

PERBANDINGAN EFEKTIVITAS PENGERINGAN KERUPUK IKAN DENGAN ALAT PENGERING BERBASIS TENAGA SURYA TURBIN VENTILATOR DAN BLOWER

Comparison of the Drying Effectiveness of Fish Crackers Using a Solar-Powered Dryer Equipped with a Turbine Ventilator and a Blower

Yeyen Suciani*, Sholahuddin, Dwi Raharjo

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura
Pontianak, Indonesia

*email : yeyensuciani07364@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan efektivitas pengeringan kerupuk ikan menggunakan alat pengering berbasis tenaga surya turbin ventilator dan blower. Parameter yang diamati yaitu radiasi surya, suhu, RH, kecepatan udara, kadar air, laju pengeringan, energi dan efisiensi pengeringan. Analisis data menggunakan metode uji beda secara statistik (Uji Beda Independent Sample t Test). Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi pengeringan sistem blower lebih tinggi yaitu sebesar 54,30% dibandingkan turbin ventilator sebesar 41,21%. Laju pengeringan untuk sistem turbin ventilator adalah sebesar 24,67% bk/jam dan sistem blower sebesar 25,42% bk/jam. Proses pengeringan kerupuk ikan dengan kedua tipe alat pengering sama-sama mampu menurunkan kadar air hingga mencapai kadar air akhir sekitar 11 %bk dengan lama pengeringan 3,5 jam. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa kinerja pengeringan kedua sistem tersebut tidak berbeda nyata, meskipun secara numerik blower menunjukkan efisiensi proses yang lebih tinggi.

Kata kunci: pengeringan, kerupuk ikan, turbin ventilator, blower, efektivitas

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the drying effectiveness of fish crackers using a solar-powered dryer equipped with a turbine ventilator and a blower system. The observed parameters included solar radiation, temperature, relative humidity (RH), air velocity, moisture content, drying rate, energy consumption, and drying efficiency. Data were analyzed using a statistical difference test, namely the Independent Sample t-Test. The results showed that the drying efficiency of the blower system was higher (54.30%) than that of the turbine ventilator system (41.21%). The drying rate of the turbine ventilator system was 24.67% dry basis per hour, while the blower system achieved 25.42% dry basis per hour. The drying process using both dryer types was able to reduce the moisture content to a final level of approximately 11% dry basis within a drying time of 3.5 hours. Statistical analysis indicated that there was no significant difference in the drying performance between the two systems, although numerically the blower system demonstrated higher process efficiency.

Keyword: drying, fish crackers, turbine ventilator, blower, effectiveness

PENDAHULUAN

Kerupuk merupakan produk olahan yang dibuat dengan dicampur adonan tepung dan bumbu-bumbu serta bahan pangan lain yang sesuai, berbentuk pipih atau bentuk lainnya yang dikeringkan (Pakpahan & Nelinda, 2019). Salah satu jenis kerupuk yang paling umum dijumpai adalah kerupuk ikan. Proses pengeringan kerupuk ikan mentah bertujuan untuk menghasilkan bahan dengan kadar air tertentu. Menurut Lilir dkk. (2021) pengeringan adalah cara untuk mengeluarkan kandungan air melalui penggunaan energi panas. Kadar air yang terdapat dalam kerupuk ikan akan berpengaruh terhadap kualitas dan kapasitas pengembangan kerupuk saat proses penggorengan selanjutnya (Lestari dkk., 2019). Pengeringan kerupuk ikan bisa dilakukan secara penjemuran dan pengeringan mekanis.

Secara umum untuk mendapatkan kualitas yang baik, kerupuk ikan dikeringkan selama 1-2 hari di bawah sinar matahari (Ramadhan dkk., 2024), bahkan lebih lama jika cuaca tak menentu. Pengeringan mekanis yang umum ditemui adalah berupa alat pengering yang dirancang dengan prinsip penurunan kelembaban berbasis energi surya (Harianda & Zaenuri, 2020). Penggunaan energi surya sebagai sumber energi yang terbarukan sangat potensial untuk diterapkan dalam alat pengering kerupuk ikan, dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif akan kebutuhan bahan bakar

dalam proses pengeringan. Prinsip pengeringan ini menggunakan sistem efek rumah kaca (*Green House Effect*) yang bekerja dengan memerangkap sinar matahari masuk ke ruang pemanas, sehingga meningkatkan suhu di dalamnya.

Terdapat dua pendekatan dalam peningkatan sirkulasi udara pada alat pengering, yakni menggunakan turbin ventilator dan blower. Turbin ventilator bekerja berdasarkan prinsip perbedaan tekanan udara (Subarjo., 2015). Udara panas yang lebih ringan cenderung naik ke atas ruangan, menciptakan tekanan yang lebih rendah di bagian bawah. Turbin kemudian menarik udara panas ini keluar, sementara udara segar dari luar masuk melalui celah-celah di bawah bangunan, menciptakan sirkulasi udara yang berkelanjutan. Adapun prinsip kerja blower melibatkan pengambilan dan pendorongan udara menggunakan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh rotor dan impeller (Indra, 2020). Ketika blower dihidupkan, rotor akan berputar, menciptakan gerakan melingkar yang mendorong udara ke arah outlet.

Pengeringan dengan sistem turbin ventilator atau blower tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan. Turbin ventilator bekerja tanpa listrik, hemat energi, minim perawatan, dan tidak bising, tetapi efektivitasnya bergantung pada angin dan perbedaan suhu yang cukup, serta tidak dapat diatur kecepatannya. Sementara itu, blower mampu menghasilkan aliran udara

yang lebih stabil dan dapat dikontrol kecepatannya, tetapi membutuhkan daya dari panel surya, biaya awal yang tinggi, serta memerlukan perawatan intensif. Sehingga perlu dikaji lebih lanjut terkait kinerja dan efisiensi alat pengering kedua metode dalam mengoptimalkan pengeringan kerupuk ikan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerupuk ikan puput yang diperoleh dari UMKM Kerupuk Bu Misnah yang ada di Desa Parit Baru, Kecamatan Selakau, Kabupaten Sambas.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pengering sistem

turbin ventilator dan blower yang disajikan pada **Gambar 1** (dengan dimensi ukuran alat pengering = 180 cm × 60 cm × 113 cm, panjang kaki = 75 cm, tinggi sungkup = 38 cm, ukuran rak = 60 cm × 60 cm, ukuran turbin ventilator = 12 inchi, ukuran blower = 4 inchi, dan kapasitas panel surya = 100 Wp), timbangan digital (CAB) 2 desimal, RH meter (HTC-1 Hygro-Thermo), multi meter (EZREN DT-9205A), anemometer (LUTRON AM-4200), termokopel (Pico Technology TC-08 USB Thermocouple Data Logger), dan solarimeter (TENMARS TM-206). Alat untuk analisis yaitu cawan porselen, oven, desikator, penjepit, dan timbangan analitik.



