Artikel ini terdapat di http://journal.uim.ac.id/index.php/darmabakti

DARMABAKTI

Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat

Penerapan Sistem Kendali Suhu Otomatis dan Monitoring IoT pada Mesin Pengering Ikan Teri untuk Nelayan Pesisir Camplong, Sampang

A. Labib Fardany Faisal[1,*], Muhammad Furqon[1], Achmad Afandi[1], M. Sohibul Hajah[1], Ibrahim Saiful millah[1], Mohammad Nur[1], Aries Alfian Prasetyo[1], Ahmad Mustofa[1], Nurir Rohmah[1], Akhmad Arif Kurdianto[1], Bayu Praharsena[1], Norma Mahmudah[1], Helmy Sahirul Alim[1]

[1] *Jurusan Teknologi Elektro, Politeknik Negeri Madura, Sampang, Indonesia*

Alamat e-mail: a.labib@poltera.ac.id, furqon_muhammad@poltera.ac.id, afandi@poltera.ac.id, hajahsohibul75@poltera.ac.id, ibrahim.saiful@poltera.ac.id, mnur@poltera.ac.id, aries@poltera.ac.id, mustofaahmad@poltera.ac.id, aak@poltera.ac.id, bayu@poltera.ac.id, norma.mahmudah@poltera.ac.id, helmy@poltera.ac.id.

Informasi Artikel

Kata Kunci :
Ikan teri
Sistem kendali suhu
Internet of Things
Pengering LPG
Pengabdian masyarakat

Keyword :
Anchovy
Temperature control
Internet of Things
LPG dryer
Community service

Abstrak

Pengeringan ikan teri secara tradisional di Desa Dharma Camplong, Sampang, sangat bergantung pada cuaca sehingga mutu dan harga jual tidak stabil. Kegiatan pengabdian ini menerapkan sistem kendali suhu otomatis dan monitoring berbasis Internet of Things (IoT) pada mesin pengering ikan teri berbahan bakar LPG berkapasitas 20 kg bagi mitra UD Sutardjo. Metode meliputi survei, integrasi panel kendali, perancangan modul termokopel dengan komunikasi seluler 4G, pelatihan operator, serah terima pada 13 Februari 2026, dan analisis log suhu dari 12 hari pengujian kualitas sebelum serah terima (1.780 sampel per menit). Pada fase kendali, suhu rata-rata menyimpang paling jauh 0,5 °C dari titik setel 78–100 °C dengan simpangan baku 1,8–2,3 °C, dan 93,9% sampel berada dalam pita histeresis. Burner menyala 24,9% waktu dalam siklus rata-rata 8,3 menit. Pada uji muatan 4,5 kg, efisiensi termal diperkirakan 6,3%.

Abstract

Traditional anchovy drying in Dharma Camplong Village, Sampang, depends heavily on the weather, so product quality and selling prices are unstable. This community service program applied an automatic temperature control system and Internet of Things (IoT) monitoring to a 20-kg LPG-fired anchovy dryer for the partner UD Sutardjo. The methods included surveys, control panel integration, a thermocouple module with 4G cellular communication, operator training, handover on 13 February 2026, and analysis of temperature logs from 12 days of quality testing before handover (1,780 one-minute samples). In the control phase, the mean temperature deviated by at most 0.5 °C from setpoints of 78–100 °C with a standard deviation of 1.8–2.3 °C, and 93.9% of samples stayed within the hysteresis band. The burner was on for 24.9% of the time in cycles averaging 8.3 minutes. At the 4.5-kg test load, thermal efficiency was estimated at 6.3%.

https://doi.org/10.31102/darmabakti.2026.7.02.457–470
Received 20 September 2026; Received in revised form 30 Oktober 2026; Accepted 06 November 2026
Available online 26 November 2026
© 2026 Published by Darmabakti

1. Pendahuluan

Kecamatan Camplong, Kabupaten Sampang, merupakan wilayah pesisir seluas sekitar 69,94 km^2 (5,67% luas kabupaten) yang terdiri atas 14 desa dan 76 dusun dengan 24.295 kepala keluarga, dan ditetapkan sebagai Pusat Pelayanan Kawasan dalam tata ruang Kabupaten Sampang (Rohmadiani & Iswanuddin, 2023). Mayoritas penduduknya bekerja sebagai nelayan, dan ikan teri termasuk komoditas utama yang diolah menjadi produk kering (Hadiwijaya dkk., 2026). Mitra kegiatan ini adalah UD Sutardjo di Desa Dharma Camplong, yang mengolah udang dan ikan teri bersama kelompok usaha beranggotakan 12 orang.

Pengeringan yang dilakukan mitra masih bersifat tradisional, yaitu menjemur ikan di atas anyaman bambu di bawah sinar matahari. Proses ini memerlukan 1–2 hari pada cuaca cerah dan dapat melampaui tiga hari saat mendung atau hujan. Menurut penuturan mitra pada tahap survei, harga ikan teri yang normalnya Rp20.000 per kilogram dapat turun menjadi sekitar Rp4.000 per kilogram (turun 80%) ketika pengeringan tidak optimal, dan tim memperkirakan potensi kehilangan pendapatan hingga 80% selama musim hujan. Tingkat kekeringan ditentukan hanya dengan pengamatan visual tanpa alat ukur suhu maupun kelembapan, sehingga mutu antarbatch tidak seragam dan sulit memenuhi standar pasar modern. Penjemuran terbuka juga memberi peluang kontaminasi oleh debu, serangga, dan hewan. Ikan kering merupakan komoditas penting bagi pangan dan penghidupan masyarakat pesisir di banyak negara, tetapi mutunya sangat ditentukan oleh metode dan kondisi pengeringan (Belton dkk., 2022; Fitri dkk., 2022).

Pengendalian suhu terbukti berpengaruh pada mutu ikan kering. Ye dkk. (2025) melaporkan bahwa pengeringan teri dua tahap (40 °C kemudian 60 °C) dengan titik peralihan pada kadar air 55% menghasilkan rasio rehidrasi tertinggi, nilai TBA dan TVBN terendah, serta tekstur yang lebih baik, sekaligus memangkas waktu pengeringan hingga 33% dibandingkan pengeringan bersuhu tetap. Temuan ini menunjukkan bahwa pengeringan yang presisi bukan sekadar soal panas, melainkan soal profil suhu yang dapat dikendalikan dan dicatat.

