

Pengaruh Praperlakuan Pembekuan terhadap Karakteristik Proksimat Jamur Kering Menggunakan Food Dehydrator

Ahlam Inayatullah^{1*}, Robert Junaidi², Nia Boru Ritonga¹, Aldilla Sari Utami¹

¹Jurusan Rekayasa Teknologi dan Bisnis Pertanian, Program Studi DIV Teknologi Rekayasa Pangan, Politeknik Negeri Sriwijaya

²Jurusan Teknik Kimia, Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya

*Email korespondensi : ahlam.inayatullah@polsri.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh praperlakuan pembekuan terhadap karakteristik proksimat jamur kering yang dikeringkan menggunakan food dehydrator. Sampel jamur dibekukan pada suhu -20°C selama 24 jam, kemudian dikeringkan pada suhu 40, 50, dan 60°C selama 6 dan 18 jam. Penelitian menggunakan rancangan faktorial $2 \times 3 \times 2$ dengan pengulangan pada setiap kombinasi perlakuan. Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, dan kadar protein. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan lama waktu pengeringan merupakan faktor dominan yang memengaruhi karakteristik proksimat jamur, sedangkan praperlakuan pembekuan memberikan kontribusi yang lebih kecil. Praperlakuan pembekuan cenderung mempercepat penurunan kadar air pada kondispengeringan tertentu, yang berdampak pada peningkatan kadar protein secara relatif akibat efek konsentrasi. Kombinasi pembekuan dengan pengeringan pada suhu 50°C selama 18 jam menghasilkan kadar protein tertinggi sebesar 47,03%. Pendekatan praperlakuan pembekuan sebelum pengeringan udara panas berpotensi menjadi alternatif sederhana dalam pengolahan jamur kering, khususnya untuk skala rumah tangga dan industri kecil.

Kata Kunci: pengering, pangan, pembekuan, jamur, proksimat

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of pre-freezing treatment on the proximate characteristics of dried mushrooms processed using a food dehydrator. Mushroom samples were frozen at -20°C for 24 hours and subsequently dried at temperatures of 40, 50, and 60°C for 6 and 18 hours. The experiment employed a $2 \times 3 \times 2$ factorial design with replications for each treatment combination. Parameters analyzed included moisture content, ash content, and protein content. The results showed that drying temperature and drying duration were the dominant factors affecting the proximate characteristics of dried mushrooms, while the pre-freezing treatment contributed to a lesser extent. Pre-freezing treatment tended to accelerate moisture reduction under certain drying conditions, resulting in a relative increase in protein content due to the concentration effect caused by moisture loss. The combination of freezing and drying at 50°C for 18 hours produced the highest protein content of 47.03%. The application of pre-freezing treatment prior to hot air drying has the potential to become a simple alternative for dried mushroom processing, particularly for household and small-scale industrial applications.

Keywords: *dehydrator, food, freezing, mushroom, proximate*

PENDAHULUAN

Jamur merupakan salah satu komoditas pangan hortikultura yang memiliki nilai gizi tinggi serta berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan protein nabati, mineral, dan senyawa bioaktif. Kandungan protein jamur relatif lebih tinggi dibandingkan sebagian besar sayuran, dengan profil asam amino yang cukup lengkap, sehingga berpotensi menjadi alternatif sumber protein nabati. Selain itu, jamur juga mengandung mineral esensial yang tercermin dari kadar abu, serta memiliki kadar air yang sangat tinggi pada kondisi segar, yang umumnya mencapai lebih dari 85% [Winarno dan Koswara, 2002]. Karakteristik tersebut menjadikan jamur sebagai bahan pangan yang sangat mudah rusak (*perishable*), dengan umur simpan yang singkat akibat aktivitas enzimatik, pertumbuhan mikroorganisme, dan laju respirasi pascapanen yang tinggi.

Tingginya kadar air pada jamur segar menjadi faktor utama percepatan kerusakan selama penyimpanan. Oleh karena itu, penerapan teknologi pascapanen yang tepat sangat diperlukan untuk memperpanjang masa simpan, mempertahankan kualitas gizi, serta meningkatkan nilai tambah produk jamur. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah proses pengeringan, yang bertujuan menurunkan kadar air hingga mencapai tingkat yang aman untuk menghambat pertumbuhan mikroba dan memperlambat reaksi degradasi kimia [Asiah dan Djaeni, 2021; Biksono, 2022].