Gambar 1. Alat Pengering Sistem Turbin Ventilator dan Blower

Tahapan Penelitian

Langkah pertama adalah mempersiapkan alat pengering dan kalibrasi alat ukur yang dibutuhkan, serta persiapan bahan uji (kerupuk ikan basah). Selanjutnya menentukan kadar air awal bahan uji

(kerupuk ikan basah) menggunakan metode oven. Proses pengeringan dimulai pada jam 08:00 WIB dengan bahan disusun merata 1 lapis di 3 rak yang tersedia pada masing-masing alat pengering dan dimasukkan ke dalam alat pengering tersebut. Pengambilan

data secara periodik selama proses pengeringan pada titik-titik pengukuran hingga mencapai kadar air akhir bahan yang ditentukan. Kemudian menghentikan proses pengeringan ketika sudah mencapai kadar air <11% (SNI 01-2713-1999). Setelah itu melakukan perhitungan matematis terhadap parameter yang dianalisis.

Perubahan kadar air bahan selama pengeringan diperoleh dari **persamaan 1** dan **2**.

Kadar air (%bb) =

$$\frac{\text{massa bahan} - \text{massa padatan}}{\text{massa bahan}} \times 100\% \quad (1)$$

Kadar air (%bk) =

$$\frac{\text{massa bahan} - \text{massa padatan}}{\text{massa padatan}} \times 100\% \quad (2)$$

Energi panas radiasi matahari yang digunakan dihitung dengan **persamaan 3**.

$$Q_1 = A (\Sigma I_r . t) \quad (3)$$

Dimana Q1 adalah energi panas radiasi matahari (kJ), A adalah luas permukaan bangunan (m²), I_r adalah iradiasi surya rata-rata (W/m²), dan t adalah waktu pengeringan (detik).

Energi untuk memanaskan bahan dihitung dengan **persamaan 4**.

$$Q_2 = m_{ki} . C_{pk} (T_b - T_i) \quad (4)$$

Dimana Q2 adalah energi untuk memanaskan bahan (kJ), m_{ki} adalah massa awal kerupuk ikan (kg), C_{pk} adalah panas jenis kerupuk ikan (kJ/kg °C), T_b adalah suhu bahan rata-rata (°C), dan T_i adalah suhu awal bahan (°C).

Energi untuk menguapkan air bahan dihitung dengan **persamaan 5**.

$$Q_3 = m_u . h_{ig} \quad (5)$$

Dimana Q3 adalah energi untuk menguapkan air bahan (kJ), m_u adalah massa air yang diuapkan (kg) dan h_{ig} adalah panas laten penguapan air (kJ/kg).

Energi untuk memanaskan udara dihitung dengan **persamaan 6**.

$$Q_4 = \dot{m}_{ud} . C_p . \Delta T . t \quad (6)$$

Dimana Q4 adalah energi untuk memanaskan udara (kJ), $\dot{m}_{ud}$ adalah laju aliran massa udara (kg/s), C_p adalah panas jenis udara (J/kg. °C), ΔT adalah perbedaan suhu (°C), dan t adalah waktu pengeringan (detik).

Energi untuk menggerakkan blower dihitung dengan **persamaan 7**.

$$Q_5 = V . I . t \quad (7)$$

Dimana Q5 adalah energi untuk memanaskan udara (kJ), V adalah tegangan listrik (volt), I adalah arus listrik (ampere) dan t adalah waktu pengeringan (detik).

Energi yang masuk sistem pengeringan dihitung dengan **persamaan 8** dan **9**.

$$Q_6 = Q_1 + Q_5 \quad (8)$$

$$Q_7 = Q_1 \quad (9)$$

Dimana Q6 adalah energi sistem pengeringan dengan blower (kJ), Q7 adalah energi sistem pengeringan dengan turbin ventilator (kJ), Q1 adalah energi panas radiasi matahari (kJ), Q5 adalah energi untuk memanaskan udara (kJ).

Energi total proses pengeringan dihitung dengan **persamaan 10**.

$$Q_8 = Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (10)$$

Dimana Q_8 adalah energi total untuk proses pengeringan (kJ), Q_2 adalah energi untuk memanaskan bahan (kJ), Q_3 adalah energi untuk menguapkan air bahan (kJ) dan Q_4 adalah energi untuk memanaskan udara (kJ).

Efisiensi pengeringan dihitung dengan **persamaan 11 dan 12.**

$$\eta_{pTV} = \frac{Q_8}{Q_7} \times 100\% \quad (11)$$

$$\eta_{pB} = \frac{Q_8}{Q_6} \times 100\% \quad (12)$$

Dimana η_{pTV} adalah efisiensi pengeringan turbin ventilator (%), η_{pB} adalah efisiensi pengeringan turbin ventilator (%), Q_8 adalah energi total untuk proses pengeringan (kJ), Q_6 adalah energi yang masuk sistem pengeringan dengan blower (kJ), dan Q_7 adalah energi yang masuk sistem pengeringan dengan turbin ventilator (kJ).

Efisiensi termal dihitung dengan **persamaan 13 dan 14.**

$$\eta_{tTV} = \frac{Q_3}{Q_7} \times 100\% \quad (13)$$

$$\eta_{tB} = \frac{Q_3}{Q_6} \times 100\% \quad (14)$$

Dimana η_{tTV} adalah efisiensi termal turbin ventilator (%), η_{tB} adalah efisiensi termal blower (%), Q_3 adalah energi untuk menguapkan air bahan (kJ), Q_6 adalah energi yang masuk sistem pengeringan dengan blower (kJ), dan Q_7 adalah energi yang masuk sistem pengeringan dengan turbin ventilator (kJ).