Dari sisi elektronika dan otomasi, berbagai pengering berbasis IoT telah dikembangkan. Miano dkk. (2023) membangun pengering surya langsung dengan pencatat data berbasis web dan notifikasi SMS untuk ikan sarden. Rezeki dkk. (2024) memakai NodeMCU ESP8266, sensor DHT22, relai untuk pemanas dan kipas, serta aplikasi Blynk dengan alarm di atas 60 °C pada pengering ikan asin. Hasan dkk. (2025) melaporkan pengering surya ikan ber-IoT yang mencapai susut kelembapan 85% dibandingkan 67% pada penjemuran terbuka selama 22 jam, sedangkan Sharma dkk. (2025) menstabilkan ruang pengering surya tidak langsung pada 45 °C dengan kipas berpengendali PWM dan pemantauan awan. Pada tungku berpengendali PID, Gul dkk. (2026) menjaga simpangan suhu ruang dalam ±2 °C dari titik setel. Untuk pengering udara panas berbahan bakar LPG yang tidak bergantung pada cuaca, Sirimark dkk. (2023) membandingkan efisiensinya dengan pengering listrik. Adapun untuk lokasi yang tidak dapat bertumpu pada jaringan lokal milik pengguna, Garrido-López dkk. (2024) menunjukkan datalogger ESP32 bermodem seluler yang menyimpan data di memori lokal dan mengirimnya secara langsung dengan kebutuhan data sekitar 245 KB per bulan.

Dari literatur yang kami telusuri, sebagian besar sistem tersebut berupa prototipe laboratorium, berbasis Wi-Fi, atau berbasis energi surya. Laporan penerapan pada

pengering LPG milik usaha pengolah ikan skala kecil di komunitas pesisir, lengkap dengan alih pengetahuan kepada operator, masih jarang ditemukan. Kegiatan ini merupakan bagian dari program pengabdian lintas jurusan Politeknik Negeri Madura. Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri (JRMI) menangani ruang pengering berkapasitas 20 kg serta aspek mekanik-termalnya, yang dilaporkan terpisah (Hadiwijaya dkk., 2026). Artikel ini melaporkan kontribusi Jurusan Teknologi Elektro (JTE), yaitu sistem kendali suhu dan waktu pada unit pemanas LPG, pengapian otomatis, monitoring IoT, serta alih pengetahuan pengoperasian dan keselamatan kepada mitra. Tujuan kegiatan adalah:

a. mengintegrasikan dan menerapkan sistem kendali suhu, pewaktu, dan pengapian otomatis pada mesin pengering ikan teri berbahan bakar LPG berkapasitas 20 kg,
b. merancang dan menerapkan modul monitoring berbasis IoT dengan komunikasi seluler 4G untuk merekam suhu ruang dan status burner,
c. mengevaluasi kinerja kendali suhu dan siklus burner pada pengujian kualitas, serta konsumsi energi dan biaya operasional alat berdasarkan log IoT dan uji fungsi, dan
d. meningkatkan kemampuan operator mitra dalam mengoperasikan panel kendali serta menerapkan keselamatan LPG dan kelistrikan.

Manfaat yang diharapkan adalah produksi ikan teri kering yang tidak lagi ditentukan cuaca, mutu yang lebih seragam, serta tersedianya dasar data teknis untuk perbaikan alat pada tahap berikutnya.

2. Metode Pengabdian

Kegiatan dirancang sebagai penerapan teknologi tepat guna yang partisipatif, dengan pendekatan rekayasa dan alih pengetahuan kepada mitra.

2.1. Lokasi, waktu, dan peserta kegiatan

Kegiatan berlangsung pada Juli 2025–Februari 2026 di Desa Dharma Camplong, Kecamatan Camplong, Kabupaten Sampang, bersama UD Sutardjo (penanggung jawab: Suryansyah) dan kelompok usaha beranggotakan 12 orang. Pelaksana adalah dosen dan tenaga kependidikan JTE dengan lima mahasiswa, berkolaborasi dengan tim JRMI. Serah terima pada 13 Februari 2026 didokumentasikan dalam Berita Acara Nomor 0222/DST/PL34/AL.04/2026.

2.2. Bahan dan alat yang digunakan

Komponen sistem elektronika dan otomasi diringkas pada Tabel 1. Ruang pengering 20 kg dibuat oleh JRMI (rangka besi hollow 4×6 cm, rak kawat mesh stainless). Uji fungsi memakai ikan teri basah, timbangan analog, dan pencatatan waktu manual. Suhu ruang dan status burner direkam oleh modul IoT.

Tabel 1. Komponen sistem elektronika dan otomasi beserta status implementasi

No	Komponen	Fungsi / spesifikasi	Status
1	Unit pemanas LPG	Blower ganda 220 VAC, burner bertekanan tinggi, pemantik otomatis	Terpasang
2	Panel kendali	Sakelar daya, thermocontrol, timer	Terpasang
3	Tabung LPG 3 kg	Bahan bakar burner	Terpasang
4	Termokopel tipe K + AD8495	Pengukuran suhu ruang pengering	Beroperasi
5	LilyGO T-SIM7600G	ESP32 dengan modem 4G, log lokal, dan pengiriman data	Beroperasi
6	Server VPS	Basis data dan dasbor monitoring	Beroperasi

2.3. Tahapan metode

Tahapan meliputi survei dan sosialisasi, pemilihan unit pemanas, integrasi dan pemrograman, uji fungsi, pengujian kualitas dengan monitoring IoT, pelatihan, serah terima, serta monitoring dan evaluasi. Survei berupa kunjungan lapangan, observasi, dan diskusi kelompok terfokus.

Karena tim JTE belum berpengalaman meneliti pengering hasil perikanan, sementara mitra memerlukan kinerja andal dan hemat energi, dipilih unit pemanas LPG komersial yang telah terbukti (kajian pasar 31 Juli 2025 dan pengadaan 7–9 Agustus 2025). Unit dipelajari dengan pendekatan reverse engineering untuk mendokumentasikan komponen dan rangkaian kelistrikannya. Kontribusi JTE terbatas pada panel kendali, pengapian otomatis, sensor, dan monitoring. Rancang ulang unit pemanas tidak diklaim.

Integrasi dan pemrograman berlangsung sampai 20 Agustus 2025 dengan sasaran pengapian, pengendalian suhu, dan pewaktu berfungsi baik. Pada tahap ini dikembangkan prototipe modul monitoring (termokopel tipe K, penguat AD8495, dan LilyGO T-SIM7600G). Uji fungsi dilakukan pada 12 Oktober 2025 dengan 4,5 kg ikan teri basah pada titik setel 100 °C. Pengujian kualitas dilakukan pada 12 hari antara 5 Januari dan 10 Februari 2026, sebelum alat diserahkan kepada mitra pada 13 Februari 2026, dengan merekam suhu dan status burner melalui modul IoT.

Pelatihan memakai ceramah, demonstrasi, dan praktik langsung (prinsip pengeringan, pengoperasian panel, keselamatan LPG dan kelistrikan, perawatan). Alat diserahkan pada 13 Februari 2026 dan kegiatan diliput media massa (Hendriyanto, 2026).