Berbagai metode pengeringan telah dikembangkan, mulai dari pengeringan konvensional berbasis panas hingga teknologi modern seperti *freeze drying*. Metode *freeze drying* dikenal sebagai teknik yang paling efektif dalam mempertahankan kualitas nutrisi karena dilakukan pada suhu rendah, sehingga mampu meminimalkan denaturasi protein dan kerusakan struktur sel bahan pangan [Husnun et al., 2025]. Sejumlah penelitian melaporkan bahwa produk pangan yang dikeringkan dengan metode *freeze drying* memiliki kandungan protein relatif lebih tinggi dibandingkan metode pengeringan panas, karena struktur protein lebih terjaga selama proses berlangsung. Namun demikian, keterbatasan utama metode ini adalah biaya operasional yang tinggi, kebutuhan energi besar, serta waktu proses yang relatif lama, sehingga penerapannya masih terbatas pada skala industri tertentu [Husnun et al., 2025; Indrawan et al., 2025].

Seiring dengan keterbatasan tersebut, berkembang upaya untuk menemukan alternatif teknologi pengeringan yang lebih ekonomis namun tetap mampu mempertahankan mutu gizi produk. Salah satu

pendekatan yang banyak diteliti adalah penggunaan praperlakuan pembekuan (*freezing*) sebelum pengeringan konvensional. Praperlakuan pembekuan diketahui dapat menyebabkan terbentuknya kristal es yang merusak dinding sel bahan pangan, sehingga meningkatkan porositas jaringan dan mempercepat pelepasan air selama proses pengeringan berikutnya [Alfaisyal, 2025; Sabahannur dan Zulfikar, 2021].

Penelitian pada berbagai komoditas pangan menunjukkan bahwa praperlakuan pembekuan sebelum pengeringan berpengaruh terhadap sifat kimia produk akhir, terutama kadar air dan stabilitas nutrisi. Studi pada buah-buahan dan bahan pangan sensitif melaporkan bahwa pembekuan awal mampu meningkatkan laju pengeringan serta efisiensi proses dibandingkan pengeringan tanpa pembekuan [Alfaisyal, 2025; Hawa et al., 2023]. Selain itu, mekanisme perlindungan nutrisi pada proses berbasis suhu rendah juga banyak dibahas dalam kajian *freeze drying*, khususnya terkait stabilitas protein dan senyawa bioaktif yang lebih terjaga akibat terhambatnya reaksi degradasi selama pembekuan [Indrawan et al., 2025; Abrha et al., 2021].

Dalam konteks pengolahan pangan yang lebih aplikatif dan terjangkau, penggunaan freezer rumah tangga pada suhu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sebagai tahap pembekuan awal, yang dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan *food dehydrator*, berpotensi menjadi pendekatan modifikasi *freeze drying* yang lebih sederhana. Metode ini diharapkan mampu menggabungkan keunggulan pembekuan dalam menjaga struktur jaringan dengan efisiensi pengeringan panas bersuhu rendah hingga sedang. Pendekatan serupa telah dilaporkan efektif dalam pengolahan buah kering dan produk pangan kering instan, terutama dalam menurunkan kadar air dan meningkatkan stabilitas produk akhir [Hawa et al., 2023, Banurea et al., 2020].

Namun demikian, kajian mengenai penerapan praperlakuan pembekuan sebelum pengeringan pada jamur, khususnya terkait dampaknya terhadap parameter proksimat seperti kadar air, kadar abu, dan kadar protein, masih relatif terbatas. Padahal, parameter proksimat tersebut merupakan indikator penting dalam menilai kualitas gizi dan stabilitas produk jamur kering. Kadar air berhubungan langsung dengan daya simpan, kadar abu mencerminkan kandungan mineral total, sementara kadar protein menjadi penentu utama nilai gizi jamur sebagai sumber pangan [Winarno dan Koswara, 2002; Wulandari dan Arief, 2022].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh praperlakuan

pembekuan menggunakan freezer pada suhu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam terhadap karakteristik kimia jamur kering, dibandingkan dengan jamur yang dikeringkan tanpa pembekuan awal. Proses pengeringan dilakukan menggunakan *food dehydrator* dengan suhu dan waktu yang sama pada kedua perlakuan, sehingga perbedaan hasil yang diperoleh dapat dikaitkan secara langsung dengan efek pembekuan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan metode pengeringan jamur yang lebih efisien, ekonomis, dan aplikatif, serta menjadi dasar pengembangan teknologi pascapanen jamur pada skala rumah tangga maupun industri kecil.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan rancangan eksperimen faktorial $2 \times 3 \times 2$ dengan pengulangan pada setiap kombinasi perlakuan. Pengeringan dilakukan menggunakan *food dehydrator* dengan variasi suhu $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan variasi waktu 6 jam dan 18 jam.

