

Analisis Laju Perpindahan Panas Pada Alat *Tray Dryer* Tenaga Surya dalam Proses Pengeringan Ikan Asin

Dewi Santi¹, Selastia Yuliaty², Aneasari Meidinariasty³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya

e-mail: dewisanti07900@gmail.com

Abstrak

Ikan merupakan salah satu sumber makanan yang digemari dan memiliki ketersediaan yang melimpah. Namun, cepatnya proses pembusukan pada ikan membuat banyaknya ikan tidak bisa dikonsumsi. Karena itu, diperlukan pengolahan ikan yang dapat mengawetkan sekaligus menjamin kualitas ikan. Salah satu metodenya adalah mengolah ikan menjadi ikan asin. Pada penelitian ini, ikan asin diolah menggunakan alat *tray dryer* sistem tenaga surya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju perpindahan panas konveksi, konduksi, dan radiasi, serta efisiensi termal pada alat. Perlakuan yang divariasikan dalam penelitian ini adalah temperatur sebesar 60°C dan 70°C dengan waktu pengeringan 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, 90 menit, 105 menit, dan 120 menit. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa temperatur optimum pengeringan adalah 60°C dalam waktu 120 menit, dimana nilai laju perpindahan panas konveksinya 0,124 kJ, nilai laju perpindahan panas konduksinya 2,929 kJ, nilai laju perpindahan panas radiasinya $5,298 \times 10^{-5}$ kJ, dan efisiensi panas 28%.

Kata kunci: *Ikan Asin, Tray Dryer, Laju Perpindahan Panas, Efisiensi Termal*

Abstract

Fish was a highly sought-after food source with abundant availability. However, the rapid decay process rendered a significant portion of fish unsuitable for consumption. Therefore, preserving and ensuring fish quality through processing was crucial. One method was converting fish into salted fish. In this study, salted fish was processed using a solar-powered tray dryer. The research aimed to determine convective, conductive, and radiative heat transfer rates and equipment thermal efficiency. The treatments varied in this research include temperatures of 60°C and 70°C with drying times of 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes, 60 minutes, 75 minutes, 90 minutes, 105 minutes, and 120 minutes. The research results showed that the optimum drying temperature is 60°C within 120 minutes, with a convective heat transfer rate of 0.124 kJ, a conductive heat transfer rate of 2.929 kJ, a radiative heat transfer rate of 5.298×10^{-5} kJ, and a heat efficiency of 28%.

Keywords : *Salted Fish, Tray Dryer, Heat Transfer Rate, Thermal Efficiency*

PENDAHULUAN

Sumatera Selatan merupakan daerah yang sebagian besar terdiri dari perairan air tawar. Hasil penangkapan ikan berasal dari penangkapan ikan di laut dan dari perairan umum. Hal ini menunjukkan adanya potensi pengembangan produksi perikanan Sumatera Selatan untuk budidaya ikan air tawar di berbagai daerah termasuk Kota Palembang (Utपालasari & Anwar, 2019).

Besarnya jumlah perolehan ikan di Provinsi Sumatera Selatan menjadikan banyak makanan olahan yang berbahan dasar ikan, salah satunya adalah ikan asin. Proses pembusukan dapat dihambat dengan melakukan penggaraman, sehingga ikan dapat disimpan lebih lama (Hastuti, 2010).

Pengeringan merupakan salah satu cara dalam teknologi pangan yang digunakan untuk pengawetan atau memperpanjang masa simpan dengan menguapkan kandungan air yang terdapat dalam suatu bahan, sehingga menghambat kerusakan bahan yang diakibatkan oleh aktifitas biologis dan kimia (Hatta et al., 2019). Ada dua proses perpindahan yang terjadi pada proses pengeringan, yaitu perpindahan massa dan perpindahan panas. Proses perpindahan panas terjadi dari udara pengering ke bahan yang dikeringkan, sedangkan proses perpindahan massa terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama terjadi ketika kandungan air yang terdapat di dalam bahan berpindah ke permukaan bahan, dan tahap kedua terjadi ketika proses penguapan air (Sonjaya et al., 2022).

