

Analisis Efisiensi Pengeringan Ikan Menggunakan Panas Buangan Kondensor Mesin Pembuat Es Balok Berdasarkan Diagram Psikrometrik

Agiel Ghuftron El Umari^{1*}, Nia Nuraeni Suryaman², Arifin Santosa³, Ahmad Rajani⁴
^{1,2}Department of Mechanical Engineering, Universitas Widyatama, Bandung 40125, Indonesia
^{3,4}Research Center for Energy Conversion and Conservation, BRIN, Indonesia

Corresponding Author's e-mail : agiel.ghuftron@widyatama.ac.id



e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

<https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada>

Vol. 04, No. 07 Juli, 2026

Page: 2789-2801

DOI:

<https://doi.org/10.55681/armada.v4i7.3087>

Article History:

Received: Mei 10, 2026

Revised: Juni 13, 2026

Accepted: Juli 17, 2026

Abstract : *This study analyzes the characteristics of drying air and the drying efficiency of dengdeng japuh fish using waste heat from the condenser of an ice block machine as the drying energy source. An experimental method was employed by measuring air temperature, relative humidity, air velocity, and fish mass changes during the drying process. A total of 15 kg of dengdeng japuh fish was dried for 11 hours. Psychrometric analysis showed that the drying chamber air temperature increased by 3°C, relative humidity decreased by 13%, and the product moisture content was reduced by 44% after the 11-hour drying period. The drying efficiency achieved was 15%. These results indicate that condenser waste heat has strong potential as an alternative energy source for fish drying, particularly for small-scale fish processing industries.*

Keywords : *Fish Drying, Condenser Waste Heat, Psychrometric Analysis, Drying Efficiency*

Abstrak : Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik udara pengering dan efisiensi pengeringan ikan dengdeng japuh yang memanfaatkan panas buangan kondensor mesin pembuat es balok sebagai sumber energi pengeringan. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan pengukuran suhu, kelembaban relatif, kecepatan udara, dan perubahan massa ikan selama proses pengeringan. Sebanyak 15 kg ikan dengdeng japuh dikeringkan selama 11 jam menggunakan sistem pengering berbasis panas buangan kondensor. Hasil analisis psikrometrik menunjukkan peningkatan suhu udara ruang pengering sebesar 3°C, penurunan kelembaban relatif sebesar 13%, serta penurunan kadar air produk sebesar 44% setelah proses pengeringan. Efisiensi pengeringan yang diperoleh sebesar 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panas buangan kondensor berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk pengeringan ikan, khususnya pada skala usaha pengolahan hasil perikanan.

Kata Kunci : Pengeringan Ikan, Panas Buangan Kondensor, Analisis Psikrometrik, Efisiensi Pengeringan.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan hasil laut karena daerahnya mencakup sejumlah pulau yang sangat kaya. Dalam pengertian ini, ikan adalah sumber daya alam yang dapat dihasilkan. Menurut data KKP 2012, total ikan yang ditangkap mencapai 5,71 juta ton setiap tahun. Ini menunjukkan bahwa perikanan memiliki potensi besar dalam mendukung pemenuhan makanan komunitas. Laut Indonesia menyimpan potensi sumber daya yang besar, terutama potensi perikanan laut dalam hal jumlah dan variasi jenis. Luas perairan Indonesia sekitar 5,8 juta km². Ini menjadikan Indonesia

memiliki potensi perikanan yang sangat besar baik dari segi kualitas maupun variasi jenisnya. Industri pengolahan ikan asin di Indonesia memiliki peluang yang signifikan dalam mendukung ekonomi daerah, khususnya di wilayah pantai dan pusat pembuatan ikan asin. (Arini & Handayani, 2025; Bakar et al., 2023; Nurfitriyani et al., 2024).

Ikan adalah sumber makanan yang cepat rusak karena kandungan airnya yang tinggi, berkisar antara 60–84%, sehingga sangat mudah terpengaruh oleh pertumbuhan mikroorganisme yang memicu pembusukan, oleh karena itu, diperlukan metode pengawetan yang efektif untuk memperpanjang masa simpan ikan. Salah satu metode pengawetan yang paling banyak digunakan adalah proses pengeringan. Pemanasan ikan pada temperatur dibawah 85° tidak akan berdampak pada penurunan gizi ikan, khusus untuk pengeringan ikan, temperatur pengeringan yang dianjurkan adalah 40-50 °C. Hasil survey dan interview langsung dengan nelayan yang menjadi mitra peneliti, proses pengeringan umumnya dilakukan secara konvensional, yaitu dengan memanfaatkan panas sinar matahari langsung Kendalanya adalah jika sewaktu-waktu musim penghujan tiba, para nelayan tidak bisa lagi mengeringkan ikannya sehingga kualitas dan kuantitas penjualan menurun, dan otomatis harga ikan menjadi jatuh. (Mulyanto et al., 2023; Nurhamzah, 2019; Y.Kurniawan, 2017).

Desa Blanakan, Kabupaten Subang, merupakan salah satu kawasan pesisir dengan aktivitas perikanan tangkap yang tinggi. Untuk menjaga mutu hasil tangkapan, pabrik es balok di kawasan Pelabuhan Perikanan Blanakan beroperasi hampir sepanjang hari guna memenuhi kebutuhan nelayan dan pedagang ikan. Operasi sistem refrigerasi tersebut menyebabkan kondensor secara terus-menerus melepaskan panas ke lingkungan dalam jumlah yang besar, sehingga sebagian besar energi yang dikonsumsi hanya terbuang sebagai panas buangan tanpa dimanfaatkan. Di sisi lain, kelompok pengolah ikan asin di Desa Blanakan masih mengandalkan penjemuran menggunakan sinar matahari yang sangat dipengaruhi kondisi cuaca. Pada musim hujan, proses pengeringan sering terhenti atau berlangsung lebih lama sehingga menurunkan kapasitas produksi, mutu produk, dan pendapatan pengolah. Kondisi tersebut menunjukkan adanya peluang sinergi lokal antara industri penyedia es balok dan kelompok pengolah ikan asin, yaitu dengan memanfaatkan panas buangan kondensor sebagai sumber energi pengering yang tersedia secara kontinu selama pabrik es beroperasi. Integrasi kedua sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi yang sebelumnya terbuang, tetapi juga menjamin keberlanjutan proses pengeringan ikan asin sepanjang tahun, terutama pada musim hujan, sehingga mendukung peningkatan produktivitas dan keberlanjutan usaha pengolahan hasil perikanan di Blanakan (Agustina et al., 2023; Ilmi, 2024; Syam et al., 2019).

