

KAJI EKSPERIMENTAL PENGERINGAN PADI (*Oryza sativa*) MENGGUNAKAN OVEN MICROWAVE PADA TEMPERATUR 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C

Novi Caroko*

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Geblagan, Tamantirto, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183.

*Email: novicaroko@umy.ac.id

Abstrak

Pengeringan padi bertujuan untuk mengurangi kadar air, sehingga aman selama penyimpanan. Metode pengeringan yang tepat dibutuhkan untuk membantu mengurangi kadar air dan menjaga kualitas produk. Pada penelitian ini, metode pengeringan dilakukan menggunakan oven microwave dengan daya 800 W dan variasi temperatur 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C selama 180 menit. Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik pengeringan bulir padi menggunakan oven microwave pada berbagai variasi temperatur. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan antara temperatur pengeringan terhadap konstanta laju pengeringan konstan. Pada variasi temperatur pengeringan yang digunakan terjadi kenaikan konstanta laju pengeringan konstan rata-rata sebesar 0,000675%, konstanta laju pengeringan menurun meningkat sebesar 0,00004%, dan intensitas energi rata-rata menurun sebesar 1.910,1 J/%MC.

Kata kunci: Kadar Air, Konstanta Laju Pengeringan, Laju Aliran Massa, Pengeringan

1. PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa*) merupakan komoditas strategis yang memiliki peran penting dalam ketahanan pangan karena merupakan sumber pangan utama di Indonesia. Data Badan Pusat Statistik (2024) menunjukkan luas panen padi di Indonesia pada tahun 2024 mencapai 10,05 juta hektar. Luas panen padi pada tahun tersebut mengalami penurunan sebesar 167,25 ribu hektar atau 1,64% dibandingkan luas panen tahun 2023 sebesar 10,21 juta hektar. Salah satu proses pasca panen padi adalah proses pengeringan. Tujuan utama pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air, sehingga aman selama penyimpanan. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada bulir padi, seperti perubahan warna dan peningkatan perkembangan jamur serta serangan hama (International Rice Research Institute, 2019).

Metode pengeringan yang tepat dibutuhkan untuk membantu mengurangi kadar air, mencegah kerusakan, dan menjaga kualitas. Secara umum, pengeringan dapat dilakukan melalui beberapa cara, antara lain *sun drying* (SD), *convectional hot air drying* (AD), *osmotic drying* (OD), dan *microwave drying* (MD) (Rice Knowledge Bank, 2017; Radojčin dkk., 2021). Metode yang sering digunakan untuk mengeringkan padi adalah SD, tetapi metode ini sangat bergantung pada kondisi cuaca dan membutuhkan waktu yang lama. Pengeringan padi dengan metode SD memakan waktu antara 1-4 hari (Sinaga dkk., 2023).

Oleh karena itu, metode alternatif seperti *microwave drying* (MD) perlu diterapkan. MD memiliki beberapa keunggulan dibandingkan teknologi pengeringan konvensional lainnya. MD dapat meningkatkan laju pengeringan dan efisiensi energi. Energi *microwave* dapat menembus ke dalam matriks material, sehingga efisiensi pemanasan meningkat. Selain itu, metode ini memanfaatkan sumber energi yang ramah lingkungan dan memiliki biaya pemrosesan yang lebih hemat (Jangam dkk., 2024).

Zhu dkk., (2024) mengevaluasi pengaruh dari metode pengeringan yang berbeda terhadap karakteristik pengeringan *Glycyrrhiza uralensis*. Hasil penelitian menunjukkan proses MD memiliki waktu pengeringan yang paling singkat (16 menit) dibandingkan dengan metode lain, seperti *hot air drying*, *infrared combined hot air drying*, *vacuum freeze drying*, dan *vacuum pulsation drying*. Penelitian yang dilakukan oleh Barik dan Das (2024) menunjukkan MD lebih efektif dalam menurunkan kadar air *black turmeric rhizomes*, karena membutuhkan energi aktivasi yang lebih rendah (3341.8 J/mol) dibandingkan dengan metode AD (64,523.3 J/mol). Hasil penelitian oleh Çelen (2019) menunjukkan kenaikan daya *microwave* dari 120 W menjadi 600 W mampu mempersingkat waktu pengeringan.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan pengeringan dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain metode pengeringan dan

daya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pengeringan bulir padi menggunakan *microwave* pada berbagai variasi temperatur. Hal ini dapat dipertimbangkan dalam pemilihan metode pengeringan untuk skala industri.