2.4. Pengambilan data monitoring IoT

Modul IoT merekam suhu ruang pengering (resolusi 0,1 °C) dan status burner (nyala atau mati) setiap 1 menit selama alat hidup, beserta titik setel dan histeresis hari itu, lalu mengirimnya melalui jaringan 4G ke dasbor (iot.poltera.ac.id/dryer.html). Seluruh 12 hari pengujian kualitas pada 5 Januari–10 Februari 2026, sebelum serah terima, dianalisis (1.780 sampel, 29,7 jam alat hidup). Log dibagi menjadi fase pemanasan awal, yaitu hingga suhu pertama kali mencapai titik setel dikurangi histeresis, dan fase kendali sesudahnya. Pada fase kendali dihitung bias suhu, simpangan baku, galat absolut rata-rata, persentase sampel dalam pita histeresis, rasio waktu burner menyala, serta jumlah dan periode siklus penyalaan. Konsumsi LPG tidak terekam sehingga diestimasi dengan dua skenario laju alir (Bagian 3.5).

2.5. Tahapan metode

Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif (statistik log IoT, susut massa, laju pengeringan, konsumsi energi, dan biaya energi per siklus). Data uji massa dan energi diambil dari laporan pengujian pada artikel pendamping (Hadiwijaya dkk., 2026). Besaran turunan dihitung penulis dengan asumsi seluruh kehilangan massa berupa air, nilai kalor bawah LPG 46 MJ/kg (sensitivitas 44–47 MJ/kg), dan kalor laten penguapan 2,26 MJ/kg.

2.6. Rumus atau perhitungan yang dipakai

$$\text{Susut massa (\%)} = (m_0 - m_t) / m_0 \times 100 \quad (1)$$

$$m_{air} = m_0 - m_t \quad (2)$$

$$\text{Laju pengeringan rata-rata, } R = m_{air} / t \quad (3)$$

$$E_{total} = m_{LPG} \times LHV + P \times t \quad (4)$$

$$SEC = E_{total} / m_{air} \quad (5)$$

$$\eta = (m_{air} \times h_{fg}) / E_{total} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan: m_0 dan m_t massa awal dan pada waktu t (kg), m_{air} massa air teruapkan (kg), m_{LPG} massa LPG (kg), LHV nilai kalor bawah (MJ/kg), P daya listrik (kW), SEC konsumsi energi spesifik (MJ/kg air), h_{fg} kalor laten penguapan (MJ/kg), dan η efisiensi termal.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pelaksanaan kegiatan (sosialisasi dan pemetaan kebutuhan)

Survei dan diskusi menghasilkan empat persoalan mitra yang dapat dijawab dengan pendekatan elektronika dan otomasi: produksi yang bergantung cuaca, mutu tidak seragam karena tidak ada pengukuran, kebersihan yang rendah pada pengeringan terbuka, dan tidak adanya otomatisasi yang mengendalikan suhu, aliran udara, dan waktu sehingga beban kerja manual tinggi. Pemetaan persoalan tersebut terhadap respons teknis dan indikator keberhasilannya ditunjukkan pada Tabel 2. Kondisi harga yang jatuh dari Rp20.000 menjadi sekitar Rp4.000 per kilogram saat cuaca buruk menegaskan bahwa penyebab utama kerugian mitra adalah ketidakpastian proses, bukan kelangkaan bahan baku, sehingga solusi yang dipilih berfokus pada proses yang terkendali dan terukur.

Tabel 2. Permasalahan mitra, respons elektronika/otomasi, dan indikator keberhasilan

Permasalahan mitra	Respons elektronika dan otomasi	Indikator
Ketergantungan pada cuaca	Pengering tertutup berpemanas LPG dengan blower ganda dan pengapian otomatis	Durasi siklus (jam) dan jumlah batch per periode
Mutu tidak seragam, tanpa pengukuran	Pengatur suhu (thermocontrol), pewaktu, dan sensor termokopel	Kestabilan suhu terhadap titik setel dan susut massa
Kebersihan rendah pada pengeringan terbuka	Ruang tertutup dengan aliran udara paksa	Mutu organoleptik dan kebersihan (perlu diukur)
Beban kerja manual	Sakelar daya, timer, dan pengapian otomatis, serta log dan dasbor monitoring	Waktu operator per siklus dan jumlah intervensi

3.2 Pelaksanaan kegiatan (pelatihan operator)

Pelatihan dirancang agar operator memahami hubungan antara pengaturan panel dan perilaku alat. Operator dilatih menyalakan sistem melalui sakelar daya, menetapkan suhu kerja pada thermocontrol, menetapkan durasi pada timer, dan memastikan pemantik otomatis menyalakan burner. Materi keselamatan mencakup pemeriksaan sambungan regulator dan selang LPG, larangan menyalakan burner saat tercium gas, ventilasi ruang, serta menjaga panel dan kabel dari air. Perawatan rutin meliputi pembersihan blower dan rak serta pemeriksaan kabel dan sambungan. Hasil observasi pada pelatihan praktik langsung menunjukkan sebagian besar peserta mampu mengoperasikan alat secara mandiri, dan pemahaman mitra tentang pentingnya kontrol suhu dan higienitas meningkat (Hadiwijaya dkk., 2026). Pengukuran kuantitatif berupa pre-test dan post-test belum dilakukan sehingga peningkatan kemampuan belum dapat dinyatakan dalam angka. Hal ini menjadi catatan perbaikan untuk kegiatan berikutnya.

Kegiatan diakhiri dengan serah terima alat pada 13 Februari 2026 yang ditandai penandatanganan berita acara oleh tim pelaksana dan mitra (Gambar 1). Pada sesi praktik, mitra dan nelayan mencoba menata ikan teri di atas rak kawat mesh pengering (Gambar 2).



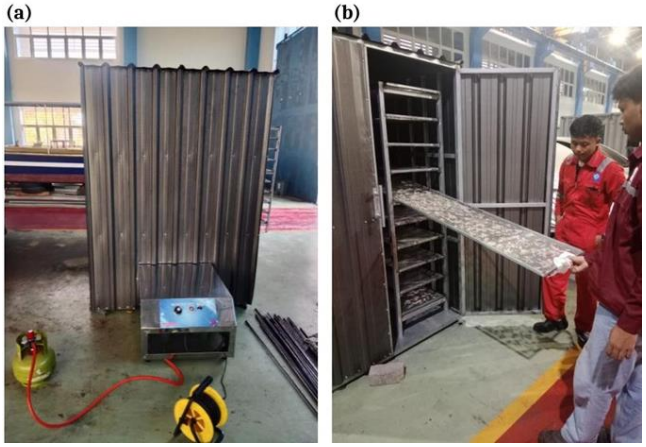
Gambar 1. Penandatanganan berita acara serah terima alat pengering ikan teri pada 13 Februari 2026



Gambar 2. Praktik penataan ikan teri pada rak pengering oleh mitra dan nelayan saat kegiatan serah terima

3.3 Pelaksanaan kegiatan (penerapan teknologi)

Konfigurasi peralatan di lokasi ditunjukkan pada Gambar 3. Unit pemanas diletakkan di luar ruang pengering dan menyalurkan udara panas ke dalam ruang berisi rak bertingkat, sementara tabung LPG 3 kg dihubungkan melalui regulator dan selang bertekanan. Sistem kendali unit pemanas bekerja dengan logika termostatik: pada saat sakelar daya diaktifkan dan pewaktu ditetapkan, pemantik otomatis menyalakan burner, blower mengalirkan udara panas, dan burner dimatikan serta dinyalakan kembali oleh pengatur suhu untuk menahan suhu ruang di sekitar titik setel (kendali ON/OFF dengan histeresis). Ketika pewaktu habis, pemanasan dihentikan. Panel kendali yang dioperasikan mitra hanya memuat tiga elemen, yaitu sakelar daya, thermocontrol, dan timer (Gambar 4a), sehingga antarmukanya sederhana dan sesuai dengan prinsip teknologi tepat guna.