Pengeringan memiliki beberapa keuntungan, yaitu dapat memperkecil ukuran bahan, menghemat tempat penyimpanan, transportasi yang mudah, dan murahnya biaya produksi. Dalam pengeringan, kadar air dihilangkan dengan prinsip perbedaan kelembaban antara bahan yang dikeringkan dengan udara pengering (Sri Rahayoe, 2017).

Pada awalnya, pengeringan dilakukan dengan menggunakan panas matahari langsung serta tiupan angin untuk mengurangi kadar air pada ikan. Namun, proses pengeringan langsung atau konvensional memiliki beberapa kekurangan, yaitu waktu pengeringan yang lama, butuh area pengeringan yang cukup luas, kualitas ikan yang dapat menurun karena terkena kotoran dan air hujan, serta dapat terganggu oleh binatang dan serangga (Masela et al., 2019). Oleh karena itu, penggunaan teknologi pengeringan dapat menjadi solusi alternatif dalam masalah ini. Salah satu teknologi pengeringan yang biasa digunakan adalah *tray dryer* atau pengering tipe rak.

Tray dryer merupakan pengering buatan yang dapat digunakan untuk melakukan pengeringan ikan. Dimana teknologi tersebut saat ini dibutuhkan untuk melakukan pengeringan ikan dengan lebih efisien dan tidak memakan terlalu banyak ruang. *Tray dryer* terdiri dari rak bertingkat yang memungkinkan panas dan udara bersirkulasi melalui *blower*. Udara panas yang masuk dihembuskan secara zigzag dan merata ke segala arah dengan bantuan *blower*. Kelebihan *tray dryer* adalah murah, mudah dioperasikan dan sesuai untuk hampir semua komoditas pertanian. Rak dalam *tray dryer* memiliki lubang-lubang yang berfungsi untuk mengalirkan udara panas dari plenum chamber. Panas akan melewati tumpukan bahan yang menyebabkan kadar air bahan berkurang (Sucipto et al., 2020). Dalam sebuah *tray dryer*, banyak produk yang bisa dimasukkan karena baki dibuat bertingkat. Pengeringan dapat terjadi secara sempurna apabila distribusi udara seragam pada setiap baki. *Tray dryer* dapat ditambahkan dengan pengering matahari atau pengering konvensional lainnya yang menggunakan bahan bakar fosil dan energi listrik (Sonjaya et al., 2022).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Hatta et al., 2019) tentang optimalisasi waktu pengeringan dan menghitung kadar air pada ikan, didapatkan hasil waktu pengeringan sebesar 8,5-13 jam dengan penguapan kadar air mencapai 30,25%-38,18%. Pada tahun 2020, (Yulianti et al., 2020), juga melakukan penelitian pengaruh laju perpindahan panas dan efisiensi termal pada pengeringan ikan asin sistem *hybrid*, didapatkan temperatur optimum pengeringan sebesar 70°C dan waktu pengeringan selama 300 menit, kadar air sebesar 31,2%, laju pengeringan sebesar 0,1492 kg/jam.m², laju perpindahan panas konduksi sebesar 52,01 J, laju perpindahan panas konveksi sebesar 71,15 J, laju perpindahan panas radiasi sebesar 0,048 J, dan efisiensi termal sebesar 53,28%.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis laju perpindahan panas konveksi, konduksi, dan radiasi, serta efisiensi termal pada pengeringan ikan asin menggunakan alat *tray dryer* sistem tenaga surya. Pengeringan ikan asin pada penelitian ini memanfaatkan tenaga surya sebagai sumber energi pengganti listrik untuk memanaskan alat *tray dryer*.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mini Plant dan Satuan Proses Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan baung dan garam. Sedangkan alat yang digunakan adalah *tray dryer* sistem tenaga surya, termometer air raksa, termometer digital, lux meter, anemometer, dan neraca analitik.

1. Spesifikasi Alat *Tray Dryer* Sistem Tenaga Surya



Gambar 1. Alat *Tray Dryer* Sistem Tenaga Surya

Ruang pengering berbentuk balok berbahan plat aluminium dengan tinggi 108 cm, panjang 50 cm, dan lebar 40 cm. Jumlah tray 4 buah dengan jarak masing-masing adalah 10 cm. Cerobong terletak pada bagian atas alat dengan diameter 5 cm. Kolektor surya yang digunakan juga berbentuk persegi panjang berbahan plat aluminium dengan tinggi 100 cm, panjang 65 cm, dan lebar 45 cm. Pemanas atau *heater* yang digunakan berjumlah 3 buah dengan tipe *finned heater* berjenis udara kering dan temperatur maksimal 100°C. Terdapat *control panel* pada bagian depan bawah alat yang dapat mengatur temperatur *setpoint* yang akan digunakan dan melihat temperatur dalam ruang pengering.

