

Pengeringan beku vakum untuk pembenihan padi berkapasitas 10 kg menggunakan evaporator dan kondenser ganda

Awaludin Martin¹, Dinni Agustina¹, Ridwan Abdurrahman¹ dan Saputra Ramahendra¹

¹ Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Pekanbaru

Awaludinmartin01@gmail.com

ABSTRACT

The amount of rice produced in Indonesia, as reported by BPS, fell from 54.6 million tons of milled dry grain in 2020 to 54.42 million tons in 2021, a 0.43% decline. Rice farming relies on high-quality seedlings because they are more adaptable, grow quickly and uniformly, and are pest-resistant. The drying process is one of the most important steps in post-harvest processing. When harvested, rice has a moisture content of about 25–28%; however, the ideal moisture level for seed storage or rice production is 9–14%. Vacuum freeze drying, one of the mechanical drying techniques, is widely regarded as the best drying technique but uses a lot of energy because it relies on maintaining pressure and temperature below the triple point of water, which is 0°C temperature and pressure below 610.5 Pa. To reduce consumption in this drying process, several studies have been conducted, one of which is the utilization of condenser exhaust heat as an additional process, namely in the secondary drying process. This study aims to test a vacuum freeze dryer with a double evaporator and condenser made to dry rice weighing up to 10 kg so that it determines how much water content is lost in rice after drying and how much is the coefficient of a vacuum freeze dryer. The tests conducted showed that a 2.5 kg sample of rice dried in 4 hours at a temperature of -12.98 °C could have its water content reduced by 99.9%, a 5 kg sample dried in 5 hours at a temperature of -12.41 °C could have its water content reduced more than 100%, and a 10 kg sample dried in 7 hours at a temperature of -12 °C could have its water content reduced by 36,7%.

Keywords: Freeze Vacuum Drying, Indoor and outdoor condensers, Indoor and outdoor evaporators, Rice Seedlings, Water Content.

Received 30 September 2023; **Presented** 5 October 2023; **Publication** 27 May 2024

PENDAHULUAN

Produksi padi di Indonesia yang dilaporkan oleh BPS pada tahun 2020 mengalami penurunan 0.43% dari 54,6 juta ton gabah kering giling (GKG), menjadi 54,42 juta ton GKG pada 2021 [1]. Budidaya padi sangat bergantung pada kualitas bibit dimana bibit yang berkualitas adalah bibit padi yang mampu beradaptasi, memiliki pertumbuhan yang cepat dan seragam, serta tahan terhadap hama [2]. Salah satu tahapan kritis pengolahan pasca panen adalah proses pengeringan [3].

Padi memiliki kadar air sekitar 25-28% pada saat pemanenan, sedangkan kadar air yang cocok untuk tujuan penyimpanan benih atau pengolahan menjadi beras adalah sekitar 9-14%. Kandungan air berlebih menyebabkan padi menjadi kemerahan setelah dua atau tiga bulan penyimpanan, dan juga menyebabkan padi menjadi rapuh [4].

Pengeringan merupakan suatu cara yang digunakan dalam teknologi pangan untuk memperpanjang masa simpan produk dengan cara menguapkan sebagian besar kadar air bahan hingga mencapai kadar air tertentu dengan menggunakan energi panas sehingga menghambat laju kerusakan bahan akibat aktivitas biologis dan kimia [5].

Metode umum atau klasik untuk mengeringkan padi adalah menjemur dengan memanfaatkan sinar matahari, dimana temperatur dan kelembaban udara sekitar dan kinerja dari metode ini sangat tergantung kepada penyinaran matahari sehingga tidak dapat dikendalikan lama proses pengeringan dan kualitas hasil pengeringannya [6], proses produksi benih pada umumnya dapat dilihat pada gambar 1.

Metode pengeringan umum ini mulai digantikan dengan metode mekanik, dimana metode ini adalah metode yang lebih efisien, tidak merusak produk yang dikeringkan dan tidak menguapkan nutrisi dan vitamin yang terkandung pada produk yang dikeringkan serta mampu dikendalikan lama prosesnya. Salah satu metode pengeringan mekanik adalah pengeringan vakum beku yang diakui sebagai metode pengeringan terbaik tetapi mengkonsumsi energi dalam jumlah yang besar karena pengeringan beku vakum beroperasi dengan mengendalikan tekanan dan temperatur dibawah keadaan *triple point* air yaitu dibawah suhu 0°C dan tekanan di bawah 610,5 Pa [7], [8].