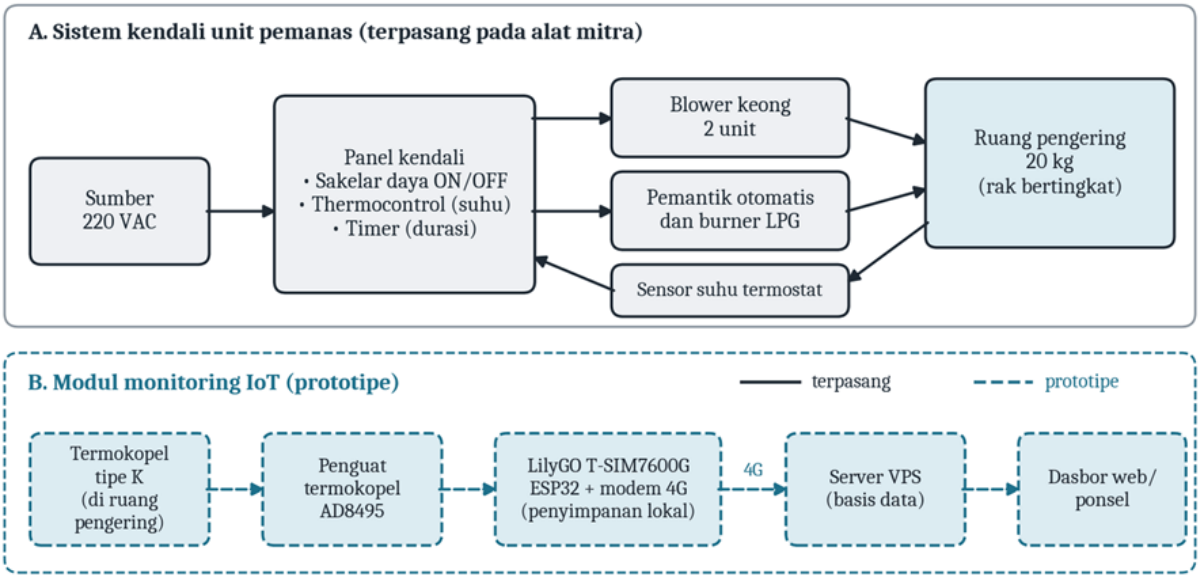


Gambar 3. Konfigurasi alat: (a) ruang pengering, unit pemanas, dan tabung LPG, (b) pemuatan rak bertingkat

Sistem monitoring dirancang sebagai lapisan tambahan yang tidak mengganggu operasi mitra (Gambar 5, bagian B). Termokopel tipe K dan penguat AD8495 membaca suhu ruang. LilyGO T-SIM7600G (Gambar 4b) mengakuisisi sinyal, menyimpan log secara lokal, dan mengirimkannya melalui jaringan 4G ke server VPS untuk ditampilkan pada dasbor (Gambar 6). Komunikasi seluler dipilih agar sistem tidak menuntut infrastruktur jaringan milik mitra, dan penyimpanan lokal menjaga data tetap aman saat sinyal hilang, mengikuti pendekatan yang dilaporkan Garrido-López dkk. (2024). Dasbor menampilkan suhu rata-rata, titik setel beserta histeresis, jumlah dan durasi burner menyala, total waktu alat hidup, grafik suhu dan status burner, serta log per menit untuk setiap hari pengujian. Struktur data yang direkam dirangkum pada Tabel 3. Dengan interval 1 menit dan ukuran sampel sekitar 64 byte (asumsi rancangan), satu siklus 4 jam menghasilkan sekitar 15 KB sehingga paket data seluler minimum sudah memadai.



Gambar 4. (a) Panel kendali unit pemanas, (b) modul LilyGO T-SIM7600G untuk komunikasi seluler



Gambar 5. Arsitektur sistem kendali unit pemanas (A) dan prototipe monitoring IoT (B)



Gambar 6. Tampilan dasbor monitoring IoT (data 10 Februari 2026)

Tabel 3. Struktur data log monitoring IoT dan indikator turunannya

Parameter	Sumber	Interval	Indikator turunan
Suhu ruang pengering	Termokopel tipe K + AD8495	1 menit	Suhu rata-rata, maksimum, simpangan terhadap titik setel
Status burner (nyala/mati)	Kontak relai pemantik/burner	1 menit	Rasio waktu nyala, jumlah penyalaan, periode siklus
Titik setel dan histeresis	Pengaturan thermocontrol	Per hari	Pita histeresis, bias dan galat terhadap titik setel
Waktu dan sesi alat hidup	Jam waktu-nyata modul	Per sesi	Total waktu alat hidup, jumlah sesi, waktu pemanasan awal