2. METODOLOGI

2.1. Material

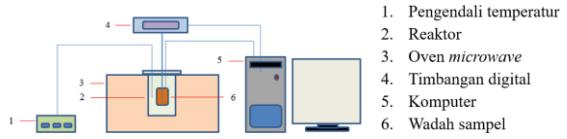
Penelitian ini menggunakan bulir padi sebagai bahan baku yang diperoleh dari Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 1).



Gambar 1. Bulir Padi

2.2. Microwave Drying

Proses pengeringan dilakukan menggunakan *microwave* selama 180 menit dengan daya 800 W. Diagram skematik pengujian ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Skematik Microwave Drying

Sebanyak 35 gram sampel ditempatkan pada wadah sampel dan diletakkan di dalam reaktor. Suhu pengeringan diatur menggunakan pengendali temperatur (*thermocontroller*). Variasi temperatur yang digunakan pada penelitian ini adalah 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C. Selama proses pengeringan, penurunan massa pada benih padi direkam menggunakan *software RsCom* dengan pengambilan data sebanyak 5 kali dalam 1 detik.

2.3. Kinetika Pengeringan

Data penurunan massa yang diperoleh dianalisis menggunakan persamaan (1) berikut:

$$\dot{m} = \Delta m / \Delta t \quad (1)$$

Pada proses pengeringan benih padi menggunakan *microwave*, laju aliran massa merujuk pada kecepatan kadar air menguap

selama proses pengeringan. Nilai kadar air didefinisikan dalam persamaan (3), turunan dari persamaan (2).

$$\frac{dM}{dt} = -k \int dM = \int -k dt \quad (2)$$

$$M_t - M_0 = -kt \quad (3)$$

$$M_t = M_0 - kt$$

Ketika jumlah air cukup untuk menguap secara terus menerus, laju pengeringan terus menurun, yang disebut periode laju konstan. Diperkirakan sama dengan perbedaan kadar air pada setiap waktu pengeringan (M_t) dan kadar air kesetimbangan (M_e), seperti yang tertulis dalam persamaan (4), berdasarkan model Newton. MR sebagai rasio kelembaban tanpa dimensi dihitung dengan menggunakan persamaan (5), yang merupakan turunan dari persamaan (4). Selama periode laju menurun, nilai laju pengeringan konstan ditentukan oleh persamaan (6) yang berasal dari persamaan (5). Kadar air selama pengeringan periode laju menurun dituliskan dalam persamaan (7).

$$\frac{dM_t}{dt} = -k(M_t - M_e) \quad (4)$$

$$MR = \frac{(M_t - M_e)}{(M_0 - M_e)} = e^{-kt} \quad (5)$$

$$\ln \frac{(M_t - M_e)}{(M_0 - M_e)} = -kt \quad (6)$$

$$M_t - M_e = (M_0 - M_e) \cdot e^{-kt} \quad (7)$$

$$M_t = (M_0 - M_e) \cdot e^{-kt} + M_e$$

(Caroko dkk., 2020)

2.4. Kadar Air

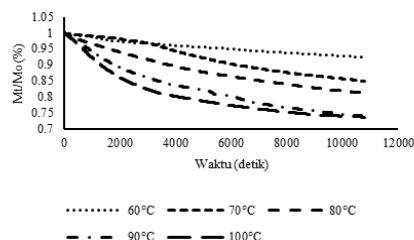
Metode perhitungan kadar air yang digunakan adalah kadar air basis kering (*dry base*). Metode ini memungkinkan pengukuran yang lebih seragam dan relevan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengeringan menggunakan *microwave*. Selain itu, metode ini tidak dipengaruhi oleh massa awal benda uji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Profil Pengeringan

3.1.1. Penurunan Massa

Hasil penurunan massa bulir padi selama proses MD pada variasi temperatur yang berbeda ditampilkan pada Gambar 3.

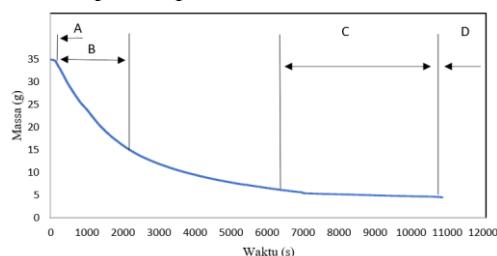


Gambar 3. Penurunan Massa Bulir Padi pada Setiap Variasi Temperatur

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa temperatur sangat berpengaruh pada penurunan massa bulir padi selama pengeringan. Pada variasi temperatur 100°C dan 90°C terlihat penurunan massa bulir padi yang lebih signifikan dibandingkan dengan variasi temperatur lainnya yaitu 60°C, 70°C, dan 80°C. Penurunan massa yang terjadi disebabkan karena proses penguapan kadar air selama proses pengeringan. Semakin tinggi suhu pengeringan, maka kadar air pada bahan akan semakin rendah (Manik dkk., 2019).

