sendok teh
Kunyit bubuk	1 sendok teh
Bawang putih bubuk	1 sendok teh
Bawang merah bubuk	1/2 sendok teh
Lengkuas bubuk	1/2 sendok teh
Jahe bubuk	1/2 sendok teh
Serai bubuk	1/2 sendok teh
Lada hitam bubuk	1/2 sendok teh
Air jeruk limau	1 buah

Gambar 4 menunjukkan ikan kembung dan tongkol yang belum melalui proses pengasapan. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa ikan kembung dan tongkol masih dalam kondisi segar. Kedua jenis ikan ini telah dibersihkan dengan membuang isi perut dan insangnya. Persiapan ini bertujuan untuk memastikan ikan memiliki rasa yang lezat dan

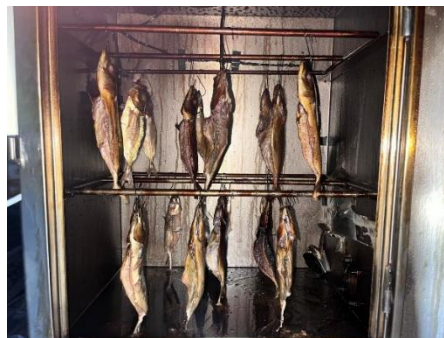
kualitas yang tinggi sebelum diasapkan



Gambar 4. Ikan Tongkol dan Kembung Sebelum Diasapkan

Ikan Kembung dan Tongkol Sesudah Diasapkan

Pengujian ini dilakukan selama 6 jam. Gambar 5 menunjukkan proses pengasapan dingin (cold smoking) ikan kembung dan tongkol di dalam sebuah ruang pengasapan berbahan stainless yang tertutup rapat. Ikan digantung secara vertikal menggunakan pengait logam dalam dua tingkat rak sebanyak 18 ekor, memungkinkan asap menyelimuti seluruh permukaan ikan secara efektif tanpa saling menindih. Asap masuk melalui lubang pipa yang terletak di sisi kanan bawah ruang, dengan suhu dijaga stabil pada rata-rata 50°C selama 6 jam dengan keadaan asap homogen menandakan paparan asap dan suhu yang lebih intens. Dinding ruang juga menunjukkan jejak kondensasi dan lelehan minyak, bukti bahwa proses dehidrasi berjalan aktif.



Gambar 5. Ikan Kembung dan Tongkol Setelah Diasapkan

Hasil Penyusutan Massa Ikan Asap

Gambar 6 menunjukkan sembilan ekor ikan tongkol dalam kondisi mentah sebelum melalui proses pengasapan. Masing-masing ikan ditimbang menggunakan timbangan digital, dengan total berat keseluruhan mencapai 584,5 gram. Ciri-ciri visual dari ikan pada gambar ini adalah warna kulit yang masih segar, mengkilap, dan belum mengalami perubahan warna atau tekstur akibat proses pengolahan.



Gambar 6. Berat Ikan Tongkol Sebelum Diasapkan

Setelah melalui proses pengasapan selama 6 jam, ikan tongkol mengalami perubahan fisik seperti warna yang lebih gelap dan tekstur yang lebih kering serta kaku. Berat ikan menurun dari sebelumnya menjadi 475,1 gram, atau berkurang sebesar 109,4 gram (18,72%). Penurunan ini disebabkan oleh penguapan air selama proses pengasapan, yang berperan penting dalam memperpanjang umur simpan serta meningkatkan cita rasa dan aroma khas ikan asap.



Gambar 7. Berat Ikan Tongkol Setelah Diasapkan

Gambar 8 menampilkan sembilan ekor ikan kembung sebelum proses pengasapan. Masing-masing ikan ditimbang satu per satu di atas timbangan digital, dengan berat bervariasi antara 57,8 gram hingga 100,1 gram. Total berat seluruh ikan dalam gambar adalah 707,8 gram. Ikan-ikan tersebut terlihat sedikit berwarna kuning akibat marinasi dan belum mengalami perubahan warna akibat proses pengolahan.



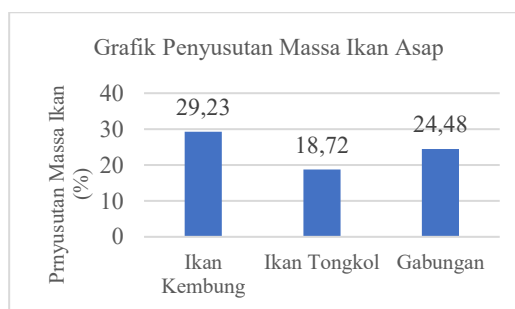
Gambar 8. Berat Ikan Kembung Sebelum Diasapkan

Gambar 9 memperlihatkan ikan-ikan yang sama setelah mengalami proses pengasapan. Warna ikan berubah menjadi kecokelatan dan tampak lebih kering. Proses pengasapan menyebabkan penyusutan ukuran dan penurunan berat secara signifikan.

Total berat ikan setelah diasapkan adalah 500,9 gram. Ini menunjukkan adanya penurunan berat sebesar 206,9 gram atau 29,24% dari berat awal, yang disebabkan oleh penguapan air selama proses pengasapan.