Pengeringan dilakukan dengan kondisi yang sama untuk sampel dengan pembekuan dan tanpa pembekuan. Setelah pengeringan, sampel didinginkan dalam desikator dan kemudian ditimbang sebagai bobot akhir (berat kering). Kadar air ditentukan menggunakan metode oven pengeringan pada suhu $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga berat konstan, kadar abu dianalisis dengan metode pengabuan pada suhu $\pm 550\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan kadar protein ditentukan menggunakan metode Kjeldahl. Seluruh analisis proksimat dilakukan sesuai dengan metode standar AOAC [AOAC, 2016].

Data hasil analisis kadar air, kadar abu, dan kadar protein disajikan dalam bentuk nilai rata-rata hasil pengamatan pada setiap kombinasi perlakuan. Analisis statistik dilakukan menggunakan Analisis Varian (ANOVA) faktorial untuk mengetahui:

1. Pengaruh praperlakuan pembekuan
2. Pengaruh suhu pengeringan
3. Pengaruh waktu pengeringan
4. Interaksi antar faktor terhadap karakteristik proksimat jamur kering

Apabila hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), maka dilanjutkan dengan uji lanjut (*post hoc test*), seperti uji Duncan atau Tukey, untuk mengetahui perbedaan nyata antarperlakuan. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik (SPSS).

Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) segar

dengan kondisi fisik baik dan tidak mengalami kerusakan, yang diperoleh dari pasar tradisional di Kabupaten Banyuwangi dan digunakan pada hari yang sama setelah pembelian untuk mempertahankan mutu bahan baku. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis proksimat meliputi H_2SO_4 pekat, NaOH, akuades, indikator campuran, larutan HCl standar, serta selenium catalyst untuk analisis protein metode Kjeldahl sesuai standar AOAC (2016).

Alat

Alat utama yang digunakan meliputi timbangan analitik (Ohaus), freezer suhu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (GEA), mesin vacuum sealer (Kris), food dehydrator dengan pengaturan suhu (Kris), furnace/tanur (Nabertherm), dan perangkat analisis protein metode Kjeldahl (Buchi).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh praperlakuan pembekuan, suhu pengeringan, dan lama waktu pengeringan terhadap karakteristik proksimat jamur tiram yang dikeringkan menggunakan food dehydrator. Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, dan kadar protein. Karakteristik proksimat jamur pada berbagai kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1, sedangkan pengaruh statistik masing-masing faktor dianalisis menggunakan ANOVA faktorial $2 \times 3 \times 2$.

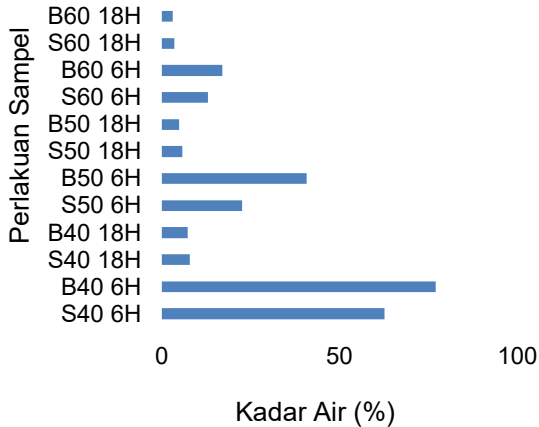
Tabel 1. Karakteristik proksimat jamur tiram pada berbagai perlakuan pembekuan, suhu, dan waktu pengeringan

Kode Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Protein (%)
S40 6J	62.60	2.87	11.37
B40 6J	77.02	1.31	11.44
S40 18J	7.82	6.97	18.19
B40 18J	7.29	7.97	18.07
S50 6J	22.58	5.86	26.56
B50 6J	40.78	4.41	23.91
S50 18J	5.71	6.86	41.74
B50 18J	4.89	7.73	47.03
S60 6J	12.93	6.93	24.35
B60 6J	16.96	6.25	25.18
S60 18J	3.45	7.42	27.47

Kode Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Protein (%)
B60 18J	3.00	7.53	29.38

Keterangan: S (Segar tanpa pembekuan); B (dengan pembekuan); 40, 50, 60 °C(Suhu pengeringan); 6J, 18J (waktu pengeringan).