Potensi panas terbuang dari kondensor saat ini hanya menjadi limbah energi yang terpapar ke lingkungan sekitar. Limbah panas ini berpotensi sebagai sumber energi yang bisa dimanfaatkan untuk proses pengeringan. Pada sistem refrigerasi, kondensor berfungsi membuang kalor dari refrigeran ke lingkungan. Panas yang dilepaskan tersebut umumnya belum dimanfaatkan secara optimal, padahal memiliki potensi sebagai sumber energi untuk proses pengeringan (Andini et al., 2025; Mulyanto et al., 2023).

Dalam proses pengeringan, udara berfungsi sebagai media pembawa panas sekaligus media pengangkut uap air dari bahan yang dikeringkan. Karakteristik udara pengering dapat dianalisis menggunakan diagram psikrometrik yang menggambarkan hubungan antara suhu bola kering, suhu bola basah, kelembaban relatif, humidity ratio, volume spesifik, dan entalpi udara lembab. Analisis psikrometrik memungkinkan evaluasi terhadap perubahan sifat udara selama proses pengeringan sehingga dapat digunakan untuk menilai efektivitas pemanfaatan energi panas pada sistem pengering (ASHRAE, 2021; Jayaruwani, 2023).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan efektivitas proses pengeringan menggunakan sumber panas buangan maupun sistem pengering buatan. (U et al., 2022) merancang sistem brine cooling yang memanfaatkan panas kondensor untuk pengeringan biji kopi dan berhasil mengeringkan biji kopi dari massa 500 g menjadi 245 g pada temperatur pengeringan sekitar 40°C. (Andini et al., 2025) menganalisis kinerja mesin pengering berbasis energi buang kondensor yang dipadukan dengan heater dan menunjukkan penurunan kadar air sebesar 11,9% pada suhu rata-rata 42,4°C. (PUSPITASARI, 2025) mengenai pengeringan kacang tanah

menggunakan panas buangan AC menunjukkan bahwa distribusi aliran udara dan posisi bahan berpengaruh terhadap keseragaman proses pengeringan. Selain itu, (Mubarok et al., 2023) menggunakan diagram psikrometrik untuk menganalisis proses pengeringan opak ketan dan memperoleh informasi mengenai laju aliran massa udara serta kebutuhan energi pengeringan. Penelitian (Y.Kurniawan, 2017) mengenai sistem heating dehumidifier berbasis AC split untuk pengeringan ikan menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan suhu udara pengering hingga 50°C dengan kelembaban relatif 32,1%. Sementara itu, (Pasoloran et al., 2025) mengembangkan sistem pengering ikan berbasis IoT dan memperoleh efektivitas pengurangan kadar air sebesar 66,7% menggunakan pemanas inframerah. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan panas buangan sistem refrigerasi memiliki potensi yang baik untuk mendukung proses pengeringan berbagai produk pertanian dan perikanan.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas pemanfaatan panas buangan kondensor untuk proses pengeringan, sebagian besar penelitian berfokus pada pengeringan biji kopi, kacang tanah, maupun analisis kinerja sistem pengering secara umum. Penelitian yang secara khusus memanfaatkan panas buangan kondensor mesin pembuat es balok untuk pengeringan ikan serta menganalisis karakteristik udara pengering menggunakan diagram psikrometrik dan mengevaluasi efisiensi pengeringannya masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui analisis karakteristik udara pengering dan efisiensi pengeringan ikan menggunakan panas buangan kondensor mesin pembuat es balok.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis karakteristik udara pengering dan efisiensi pengeringan ikan yang memanfaatkan panas buangan kondensor mesin pembuat es balok sebagai sumber energi pengeringan. Penelitian dilaksanakan di usaha pengolahan ikan Aroma Jaya Belanakan yang berlokasi di Dusun Tanjung Baru RT 01 RW 03, Desa Blanakan, Kecamatan Blanakan, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Objek penelitian yang digunakan adalah ikan dengdeng japuh dengan massa awal 15 kg yang dikeringkan menggunakan sistem pengering berbasis panas buangan kondensor. Ikan dengdeng japuh ditempatkan pada rak pengering dengan konfigurasi satu lapis (single layer) tanpa saling bertumpuk. Setiap ikan disusun berjajar dengan jarak yang cukup untuk menghindari saling bersentuhan sehingga seluruh permukaan ikan memperoleh paparan aliran udara panas secara langsung. Konfigurasi ini dipilih untuk meminimalkan hambatan aliran udara dan meningkatkan perpindahan panas serta perpindahan massa uap air dari permukaan ikan selama proses pengeringan (Guan et al., 2013). Namun, jarak antarproduk dan ketebalan ikan tidak diukur secara khusus sehingga menjadi salah satu keterbatasan penelitian ini. Sistem pengering yang digunakan dalam penelitian ini memanfaatkan panas buangan kondensor mesin pembuat es balok sebagai sumber energi pengeringan. Udara panas yang dihasilkan oleh kondensor dialirkan ke ruang pengering menggunakan *blower* sehingga dapat digunakan untuk mengurangi kadar air ikan selama proses pengeringan. Sistem ini terdiri atas ruang pengering, kondensor, *blower*, dan rak penampung ikan yang terintegrasi dalam satu unit. Foto alat pengering yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Pengering Ikan yang Digunakan Dalam Penelitian

Sistem pengering yang digunakan dalam penelitian ini memanfaatkan panas buangan kondensor mesin pembuat es balok sebagai sumber energi pengeringan. Panas yang dilepaskan oleh kondensor dialirkan menuju ruang pengering menggunakan *blower* sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengurangi kadar air ikan. Dinding alat pengering yang terbuat dari lembaran aluminium dan dilengkapi lapisan isolasi gabus *styrofoam* guna mengurangi kehilangan panas selama proses pengeringan (Petre et al., 2022). Bagian dalam dinding ruang pengering dilapisi aluminium *foil* untuk menjaga higienitas sekaligus mencegah terjadinya kontaminasi (Qurrota & Liviawaty, 2023). Spesifikasi utama sistem pengering yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Sistem Pengering