Gambar 9. Berat Ikan Kembung Setelah Diasapkan



Gambar 10. Grafik Penyusutan Massa Ikan Asap

Gambar 10 menunjukkan bahwa ikan kembung mengalami penyusutan massa tertinggi sebesar 29,23%, diikuti ikan tongkol sebesar 18,72%, dengan rata-rata gabungan 24,48%. Penyusutan lebih besar pada ikan kembung diduga karena perbedaan struktur daging dan kadar air awal. Semakin besar penyusutan, semakin rendah kadar air, yang membantu memperpanjang daya simpan. Ikan asap umumnya bertahan 2–3 hari di suhu ruang, namun bisa tahan lebih dari satu bulan jika disimpan dingin atau dibekukan, karena kadar air yang rendah menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Gizi, 2023). 20–30% membantu menekan aktivitas mikroorganisme pembusuk (Gizi, 2023). pengasapan hingga lebih dari satu bulan, karena penyusutan massa ikan mencapai kisaran 20–30% (Gizi, 2023).

#### Hasil Uji Organoleptik

Tabel 2. Identitas Sampel Uji Organoleptik

Jenis Ikan	Suhu	Durasi	Jumlah Sampel
Ikan Kembung dan Ikan Tongkol	27 – 50°C	6 jam	18 ikan

Identitas sampel pada Tabel 4.28 menjelaskan karakteristik dasar produk yang diuji

agar panelis memahami jenis bahan dan perlakuan yang diberikan. Sampel terdiri dari ikan kembung dan tongkol, yang memiliki perbedaan ukuran, ketebalan daging, serta kandungan lemak dan air yang memengaruhi hasil pengasapan. Proses dilakukan pada suhu rata-rata 50°C selama 6 jam, dengan perlakuan awal berupa penggaraman (dry rub atau perendaman garam) dan penambahan rempah khas Bali untuk meningkatkan rasa, tekstur, dan daya awet.

Tabel 3. Kriteria Penilaian

Skor	Penilaian
9	Sangat suka
8	Suka
7	Agak suka
6	Netral
5	Agak tidak suka
4	Tidak suka
3	Sangat tidak suka
2	Menjijikkan
1	Tidak dapat diterima

Penilaian organoleptik ikan asap menggunakan skala hedonik 1–9 untuk mengukur tingkat kesukaan panelis terhadap lima aspek sensori: warna, tekstur, aroma, penampilan visual, dan rasa. Warna menunjukkan kematangan, tekstur mencakup kelembutan dan kekeringan, aroma menilai kekuatan bau asap, penampilan visual mengamati kerusakan fisik, dan rasa mencerminkan keseimbangan antara asin, asap, dan daging. Nilai 9 berarti sangat disukai, sedangkan 1 sangat tidak disukai. Hasil penilaian subjektif panelis dirata-rata untuk menentukan mutu sensori antar sampel.

a. Penilaian Ikan Kembung

Panelis	Total Nilai dari Lima Aspek	Rata-rata
1	34	6.8
2	35	7.0
3	33	6.6
4	34	6.8
5	36	7.2

6	35	7.0
7	32	6.4
8	35	7.0
9	34	6.8

b. Penilaian Ikan Tongkol

Panelis	Total Nilai dari Lima Aspek	Rata-rata
1	37	7.4
2	36	7.2
3	34	6.8
4	36	7.2
5	35	7.0
6	36	7.2
7	32	6.4
8	35	7.0
9	36	7.2

Berdasarkan hasil uji organoleptik terhadap dua jenis ikan asap, yaitu ikan kembung dan ikan tongkol, dapat disimpulkan bahwa kedua produk memiliki tingkat penerimaan yang baik oleh panelis, dengan rata-rata skor mendekati angka 7 pada skala hedonik. Ikan tongkol cenderung mendapatkan nilai sedikit lebih tinggi, terutama pada aspek tekstur dan penampilan visual, yang menunjukkan bahwa ikan ini memberikan kesan lebih menarik dan konsisten dalam hal kekenyalan serta tampilan luar setelah proses pengasapan. Sementara itu, ikan kembung juga menunjukkan mutu sensori yang baik, meskipun pada beberapa panelis terasa sedikit kurang optimal dalam hal tekstur dan warna akibat ukuran tubuh yang lebih besar dan daging yang lebih tebal.

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah diuraikan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem Smart Cold Smoking berbasis IoT berhasil dikembangkan dan mampu mengontrol suhu serta kepadatan asap secara otomatis dan stabil menggunakan ESP32, sensor suhu DS18B20, dan sensor asap MQ-135. Sistem ini terbukti efektif dalam mendukung proses pengasapan yang lebih konsisten dan efisien.