Laju pengeringan dihitung dengan **persamaan 15.**

$$\frac{dM}{dt} = \frac{M_i - M_f}{t} \quad (15)$$

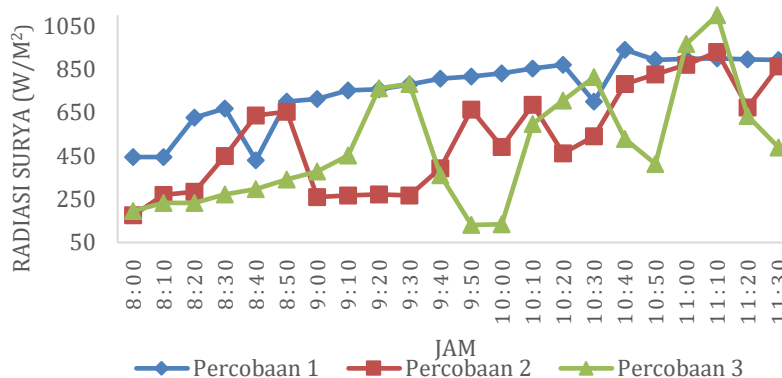
Dimana dM/dt adalah laju pengeringan bahan (%bk/jam), M_i dan M_f adalah kadar air awal dan akhir (%bk) dan t adalah lama pengeringan (jam).

Analisis Data

Analisis data dilakukan secara primer dan dianalisis menggunakan metode uji beda secara statistik (Uji Beda *Independent Sample t Test* dengan SPSS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Radiasi Surya



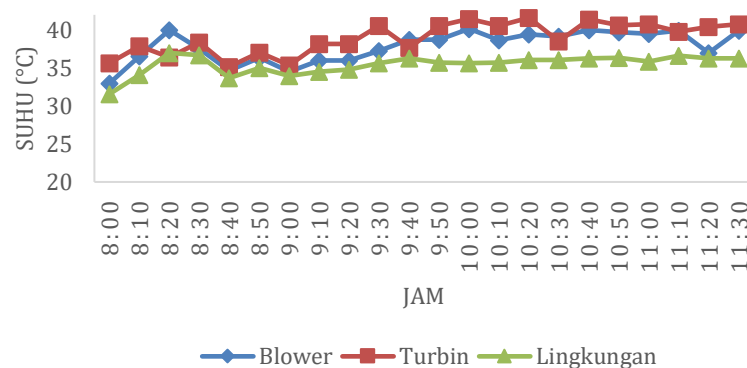
Gambar 2. Persebaran Intensitas Radiasi Surya Pada 3 Percobaan Berbeda

Radiasi surya merupakan sumber energi utama dalam proses pengeringan tipe ERK. Profil persebaran nilai intensitas radiasi surya yang ditampilkan pada **Gambar 2** berlangsung fluktuatif. Percobaan 1, radiasi surya menunjukkan pola yang relatif stabil dengan nilai awal adalah 445 W/m² dan terus meningkat hingga mencapai 940 W/m² pada sekitar jam 11:00 WIB. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi cuaca pada percobaan 1 cenderung cerah tanpa banyak gangguan awan. Pada percobaan 2, fluktuasi terjadi cukup signifikan. Meskipun terdapat peningkatan di awal, intensitas radiasi mengalami penurunan pada rentang jam 09:00-10:00 WIB, kemudian kembali meningkat setelah jam 10:00 WIB. Hal ini menunjukkan indikasi tertutupnya sinar

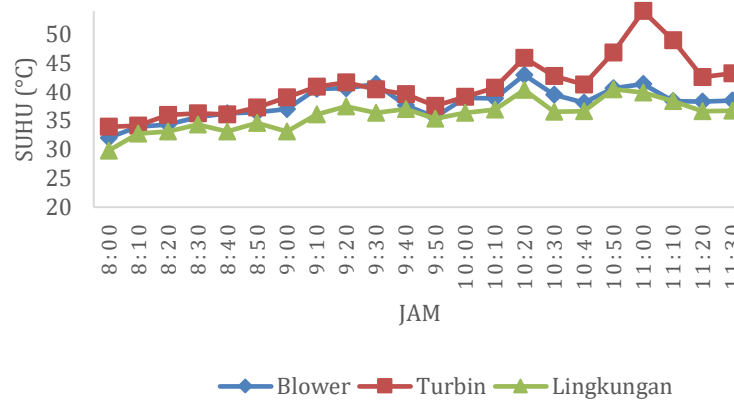
matahari oleh awan. Sementara itu, percobaan 3 menunjukkan nilai radiasi yang relatif rendah di awal, kemudian terjadi peningkatan hingga 1100 W/m² pada jam 11:00 WIB. Kondisi ini menggambarkan adanya mendung pada pagi hari, kemudian berubah menjadi cerah.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pereira, (2024) menyatakan bahwa grafik yang mengalami fluktuasi disebabkan oleh adanya pengaruh atmosfer yang mendung atau berawan, dimana pada hari yang cerah, matahari akan menyuplai energi lebih banyak ke bumi, tetapi pada hari yang mendung atau berkabut, jumlah energi yang dipancarkan oleh matahari tidak sebanyak pada kondisi normal.

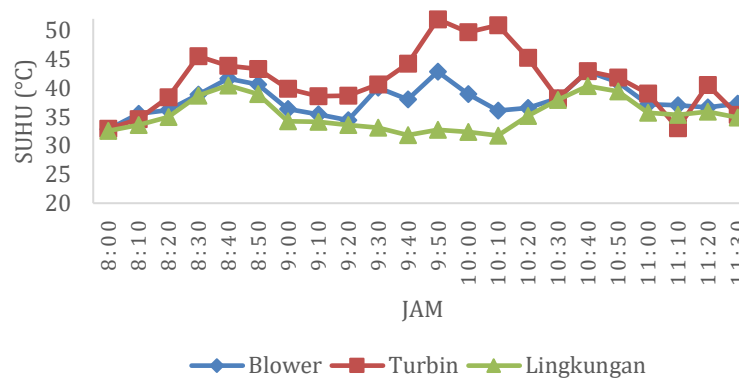
Suhu Udara



Gambar 3. Pesebaran Suhu Udara Pada Percobaan 1 Berbeda



Gambar 4. Persebaran Suhu Udara Pada Percobaan 2 Berbeda



Gambar 5. Persebaran Suhu Udara Pada Percobaan 3 Berbeda

Suhu udara di dalam ruang pengering dengan turbin ventilator menghasilkan rerata suhu udara yaitu 38,9°C (percobaan 1), 41,3°C (percobaan 2) dan 40,7°C (percobaan 3). Sementara suhu udara di dalam ruang pengering dengan blower menghasilkan rerata suhu udara yang lebih rendah yaitu 37,9°C (percobaan 1), 37,9°C (percobaan 2) dan 38,0°C (percobaan 3). Profil persebaran suhu udara yang ditampilkan pada **Gambar 3, 4, dan 5** selama penelitian berlangsung fluktuatif. Suhu udara pada waktu yang sama untuk sistem pengering dengan turbin ventilator