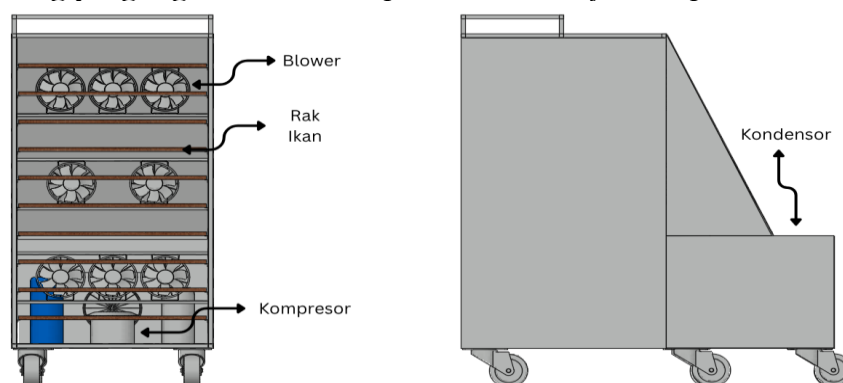
Komponen	Spesifikasi
Kondensor	Luas perpindahan panas 16,5 m ² ; debit udara kipas 1.800 m ³ /jam; daya kipas 120 W; dimensi 460 × 170 × 460 mm
Kompresor	Kulthorn AW2464ZK, refrigeran R-404A, 220–240 V, 50 Hz, kapasitas pendinginan 1.580 W, daya masukan 1.280 W
<i>Blower</i>	8 fan 12 V
Ruang Pengering	90 cm × 164 cm × 90 cm
Rak Pengering	10 rak

Untuk memperoleh data yang diperlukan selama proses pengeringan, digunakan beberapa instrumen pengukuran yang berfungsi untuk mengukur suhu, kelembaban relatif, kecepatan udara, massa ikan, dan waktu pengeringan. Spesifikasi instrumen yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat Ukur yang Digunakan Saat Penelitian

Alat	Fungsi
Sensor DHT22	Mengukur suhu dan kelembaban relatif udara
Testo 405i	Mengukur kecepatan aliran udara
Data Logger VSCLAB	Merekam data suhu dan kelembaban
Timbangan Digital	Mengukur massa ikan sebelum dan sesudah pengeringan
Stopwatch	Mengukur waktu pengeringan

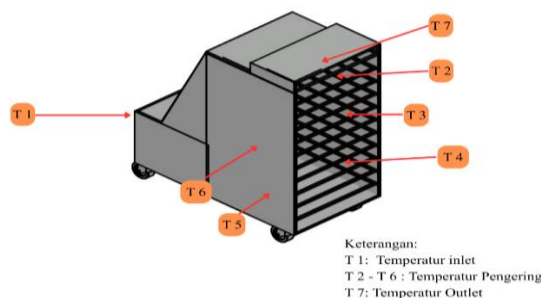
Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai susunan komponen dan konfigurasi sistem pengering, dibuat desain alat yang menunjukkan posisi komponen utama pada sistem. Desain alat pengering yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Sistem Pengering Ikan

Sistem pengering yang digunakan pada penelitian ini memanfaatkan panas buangan yang dihasilkan oleh kondensor mesin pembuat es balok sebagai sumber energi pengeringan. Pada saat sistem refrigerasi beroperasi, refrigeran yang keluar dari kompresor memiliki temperatur dan tekanan yang tinggi. Ketika refrigeran melewati kondensor, panas dilepaskan ke udara di sekitarnya sehingga menghasilkan udara panas yang dapat dimanfaatkan untuk proses pengeringan. Udara panas yang dihasilkan oleh kondensor selanjutnya dialirkan menuju ruang pengering menggunakan *blower*. *Blower* berfungsi untuk meningkatkan laju aliran udara dan mendistribusikan udara panas secara merata ke seluruh bagian ruang pengering. Udara panas kemudian mengalir melewati rak-rak pengering yang berisi ikan sehingga terjadi perpindahan panas dari udara ke permukaan ikan. Selama proses pengeringan berlangsung, panas dari udara digunakan untuk menguapkan air yang terkandung di dalam ikan. Uap air yang terbentuk akan terbawa oleh aliran udara menuju bagian atas ruang pengering. Setelah melewati seluruh rak pengering, udara yang telah mengandung uap air keluar melalui saluran udara keluar (*outlet*) yang berada pada bagian atas ruang pengering. Peningkatan suhu udara akibat pemanfaatan panas kondensor menyebabkan kemampuan udara untuk menyerap uap air menjadi lebih besar. Kondisi tersebut mempercepat proses penguapan air dari ikan sehingga kadar air bahan berkurang secara bertahap hingga mencapai tingkat kekeringan yang diinginkan.

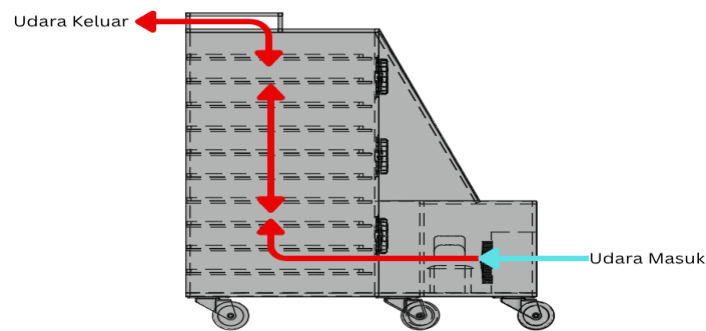
Untuk memperoleh data yang diperlukan dalam analisis karakteristik udara pengering, dilakukan pemasangan sensor pada beberapa titik pengukuran di dalam dan di luar ruang pengering. Sensor digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban relatif udara pada bagian udara masuk (*inlet*), udara keluar (*outlet*), serta beberapa titik di dalam ruang pengering. Penempatan sensor dirancang untuk menggambarkan distribusi kondisi udara selama proses pengeringan berlangsung. Letak sensor pada sistem pengering ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Letak Sensor pada Sistem Pengering

Untuk mengetahui distribusi temperatur selama proses pengeringan, sensor temperatur ditempatkan pada beberapa titik pengukuran yang mewakili kondisi udara masuk, kondisi udara di dalam ruang pengering, dan kondisi udara keluar. Posisi penempatan sensor ditunjukkan pada Gambar 3. Sensor T₁ ditempatkan pada saluran udara masuk (*inlet*) untuk mengukur temperatur udara yang berasal dari kondensor sebelum memasuki ruang pengering. Sensor T₂ hingga T₆ ditempatkan pada beberapa posisi di dalam ruang pengering untuk mengetahui distribusi temperatur pada setiap tingkat rak pengering selama proses pengeringan berlangsung. Sementara itu, sensor T₇ ditempatkan pada saluran udara keluar (*outlet*) untuk mengukur temperatur udara setelah melewati ruang pengering. Penempatan sensor pada beberapa titik tersebut bertujuan untuk memperoleh gambaran perubahan temperatur udara sepanjang lintasan aliran udara di dalam sistem pengering. Data temperatur yang diperoleh kemudian digunakan untuk menganalisis karakteristik udara pengering, distribusi panas di dalam ruang pengering, serta mendukung analisis menggunakan diagram psikrometrik.