2. Proses pengasapan dingin selama 6 jam pada suhu rata-rata 50°C menghasilkan penyusutan massa signifikan, yaitu 29,24% untuk ikan kembung dan 18,72% untuk ikan tongkol. Penyusutan ini berperan dalam menurunkan kadar air, sehingga memperpanjang daya simpan dan meningkatkan cita rasa ikan asap.
3. Hasil uji organoleptik menunjukkan mutu sensori yang baik, dengan rata-rata skor mendekati angka 7 pada skala hedonik. Ikan tongkol memperoleh nilai sedikit lebih tinggi dibandingkan ikan kembung, terutama pada aspek tekstur dan penampilan visual, menandakan bahwa sistem mampu menghasilkan produk ikan asap yang disukai panelis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aly, M. B. I., Ermin, & Koroy, M. (2022). Pengaruh lama waktu pengasapan terhadap kualitas ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dan ikan tuna tongkol (*Euthinus affinis*) berdasarkan hasil uji organoleptik di Kota Ternate. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(21), 490–507. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7302261>
- Arduino. (2024). *Arduino Uno Rev3. Arduino*. <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoUno>
- Arsyad, A. (2011). *Media pembelajaran*. PT Rajagrafindo Persada.
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *Spesifikasi ikan asap* (SNI 2725.1:2009). BSN.
- Darmawan, A., & Nugroho, D. B. (2022). Optimalisasi produksi ikan lele asap dengan otomatisasi Atmega 8. *Sainstech: Jurnal Penelitian dan Pengkajian Sains dan Teknologi*, 31(2), 52–55. <https://doi.org/10.37277/stch.v31i2.1157>
- Dwi Saputra, R. (2022). Prototype sistem pengaturan kecepatan kipas DC otomatis menggunakan sensor PIR, sensor ultrasonik, sensor DHT11 berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan NodeMCU. *Electrician*, 16(1), 45–55. <https://doi.org/10.23960/elc.v16n1.2208>
- Fachrudin, M., & Hasan, A. (2019). Pengembangan teknologi pengolahan hasil perikanan untuk pemberdayaan masyarakat pesisir. *Jurnal Teknologi Perikanan*, 14(2), 120–130.
- Faridha, M., & Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al-Bajari, U. (n.d.). Rancang bangun mesin pengasapan ikan otomatis berbasis Arduino.
- Genta Subni Ananda Putra, Ariza Nabila, & Ali Basrah Pulungan. (n.d.). Power supply variabel berbasis Arduino. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*.

- Gizi, A. (2023). Cold smoking dan hot smoking pada pengasapan. <https://gizifpok.upi.edu/2023/10/10/cold-smoking-vs-hot-smoking-pada-pengasapan/>
- Hakim Dian, T., & Ramadhan, D. (2019). Optimalisasi trafik voice dan noneB dengan migrasi media transmisi radio microwave menjadi fiber optik. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 9(3), 90–97.
- Ibadillah, A. F., & Alfita, R. (2021). *Mikrokontroler dan aplikasinya*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Ihsan Rifky. (2021). Mikrokontroler ESP32. Universitas Raharja. <https://raharja.ac.id/2021/11/16/mikrokontroler-esp32-2/>
- Jayanti, T. (2019). Rancang bangun prototipe alat pengasapan dingin (cold smoking) produk ikan asap dengan sirkulasi tertutup menggunakan sistem monitoring suhu dan konsentrasi (Skripsi). Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Koestoer, R. A. (2002). *Perpindahan kalor untuk mahasiswa teknik*. Salemba Teknika.
- Litaay, D. C. (2022). Pengaruh perbedaan suhu dan lama pengasapan terhadap kadar air, lemak dan garam ikan nila (*Oreochromis niloticus*) asap. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(2), 179–190. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v14i2.39941>
- Maharmi, M. (2021). Analisis efisiensi produksi pada metode cold smoking di industri perikanan skala kecil. *Jurnal Agritech*, 9(1), 45–53.
- Nugroho, A., Santoso, D., & Putra, R. (2020). Variabilitas kualitas produk ikan asap dan dampaknya terhadap kepercayaan konsumen. *Jurnal Teknologi Pangan*, 15(3), 202–210.
- Prasetyo, B., Wibowo, H., & Rahman, F. (2023). Implementasi Internet of Things (IoT) dalam pengolahan pangan tradisional untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 12(4), 300–310.
- Santoso, E., & Widodo, T. (2022). Optimasi proses cold smoking pada produk ikan asap dengan kontrol suhu digital. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 11(1), 85–95.
- Setiawan, R., & Rahayu, S. (2024). Peran teknologi digital dalam mendukung ketahanan pangan dan pemberdayaan ekonomi daerah pesisir. *Jurnal Kebijakan Publik dan Pembangunan*, 8(2), 110–122.
- Swastawati, R. (2018). Studi kualitas ikan asap pada sistem pengasapan tradisional di daerah pesisir. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(3), 165–173.
- Widjaja, S., & Yuga, M. (2020). Resource-based theory dalam meningkatkan keunggulan kompetitif perusahaan perikanan. *Jurnal Manajemen Sumber Daya*, 7(2), 90–98.

- Walujodjati, A. (2006). Perpindahan panas konveksi paksa. *Jurnal Ilmiah MOMENTUM*, 2(2), 21–24.
- Umurani, K., Nasution, A. R., & Irwansyah, D. (2021). Perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan rusuk V 90 derajat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 37–46.  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>