Untuk mengurangi konsumsi pada proses pengeringan ini beberapa penelitian dilakukan salah satunya adalah dengan pemanfaatan panas buang kondenser sebagai sebuah proses tambahan yaitu pada proses *secondary drying* [9], [10], [11], [12].



Gambar 1. Skema Proses Produksi Benih Padi [4]

Penelitian ini bertujuan menguji alat pengering beku vakum dengan evaporator dan kondenser ganda yang dibuat sebelumnya untuk mengeringkan padi dengan berat sampai dengan 10 kg sehingga didapatkan berapa banyak kandungan air yang hilang pada padi setelah dikerinkingkan dan berapa besar ujuk kerja dari alat pengering beku vakum.

METODE PENELITIAN

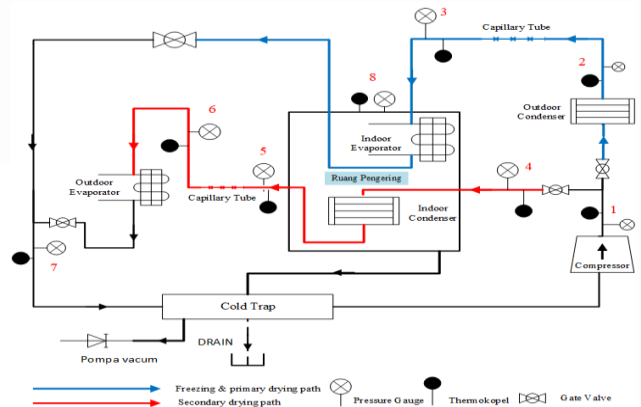
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau

1. Bahan

Pada penelitian ini padi dengan kadar air sekitar 25-28% digunakan sebagai obyek yang dikeringkan terdiri dari 3 sampel, yaitu padi dengan berat 2,5 kg, 5 kg dan 10 kg.

2. Alat Uji Pengering Beku Vakum

Pengering beku vakum yang digunakan pada penelitian ini memiliki 2 buah evaporator dan 2 buah kondenser dimana *indoor* dan *outdoor* evaporator masing-masing memiliki panjang tube 23meter dan 12meter dengan diameter luar tube 6,35 mm dan 9,525 mm, namun untuk *outdoor* evaporator dilengkapi dengan 90 buah sirip (fin). Sementara untuk *indoor* dan *outdoor* kondenser panjang total tube nya 44,05meter dan 11,55meter dengan diameter tube nya 9,525 mm serta untuk *outdoor* kondenser dilengkapi dengan 77 sirip (fin). Refrigerant yang digunakan pada pengering beku vakum adalah refrigerant R134A dimana kompressor yang digunakan berkapasitas 1,5 HP, dimana pengering beku vakum ini dirancang untuk mampu menghilangkan air pada sampel yang digunakan sampai dengan 1600 gr. Skema alat uji pengering beku vakum dapat dilihat pada gambar 2.

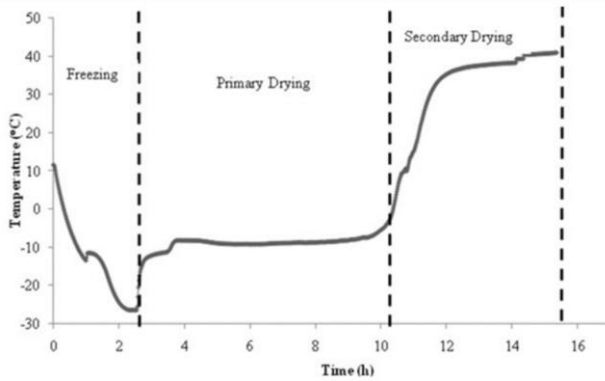


Gambar 2. Skema Alat Uji Pengering Beku Vakum

3. Prosedur Pengujian

Karakteristik proses pengeringan dapat dilihat pada gambar 3, dimana pada tahap awal dilakukan secara bersamaan proses pembekuan dan pemvakuman yang disebut dengan proses *primary drying* dan setelah temperatur dan tekanan ruang pengering berada pada sekitar -12°C dan -72 cmHg maka dilanjutkan dengan proses *secondary drying* sampai tercapai temperatur ruang pengering sekitar 35°C . Berikut merupakan langkah yang dilakukan untuk pengujian freeze vacuum drying:

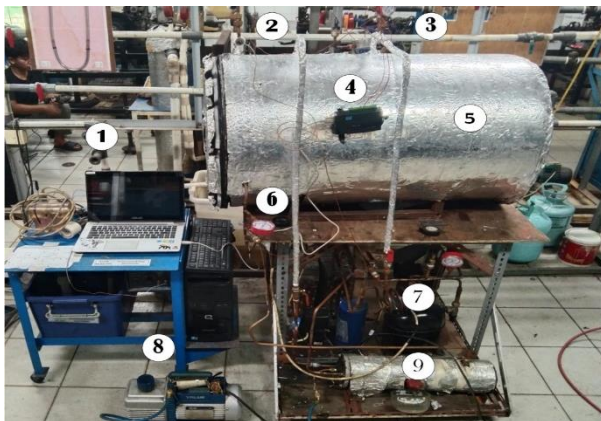
1. Alat dan bahan disiapkan
2. Padi ditimbang lalu diletakkan pada wadah nampan secara merata.
3. Nampan dimasukkan kedalam ruang pengering lalu pintu ruang pengering tutup secara rapat di tutup
4. Data logger advantech 4718 disambung ke laptop
5. Pompa vakum dan sistem refrigerasi dihidupkan secara bersamaan
6. Tekanan sistem refrigerasi, tekanan vakum, temperatur pada sistem refrigerasi, temperatur pada ruang pengering di catat.
7. Setelah temperatur ruang pengering di dapat dan konstan pada temperature -12°C , katup *indoor* kondenser di buka dan katup *indoor* evaporator di tutup untuk mulai proses *secondary drying*
8. Tekanan pada proses *secondary drying*, tekanan vakum, temperatur dan temperatur pada ruang pengering di catat.
9. Setelah temperatur pada ruang pengering sama dengan temperatur lingkungan ($\pm 35^{\circ}\text{C}$), proses pengujian dihentikan.
10. Padi selanjutnya dikeluarkan dari ruang pengering untuk dilakukan penimbangan, untuk diketahui berat setelah dikeringkan.



Gambar 3. Karakteristik Proses Pengeringan Beku Vakum

HASIL DAN DISKUSI

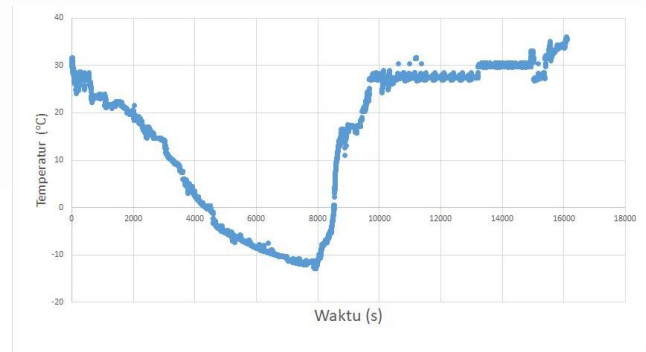
Pengujian pengering beku vakum dilakukan dengan menggunakan metode pengeringan cepat (quick drying method), dimana proses pembekuan (freeze) ruang pengering dilakukan secara bersamaan dengan proses pemvakuman ruang pengering. Sampel yang dikeringkan adalah padi dengan variasi berat 2,5 kg, 5 kg dan 10 kg. Alat pengering beku vakum yang digunakan dalam pengujian dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Alat Pengering Beku Vakum; 1. Laptop; 2. Termokopel; 3. Vacuum Gauge; 4. Data Logger; 5. Ruang Pengering; 6. Pressure Gauge; 7. Kompresor; 8. Pompa Vakum; 9. Coldtrap

Pengujian dilakukan pada 3 berat sampel yang berbeda, pada berat sampel 2,5 kg atau 2500 gr setelah dilakukan proses selama 4 jam pada temperatur $-12,98^{\circ}\text{C}$ berat padi menjadi 1755 gr atau berat padi berkurang sebanyak 745 gr. Jika diasumsikan bahwa padi yang dikeringkan memiliki kandungan air sebesar 30% maka kadar air yang hilang mencapai 99,99%. Pada proses pengeringan padi dengan berat sampel 2,5 kg. Koefisien unjuk kerja (COP) pengering beku vakum sebesar 2,237 pada proses *primary drying* dan 2,608 pada proses *secondary drying*.