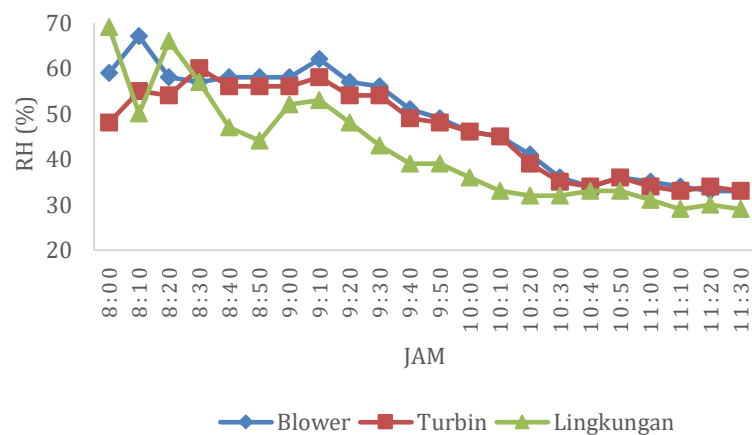
cenderung lebih tinggi dibandingkan blower. Hal ini disebabkan karena kecepatan udara yang lebih rendah pada turbin ventilator membuat udara mampu menyerap lebih banyak panas dari plat absorber sebelum udara tersebut keluar dari ruang pengering. Sebaliknya pada blower, udara bergerak sangat cepat sehingga tidak sempat menyerap panas secara optimal (Hua dkk., 2021).

Plot suhu udara setiap 10 menit menunjukkan pola yang hampir sama, namun pada percobaan 2 fluktuasi suhu udara untuk kedua alat pengering ERK lebih besar.

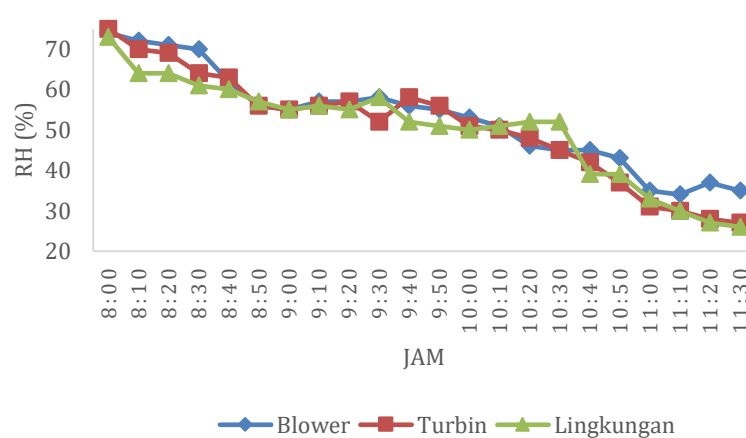
Kondisi ini terjadi karena fluktuasi radiasi surya yang terperangkap pada saat percobaan dan hal ini berhubungan langsung dengan perubahan suhu di dalam ruang pengering. Sementara plot suhu udara di luar ruang pengering cenderung lebih konstan pada setiap percobaan. Kondisi ini terjadi karena pengukuran suhu yang terbuka, sehingga pengaruh angin terhadap perubahan suhu sangat kecil (Fauzia, 2016).

Rerata suhu udara masih memenuhi syarat suhu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan yaitu $<50^{\circ}\text{C}$ (Wijaya, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa selama suhu udara pengering masih berada pada kisaran tersebut maka pengeringan yang terlalu cepat tidak akan terjadi, sehingga tidak menyebabkan *case hardening* pada produk hasil pengeringan.

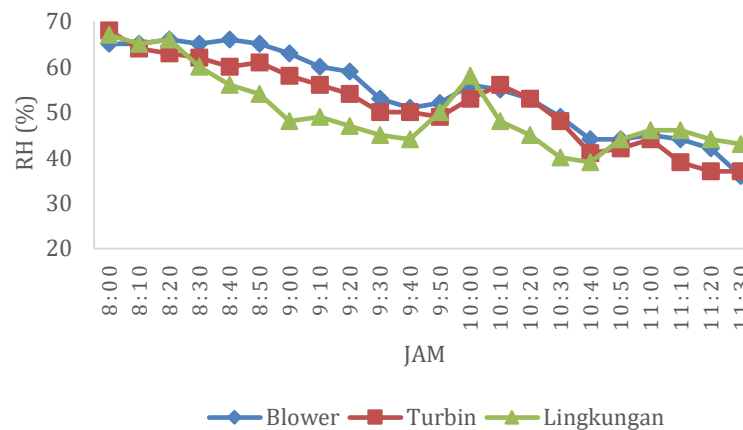
Kelembapan Relatif (RH)



Gambar 6. Persebaran RH udara Pada Percobaan 1 Berbeda



Gambar 7. Pesebaran RH Udara pada Percobaan 2 Berbeda



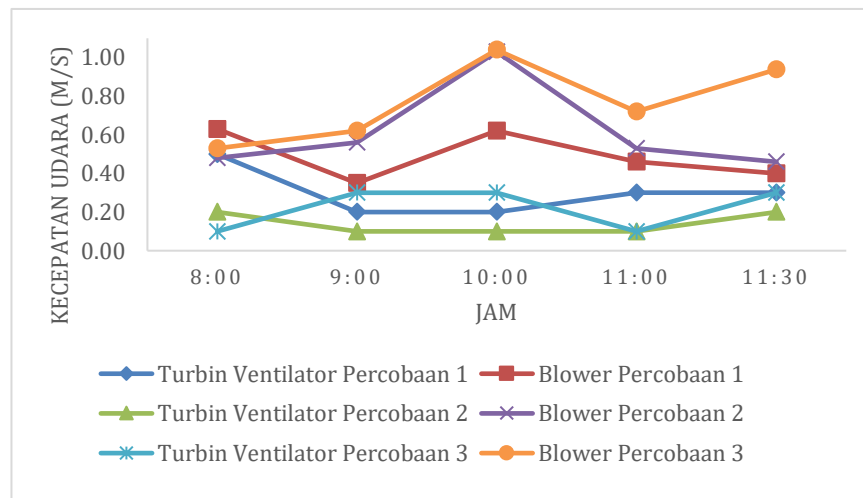
Gambar 8. Persebaran RH Udara Pada Percobaan 3 Berbeda