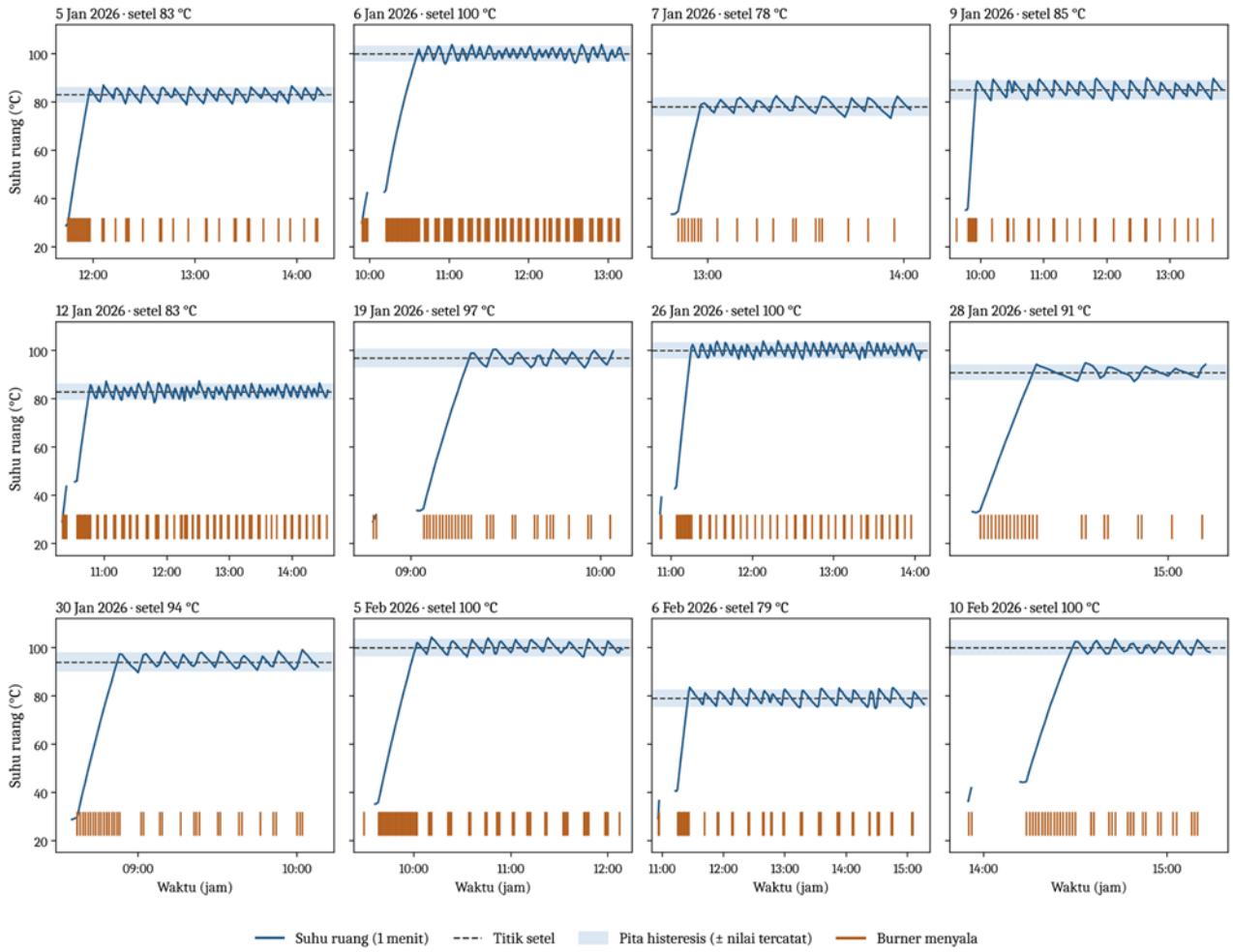
3.4 Hasil pengujian kualitas dengan monitoring IoT

Pengambilan data 12 hari pada 5 Januari–10 Februari 2026 (Tabel 4 dan Gambar 7) merupakan pengujian kualitas alat oleh tim pelaksana sebelum alat diserahkan kepada mitra pada 13 Februari 2026, sehingga data menggambarkan kinerja alat pada kondisi uji, bukan pemakaian mandiri mitra. Pengujian dilakukan pada 12 dari 37 hari kalender (32%) dengan durasi alat hidup 63–248 menit per hari (median 154 menit) dan total 29,7 jam. Titik setel yang diuji bervariasi pada 78–100 °C, dan titik setel 100 °C dipakai pada empat hari. Delapan hari diawali sesi pendek 1–5 menit, lalu alat dihidupkan ulang setelah jeda 7–16 menit. Penyebabnya tidak tercatat pada log dan perlu dikonfirmasi kepada tim penguji.

Tabel 4. Ringkasan 12 hari pengujian kualitas berdasarkan log monitoring IoT (5 Januari–10 Februari 2026)

Tanggal	Sesi	Durasi (menit)	Setel (°C)	Pemanasan awal (menit)	Rata-rata (°C)	Bias (°C)	SD (°C)	Burner (%)	Nyala (kali)
5 Jan	1	153	83	13	83,0	0,0	2,0	19	17
6 Jan	2	187	100	29	100,0	0,0	1,9	52	24
7 Jan	1	74	78	9	78,5	+0,5	2,3	20	10
9 Jan	2	245	85	10	85,2	+0,2	2,3	11	19
12 Jan	2	248	83	18	83,0	0,0	1,8	31	34
19 Jan	2	65	97	18	96,7	−0,3	2,2	34	9
26 Jan	2	185	100	14	100,1	+0,1	1,9	23	30
28 Jan	1	63	91	16	91,2	+0,2	1,9	21	6
30 Jan	1	94	94	16	94,4	+0,4	2,3	27	10
5 Feb	2	155	100	25	100,1	+0,1	1,9	27	14
6 Feb	2	246	79	14	79,1	+0,1	2,2	15	17
10 Feb	2	65	100	19	99,9	−0,1	1,8	41	9
Gabungan	**20**	**1.780**	**78–100**	**16,8**	**–**	**+0,12**	**2,06**	**24,9**	**199**

Keterangan: Pemanasan awal adalah lama sejak sampel pertama hingga suhu mencapai titik setel dikurangi histeresis (baris gabungan berisi rerata). Rata-rata, bias, SD (simpangan baku), dan Burner (rasio waktu nyala) dihitung pada fase kendali, sedangkan Nyala adalah jumlah penyalaan burner sepanjang hari.



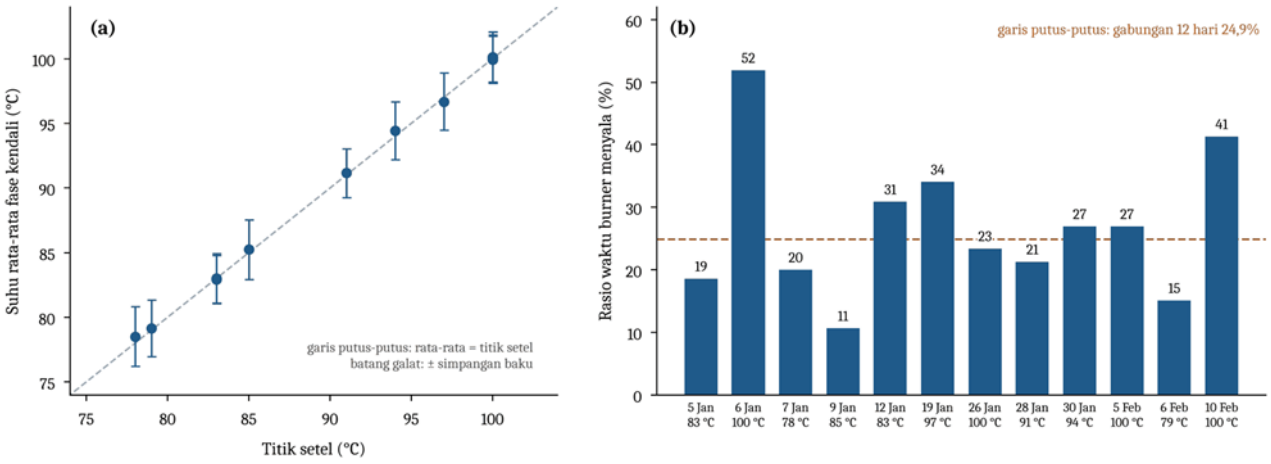
Gambar 7. Profil suhu ruang dan status burner pada seluruh 12 hari pengujian kualitas

Pada pemanasan awal, suhu naik dari 28,7–36,3 °C hingga batas bawah pita histeresis dalam 9–29 menit (rata-rata 16,8 menit) dengan laju rata-rata 3,6 °C/menit. Pemanasan terlama terjadi pada titik setel 100 °C (29 menit pada 6 Januari dan 25 menit pada 5 Februari), sedangkan titik setel 78 °C dicapai dalam 9 menit.