2. Proses Pengeringan Ikan Asin

Proses pengeringan ikan asin diawali dengan menyiangi ikan dengan tujuan membuang kotoran yang terdapat dalam perut ikan. Ikan yang telah disiangi kemudian dicuci bersih, lalu menambahkan garam sebanyak 25% dari total berat ikan yang digunakan. Mendinginkan ikan yang telah digarami selama kurang lebih 1 hari untuk memastikan garam telah menyerap ke dalam ikan. Melakukan penimbangan awal ikan untuk mendapatkan berat awal ikan asin sebelum proses pengeringan. Ikan asin yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam alat pengering. Mengatur temperatur *setpoint* pada *control panel*. Pengeringan ikan asin dilakukan selama 120 menit dengan waktu pengambilan data setiap 15 menit. Selama proses pengeringan, dilakukan pencatatan data seperti temperatur bola kering dan bola basah, laju alir udara, temperatur ruang pengering, temperatur bahan, berat bahan dan temperatur panel surya.

3. Analisis Kadar Air

Analisis Kadar Air menggunakan metode gravimetri.

4. Analisis Laju Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan panas dari satu tempat ke tempat yang lain serta melibatkan pergerakan molekul dalam jarak yang besar (Puspitasari & Munawi, 2018). Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konveksi adalah hukum Newton:

$$q_c = h_c(T_w - T_s)A \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

Dimana:

q_c = Laju perpindahan panas konveksi, Watt (Btu/h)

h_c = Koefisien perpindahan panas konveksi

T_w = Temperatur udara °C (°F)

T_s = Temperatur pelat °C (°F)

A = Luas permukaan, m² (ft²)

5. Analisis Laju Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas yang mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu rendah di dalam satu medium (dapat cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung (Irawati et al., 2019).

Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konduksi adalah hukum Fourier:

$$q_k = U_k(T - T_s)A \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

Dimana:

q_k = laju perpindahan panas konduksi, Watt (Btu/h)

A = luas dinding (luas perpindahan panas). m^2 (ft^2)

T = Temperatur udara $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

T_s = Temperatur pelat $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

6. Analisis Laju Perpindahan Panas Radiasi

Radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut.

Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konduksi adalah Hukum Stefan-Boltzman:

$$qr = h(T_R - T_s)A \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

Dimana :

T_s = Temperatur Pelat, $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

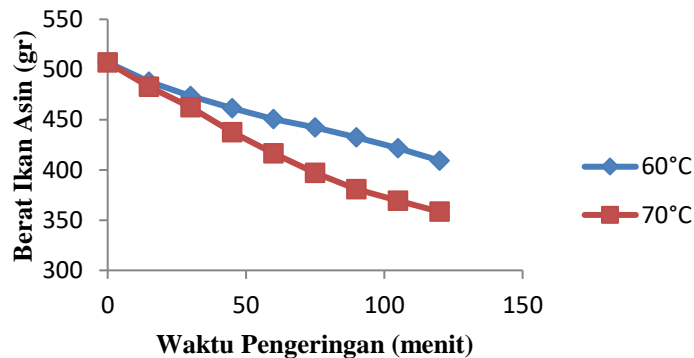
T_R = Temperatur Radiasi, $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

A = Luas Dinding (Luas Permukaan Perpindahan Panas), m^2 (ft^2)

qr = Laju Perpindahan Panas Radiasi, KJ (Btu/h)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Penurunan Berat Ikan Asin