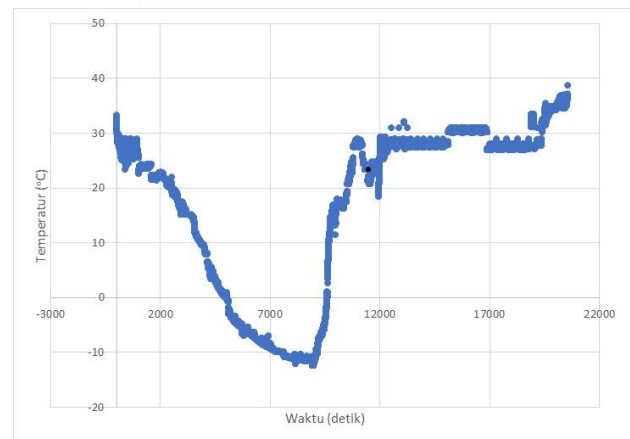
Proses pengeringan beku vakum padi pada berat 2,5 kg dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Proses pengeringan Beku Vakum Pada pada Berat 2,5 kg

Proses pengeringan padi pada berat sampel 5 kg atau 5000 gr setelah dilakukan proses selama 5 jam pada temperatur $-12,41^{\circ}\text{C}$ berat padi menjadi 3476 gr atau berat padi berkurang sebanyak 1584 gr. Jika diasumsikan bahwa padi yang dikeringkan memiliki kandungan air sebesar 30% maka kadar air yang hilang lebih dari 100% dengan demikian untuk sampel yang ke dua bisa jadi kandungan air pada padi lebih dari 30%. Pada proses pengeringan padi dengan berat sampel 5 kg. Koefisien unjuk kerja (COP) pengering beku vakum sebesar 2,133 pada proses *primary drying* dan 2,806 pada proses *secondary drying*.

Proses pengeringan beku vakum padi pada berat 5 kg



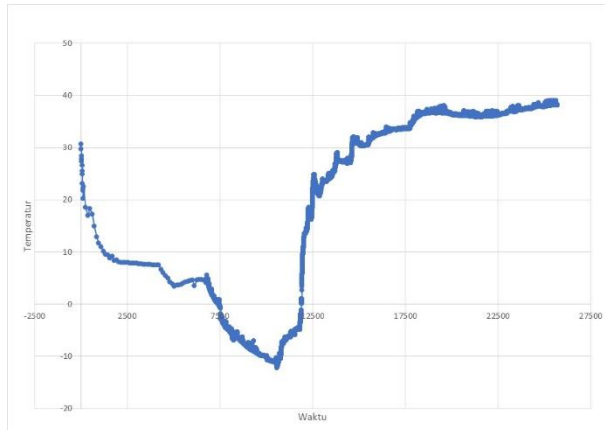
dapat dilihat pada gambar 6.

Gambar 6. Proses pengeringan Beku Vakum Pada pada Berat 5 kg

Proses pengeringan padi pada berat sampel 10 kg atau 10.000 gr setelah dilakukan proses selama 7 jam pada temperatur -12°C berat padi menjadi 8900 gr atau berat padi berkurang sebanyak 1100 gr. Jika diasumsikan bahwa padi yang dikeringkan memiliki kandungan air sebesar 30% maka kadar air yang hilang hanya sekitar 36,7%. Alat pengering beku vakum dirancang untuk dapat mengurangi kandungan air pada padi seberat 1600 gr dengan temperature freezing -15°C , oleh karena pada pengujian yang ke tiga hanya mampu mengurangi bera sebesar 1100 gr maka efisiensi pengering beku ini adalah 68,75%.

Pada proses pengeringan padi dengan berat sampel 10 kg. Koefisien unjuk kerja (COP) pengering beku vakum sebesar 2,185 pada proses *primary drying* dan 2,39 pada proses *secondary drying*.

Proses pengeringan beku vakum padi pada berat



10 kg dapat dilihat pada gambar 7.