Setelah pemanasan awal, kendali ON/OFF menahan suhu di sekitar titik setel pada seluruh hari (Gambar 7). Pada fase kendali (1.579 sampel), bias suhu gabungan hanya +0,12 °C dengan bias harian −0,3 sampai +0,5 °C (Gambar 8a), simpangan baku 1,8–2,3 °C (gabungan 2,06 °C), dan galat absolut rata-rata 1,74 °C. Sebanyak 93,9% sampel berada dalam pita histeresis yang tercatat (±3,2–4,0 °C), dan suhu sesaat melampaui pita itu hingga 1,35 kali histeresis akibat inersia termal dan pencuplikan 1 menit. Simpangan ini lebih longgar daripada ±2 °C pada tungku berpengendali PID (Gul dkk., 2026), tetapi dampaknya terhadap mutu produk belum diuji.

Burner menyala dalam siklus yang teratur (Gambar 8b). Pada fase kendali, selang antarpenyalaan rata-rata 8,3 menit (4–20 menit, 167 siklus) dengan nyala rata-rata 2,1 menit per penyalaan. Rasio waktu nyala berkisar 11–52% per hari (gabungan 24,9%), lebih tinggi pada titik setel 100 °C (34,9%, empat hari) daripada titik setel di bawahnya (20,2%, delapan hari). Variasi antarhari pada titik setel yang sama cukup besar (23–52% pada 100 °C), sehingga muatan, bukaan pintu, dan suhu lingkungan yang tidak tercatat diduga berpengaruh. Selama 12 hari burner menyala

573 menit (9,6 jam) dengan 199 penyalaan, atau 32,2% dari total waktu alat hidup termasuk pemanasan awal.



Gambar 8. Kinerja kendali pada fase kendali: (a) suhu rata-rata terhadap titik setel (batang galat: ± simpangan baku), (b) rasio waktu burner menyala per hari

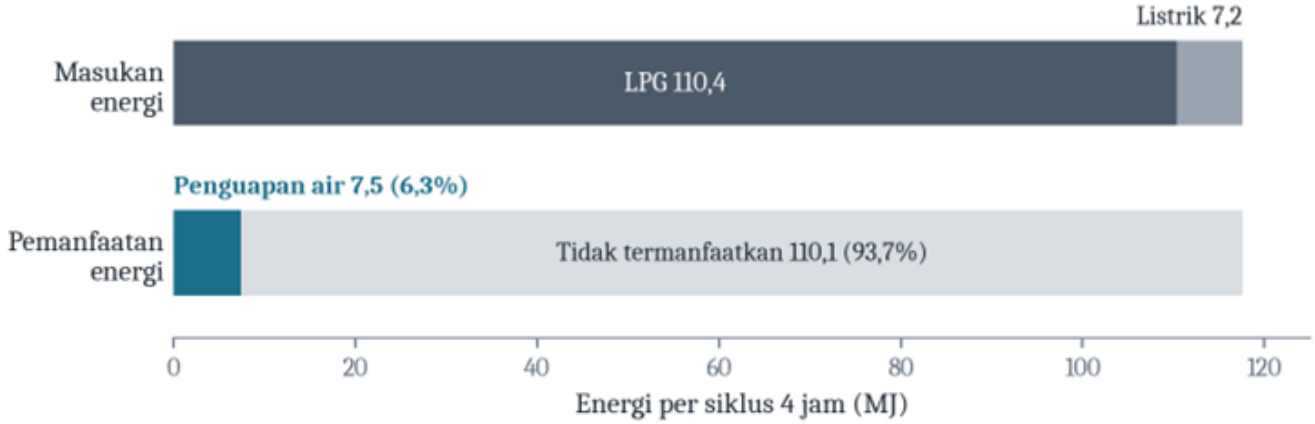
3.5 Analisis energi dan biaya (uji fungsi dan estimasi dari log)

Log IoT tidak memuat massa ikan, sehingga besaran massa dan energi berasal dari uji fungsi tunggal yang disajikan pada Tabel 5. Ikan teri basah 4,5 kg menjadi 1,2 kg dalam ±4 jam pada 100 °C, atau susut massa 73,3% dengan air teruapkan 3,3 kg dan laju rata-rata 0,825 kg/jam. Dibandingkan penjemuran tradisional yang memerlukan 1–2 hari pada cuaca cerah dan lebih dari tiga hari saat mendung, siklus alat berlangsung dalam satu hari kerja terlepas dari kondisi cuaca.

Tabel 5. Hasil uji fungsi dan besaran turunan per siklus pengeringan

Parameter	Nilai	Keterangan
Massa awal (m_0) dan akhir (m_t)	4,5 kg dan 1,2 kg	Data uji
Suhu operasi dan durasi	100 °C dan ±4 jam	Data uji
Susut massa	73,3%	Persamaan 1
Massa air teruapkan	3,3 kg	Persamaan 2
Laju pengeringan rata-rata	0,825 kg/jam (13,8 g/menit)	Persamaan 3
Konsumsi LPG	0,6 kg/jam (2,4 kg per siklus)	Data uji
Daya listrik	0,5 kW (2,0 kWh per siklus)	Data uji
Biaya LPG	Rp15.998 (Rp3.999,6/jam × 4 jam)	Data uji
Biaya listrik	Rp4.000 (tarif Rp2.000/kWh)	Data uji
Total biaya energi	Rp19.998 per siklus	Data uji
Energi LPG dan listrik	110,4 MJ dan 7,2 MJ	Persamaan 4
Konsumsi energi spesifik (SEC)	35,6 MJ/kg air (9,9 kWh/kg)	Persamaan 5
Efisiensi termal, η	6,3% (6,2–6,6% untuk LHV 47–44 MJ/kg)	Persamaan 6

Biaya energi satu siklus adalah Rp19.998, dengan LPG menyumbang 80% (Rp15.998) dan listrik 20% (Rp4.000). Karena LPG mendominasi biaya, setiap penurunan konsumsi LPG sebesar 10% menghemat sekitar Rp1.600 per siklus, sehingga kendali burner yang tepat memberi dampak ekonomi langsung. Dari sisi energi, perkiraan energi masukan per siklus adalah 117,6 MJ, sedangkan kalor yang diperlukan untuk menguapkan 3,3 kg air hanya 7,5 MJ sehingga efisiensi termalnya sekitar 6,3% dan konsumsi energi spesifiknya sekitar 35,6 MJ/kg air (Gambar 9). Nilai ini lebih rendah daripada efisiensi pengering surya hibrida berudara paksa yang dilaporkan Gul dkk. (2026), yaitu 10,2–17,7% pada tomat dan bawang, meskipun perbandingan ini terbatas karena bahan, sumber panas, dan definisi efisiensi berbeda.