Nilai RH di dalam ruang pengering dengan turbin ventilator menghasilkan rerata RH yaitu 46,2% (percobaan 1), 50,9% (percobaan 2) dan 52,0% (percobaan 3). Sementara nilai RH di dalam ruang pengering dengan blower menghasilkan rerata RH yang lebih tinggi yaitu 48,3% (percobaan 1), 53,0% (percobaan 2) dan 54,5% (percobaan 3). Profil persebaran RH yang ditampilkan pada **Gambar 6, 7, dan 8** selama penelitian berlangsung fluktuatif, menunjukkan pola menurun. Perbedaan nilai RH pada kedua alat pengering disebabkan karena karakteristik aliran udara yang berbeda antara turbin ventilator dan blower. Aliran udara pada blower didorong paksa dengan kecepatan tinggi yang membentuk pola aliran udara kompleks dan cenderung turbulen, menyebabkan udara lembab tertahan, sehingga nilai RH cenderung lebih tinggi (Ridwan & Islamiyanti, 2023). Sementara

kondisi RH lingkungan yang lebih rendah diduga terjadi akibat sirkulasi bebas dan tidak terkonsentrasi yang memungkinkan uap air tersebar dengan cepat.

Nilai RH biasanya lebih tinggi pada pagi dan malam hari ketika suhu udara rendah, lalu menurun pada siang hari ketika terjadi peningkatan suhu udara. Kondisi ini menunjukkan bahwa RH pengering juga dipengaruhi oleh suhu udara. Ketika nilai suhu udara di dalam ruang pengering mengalami kenaikan, nilai RH mengalami penurunan. Menurut Nudian dkk. (2020) hubungan suhu dan RH udara adalah saling berbanding terbalik. Semakin tinggi suhu udara, maka semakin rendah kandungan air dalam udara tersebut karena semakin tinggi suhu maka pindah panas dan massa antara udara dan bahan akan semakin besar sehingga mempercepat proses pengeringan (Soekarno dkk., 2023).

Kecepatan Udara



Gambar 8. Persebaran Kecepatan Udara Pada 3 Percobaan Berbeda

Pengaturan kecepatan udara sangat menentukan efisiensi dan kualitas hasil pengeringan. Nilai kecepatan udara dengan turbin ventilator menunjukkan nilai yang relatif rendah, yaitu sebesar 0,30 m/s (percobaan 1), 0,13 m/s (percobaan 2) dan 0,22 m/s pada percobaan 3. Sedangkan pada blower menunjukkan perbedaan yaitu 0,52 m/s (percobaan 1), 0,66 m/s (percobaan 2) dan 0,74 m/s (percobaan 3). Hal ini mengindikasikan bahwa blower cenderung menghasilkan kecepatan lebih tinggi secara konsisten dibanding turbin ventilator.

Profil persebaran nilai kecepatan udara yang ditampilkan pada **Gambar 9** di atas menunjukkan pola yang fluktuatif. Fluktuasi kecepatan udara pada turbin

ventilator terlihat relatif stabil. Kondisi ini menunjukkan bahwa turbin ventilator hanya mampu menghasilkan kecepatan udara yang rendah dan sangat dipengaruhi oleh angin luar. Menurut Hadi, (2022) turbin ventilator akan selalu berputar apabila mendapatkan hembusan angin yang lemah sekalipun. Sementara blower menunjukkan peningkatan udara yang lebih signifikan, terutama pada percobaan 3. Hal ini menunjukkan bahwa blower mampu menghasilkan dorongan udara yang kuat. Kecepatan udara berperan dalam mendukung proses penguapan dan pembawaan uap air keluar dari bahan sehingga mampu mempercepat laju pengeringan (Rahayuningtyas dkk., 2016).

Laju Pengeringan dan Kadar Air

Tabel 1. Rerata laju pengeringan dan kadar air pada pengeringan dengan turbin ventilator dan blower.

Jam (WIB)	Turbin Ventilator			Blower		
	Kadar Air (%bb)	Kadar Air (%bk)	Laju Pengeringan (%bk/jam)	Kadar Air (%bb)	Kadar Air (%bk)	Laju Pengeringan (%bk/jam)
9:00	31,16	45,28	26,45	31,70	46,43	25,30
10:00	21,28	27,04	18,24	21,84	27,96	18,47
11:00	13,28	15,32	11,72	13,71	15,89	12,06
11:30	10,19	11,36	7,93	10,32	11,40	8,99

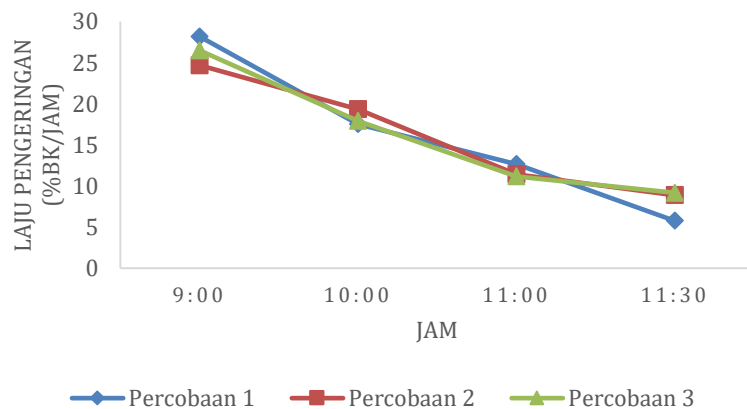
Laju Pengeringan

Laju pengeringan menunjukkan kecepatan pelepasan air dari bahan selama proses pengeringan berlangsung. Berdasarkan **Tabel 1**, pada awal pengeringan di rentang jam 08:00–09:00 WIB, laju pengeringan relatif tinggi dengan rerata nilai sebesar 26,45 %bk/jam dengan turbin ventilator dan 25,30 %bk/jam dengan blower. Menurut Chanpet dkk. (2020), peningkatan kecepatan aliran udara berperan dalam menipiskan *boundary layer* di permukaan produk sehingga mempermudah proses perpindahan massa dan panas.