Analisis Kadar Air



Gambar 1. Diagram Batang Kadar Air Dengan Berbagai Perlakuan (B: Beku; S: Segar; H: hour)

Berdasarkan Gambar 1, kadar air jamur menurun seiring meningkatnya suhu dan lama waktu pengeringan. Penurunan paling drastis terjadi pada perlakuan pengeringan 18 jam, terutama pada suhu 50 °C dan 60 °C. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan durasi pengeringan mampu mempercepat proses evaporasi dan difusi air dari jaringan jamur ke lingkungan pengering.

Kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan pembekuan suhu 40 °C selama 6 jam sebesar 77.02%, sedangkan kadar air terendah diperoleh pada perlakuan pembekuan suhu 60 °C selama 18 jam sebesar 3.00%. Tingginya kadar air pada suhu rendah menunjukkan bahwa energi panas yang diberikan belum cukup untuk menguapkan air bebas dan air terikat secara optimal.

Menariknya, pada suhu 40 °C selama 6 jam, sampel beku memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan sampel segar. Fenomena ini diduga disebabkan oleh pelelehan kristal es pada tahap awal pengeringan yang menghasilkan tambahan air bebas pada permukaan jaringan jamur. Pada kondisi suhu rendah dan waktu pengeringan singkat, air hasil pelelehan tersebut belum sepenuhnya teruapkan sehingga kadar air akhir masih relatif tinggi.

Namun pada suhu dan waktu pengeringan yang lebih tinggi, perlakuan pembekuan justru membantu mempercepat pelepasan air akibat terbentuknya mikroretakan dan peningkatan porositas jaringan setelah pembentukan kristal es. Menurut Qiu et al. (2021), perubahan struktur jaringan dan kerusakan dinding sel akibat perlakuan termal dapat memengaruhi kemampuan bahan dalam mempertahankan dan melepaskan air selama proses pengeringan maupun rehidrasi.

Tabel 2. ANOVA kadar air jamur

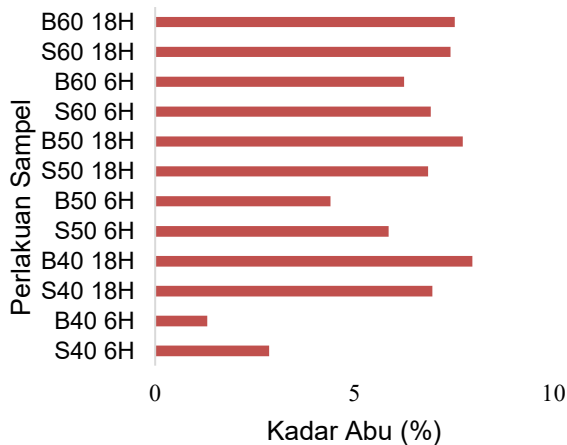
Sumber Variasi	F hitung	Signifikansi
Sampel (Segar/Beku)	5.12	signifikan
Suhu (40, 50, 60 °C)	25.62	sangat signifikan
Waktu (6J/18J)	91.87	sangat signifikan
Sampel × Suhu	5.36	signifikan
Sampel × Waktu	2.66	ts
Suhu × Waktu	1.97	ts
Sampel × Suhu × Waktu	0.28	ts

Keterangan: ts (tidak signifikan) pada taraf $\alpha = 0.05$.

Hasil ANOVA pada Tabel 2 menunjukkan bahwa suhu dan lama waktu pengeringan memberikan pengaruh sangat signifikan terhadap kadar air jamur ($p < 0.05$). Nilai F hitung tertinggi diperoleh pada faktor waktu pengeringan, yang menunjukkan bahwa durasi pengeringan merupakan faktor paling dominan dalam menentukan penurunan kadar air.

Perlakuan pembekuan juga memberikan pengaruh signifikan, namun kontribusinya lebih kecil dibandingkan suhu dan waktu pengeringan. Interaksi signifikan antara sampel dan suhu menunjukkan bahwa efektivitas pembekuan dalam menurunkan kadar air dipengaruhi oleh suhu pengeringan yang digunakan. Sebaliknya, tidak signifikkannya interaksi tiga arah menunjukkan bahwa pengaruh pembekuan tidak konsisten pada seluruh kombinasi perlakuan, sehingga perannya lebih bersifat pendukung dibandingkan faktor utama dalam proses pengeringan.