Gambar 9. Neraca energi per siklus 4 jam pada uji muatan 4,5 kg (perkiraan berdasarkan asumsi pada Bagian 2.5)

Penjelasan yang paling masuk akal atas efisiensi rendah ini adalah ketidakcocokan muatan dengan kapasitas. Uji dilakukan dengan 4,5 kg ikan basah atau sekitar 22,5% dari kapasitas rancangan ruang 20 kg, sementara unit pemanas yang digunakan merupakan unit komersial berkapasitas nominal kelas 500 kg menurut data pemasok. Burner berdaya tinggi yang melayani ruang dan muatan kecil cenderung menghasilkan kehilangan panas yang besar melalui udara buang, dinding, dan pemanasan massa struktur. Hal ini sejalan dengan saran kegiatan sebelumnya untuk memperkecil dimensi dan menambahkan exhaust agar pemanasan lebih merata. Dugaan ini belum diverifikasi karena kehilangan panas tidak diukur terpisah, sehingga pengukuran pada muatan penuh dan pada beberapa tingkat muatan menjadi prioritas berikutnya.

Log IoT memungkinkan konsumsi LPG diperkirakan dari waktu nyala burner, tetapi laju alir saat burner menyala belum diukur. Karena itu dipakai dua skenario batas (Tabel 6). Pada S1, laju 0,6 kg/jam hasil uji fungsi berlaku hanya saat burner menyala. Pada S2, laju tersebut adalah rata-rata selama alat hidup, sehingga laju saat menyala sekitar 1,9 kg/jam.

Tabel 6. Estimasi energi dan biaya selama 12 hari pengujian kualitas berdasarkan log IoT

Komponen	Asumsi	Jumlah	Energi (MJ)	Biaya (Rp)
LPG, skenario S1	0,6 kg/jam × 9,55 jam burner menyala	5,7 kg	264	38.200
LPG, skenario S2	0,6 kg/jam × 29,7 jam alat hidup	17,8 kg	819	118.700
Listrik	0,5 kW × 29,7 jam alat hidup	14,8 kWh	53	29.700

Dengan tarif LPG Rp6.666/kg dan listrik Rp2.000/kWh, biaya energi 12 hari sekitar Rp67.900 pada S1 (Rp5.700 per hari pengujian) dan Rp148.300 pada S2 (Rp12.400 per hari). Selisih tiga kali lipat ini menunjukkan perlunya penimbangan tabung LPG pada setiap batch. Pada titik setel 100 °C burner menyala 43,4% dari waktu alat hidup. Jika S1 benar, satu siklus 4 jam menghabiskan sekitar 1,0 kg LPG dengan efisiensi termal sekitar 13,5%, sedangkan S2 sama dengan uji fungsi (2,4 kg dan 6,3%). Rentang 6,3–13,5% ini perlu dipersempit dengan pengukuran langsung.

Implikasi ekonominya perlu dicermati. Perhitungan keuntungan Rp350.000 per 100 kg ikan basah pada artikel pendamping (Hadiwijaya dkk., 2026) memasukkan biaya energi sebesar satu siklus (Rp20.000). Jika 100 kg diproses dalam siklus bermuatan 4,5 kg, diperlukan sekitar 22 siklus dengan biaya energi sekitar Rp444.000. Jika diproses dalam lima siklus bermuatan penuh 20 kg dengan energi per siklus diasumsikan setara (asumsi optimistis yang belum terukur), biaya energi menjadi sekitar Rp100.000. Dengan pendapatan Rp1.400.000, bahan baku Rp1.000.000, dan tenaga kerja Rp30.000, keuntungan berturut-turut menjadi sekitar −Rp74.000 dan Rp270.000. Angka-angka ini merupakan analisis skenario, bukan hasil pengukuran, tetapi menunjukkan bahwa keuntungan mitra sangat dipengaruhi oleh disiplin pengisian muatan. Selain itu, susut massa yang terukur (73,3%) berbeda dari asumsi 80% yang dipakai pada proyeksi ekonomi tersebut. Selisihnya kemungkinan mencerminkan kadar air akhir yang belum diukur dan perlu dikonfirmasi dengan uji kadar air.

Suhu uji 100 °C juga patut ditinjau dari sisi mutu. Ye dkk. (2025) menunjukkan bahwa profil suhu bertahap pada rentang 40–60 °C memperbaiki mutu teri dan memangkas waktu pengeringan, sedangkan penelitian kami belum mengukur parameter mutu seperti kadar air akhir, aktivitas air, TBA, atau TVBN. Karena unit kendali yang dipasang saat ini menetapkan satu titik setel, profil bertahap belum dapat dijalankan secara otomatis. Pengembangan berikutnya dapat berupa pengendali berbasis mikrokontroler dengan algoritma PID dan profil suhu terprogram, seperti yang telah dibuktikan pada pengering lain (Gul dkk., 2026), disertai kendali exhaust berdasarkan kelembapan.

3.6 Keterbatasan data dan rencana evaluasi

Data log berasal dari 12 hari pengujian kualitas sebelum serah terima, belum mencakup pemakaian mandiri mitra, dan hanya memuat suhu ruang, status burner, titik setel, dan histeresis. Log tidak memuat massa ikan, kadar air, konsumsi LPG, status blower, kelembapan, maupun muatan batch, sehingga susut massa, laju pengeringan, dan efisiensi masih bersandar pada satu uji fungsi pada 12 Oktober 2025. Log hanya aktif saat alat hidup dan titik setel berbeda-beda antarhari, sehingga perbandingan antarhari terbatas. Evaluasi berikutnya sebaiknya mencatat massa dan kadar air tiap batch, menimbang tabung LPG sebelum dan sesudah batch, serta menambah sensor kelembapan dan status blower. Pengukuran mutu (kadar air akhir, organoleptik, dan mikrobiologi) sebaiknya dilakukan berdampingan agar efisiensi energi dapat dikaitkan dengan mutu produk.

3.7 Tantangan dan keberlanjutan

Tantangan pertama adalah keselamatan. Sistem pengapian otomatis pada burner LPG memerlukan proteksi kegagalan nyala dan deteksi kebocoran gas yang saat ini bergantung pada kewaspadaan operator, sehingga penambahan sensor api atau gas pada tahap berikutnya sangat dianjurkan. Tantangan kedua adalah ketergantungan pada LPG bersubsidi 3 kg, yang rentan terhadap perubahan harga dan pasokan. Tantangan ketiga adalah

keberlanjutan pemantauan: modul IoT membutuhkan kartu SIM aktif, sumber daya yang stabil, dan pemeliharaan server. Keberlanjutan program juga bergantung pada kemampuan mitra merawat alat, dan karena itu modul pelatihan dan petunjuk teknis singkat perlu diserahkan bersama alat. Model penerapan ini dapat direplikasi pada usaha pengolahan ikan pesisir lain dengan syarat penyesuaian ukuran unit pemanas terhadap kapasitas ruang dan muatan yang biasa diproses.