Aliran udara merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi proses pengeringan karena berperan sebagai media pembawa panas dan pengangkut uap air dari bahan yang dikeringkan (Khan, 2022). Skema aliran udara pada ruang pengering ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Aliran Udara

Gambar 4 memperlihatkan skema aliran udara pada ruang pengering ikan. Udara panas yang berasal dari kondensor masuk ke ruang pengering melalui saluran udara masuk (*inlet*) pada bagian bawah sistem. Udara kemudian didistribusikan oleh *blower* dan mengalir melewati rak-rak pengering yang berisi ikan. Selama proses pengeringan, udara menyerap uap air yang menguap dari ikan dan membawanya menuju bagian atas ruang pengering. Udara yang telah mengandung uap air selanjutnya keluar melalui saluran udara keluar (*outlet*). Pola aliran ini mendukung terjadinya perpindahan panas dan massa yang diperlukan dalam proses pengeringan. Pengujian dilakukan dengan menempatkan ikan dengeng japuh pada rak-rak pengering yang tersedia di dalam ruang pengering. Sebelum proses pengeringan dimulai, massa awal ikan diukur menggunakan timbangan digital. Selanjutnya mesin pembuat es balok dioperasikan sehingga panas yang dihasilkan oleh kondensor dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pengeringan. Udara panas dari kondensor dialirkan ke ruang pengering menggunakan *blower* dan didistribusikan ke seluruh rak pengering.

Selama proses pengeringan berlangsung dilakukan pengukuran suhu, kelembaban relatif, dan kecepatan udara. Pengukuran dilakukan pada titik *inlet*, *outlet*, dan beberapa titik di dalam ruang pengering. Setelah proses pengeringan selesai, massa akhir ikan diukur untuk mengetahui jumlah air yang berhasil diuapkan selama proses pengeringan. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini meliputi suhu udara masuk dan keluar ruang pengering, kelembaban relatif udara masuk dan keluar, kecepatan aliran udara, massa awal ikan, massa akhir ikan, dan lama waktu pengeringan. Data suhu dan kelembaban digunakan untuk analisis diagram psikrometrik, sedangkan data massa ikan digunakan untuk menghitung kadar air, massa air yang diuapkan, dan efisiensi pengeringan. Kadar air merupakan salah satu parameter penting dalam proses pengeringan karena menunjukkan jumlah air yang berhasil dikeluarkan dari bahan selama proses pengeringan berlangsung. Penurunan kadar air digunakan sebagai indikator keberhasilan proses pengeringan. Semakin rendah kadar air suatu bahan, semakin kecil kemungkinan terjadinya pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menyebabkan kerusakan produk. Persentase kadar air dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) (Nurfitriyani *et al.*, 2024).

$$KA = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100\%$$

Dengan KA adalah kadar air (%), W_a adalah massa awal ikan (kg), dan W_b adalah massa akhir ikan (kg). Setelah kadar air ikan diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung massa air yang diuapkan selama proses pengeringan. Perhitungan massa air yang diuapkan dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang berhasil dikeluarkan dari ikan selama proses pengeringan berlangsung. Nilai ini diperoleh dari selisih antara massa awal ikan sebelum pengeringan dan massa akhir ikan setelah pengeringan. Besarnya massa air yang diuapkan dapat dihitung menggunakan Persamaan (2) (Curto-Risso, 2017).

$$m_w = W_i - W_f$$

Dengan m_w adalah massa air yang diuapkan (kg), W_i adalah massa awal ikan (kg), dan W_f adalah massa akhir ikan (kg). Hasil perhitungan massa air yang diuapkan selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk menentukan energi yang dibutuhkan dalam proses penguapan air selama pengeringan. Setelah massa air yang diuapkan diketahui, analisis dilanjutkan dengan menentukan karakteristik udara pengering menggunakan diagram psikrometrik. Diagram psikrometrik digunakan untuk menganalisis sifat-sifat udara lembab yang terlibat dalam proses pengeringan berdasarkan data suhu bola kering (*dry bulb temperature*) dan kelembaban relatif (*relative humidity*) hasil pengukuran. Melalui diagram psikrometrik dapat diperoleh beberapa parameter udara yang diperlukan dalam analisis pengeringan, yaitu suhu bola basah (*wet bulb temperature*), humidity ratio, volume spesifik, dan entalpi udara lembab. Data suhu dan kelembaban relatif udara masuk (*inlet*) serta udara keluar (*outlet*) diplot pada diagram psikrometrik standar pada tekanan atmosfer 1 atm. Hasil analisis ini digunakan untuk mengetahui perubahan kondisi udara selama proses pengeringan serta sebagai dasar dalam perhitungan energi panas udara pengering dan efisiensi pengeringan.

Setelah massa air yang diuapkan diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air selama proses pengeringan. Energi penguapan merupakan energi panas yang diperlukan untuk mengubah air yang terkandung dalam ikan dari fase cair menjadi uap air. Besarnya energi penguapan dipengaruhi oleh jumlah massa air yang diuapkan dan nilai kalor laten penguapan air pada temperatur tertentu. Menurut (Suhelmi, 2022), energi yang digunakan untuk menguapkan air dapat dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$Q_e = m_w \times h_{fg}$$

Dimana Q_e adalah energi yang digunakan untuk menguapkan air (kJ), m_w adalah massa air yang diuapkan (kg), dan h_{fg} adalah kalor laten penguapan air (kJ/kg). Nilai kalor laten penguapan diperoleh dari tabel sifat termodinamika air jenuh (*saturated water table*) sesuai dengan temperatur rata-rata proses pengeringan (Hadjiski et al., 2019). Setelah energi yang digunakan untuk menguapkan air diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung energi panas udara pengering. Energi panas udara pengering merupakan energi yang dibawa oleh aliran udara panas untuk mendukung proses penguapan air dari ikan selama pengeringan berlangsung. Besarnya energi panas udara dipengaruhi oleh laju aliran massa udara dan perubahan entalpi udara selama proses pengeringan. Menurut (Putra, 2019), energi panas udara pengering dapat dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$Q_{udara} = \dot{m}_{udara} (h_{out} - h_{in})t$$