3.1.2. Proses Pengeringan

Tahapan selama proses pengeringan bulir padi ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan Massa dan Waktu pada Temperatur 100°C

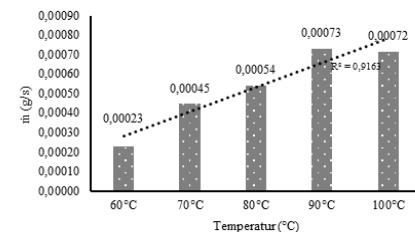
- A. Pemanasan Awal B. Laju Pengeringan Konstan
- C. Laju Pengeringan Menurun D. Laju Pengeringan Akhir

Pada proses pengeringan dibagi menjadi 4 tahapan, yaitu pemanasan awal, laju pengeringan konstan, laju pengeringan

menurun, dan laju pengeringan akhir. Pada tahap pertama material akan mengalami pelepasan kadar air secara cepat sehingga massa yang terekam pada timbangan terlihat tidak stabil. Tahap kedua adalah laju pengeringan konstan, pada tahap ini laju pengeringan akan lebih stabil dikarenakan kadar air pada permukaan padi sudah keluar pada tahap pemanasan awal. Tahap ketiga yaitu laju pengeringan menurun, pada kadar air dalam padi hampir terangkat sepenuhnya sehingga massa akan menurun secara perlahan dibandingkan pada tahapan sebelumnya. Pada tahap keempat yaitu laju pengeringan akhir yaitu fase terakhir dalam proses pengeringan dimana laju penurunan kadar air dalam material mulai melambat secara signifikan dikarenakan sebagian besar air bebas telah diuapkan.

3.2. Laju Aliran Massa Pengeringan (\dot{m})

Laju aliran massa pengeringan bulir padi selama proses MD ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Laju Aliran Massa Pengeringan

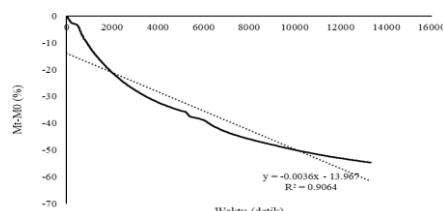
Laju aliran massa pengeringan selama proses MD cenderung mengalami peningkatan ($R^2 > 0,7$). Pada temperatur 60°C dapat diketahui bahwa laju aliran massa bulir padi lebih rendah dibandingkan variasi temperatur lainnya, yakni sebesar 0,00023 g/s. Ketika temperatur ditingkatkan menjadi 70°C, 80°C, 90°C laju aliran massa mengalami peningkatan menjadi 0,00045 g/s, 0,00054 g/s, dan 0,00073 g/s secara berurutan. Laju aliran massa pada temperatur 100°C sebesar 0,00072 g/s dan tidak berbeda jauh dengan temperatur 90°C. Hasil ini sejalan dengan penelitian Zzaman dkk., (2021) yang menunjukkan kenaikan temperatur pengeringan dari 50°C menjadi 60°C berakibat meningkatnya laju pengeringan.

3.3. Konstanta Laju Pengeringan

3.3.1. Konstanta Laju Pengeringan Konstan

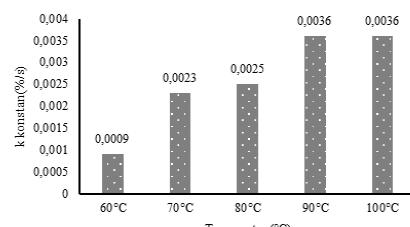
Konstanta laju pengeringan konstan merujuk pada kecepatan berkurangnya kadar air

dalam bulir padi secara konsisten selama proses pengeringan. Gambar 6 menampilkan konstanta laju pengeringan konstan pada temperatur 100°C.



Gambar 6. Konstanta Laju Pengeringan Konstan pada Temperatur 100°C

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa terdapat hubungan yang kuat antara waktu (detik) dan kadar air (%) yang berkurang selama proses pengeringan yang ditunjukkan oleh nilai koefisien regresi (R^2) sebesar 0,9064.