4. Simpulan dan Saran

Kegiatan telah menghasilkan mesin pengering ikan teri berbahan bakar LPG berkapasitas 20 kg yang dilengkapi panel kendali (sakelar daya, pengatur suhu, dan pewaktu) serta pengapian otomatis, dan diserahkan kepada mitra UD Sutardjo pada 13 Februari 2026. Pada uji fungsi, 4,5 kg ikan teri basah menjadi 1,2 kg (susut massa 73,3%) dalam ±4 jam pada 100 °C dengan biaya energi Rp19.998 per siklus, sehingga siklus pengeringan menjadi tidak bergantung pada cuaca dibandingkan penjemuran yang memerlukan 1–2 hari atau lebih dari tiga hari saat mendung. Efisiensi termal pada muatan uji diperkirakan 6,3% dengan konsumsi energi spesifik 35,6 MJ/kg air, yang mengindikasikan ketidakcocokan muatan dengan kapasitas unit pemanas.

Modul monitoring IoT telah merekam 12 hari pengujian kualitas sebelum serah terima (1.780 sampel per menit, 29,7 jam). Pada titik setel 78–100 °C, kendali ON/OFF menahan suhu dengan bias harian −0,3 sampai +0,5 °C, simpangan baku 1,8–2,3 °C, dan 93,9% sampel dalam pita histeresis. Burner menyala 24,9% waktu pada fase kendali dengan siklus rata-rata 8,3 menit. Konsumsi LPG dari log masih berupa estimasi (5,7–17,8 kg selama 12 hari) karena belum ditimbang, dan log belum mencakup pemakaian mandiri mitra setelah serah terima.

Saran untuk keberlanjutan program adalah: (1) mengukur konsumsi LPG dengan menimbang tabung pada muatan penuh 20 kg serta beberapa tingkat muatan, (2) mengukur kadar air akhir dan parameter mutu produk, (3) melanjutkan pengumpulan log pada pemakaian mandiri mitra setelah serah terima dan menambah pencatatan massa batch, status blower, dan kelembapan, (4) mengembangkan pengendali PID dengan profil suhu bertahap dan kendali exhaust berbasis kelembapan, serta (5) menambahkan proteksi kegagalan nyala dan deteksi gas.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Madura atas pendanaan internal skema Pengabdian Penugasan Tahun 2025 (Perjanjian/Kontrak Nomor 1064/PL34/AL.04/2025), kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (PPPM) yang memfasilitasi pelaksanaan kegiatan, kepada Bapak Suryansyah selaku pemilik UD Sutardjo dan seluruh kelompok nelayan Desa Dharma Camplong sebagai mitra, kepada tim Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri atas kolaborasi pada ruang pengering, serta kepada seluruh dosen, tenaga kependidikan, dan mahasiswa yang membantu kegiatan ini.

6. Daftar Pustaka

Belton, B., Johnson, D. S., Thrift, E., Olsen, J., Hossain, M. A. R., & Thilsted, S. H. (2022). Dried fish at the intersection of food science, economy, and culture: A global survey. *Fish and Fisheries, 23*(4), 941–962. https://doi.org/10.1111/faf.12664

Fitri, N., Chan, S. X. Y., Che Lah, N. H., Jam, F. A., Misnan, N. M., Kamal, N., Sarian, M. N., Mohd Lazaldin, M. A., Low, C. F., Hamezah, H. S., Rohani, E. R., Mediani, A., & Abas, F. (2022). A comprehensive review on the processing of dried fish and the associated chemical and nutritional changes. *Foods, 11*(19), 2938.

https://doi.org/10.3390/foods11192938

Garrido-López, J., Jiménez-Buendía, M., Toledo-Moreo, A., Giménez-Gallego, J., & Torres-Sánchez, R. (2024). Monitoring perishable commodities using cellular IoT: An intelligent real-time conditions tracker design. *Applied Sciences, 14*(23), 11050. https://doi.org/10.3390/app142311050

Gul, S., Khatri, S. A., Mirjat, N. H., Shaikh, P. H., Shaikh, F., Malik, F. H., Kumar, L., & Hossain, M. S. (2026). Performance evaluation of a controlled hybrid solar dryer integrated with PID-regulated furnace heating system. *Energy Exploration & Exploitation, 44*(3), 1230–1264. https://doi.org/10.1177/01445987251407795

Hadiwijaya, L., Alfiansyah, N., Wijaya, S. D., Hamid, A., Fikri, M. A., Ulfiyah, L., Jakfar, A., Wilujeng, A. D., Ulfah, N., Fatah, M., Annafiyah, Rohmah, F., Febriana, I. D., & Dewi, R. A. P. K. (2026). Penerapan teknologi alat pengering ikan teri dengan kapasitas 20 kg untuk masyarakat pesisir Kecamatan Camplong, Sampang, Madura. *Sewagati, 10*(3), 669–679. https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i3.9355

Hasan, M., Sarkar, F. R., Aktar, S., & Islam, K. (2025). Modification and performance evaluation of IoT-enabled solar dryer for fish drying. *GSC Advanced Research and Reviews, 22*(1), 1–13. https://doi.org/10.30574/gscarr.2025.22.1.0519

Hendriyanto. (2026, 13 Februari). Pengabdian masyarakat Poltera terapkan alat pengering ikan teri untuk nelayan Camplong. *Radar Madura*. https://radarmadura.jawapos.com/sampang/2602130031/pengabdian-masyarakat-poltera-terapkan-alat-pengering-ikan-teri-untuk-nelayan-camplong

Miano, J. I., Nabua, M. A., Gaw, A. R., Alce, A. R. B., Ecleo, C. A. M., Repulle, J. V., & Omar, J. J. (2023). Optimizing drying efficiency through an IoT-based direct solar dryer system: Integration of web data logger and SMS notification. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 14*(7). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140726

Rezeki, S., Novriyenni, & Syari, M. A. (2024). Prototype of fish drying device for the production of salted fish based on IoT. *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications, 4*(1), 386–390. https://doi.org/10.59934/jaiea.v4i1.641

Rohmadiani, L. D., & Iswanuddin. (2023). Kualitas dan morfologi permukiman pesisir Kecamatan Camplong Kabupaten Sampang. *WAKTU, 21*(01). https://doi.org/10.36456/waktu.v21i01.6055

Sharma, B. B., Vaidya, P., Kumar, N., Tiwari, A., Bansal, S., Faruque, M. R. I., & Al-mugren, K. S. (2025). Enhancing post-harvest sustainability in temperate crops through smart IoT-integrated indirect solar dryer. *Scientific Reports, 15*(1), 28608. https://doi.org/10.1038/s41598-025-13499-x

Sirimark, P., Yotmanee, S., Pradubsri, W., & Somsila, P. (2023). Comparison of efficiency between liquefied petroleum gas (LPG) and electric hot air dryer: Case study of dried pork slice. *CyTA – Journal of Food, 21*(1), 181–188. https://doi.org/10.1080/19476337.2023.2174603

Ye, Y., Zhou, T., Liu, T., & Shi, W. (2025). Quality-based selection of the optimal hot air gradient drying method for anchovy and modeling of drying kinetics. *Aquaculture and Fisheries, 10*(4), 647–655. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2024.03.002