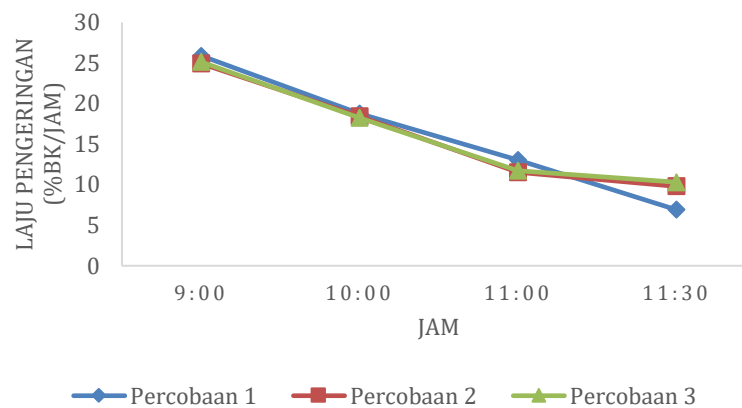
Laju pengeringan dengan turbin ventilator pada jam 10:00 WIB menurun menjadi 18,24 %bk/jam dan blower sebesar 18,47 %bk/jam. Pada fase ini, perbedaan laju pengeringan antara turbin ventilator dan

blower belum terlihat signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa ketika proses berlanjut, hambatan di dalam bahan mulai mendominasi. Fikry dkk. (2023) menjelaskan bahwa pada tahap ini, laju pengeringan mulai dipengaruhi oleh difusi internal dalam jaringan bahan.

Laju pengeringan pada jam 11:00 WIB dengan turbin ventilator adalah sebesar 11,72 %bk/jam, sedikit lebih rendah dibandingkan blower yang sebesar 12,06 %bk/jam. Hal ini diduga karena aliran udara dari blower cenderung lebih stabil dan terarah dibandingkan turbin ventilator. Kemudian pada jam 11:30 WIB, laju pengeringan turbin ventilator sebesar 7,93 %bk/jam, sedangkan dengan blower lebih tinggi yaitu 8,99 %bk/jam. Kondisi ini terjadi akibat distribusi panas dalam ruang pengering yang dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban.



Gambar 10. Persebaran Laju Pengeringan Sistem Turbin Ventilator



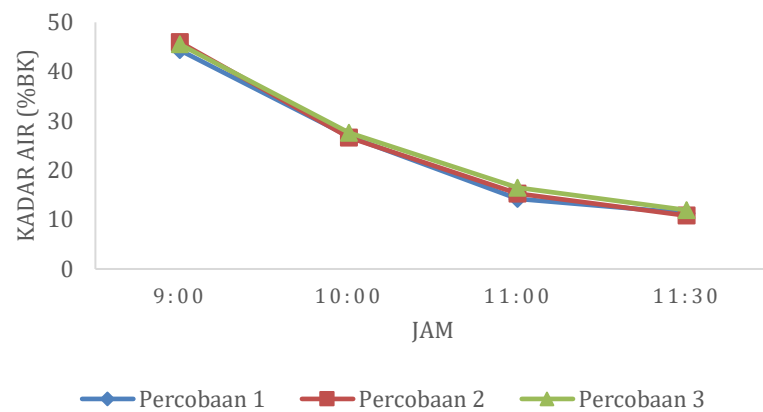
Gambar 11. Persebaran Laju Pengeringan Sistem Blower

Grafik laju pengeringan pada **Gambar 10** dan **11** menunjukkan laju pengeringan dengan pola yang serupa antara turbin ventilator dan blower, yaitu pola menurun seiring bertambahnya waktu pengeringan. Turbin ventilator memanfaatkan sirkulasi udara panas yang lebih merata di dalam ruang pengering, sedangkan blower menghasilkan aliran yang terarah dan cepat namun distribusinya kurang homogen. Penelitian yang dilakukan oleh Khan dkk. (2020) menggunakan simulasi CFD juga menegaskan bahwa distribusi aliran udara yang homogen berperan penting dalam menjaga kestabilan laju pengeringan pada tahap akhir. Namun hasil uji t independen menggunakan SPSS, menunjukkan nilai Sig. (2-tailed) = 0,983 (>0,05), sehingga perbedaan tidak signifikan secara statistik pada taraf kepercayaan 95%.

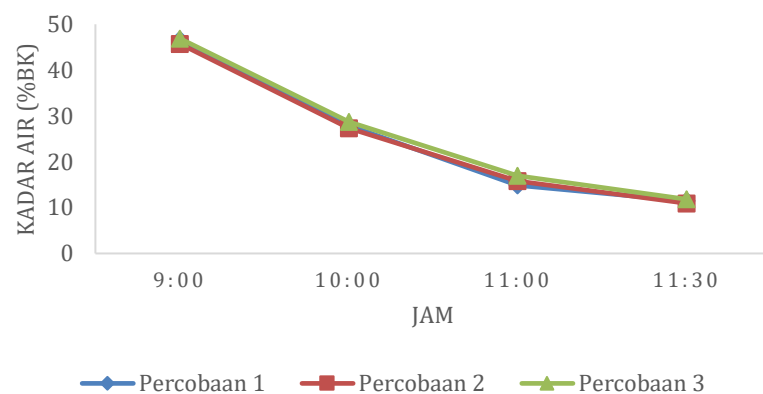
Penurunan Kadar Air Terhadap Waktu

Penurunan kadar air merupakan tujuan utama dari proses pengeringan untuk

memperpanjang daya simpan bahan. Berdasarkan **Tabel 1**, pada rentang jam 08:00-09:00 WIB, kadar air dengan turbin ventilator sebesar 45,28 %bk, sedangkan pada blower sebesar 46,43 %bk. Kemudian penurunan kadar air yang cukup signifikan terjadi pada jam 10:00 WIB, kadar air turun menjadi 27,04 %bk dengan turbin ventilator dan 27,96 %bk dengan blower. Selanjutnya, pada jam 11:00 WIB kadar air turun menjadi 15,32 %bk dengan turbin ventilator dan 15,89 %bk dengan blower, sedangkan pada jam 11:30 WIB, kadar air sudah mencapai titik mendekati stabil, yaitu 11,36 %bk dengan turbin ventilator dan 11,40 %bk dengan blower. Tahap ini mencerminkan fase pengeringan lambat, di mana air yang tersisa berada di dalam matriks bahan sehingga membutuhkan energi lebih besar untuk berdifusi keluar.



Gambar 12. Persebaran Kadar Air Sistem Turbin Ventilator 3 Percobaan Berbeda



Gambar 13. Persebaran Kadar Air Sistem Blower 3 Percobaan Berbeda

Grafik penurunan kadar air pada **Gambar 12** dan **13** menunjukkan bahwa kadar air kerupuk ikan menurun secara cepat pada awal pengeringan, kemudian semakin melambat seiring bertambahnya waktu pengeringan. Menurut Mujumdar, (2016) di tahap awal pengeringan, air bebas yang relatif mudah diuapkan dikeluarkan dengan cepat, sehingga kadar air turun signifikan. Namun, pada tahap berikutnya, sebagian besar air yang tersisa adalah air terikat dalam matriks bahan, sehingga laju penurunan kadar air menjadi lebih lambat.