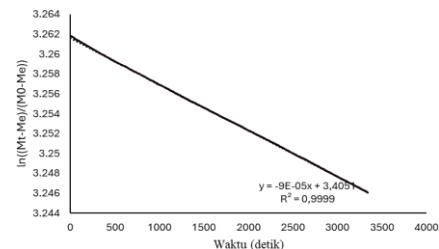
Gambar 7. Konstanta Laju Pengeringan Konstan

Grafik pada Gambar 7 menampilkan laju konstanta pengeringan konstan pada temperatur 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C. Pada temperatur 60°C memiliki nilai laju konstan terendah yaitu dilihat dari nilai k_{konstan} sebesar 0,0009%/s. Pada kenaikan temperatur menjadi 70°C, 80°C, dan 90°C nilai k_{konstan} mengalami kenaikan menjadi 0,0023%/s, 0,0025%/s, dan 0,0036%/s secara berurutan. Hasil tersebut menunjukkan semakin tinggi temperatur pengeringan maka akan semakin tinggi juga nilai konstanta laju aliran pengeringan konstannya. Hasil ini sejalan dengan penelitian Caroko (2020) yang menunjukkan semakin tinggi temperatur pengeringan maka nilai k_{konstan} semakin tinggi.

3.3.2. Konstanta Laju Pengeringan Menurun

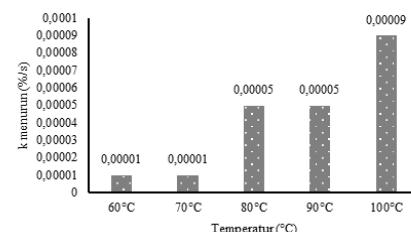
Konstanta laju pengeringan menurun menggambarkan fenomena dimana laju pengeringan massa bulir padi melambat secara bertahap seiring berjalannya waktu atau dengan

berkurangnya massa air yang tersisa pada bulir padi. Fenomena ini sering terjadi ketika proses pengeringan mendekati titik akhir, dimana kadar air yang tersisa pada padi sulit untuk dikeluarkan. Gambar 8 menunjukkan hasil penurunan laju pengeringan pada variasi suhu 100°C.



Gambar 8. Konstanta Laju Pengeringan Menurun pada Temperatur 100°C

Grafik di atas menggunakan model linier dengan $\ln((Mt-Me)/(M0-Me))$ vs. waktu. Data yang dikumpulkan memiliki nilai R^2 di atas 0,7 yang menunjukkan akurasi dalam menggunakan model linier. Nilai konstanta pengeringan menurun (k_{menurun}) yang dihasilkan sebesar 0,000009%.



Gambar 9. Konstanta Laju Pengeringan Menurun

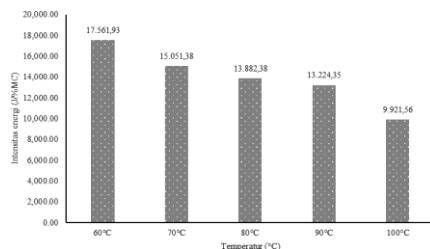
Berdasarkan grafik pada Gambar 9 konstanta laju pengeringan menurun sangat kecil yaitu sebesar 0,00001% pada temperatur 60°C dan 70°C. Hal ini disebabkan oleh temperatur yang digunakan belum mencapai titik akhir untuk pengeringan dimana alur pengeringan cenderung lurus dan stabil, dimulai dari tahap awal dan hanya menurun sedikit pada tahap akhir pengeringan.

Pada temperatur 80°C dan 90°C mulai terjadi peningkatan dari konstanta laju pengeringan menurun dengan nilai k_{menurun} sebesar 0,00005%. Peningkatan ini terjadi dikarenakan temperatur yang digunakan untuk melakukan pengeringan ini mulai mencapai temperatur akhir pengeringan sehingga nilai k_{menurun} meningkat sebesar 0,00004% dari

temperatur sebelumnya. Peningkatan ini berpengaruh untuk pengeringan bulir padi, dimana hal ini akan mempercepat proses pepindahan uap dari dalam bulir ke udara luar. Pada temperatur 100°C terjadi peningkatan yang lebih signifikan. Nilai $k_{menurun}$ yang diperoleh sebesar 0,00009%. Peningkatan ini berpengaruh dikarenakan proses pengeringan telah mencapai tahap akhir, sehingga waktu pengeringan menjadi lebih singkat.