Dimana Q adalah energi panas udara pengering (kJ/s), $\dot{m}_a$ udara adalah laju aliran massa udara (kg/s), h_{in} adalah entalpi udara masuk (kJ/kg), dan h_{out} adalah entalpi udara keluar (kJ/kg), dan t adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan ikan. Sebelum menghitung energi panas udara pengering, terlebih dahulu ditentukan laju aliran massa udara yang mengalir pada sistem pengering. Menurut (Valenti & Nicol, 2020), laju aliran massa udara dapat dihitung menggunakan Persamaan (5).

$$\dot{m} = \rho \times A \times V$$

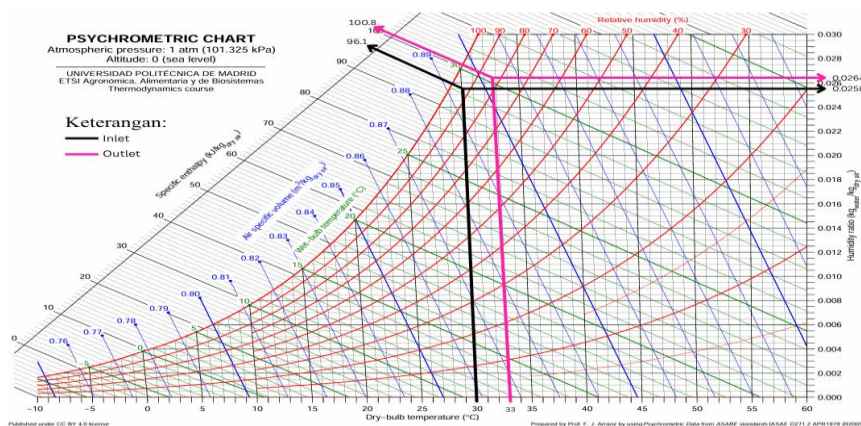
Dimana $\dot{m}$ udara adalah laju aliran massa udara (kg/s), ρ adalah massa jenis udara (kg/m³), A adalah luas penampang saluran udara (m²), dan V adalah kecepatan aliran udara (m/s). Nilai entalpi udara masuk dan udara keluar diperoleh dari hasil analisis diagram psikrometrik berdasarkan data suhu dan kelembaban relatif hasil pengukuran. Setelah energi yang digunakan untuk menguapkan air dan energi panas udara pengering diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung efisiensi pengeringan. Efisiensi pengeringan menunjukkan kemampuan sistem dalam memanfaatkan energi panas yang tersedia untuk menguapkan air dari ikan selama proses pengeringan berlangsung. Menurut (J.P.Sitompul, 2017), efisiensi pengeringan dapat dihitung menggunakan Persamaan (6).

$$\eta = \frac{Q_e}{Q_{in}} \times 100\%$$

Dimana η adalah efisiensi pengeringan (%), Q_e adalah energi yang digunakan untuk menguapkan air (kJ), dan Q_{in} adalah energi panas yang masuk ke sistem pengering (kJ). Nilai efisiensi yang diperoleh digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengering dalam memanfaatkan panas buangan kondensor sebagai sumber energi pengeringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik udara pengering dianalisis menggunakan diagram psikrometrik berdasarkan data suhu dan kelembaban relatif udara masuk (*inlet*) dan udara keluar (*outlet*) ruang pengering. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat udara lembab selama proses pengeringan berlangsung. Parameter yang diperoleh dari diagram psikrometrik meliputi suhu bola basah, humidity ratio, volume spesifik, dan entalpi udara. Selain itu, analisis psikrometrik juga dapat digunakan untuk menggambarkan perubahan kondisi udara dari titik masuk hingga titik keluar ruang pengering sehingga mekanisme perpindahan panas dan penguapan air yang terjadi selama proses pengeringan dapat dipahami dengan lebih baik. Hasil plot kondisi udara pada diagram psikrometrik ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil plot kondisi udara pada diagram psikrometrik

Berdasarkan Gambar 5, titik kondisi udara masuk (*inlet*) berada pada suhu bola kering 30°C dan kelembaban relatif 95%, sedangkan titik kondisi udara keluar (*outlet*) berada pada suhu bola kering 33°C dan kelembaban relatif 82%. Perpindahan posisi titik pada diagram psikrometrik menunjukkan adanya perubahan kondisi udara selama proses pengeringan berlangsung. Penurunan kelembaban relatif menunjukkan bahwa udara memiliki kemampuan yang lebih baik untuk menyerap dan membawa uap air yang berasal dari ikan yang dikeringkan. Hasil analisis psikrometrik udara pengering disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Diagram Psikrometrik

Parameter	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>
Suhu Bola Kering (°C)	30	33
RH (%)	95	82
Suhu Bola Basah (°C)	29,4	30,2
Humidity Ratio (kg/kg udara kering)	0,0258	0,0264
Volume Spesifik (m ³ /kg udara kering)	0,894	0,904
Entalpi (kJ/kg udara kering)	96,1	100,8

Berdasarkan Tabel 3, suhu udara mengalami peningkatan dari 30°C menjadi 33°C, sedangkan kelembaban relatif menurun dari 95% menjadi 82%. Perubahan kondisi tersebut menunjukkan bahwa udara pengering memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menyerap dan membawa uap air selama proses pengeringan berlangsung. Sementara itu, penurunan kelembaban relatif menunjukkan perubahan kemampuan udara dalam berinteraksi dengan uap air selama

proses pengeringan berlangsung. Selain itu, perubahan kondisi udara tersebut mengindikasikan terjadinya proses perpindahan panas dan massa antara udara pengering dan ikan yang dikeringkan. Udara panas yang mengalir melalui rak-rak pengering mentransfer energi panas ke permukaan ikan sehingga air yang terkandung di dalam ikan mengalami penguapan.