Gambar 7. Proses pengeringan Beku Vakum Pada pada Berat 10 kg

KESIMPULAN

Pengujian pengering beku vakum pada padi telah dilakukan dengan berat sampel 2,5 kg, 5 kg dan 10 kg dengan temperatur pembekuan sekitar -12°C . Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada berat padi 2,5 kg pengering beku vakum mampu menghilangkan kadar air pada padi seberat 745 gr pada temperature beku $-12,98^{\circ}\text{C}$ selama 4 jam dengan koefisien unjuk kerja (COP) pengering beku vakum sebesar 2,237 pada proses *primary drying* dan 2,608 pada proses *secondary drying*.
2. Pada berat padi 5 kg pengering beku vakum mampu menghilangkan kadar air pada padi seberat 1584 gr pada temperature beku $-12,41^{\circ}\text{C}$ selama 5 jam dengan koefisien unjuk kerja (COP) pengering beku vakum sebesar 2,133 pada proses *primary drying* dan 2,806 pada proses *secondary drying*.
3. Pada berat padi 10 kg pengering beku vakum mampu menghilangkan kadar air pada padi seberat 1100 gr pada temperature beku -12°C selama 7 jam Koefisien unjuk kerja (COP) pengering beku vakum sebesar 2,185 pada proses *primary drying* dan 2,39 pada proses *secondary drying*.
4. Kadar air yang mampu dihilangkan pada proses pengeringan ini adalah seberat 1584 gr, dimana pengering beku vakum dirancang untuk mampu menghilangkan kadar air pada sampel seberat 1600 gr sehingga dengan demikian efisiensi pengering beku vakum ini dapat mencapai 99%

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pusat Statistik, Luas Panen Dan Produksi Padi di Indonesia 2021; (Hasil Kegiatan Pendataan Statistik Pertanian Tanaman Pangan Terintegrasi dengan Metode Kerangka Sampel Area), 2021
2. Khusna, I. M., & Mariana, N, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Bibit Padi Berkualitas Dengan Metode AHP Dan Topsis", Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi Dan Komputer), 10(2), 162–169, 2021
3. Molenaar, R., "Panen Dan Pascapanen Padi, Jagung dan Kedelai", *Harvest And Post-Harvest Procedures For Rice, Corn And Soy*, 2020
4. Surahman, M., Satoto, Setiawan, S., Fuadi, A., Akbar, Hastuti, Setiawan, C., Khairunas, & Marwoso. "Kebijakan perbenihan padi masa depan", Biro Perencanaan Kementerian Pertanian, Jakarta, 2015
5. Yulianti, S., Kalsum, L., Junaidi, R., Rizqi Ramadhani Azizah, R., Andea Utami, W., Martiyah Ningrum, G., "Design Of Tray Dryer Hybrid System (Solar-Heater) For Drying Salted Fish", Jurnal Kinetika, 11(02), 10–18, 2020
6. Catrawedarma, "Teknologi Pengering Padi Untuk Ketahanan Pangan di Desa Wringin Putih, Banyuwangi", Jurnal Pengabdian Masyarakat J-Dinamika 2 (2), 2017
7. Liapis, A.I., M. J. Pikal, R. Bruttini, Freeze Drying in A.S Mujumdar. Handbook of Industrial Drying. Vol 1. Marcel Dekker, USA, 1995
8. Alhamid, M. I., Yusuf, N., Mahlia, I. T. M., Kosasih, E. A., Yulianto, M., & Ricardi, R., "Characteristics of Vacuum Freeze Drying with Utilization of Internal Cooling and Condenser Waste Heat for Sublimation". *MAKARA Journal of Technology Series*, 17(2), 2018
9. Martin, Awaludin, Iwan Kurniawan, Mintarto, "Pemanfaatan Panas Buang Kondenser pada Pengering Beku Vakum", Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV, Banjarmasin 7-8 Oktober, 2015
10. Bando, Kenta, "A Novel Freeze Drying Process by Using Self-Heat Recuperation Technology", Chemical Engineering Transactions, Vol: 52, 31-36, 2016
11. Martin, Awaludin, Utari Prayetno, Wandi Wahyudi, Iwan Kurniawan, and Romy, "Freeze Vacuum Drying with Utilized Waste Heat of condenser by Quick Drying Method" Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace-Science and Engineering-, Vol. 30, 2016
12. Agustina, D., Dhewaji, R. D., & Martin, A., "Pemanfaatan panas kondenser pada pengering



PROSIDING SNTTM XXI 2023

Volume 21, Tahun 2023, 5 Oktober 2023

e-ISSN 2623-0313

p-ISSN 3032-1972

beku vakum”, Jurnal Energi Dan Manufaktur,
13(1), 2020