Hal ini sejalan dengan penelitian Amin dkk. (2018) yang menyatakan bahwa kadar air akan mengalami penurunan lebih cepat di awal karena disebabkan oleh penguapan air yang terjadi pada permukaan, selanjutnya kadar air mengalami penurunan secara perlahan akibat air yang ada dalam bahan sudah mulai terjadi pengaliran keluar permukaan, lalu pada tahap akhir pengeringan penguapan kadar air semakin berkurang dan cenderung konstan karena kadar air yang ada dalam bahan diduga sudah berada pada titik terendah dari proses penguapan di luar ada titik terendah dari

proses penguapan di luar permukaan dan di dalam permukaan bahan.

Kebutuhan Energi

Tabel 2. Kebutuhan energi proses pengeringan dengan turbin ventilator

Percobaan	Q1 (kJ)	Q2 (kJ)	Q3 (kJ)	Q4 (kJ)	Q7 (kJ)	Q8 (kJ)
1	10335	0,599	1301,91	2120,67	10335	3423,18
2	7259	1,671	1416,08	1571,55	7259	3110,19
3	6792	1,166	1195,12	2153,85	6792	3350,14

Tabel 3. Kebutuhan energi proses pengeringan dengan blower

Percobaan	Q1 (kJ)	Q2 (kJ)	Q3 (kJ)	Q4 (kJ)	Q5 (kJ)	Q6 (kJ)	Q8 (kJ)
1	10335	0,858	1198,55	2503,63	60,21	10395	3579,59
2	7259	1,219	1367,93	3434,6	62,20	7321	4564,13
3	6792	0,509	1156,69	3069,39	61,17	6853	4357,84

Kebutuhan energi pada proses pengeringan kerupuk ikan yang disajikan pada **Tabel 3** dan **4** menunjukkan adanya perbedaan antara sistem turbin ventilator dan blower. Nilai Q1 yang digunakan sebagai energi utama dalam pengeringan bervariasi pada setiap percobaan. Nilai Q2, Q3, dan Q4

pada sistem turbin ventilator menunjukkan distribusi yang cukup seimbang. Sementara itu, pada sistem blower, kebutuhan energi total lebih besar karena selain memanfaatkan panas matahari, terdapat tambahan energi untuk menggerakkan blower (Q5).

Efisiensi Pengeringan

Tabel 4. Efisiensi pengeringan dengan turbin ventilator dan blower

Percobaan	Turbin Ventilator		Blower	
	η_p (%)	η_t (%)	η_p (%)	η_t (%)
1	33,12	12,60	35,62	11,53
2	41,18	19,51	65,61	18,68
3	49,32	17,60	61,67	16,88
Rata-rata	41,21	16,57	54,30	15,70

Nilai efisiensi pengeringan dipengaruhi oleh suhu udara, RH, kecepatan aliran udara, serta intensitas radiasi surya. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan energi dan efisiensi pengeringan, penggunaan turbin ventilator menghasilkan efisiensi rata-rata sebesar 41,21%, lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan

blower yang mencapai 54,30%, ditunjukkan pada **Tabel 4**. Hal ini dapat terjadi karena kecepatan aliran udara pada turbin ventilator cenderung fluktuatif, tergantung pada intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin di sekitar alat. Akibatnya, efisiensi pengeringan pada sistem turbin ventilator menjadi lebih rendah dibanding blower.

Efisiensi pengeringan yang tinggi menunjukkan semakin baik kinerja alat pengering karena energi yang digunakan dapat dimanfaatkan secara optimal dalam menurunkan kadar air bahan. Penelitian Izdiharrudin dkk. (2019) menyatakan bahwa peningkatan kecepatan udara blower dapat meningkatkan efisiensi pengeringan hingga 23%. Selain itu, variasi suhu dan kecepatan udara yang tidak stabil dapat mempengaruhi nilai efisiensi pengeringan dan menyebabkan hasil pengeringan tidak seragam. Namun hasil uji t independen menggunakan SPSS, menunjukkan nilai Sig. (2-tailed) = 0,333 ($>0,05$), sehingga perbedaan efisiensi tidak signifikan secara statistik pada taraf kepercayaan 95%.

Efisiensi termal merupakan ukuran kemampuan suatu sistem pengering dalam memanfaatkan energi panas yang tersedia untuk proses penguapan air dari bahan. Nilai efisiensi termal yang disajikan pada Tabel 8 menunjukkan bahwa turbin ventilator memiliki nilai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan blower yaitu dengan rerata nilai 16,57% dan 15,70%. Nilai efisiensi termal yang dihasilkan masih relatif rendah (10-22%) dan tergolong wajar pada sistem pengering berbasis tenaga surya. Menurut Osintsev dkk. (2023) rendahnya nilai efisiensi pada sistem pengering sederhana umumnya disebabkan oleh tingginya kehilangan panas ke lingkungan melalui konduksi dan konveksi bebas, serta kurang optimalnya isolasi pada ruang pengering.

Lama Pengeringan

Lama pengeringan merupakan waktu yang dibutuhkan hingga bahan mencapai kadar air yang diinginkan. Hasil penelitian yang disajikan pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa proses pengeringan kerupuk ikan dengan menggunakan turbin ventilator dan blower berlangsung selama 3,5 jam. Waktu pengeringan dimulai dari jam 08:00 dan selesai pada jam 11:30 WIB, dalam waktu tersebut kadar air bahan sudah mencapai $<11\%$. Perbandingan lama pengeringan pada blower menunjukkan sedikit lebih efisien karena kadar air akhir tercapai lebih cepat dengan nilai yang sedikit lebih rendah dibandingkan turbin ventilator. Hal ini sesuai dengan pernyataan Fikry dkk. (2023), bahwa sistem pengeringan dengan aliran udara paksa (*forced convection*) mampu mempercepat pelepasan uap air dibandingkan konveksi alami karena distribusi panas lebih merata dan kecepatan udara lebih tinggi. Sehingga baik turbin ventilator maupun blower efektif dalam menurunkan kadar air kerupuk ikan hingga mencapai kadar air akhir yang aman untuk penyimpanan.