Keberhasilan proses pengeringan dapat diketahui melalui perubahan massa ikan sebelum dan sesudah pengeringan. Penurunan massa ikan menunjukkan berkurangnya kandungan air dalam bahan akibat proses penguapan selama pengeringan berlangsung. Berdasarkan data massa awal dan massa akhir ikan, dilakukan perhitungan kadar air dan massa air yang diuapkan untuk mengetahui efektivitas proses pengeringan yang memanfaatkan panas buangan kondensor. Hasil perhitungan kadar air dan massa air yang diuapkan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kadar Air dan Massa Air yang Diuapkan

Parameter	Nilai
Massa awal ikan (kg)	15
Massa akhir ikan (kg)	8,4
Massa air yang diuapkan (kg)	6,6
Kadar air (%)	44

Berdasarkan Tabel 4, massa ikan mengalami penurunan dari 15 kg menjadi 8,4 kg setelah proses pengeringan berlangsung selama 11 jam. Penurunan massa tersebut menunjukkan bahwa sejumlah air yang terkandung di dalam ikan telah berhasil diuapkan selama proses pengeringan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa massa air yang diuapkan mencapai 6,6 kg dengan penurunan kadar air sebesar 44%. Penurunan kadar air tersebut menunjukkan bahwa panas yang berasal dari kondensor mampu digunakan sebagai sumber energi untuk mengurangi kandungan air pada ikan. Selama proses pengeringan berlangsung, udara panas yang mengalir di dalam ruang pengering mentransfer energi panas ke permukaan ikan sehingga air yang terkandung di dalam bahan mengalami penguapan. Uap air yang terbentuk kemudian dibawa oleh aliran udara menuju saluran udara keluar. Hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan panas buangan kondensor tidak hanya mampu meningkatkan suhu udara pengering, tetapi juga efektif dalam mendukung proses pengurangan kadar air ikan. Semakin besar jumlah air yang diuapkan dari bahan, semakin besar pula tingkat pengeringan yang dicapai selama proses berlangsung.

Energi yang digunakan untuk menguapkan air merupakan energi panas yang diperlukan untuk mengubah air yang terkandung di dalam ikan dari fase cair menjadi uap selama proses pengeringan berlangsung. Besarnya energi penguapan dipengaruhi oleh jumlah massa air yang diuapkan dan nilai kalor laten penguapan air. Perhitungan energi penguapan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan energi yang secara langsung digunakan dalam proses pengeringan. Hasil perhitungan energi yang digunakan untuk menguapkan air disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Energi Penguapan Air

Parameter	Nilai
Massa air yang diuapkan (kg)	6,6
Kalor laten penguapan (kJ/kg)	2426
Energi penguapan air, Q_e (kJ)	16.011

Berdasarkan Tabel 5, massa air yang berhasil diuapkan selama proses pengeringan adalah sebesar 6,6 kg. Dengan menggunakan nilai kalor laten penguapan air sebesar 2426 kJ/kg, diperoleh energi yang digunakan untuk menguapkan air (Q_e) sebesar 16.011 kJ. Nilai tersebut menunjukkan jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk mengubah air yang terkandung di dalam ikan dari fase cair menjadi uap selama proses pengeringan berlangsung. Besarnya energi penguapan yang diperoleh menunjukkan bahwa proses pengeringan memerlukan suplai energi panas yang cukup untuk mengurangi kandungan air pada ikan. Semakin besar jumlah air yang diuapkan dari bahan, maka semakin besar pula energi yang dibutuhkan dalam proses pengeringan.

Laju aliran massa udara merupakan salah satu parameter penting dalam proses pengeringan karena menunjukkan jumlah udara yang mengalir melalui ruang pengering setiap satuan waktu. Besarnya laju aliran massa udara mempengaruhi jumlah energi panas yang dapat dibawa oleh udara pengering untuk mendukung proses penguapan air dari ikan. Oleh karena itu, perhitungan laju aliran massa udara diperlukan sebagai dasar dalam menentukan energi panas udara pengering. Laju aliran massa udara dihitung berdasarkan massa jenis udara, luas penampang saluran udara, dan kecepatan aliran udara yang diukur selama proses pengeringan. Hasil perhitungan laju aliran massa udara disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Laju Aliran Massa Udara

Parameter	Nilai
Massa jenis udara, ρ (kg/m ³)	1,15
Luas penampang, A (m ²)	0,2116
Kecepatan udara, V (m/s)	2,36
Laju aliran massa udara, $\dot{m}$ (kg/s)	0,57

Berdasarkan Tabel 6, laju aliran massa udara yang mengalir pada sistem pengering diperoleh sebesar 0,012 kg/s. Nilai tersebut menunjukkan jumlah udara yang melewati ruang pengering setiap detik selama proses pengeringan berlangsung. Laju aliran massa udara berperan penting dalam proses perpindahan panas dan massa karena udara berfungsi sebagai media pembawa energi panas sekaligus pengangkut uap air yang dihasilkan selama proses pengeringan. Energi panas udara pengering merupakan energi yang dibawa oleh aliran udara panas untuk mendukung proses penguapan air dari ikan selama proses pengeringan berlangsung. Besarnya energi panas udara pengering dipengaruhi oleh laju aliran massa udara dan perubahan entalpi udara antara kondisi masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) ruang pengering. Perhitungan energi panas udara pengering dilakukan untuk mengetahui jumlah energi yang tersedia pada sistem pengering yang memanfaatkan panas buangan kondensor mesin pembuat es balok. Berdasarkan hasil analisis psikrometrik dan perhitungan laju aliran massa udara, diperoleh nilai energi panas udara pengering seperti yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Energi Panas Udara Pengering

Parameter	Nilai
Laju aliran massa udara, $\dot{m}$ (kg/s)	0,57
Entalpi udara masuk, h_{in} (kJ/kg)	96,1
Entalpi udara keluar, h_{out} (kJ/kg)	100,8
Energi panas udara pengering, Q_{in} (kJ/s)	2,679

Berdasarkan Tabel 7, energi panas udara pengering diperoleh dari laju aliran massa udara yang mengalir melalui ruang pengering serta selisih entalpi udara masuk dan udara keluar. Nilai energi panas udara pengering menunjukkan jumlah energi yang tersedia untuk mendukung proses pengeringan ikan selama sistem beroperasi. Perbedaan nilai entalpi antara udara masuk dan udara keluar menunjukkan bahwa sebagian energi panas yang dibawa oleh udara telah dimanfaatkan untuk proses penguapan air dari ikan. Selama udara panas mengalir melewati rak-rak pengering, terjadi perpindahan panas dari udara ke bahan sehingga kandungan air di dalam ikan menguap dan terbawa oleh aliran udara menuju saluran udara keluar. Perubahan kondisi udara tersebut menunjukkan terjadinya proses perpindahan panas dan massa antara udara pengering dan ikan yang dikeringkan. Dengan demikian, energi panas yang dibawa oleh udara hasil pemanfaatan panas buangan kondensor berperan penting dalam mendukung proses pengeringan ikan.