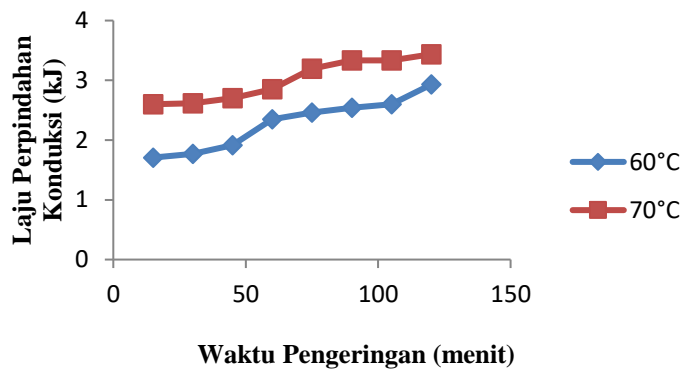


Gambar 2. Grafik Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Penurunan Berat Ikan Asin

Pada Gambar 2, terlihat grafik penurunan berat ikan asin setiap 15 menitnya. Pada temperatur *setpoint* $60^{\circ}C$, berat awal ikan asin adalah 507 gr dan berat akhir ikan asin adalah 358,4 gr. Sementara temperatur *setpoint* $70^{\circ}C$, berat awal ikan asin adalah 507,1 gr dan berat akhir ikan asin adalah 409,3 gr.

Pada dasarnya, berkurangnya berat ikan asin terjadi karena menguapnya kandungan air yang terdapat pada ikan asin. Banyaknya kandungan air yang menguap pada ikan dipengaruhi oleh temperatur pengeringnya. Berdasarkan hasil penelitian ikan asin diatas, dapat dilihat bahwa temperatur *setpoint* $70^{\circ}C$ memiliki penurunan berat ikan asin yang lebih signifikan daripada temperatur *setpoint* $60^{\circ}C$. Semakin tinggi temperatur pengering yang digunakan, maka semakin banyak air yang teruapkan. Sebaliknya, semakin rendah temperatur pengeringan, maka semakin sedikit air yang teruapkan sehingga berat ikan asin akan cenderung mengalami penurunan berat yang memakan waktu cukup lama.

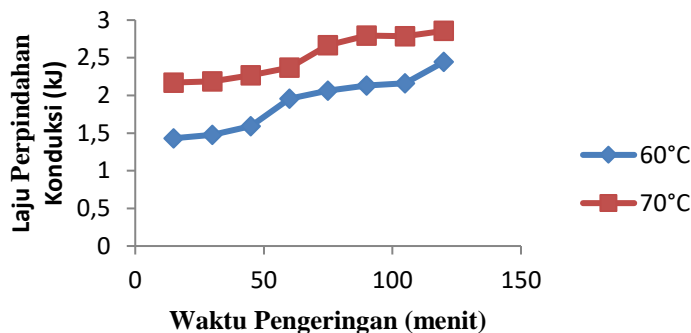
Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Laju Perpindahan Panas Konveksi



Gambar 3. Grafik Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Laju Perpindahan Panas Konveksi

Pada Gambar 3, menunjukkan pengaruh waktu terhadap laju perpindahan panas konveksi. Laju perpindahan panas konveksi selama proses pengeringan mengalami peningkatan. Pada temperatur *setpoint* 60°C, laju perpindahan panas konveksi terendah terdapat pada waktu pengeringan 15 menit dengan nilai 0,073 kJ dan laju perpindahan panas konveksi tertinggi terdapat pada waktu pengeringan 120 menit dengan nilai 0,124 kJ. Sementara untuk temperatur *setpoint* 70°C, laju perpindahan panas konveksi terendah terdapat pada waktu pengeringan 15 menit dengan nilai 0,11 kJ dan laju perpindahan panas konveksi tertinggi terdapat pada waktu pengeringan 120 menit dengan nilai 0,145 kJ. Hatta dkk (2019) mengemukakan bahwa laju perpindahan panas konveksi meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur udara pengering dan temperatur plat pengering. Holman (1995), menyatakan pada pengeringan nilai laju perpindahan panas mengalami kenaikan, peningkatan laju perpindahan panas konveksi dapat terjadi karena adanya peningkatan nilai dari koefisien pindah panas konveksi.

Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Laju Perpindahan Panas Konduksi

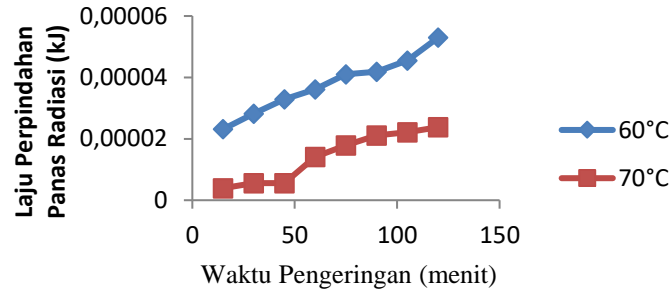


Gambar 4. Grafik Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Laju Perpindahan Panas Konduksi

Pada Gambar 4, menunjukkan pengaruh waktu terhadap laju perpindahan panas konduksi. Laju perpindahan panas konduksi selama proses pengeringan terus mengalami peningkatan. Panas konduksi pada proses pengeringan ini terjadi ketika panas dari dinding pelat merambat masuk ke dalam ikan asin yang dikeringkan. Perpindahan panas berlangsung dipermukaan bahan secara perlahan sampai terjadi pemerataan panas (Annisa, dkk (2020). Menurut Hatta dkk (2019), temperatur udara, temperatur plat pengering, ketebalan bahan, dan ketebalan plat memengaruhi peningkatan maupun penurunan pada laju perpindahan panas konduksi. Pada temperatur *setpoint* 60°C, laju perpindahan panas konveksi terendah terdapat pada waktu pengeringan 15 menit dengan nilai 1,707 kJ dan laju

perpindahan panas konduksi tertinggi terdapat pada waktu pengeringan 120 menit dengan nilai 2,929 kJ. Sementara untuk temperatur *setpoint* 70°C, laju perpindahan panas konveksi terendah terdapat pada waktu pengeringan 15 menit dengan nilai 2,600 kJ dan laju perpindahan panas konveksi tertinggi terdapat pada waktu pengeringan 120 menit dengan nilai 3,436 kJ.

Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Laju Perpindahan Panas Radiasi

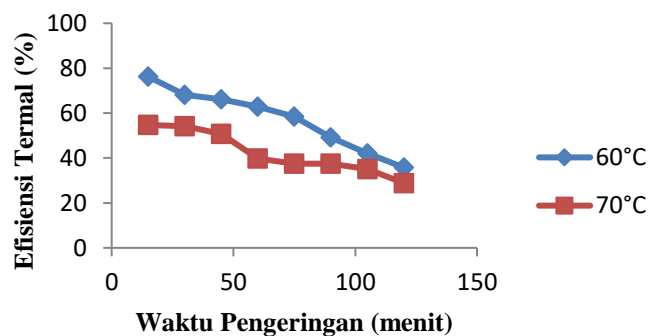


Gambar 5. Grafik Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Laju Perpindahan Panas Radiasi

Pada Gambar 5, menunjukkan pengaruh waktu terhadap laju perpindahan panas radiasi. Laju perpindahan panas radiasi selama proses pengeringan terus mengalami peningkatan. Peningkatan yang terjadi dikarenakan laju perpindahan panas radiasi dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, sehingga intensitas cahaya matahari yang semakin besar akan berbanding lurus dengan laju perpindahan panas radiasinya. Pada temperatur *setpoint* 60°C, laju perpindahan panas radiasi terendah terdapat pada waktu pengeringan 15 menit dengan nilai $2,314 \times 10^{-5}$ kJ dan laju perpindahan panas radiasi tertinggi terdapat pada waktu pengeringan 120 menit dengan nilai $5,298 \times 10^{-5}$ kJ. Sementara untuk temperatur *setpoint* 70°C, laju perpindahan panas konveksi terendah terdapat pada waktu pengeringan 15 menit dengan nilai $3,92 \times 10^{-5}$ kJ dan laju perpindahan panas konveksi tertinggi terdapat pada waktu pengeringan 120 menit dengan nilai $2,38 \times 10^{-5}$ kJ.

Pada gambar diatas, temperatur *setpoint* 70°C memiliki laju perpindahan panas radiasi yang lebih rendah dari temperatur *setpoint* 60°C. Hal ini dikarenakan faktor dari temperatur panel surya dan temperatur pengering yang memiliki selisih temperatur yang relatif lebih kecil, yaitu hanya berkisar antara 1°C - 4°C. Sementara pada temperatur *setpoint* 60°C memiliki selisih temperatur berkisar 4°C - 7°C. Kecilnya selisih temperatur pada temperatur *setpoint* 70°C dikarenakan tingginya temperatur pengering pada alat.

Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Efisiensi Termal Alat



Gambar 6. Grafik Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Efisiensi Termal

Pada Gambar 6, menunjukkan pengaruh waktu terhadap efisiensi termal. Efisiensi termal tertinggi pada temperatur *setpoint* 60°C di menit ke-15 dengan nilai 76% dan efisiensi termal terendah pada menit ke-120 dengan nilai 35%. Sementara untuk temperatur *setpoint* 70°C, efisiensi termal tertinggi terdapat pada menit ke-15 dengan nilai 54% dan efisiensi termal terendah terdapat pada menit ke-120 dengan nilai 28%.

Pada gambar diatas, Efisiensi termal mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu pengeringan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengeringan, semakin rendah efisiensi termal pada alat. Pada temperatur *setpoint* 70°C memiliki efisiensi termal yang lebih rendah daripada temperatur *setpoint* 60°C. Efisiensi termal yang rendah diakibatkan oleh banyaknya panas yang hilang. Panas yang hilang disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah ruang pengering yang tidak dalam kondisi rapat.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, temperatur dan waktu optimum dalam proses pengeringan ikan asin yaitu 60°C dalam 120 menit. Dimana hasil laju perpindahan panas yang dihasilkan cukup tinggi dan kadar air yang cukup rendah. Penelitian ini ditujukan untuk UMKM pengolahan ikan asin di Indonesia yang bertujuan untuk memanfaatkan tenaga matahari sebagai sumber energi dan alat pengering tipe rak sebagai tempat penyimpanan ikan asin sehingga kualitasnya tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Hastuti, S. (2010). Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Formaldehid pada Ikan Asin di Madura. *Agrointek*, 4(2), 132–137. <https://journal.trunojoyo.ac.id/agrointek/article/view/1366>
- Hatta, M., Syuhada, A., & Fuadi, Z. (2019). Sistem pengeringan ikan dengan metode hybrid. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 9–18.
- Irawati, E., Huda, C., & Kurniawan, W. (2019). Pengembangan Alat Peraga Perpindahan Kalor secara Konduksi, Konveksi, dan Radiasi dalam Satu Set Alat berbasis Digital. *The 5th Lontar Physics Forum 2019*, 86–91. <http://conference.upgris.ac.id/index.php/lpf/article/view/624/372>
- Masela, M. R., Jamaludin, Suryaningsih, L. S., & Mulyono, T. (2019). Banana Dryer Tests using Solar Shelves and Biomass Energy. *Musamus AE Featuring Journal*, 1(2), 54–57. <https://ejournal.unmus.ac.id/index.php/ae/index>
- Puspitasari, M. D. M., & Munawi, H. A. (2018). *Perubahan Pola Berpikir Mahasiswa Pada Fenomena Perpindahan Panas Secara Konveksi*. 1–23.
- Sonjaya, A. N., Djamruddin, D., Nulhakim, L., & Rahmadani, A. (2022). Analisis Laju Pengeringan Pada Cetakan Piring Keramik Kapasitas 2880. *Jurnal Teknologi*, 9(2), 52–62. <https://doi.org/10.31479/jtek.v9i2.149>
- Rahayoe, S. (2017). Teknik Pengeringan. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada
- Sucipto, Wardani, R. I., Kamal, M. A., & Setiyawan, D. T. (2020). Jurnal Teknologi Industri Pertanian. *Journal of Agroindustrial Technology*, 19(1), 36–44. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/2126>
- Utpalasari, R. L., & Anwar, S. (2019). Analisis Tanggapan Pembudidaya Terhadap Kegiatan Budidaya Ikan Di Kawasan Minapolitan Kecamatan Gandus Kota Palembang. *Societa: Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*, 7(2), 174. <https://doi.org/10.32502/jsct.v7i2.1513>
- Yuliati, S., Kalsum, L., Junaidi, R., Rizqi Ramadhani Azizah, R., Andea Utami, W., Martiyah Ningrum, G. (2020). Design of Tray Dryer Hybrid System (Solar-Heater) for Drying Salted Fish. *Jurnal Kinetika*, 11(02), 10–18. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>