KESIMPULAN

Proses pengeringan kerupuk ikan dengan turbin ventilator dan blower sama-sama mampu menurunkan kadar air hingga mencapai kadar air akhir sekitar 11 %bk dengan lama pengeringan 3,5 jam. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa kinerja pengeringan kedua sistem tersebut tidak

berbeda nyata, meskipun secara numerik blower menunjukkan efisiensi proses yang lebih tinggi. Oleh karena itu, blower lebih sesuai digunakan pada lokasi dengan cuaca yang fluktuatif (cerah-mendung), sedangkan turbin ventilator lebih cocok diterapkan di daerah terpencil atau pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, S., Jamaluddin, J., & Rais, M. (2018). Laju Pindah Panas Dan Massa Pada Proses Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Pengering Tipe Bak (Batch Dryer). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 4, S87-S104.
- [Bsn] Badan Standardisasi Nasional. 1999. Sni 01-2713-1999. Kerupuk Ikan. Jakarta (Id): Badan Standardisasi Nasional.
- Chanpet, M., Rakmak, N., Matan, N., & Siripatana, C. (2020). Effect Of Air Velocity, Temperature, And Relative Humidity On Drying Kinetics Of Rubberwood. *Heliyon*, 6(10), 1-15.
- Fauzia, I. (2016). Uji Performansi Dan Analisis Keseimbangan Panas Pada Bangunan Pengering Tipe Efek Rumah Kaca Untuk Pengeringan Emping Jagung.
- Fikry, M., Benjakul, S., Al-Ghamdi, S., Tagrida, M., & Prodpran, T. (2023). Evaluating Kinetics Of Convection Drying And Microstructure Characteristics Of Asian Seabass Fish Skin Without And With Ultrasound Pretreatment. *Foods*, 12(16), 3024.
- Hadi, A. (2022). *Analisa Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Performa Turbin Ventilator* (Doctoral Dissertation, Itn Malang).
- Harianda, I., & Zaenuri, M. A. (2020). Rancang Bangun Pengering Jagung Energi Surya Dengan Turbin Ventilator. *Jurnal Integrasi*, 12(2), 105-111.
- Hua, H. J., Al-Obaidi, A. S. M., Meng, C. W., & Hui, K. J. L. N. (2021). Effect Of Supply And Exhaust Air Velocity On The Enthalpy And Temperature Exchange Efficiency Of A Paper Heat Exchanger. In *Matec Web Of Conferences*, 335, 1-9.
- Indra, R. (2020). Perawatan Dan Perbaikan Blower Dan Fan Untuk Meningkatkan Sirkulasi Udara Kamar Mesin Di Mv. *Bhaita Perkasa Pt. Cakra Bahana Jakarta. Universitas Maritim Amni Semarang*.
- Izdiharrudin, M. F., Hantoro, R., & Hepriyadi, S. U. (2019). Heat transfer analysis of solar fish drying machine on the effects of fish mass and blower speed variations. *American Journal of Modern Energy*, 5(2), 19-22.
- Khan, M. I. H., Welsh, Z., Gu, Y., Karim, M. A., & Bhandari, B. (2020). Modelling Of Simultaneous Heat And Mass Transfer Considering The Spatial Distribution Of Air Velocity During Intermittent Microwave Convective Drying. *International Journal Of Heat And Mass Transfer*, 153, 119668.
- Lestari, O. R., Novarini, N., & Sukadi, S. (2019). Peningkatan Proses Pengeringan Kerupuk Ikan Di Desa Tengah Kecamatan Pelayangan Kota Jambi. *Aptekmas Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 2(3).
- Lilir, F. B., Palar, C. K. M., & Lontaan, N. N. (2021). Pengaruh Lama Pengeringan Terhadap Proses

- Pengolahan Kerupuk Kulit Sapi. *Zootec*, 41(1), 214-222.
- Mujumdar, A. S. (2016). *Handbook Of Industrial Drying*. Crc Press.
- Nudian, W., Dede, M., Widiawaty, M. A., Ramadhan, Y. R., & Purnama, Y. (2019). Pemanfaatan Sensor Mikro Dht11-Arduino Untuk Monitoring Suhu Dan Kelembaban Udara.
- Osintsev, K., Aliukov, S., Kuskarbekova, S., Tarasova, T., Karelin, A., Konchakov, V., & Kornyakova, O. (2023). Increasing Thermal Efficiency: Methods, Case Studies, And Integration Of Heat Exchangers With Renewable Energy Sources And Heat Pumps For Desalination. *Energies*, 16(13), 4930.
- Pakpahan, N., & Nelinda, N. (2019). Studi Karakteristik Kerupuk: Pengaruh Komposisi Dan Proses Pengolahan. *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*, 1(1), 28-38.
- Pereira, C. D. J. (2024). Perancangan Bangun Mesin Pengeringan Kemiri dengan Sumber Energi Matahari. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, 4(2), 265-271.
- Rahayuningtyas, A., & Kuala, S. I. (2016). Pengaruh suhu dan kelembaban udara pada proses pengeringan singkong (studi kasus: pengering tipe rak). *Ethos: Jurnal Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*, 99-104.
- Ramadhan, Muh. R., Darmawan, B., & Suksmadana, I. M. B. (2024). Rancang Bangun Alat Pengering Kerupuk Kulit Dengan Pemanas Heater Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler. *Tin: Terapan Informatika Nusantara*, 4(12), 750–757.
- Ridwan, R., & Islamiyanti, H. N. (2023). Simulasi Pengaruh Laju Aliran Masuk Terhadap Distribusi Tekanan Dan Suhu Pada Ruang Pengering Menggunakan Cfd. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 28(3), 218-227.
- Soekarno, S., Nadzirah, R., Indarto, I., Lestari, N. P., Bahariawan, A., & Karimah, N. (2023). Pengendalian Suhu Ruang Pada Mesin Pengering Vertikal Tipe Rak (Vertical Tray Dryer) Dalam Pengeringan Biji Jagung (*Zea Mays L.*). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 11(1), 113-124.
- Subarjo, T., Widodo, M., & Yusfiar, K. (2015). Modifikasi Pengering Tenaga Surya Dengan Ventilator Otomatis. *Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian-Tektan*, 7(3), 145-156.
- Wijaya, A. (2017). Uji Unjuk Kerja Mesin Pengering Tipe Efek Rumah Kaca (Erk) Berenergi Surya Dan Biomassa Untuk Pengeringan Biji Pala (*Myristica Sp.*) Di Ud. Sari Awi, Ciherang Pondok, Caringin, Bogor