Efisiensi pengeringan digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam memanfaatkan energi panas yang tersedia untuk proses penguapan air dari ikan. Nilai efisiensi diperoleh dari perbandingan antara energi yang digunakan untuk menguapkan air (Q) dengan

energi panas udara pengering (Q_{in}). Semakin tinggi nilai efisiensi yang diperoleh, semakin besar proporsi energi panas yang berhasil dimanfaatkan untuk proses pengeringan. Hasil perhitungan efisiensi pengeringan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Efisiensi Pengeringan

Parameter	Nilai
Energi penguapan air, Q_e (kJ)	16.011
Energi panas udara pengering, Q_{in} (kJ)	106.088,4
Efisiensi pengeringan (%)	15

Berdasarkan Tabel 8, efisiensi pengeringan yang diperoleh sebesar 15%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebesar 15% energi panas yang tersedia pada udara pengering berhasil dimanfaatkan untuk proses penguapan air dari ikan selama proses pengeringan berlangsung. Sementara itu, sebagian energi lainnya tidak seluruhnya digunakan untuk menguapkan air karena adanya kehilangan panas ke lingkungan sekitar dan berbagai faktor operasional selama proses pengeringan. Ruang pengering menggunakan isolasi gabus styrofoam yang memiliki konduktivitas termal rendah sehingga berfungsi mengurangi kehilangan panas melalui dinding selama proses pengeringan. Penggunaan isolasi ini diharapkan membantu menjaga kestabilan suhu di dalam ruang pengering.

Berdasarkan hasil pengukuran, temperatur udara outlet (33°C) sedikit lebih tinggi dibandingkan temperatur inlet (30°C). Kondisi ini menunjukkan bahwa selama udara mengalir di dalam sistem masih terjadi penambahan panas akibat pengaruh panas buangan kondensor yang terus dipindahkan melalui dinding dan saluran udara menuju ruang pengering. Dengan demikian, udara tidak hanya mengalami proses pengangkutan uap air dari ikan, tetapi juga masih menerima suplai panas sebelum keluar dari ruang pengering. Meskipun demikian, hasil analisis diagram psikrometrik menunjukkan bahwa humidity ratio meningkat dari 0,0258 menjadi 0,0264 kg/kg udara kering ($W_{out} > W_{in}$), yang mengindikasikan bahwa udara keluar membawa uap air lebih banyak dibandingkan udara masuk. Oleh karena itu, mekanisme perpindahan massa selama proses pengeringan tetap sesuai dengan teori psikrometrik.

Nilai efisiensi pengeringan sebesar 15% menunjukkan bahwa tidak seluruh energi panas yang tersedia pada udara pengering dimanfaatkan untuk proses penguapan air. Sebagian energi diperkirakan hilang ke lingkungan melalui mekanisme konduksi pada dinding ruang pengering, selain melalui konveksi dan kebocoran udara. Untuk mengurangi rugi kalor tersebut, ruang pengering menggunakan isolasi gabus styrofoam yang memiliki konduktivitas termal rendah (sekitar 0,03–0,04 W/m·K), sehingga mampu memperlambat perpindahan panas dari bagian dalam ruang pengering menuju lingkungan. Penggunaan isolasi ini berkontribusi dalam menjaga kestabilan temperatur udara pengering selama proses berlangsung, meskipun penelitian ini belum melakukan pengukuran secara langsung terhadap besarnya rugi kalor konduksi maupun distribusi temperatur pada permukaan dinding. Oleh karena itu, ketebalan isolasi yang digunakan belum dapat dinyatakan sebagai kondisi optimum. Analisis kuantitatif mengenai rugi kalor konduksi dengan mempertimbangkan ketebalan isolasi, luas permukaan dinding, dan kondisi lingkungan pesisir Blanakan diperlukan pada penelitian selanjutnya untuk menentukan konfigurasi isolasi yang paling efektif dalam menekan kehilangan panas dan meningkatkan efisiensi sistem.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, karakteristik udara pengering berhasil dianalisis menggunakan diagram psikrometrik. Panas buangan kondensor dapat meningkatkan temperatur pengeringan sebesar 3 C dan menurunkan kelembaban ruang pengering sebesar 13% sehingga kadar air produk berkurang sebesar 44%. Efisiensi pengeringan sebesar 15% menunjukkan bahwa panas buangan kondensor mesin pembuat es balok dapat dimanfaatkan dengan baik untuk proses pengeringan ikan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan sistem pengering dengan menerapkan kendali otomatis pada blower yang

responsif terhadap perubahan beban kerja kompresor mesin pembuat es balok. Kecepatan blower dapat dikendalikan menggunakan sensor temperatur udara pengering atau sensor tekanan kondensor sehingga laju aliran udara secara otomatis menyesuaikan jumlah panas buangan yang tersedia. Dengan sistem kendali tersebut, pasokan panas ke ruang pengering dapat dipertahankan lebih stabil meskipun terjadi fluktuasi operasi mesin pembuat es balok. Stabilitas temperatur udara pengering diharapkan mampu meningkatkan keseragaman distribusi panas, memperbaiki proses perpindahan panas dan massa, serta meningkatkan efisiensi pengeringan dan kualitas produk ikan asin. Selain itu, penelitian selanjutnya perlu mengevaluasi rugi kalor konduksi melalui dinding ruang pengering serta mengoptimalkan ketebalan isolasi gabus styrofoam untuk meminimalkan kehilangan panas ke lingkungan.