3.4. Intensitas Energi

Intensitas energi pada setiap variasi temperatur pengeringan ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 10. Intensitas Energi

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 11 menunjukkan bahwa temperatur memengaruhi efisiensi energi pada pengeringan. Nilai intensitas energi pada suhu 60°C sebesar 17.561,93 J/%MC yang menunjukkan penghilangan uap air memerlukan jumlah energi yang relatif tinggi. Pada temperatur 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C nilai intensitas energi mengalami penurunan menjadi 15.051,38 J/%MC, 13.882,38 J/%MC, 13.224,35 J/%MC, dan 9.921,56 J/%MC secara berurutan. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengeringan hingga temperatur 100°C akan menghasilkan penurunan intensitas energi yang signifikan. Selain itu, lebih banyak energi panas yang digunakan secara efisien untuk menguapkan air, mempercepat laju pengeringan, dan mengurangi waktu pengeringan (Caroko dkk., 2020).

4. KESIMPULAN

Pada pengujian pengeringan padi menggunakan oven *microwave* pada berbagai variasi temperatur 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C dapat diketahui bahwa:

1. konstanta laju pengeringan konstan rata-rata meningkat sebesar 0,000675%;

2. konstanta laju pengeringan menurun rata-rata meningkat sebesar 0,00004%;
3. intensitas energi rata-rata menurun sebesar 1.910,1 J/%MC.

Namun, hasil ini perlu dikaji lebih lanjut terutama dalam segi kualitas produk pengeringan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didukung oleh Vino Julian yang telah membantu selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. *Berita Resmi Statistik*. <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2022/10/17/1910/pada-2022--luas-penan-padi-diperkirakan-sebesar-10-61-juta-hektare-dengan-produksi-sekitar-55-67-juta-ton-gkg.html>. Diakses: 5 Maret 2025, jam 10.46.
- Barik, M. and Das, A.B., (2024), Microwave-Assisted Drying of Black Turmeric (*Curcuma caesia*) Rhizomes: Drying Behavior, Kinetics, Diffusivity, and Phytochemical Analysis, *Journal of Biosystems Engineering*, 49, pp. 214–225.
- Caroko, N., Saptoadi, H. and Rohmat, T.A., (2020), Comparative study on the drying of oil palm solid waste using conventional and microwave methods, *Journal of Engineering Science and Technology*, 15, pp. 2696–2711.
- Çelen, S., (2019), Effect of microwave drying on the drying characteristics, color, microstructure, and thermal properties of Trabzon persimmon, *Foods*, 8, pp. 7–9.
- International Rice Research Institute. *Drying*. <http://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/postharvest/drying?tmpl=component-category&print=1#:~:text=Drying reduces grain moisture content,rate of the rice seed.&text=It is important to dry,either farm or commercial level>. Diakses: 5 Maret 2025, jam 11.46.
- Jangam, S.V., Law, C.L. and Shirkole, S.S., (2024), *Particulate Drying: Techniques and Industry Applications*. CRC Press, United States of America.
- Manik, A.M, Karo-karo, T. and Lubis, L.M., (2019), Pengaruh Suhu Pengeringan dan Lama Pengeringan Buah Asam Geluhur (*Garcinia atroviridis*) Terhadap Mutu Asam Potong, *Jurnal Rekayasa Pangan*, 7, pp. 1–10.

- Radojčin, M., Pavkov, I., Kovacevic, D.B., Putnik, P., Wiktor, A., Stamenkovic, Z, Keselj, K. and Gere, A., (2021), Effect of selected drying methods and emerging drying intensification technologies on the quality of dried fruit: A review, *Processes*, 9, pp. 1–21.
- Rice Knowledge Bank. *Paddy Drying Systems*.
<http://www.knowledgebank.irri.org/training/fact-sheets/postharvest-management/drying-fact-sheet-category/paddy-drying-systems-fact-sheet?tmpl=component&print=1>. Diakses: 6 Maret 2025, jam 9.22.
- Sinaga, E.I., Tamrin., Asmara, S and Kuncoro, S., (2023), Pengeringan Padi (*Oryza sativa L*) pada Musim Hujan, *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2, p. 313.
- Zhu, L., Li, M., Yang, W., Zhang, W., Yang, X., Zhang, Q and Wang, H., (2024), Effects of Different Drying Methods on Drying Characteristics and Quality of *Glycyrrhiza uralensis* (Licorice), *Food and Fermentation Industries*, 50, pp. 69–75.
- Zzaman, W., Biswas, R. and Hossain, M.A., (2021), Application of immersion pre-treatments and drying temperatures to improve the comprehensive quality of pineapple (*Ananas comosus*) slices, *Heliyon*, 7, p. e05882.