Dengan demikian, pasokan panas ke ruang pengering dapat dipertahankan lebih stabil sehingga proses pengeringan menjadi lebih seragam dan efisien. Dinding ruang pengering menggunakan isolasi gabus styrofoam yang memiliki konduktivitas termal rendah sehingga berfungsi mengurangi perpindahan panas dari ruang pengering ke lingkungan. Penggunaan isolasi ini membantu menjaga kestabilan suhu udara di dalam ruang pengering selama proses berlangsung. Namun, penelitian ini belum mengevaluasi secara kuantitatif besarnya rugi kalor konduksi maupun pengaruh variasi ketebalan isolasi terhadap performa termal sistem. Oleh karena itu, analisis rugi kalor serta optimasi ketebalan isolasi menjadi aspek yang dapat dikaji pada penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberikan dukungan berupa fasilitas dan kesempatan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada usaha pengolahan ikan Aroma Jaya, Desa Blanakan, Kabupaten Subang, yang telah memberikan izin, dukungan, serta fasilitas selama pelaksanaan penelitian dan pengambilan data di lapangan. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan akademik selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang pengeringan hasil perikanan berbasis pemanfaatan energi buangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D., Puspito, G., Baskoro, M. S., & Aini, S. N. (2023). *Teknik penanganan komponen sisa pada operasi industri penangkapan ikan yang berbasis di pelabuhan perikanan pantai blanakan*. 7(1), 63–73.
- Andini, D., Agustin, P., Wahyudi, P. R., Amri, F., Indramayu, P. N., & Indramayu, P. N. (2025). *Analisis kinerja mesin pengering hasil panen memanfaatkan energi buang kondensor dengan penambahan heater*. 03(02).
- Arini, I., & Handayani, S. (2025). *Penguatan Ekonomi Lokal melalui Peningkatan Kualitas Produksi dan Digitalisasi Pemasaran Ikan Asin di Kampung Siabang*. 9(2), 417–425.
- ASHRAE. (2021). *2021 ASHRAE HANDBOOK*.
- Bakar, B., Selama, L. P. G., Ikan, P., Tipe, B., & Dryer, T. (2023). *(Effect Of Drying Time And Temperature Of Lpg Fuel Consumption*. 2(2), 214–221.
- Curto-Risso, P. (2017). *Simplified model and simulation of biomass particle suspension combustion in one-dimensional flow applied to bagasse boilers*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0961953417300570>
- Guan, Z., Wang, X., Li, M., & Jiang, X. (2013). *Mathematical Modeling on Hot Air Drying of Thin Layer Fresh Tilapia Fillets*. 63(1), 25–34. <https://doi.org/10.2478/v10222>
- Hadjiski, M., Deliiski, N., & Tumbarkova, N. (2019). *Mathematical Description of the Latent Heat of Water Vaporization in Capillary Porous Materials*. 2–9. <https://doi.org/10.7546/itc-2019-0001>
- Ilmi, R. (2024). *IKAN ASIN (Kasus : Kelompok Pengolah dan Pemasar (Poklahsar) Aroma Jaya*

- Kecamatan Blanakan , Kabupaten Subang) IKAN ASIN (Kasus : Kelompok Pengolah dan Pemasar (Poklahsar) Aroma Jaya Kecamatan Blanakan , Kabupaten Subang).
- J.P.Sitompul. (2017). *Studi Analisis Efisiensi Energi Dan Tekno Ekonomi Pengeringan Butiran Multi Tahap*.
- Jayaruwani, A. (2023). *Psychrometric Analysis of an Open- Loop Batch-Type Heat Pump Drying Process*. 6(1), 61–68.
- Khan, M. I. H. (2022). *Fundamental Understanding of Heat and Mass Transfer*.
- Mubarok, D. P., Setiawan, R., Anjani, R. D., Teknik, D., Universitas, M., & Karawang, S. (2023). *Perancangan Dan Simulasi Alat Pengering Opak Ketan Tipe Rak Kapasitas 1 , 5 Kg / Jam Menggunakan Komputasi Dinamika Fluida*. 3, 2366–2380.
- Mulyanto, A., Nuarsa, I. M., & Zawahid, M. (2023). *Analisa Pengaruh Persentase Luas Area Penampang Ducting Udara Masuk Ruang Pengering Terhadap Laju Pengeringan Ikan Dengan Sumber Panas Kondensor AC*. 01(01), 1–10.
- Nurfitriyani, A., Triyastuti, M. S., & Shitophyta, L. M. (2024). *Perhitungan Kadar Air , Rendemen Dan Uji Organoleptik Pada Ikan Asin The Calculation of Moisture Content , Yield and Organoleptic Tests on Salted Fish Pengujian Kadar Air*. 01, 45–55.
- Nurhamzah, L. Y. (2019). *Pengaruh pengeringan terhadap nilai gizi ikan asin*. Antaramegapolitian.Com. <https://megapolitan.antaranews.com/berita/61061/pengaruh-pengeringan-terhadap-nilai-gizi-ikan-asin?>
- Pasoloran, M., Setianingsih, D. P., & Nurhandayani, K. (2025). *Perancangan Sistem Pengering Ikan dengan Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis IoT Skala Usaha Rumah*. 9(2), 564–571.
- Petre, S. G., Isopescu, D. N., Pruteanu, M., & Cojocaru, A. (2022). *Effect of Exposure to Environmental Cycling on the Thermal Conductivity of Expanded Polystyrene*.
- PUSPITASARI, I. (2025). *Pengeringan Kacang Tanah Menggunakan Energi Panas Pembuangan AC*. <https://digilib.unila.ac.id/92312/3/3>. SKRIPSI TANPA BAB PEMBAHASAN - INDAH PUSPITASARI.pdf
- Putra, S. A. (2019). *Analisis Energi Panas Pada Alat Pengeringan Gabah Tipe Swirling Fluidized Bed*. 40(2), 84–90. <https://doi.org/10.14710/teknik.v40n2.62602>
- Qurrota, V., & Liviawaty, E. (2023). *Aluminium Foil as a Packaging Material for Fishery Products : A Review*. 23(3), 35–41. <https://doi.org/10.9734/AJFAR/2023/v23i3604>
- Suhelmi, M. F. (2022). *Perhitungan Efisiensi Pengeringan pada Mesin Pengering Gabah Tipe Flat Bed Dryer Muhammad Fadhlun Suhelmi dkk / Jurnal Rekayasa Mesin*. 17(1), 15–20.
- Syam, H., Muhammad, J. P., & Nunik, R. (2019). *Potensi Panas Terbuang Kondensor AC Sebagai Sumber Pemanas Pada Cabinet Dryer*. 759–764.
- U, V. A. P., Lukitobudi, A. R., & Kunci, K. (2022). *Rancang Bangun Sistem Brine Cooling untuk Pendinginan Susu Kedelai dan Pemanfaatan Panas Kondenser untuk Pengeringan Biji Kopi*. 13–14.
- Valenti, G., & Nicol, C. (2020). *Measured and derived data at the exhaust of a batch industrial dryer*. *Data in Brief*, 32, 106323. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106323>
- Y.Kurniawan. (2017). *Analisa Kinerja Sistem Heating Dehumidifier Menggunakan Ac Split Untuk Pengeringan Ikan*. 1–11.