Analisis Kadar Abu



Gambar 2. Diagram Batang Kadar Abu Dengan Berbagai Perlakuan. (S: Segar; B: Beku; H: Hour)

Gambar 2 menunjukkan bahwa kadar abu cenderung meningkat seiring meningkatnya suhu dan lama waktu pengeringan. Peningkatan ini terutama terlihat pada perlakuan pengeringan 18 jam yang menghasilkan kadar abu lebih tinggi dibandingkan perlakuan 6 jam. Kadar abu tertinggi diperoleh pada perlakuan pembekuan suhu 40 °C selama 18 jam sebesar 7.97%, sedangkan kadar abu terendah terdapat pada perlakuan pembekuan suhu 40 °C selama 6 jam sebesar 1.31%.

Peningkatan kadar abu tidak menunjukkan bertambahnya jumlah mineral secara absolut, tetapi lebih disebabkan oleh efek konsentrasi akibat penurunan kadar air selama proses pengeringan. Semakin rendah kadar air bahan, maka proporsi komponen non-volatil seperti mineral akan meningkat secara relatif dalam basis berat kering.

Pada perlakuan pembekuan, peningkatan kadar abu diduga berkaitan dengan perubahan struktur jaringan akibat pembentukan kristal es selama freezing. Kerusakan jaringan menyebabkan air lebih mudah keluar selama pengeringan sehingga komponen padatan termasuk mineral menjadi lebih terkonsentrasi pada produk akhir. Wang et al. (2022) melaporkan bahwa pre-freezing treatment dapat meningkatkan efisiensi pengeringan dan mempercepat konsentrasi komponen padatan pada bahan pangan hortikultura.

Tabel 3. ANOVA kadar abu jamur

Sumber Variasi	F hitung	Signifikansi
Sampel (Segar/Beku)	10.23	signifikan

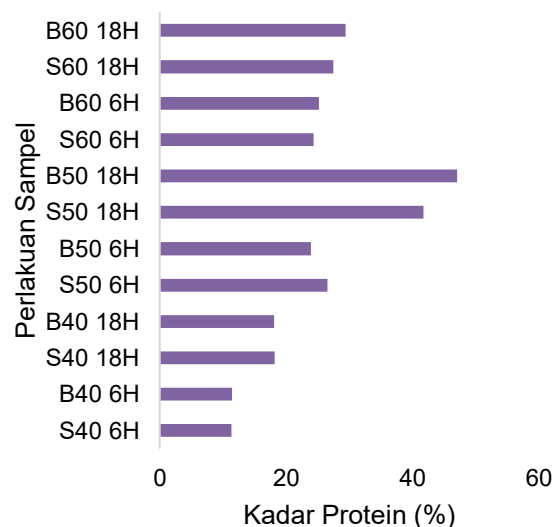
Sumber Variasi	F hitung	Signifikansi
Suhu (40, 50, 60 °C)	18.20	sangat signifikan
Waktu (6J/18J)	49.45	sangat signifikan
Sampel × Suhu	3.56	signifikan
Sampel × Waktu	0.89	ts
Suhu × Waktu	0.89	ts
Sampel × Suhu × Waktu	0.11	ts

Keterangan: ts (tidak signifikan) pada taraf $\alpha = 0.05$.

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu dan lama waktu pengeringan memberikan pengaruh sangat signifikan terhadap kadar abu jamur ($p < 0.05$). Faktor waktu pengeringan menunjukkan pengaruh paling dominan terhadap perubahan kadar abu, yang mengindikasikan bahwa penurunan kadar air selama pengeringan sangat menentukan peningkatan konsentrasi mineral dalam bahan kering.

Interaksi signifikan antara sampel dan suhu pengeringan menunjukkan bahwa perlakuan pembekuan memengaruhi respon kadar abu pada suhu pengeringan tertentu. Namun, tidak signifikannya interaksi faktor lainnya menunjukkan bahwa perubahan kadar abu secara umum lebih dipengaruhi oleh mekanisme konsentrasi akibat pengurangan kadar air dibandingkan oleh kombinasi perlakuan yang kompleks.

Kadar Protein



Gambar 3. Diagram Batang Kadar Protein Dengan Berbagai Perlakuan. (B: Beku; S: Segar; H: hour)

Berdasarkan Gambar 3, kadar protein relatif meningkat seiring meningkatnya suhu dan lama waktu pengeringan. Kadar protein tertinggi diperoleh pada perlakuan pembekuan dengan suhu pengeringan 50 °C selama 18 jam sebesar 47.03%, sedangkan kadar protein terendah terdapat pada perlakuan suhu 40 °C selama 6 jam.

Peningkatan kadar protein yang diamati bersifat relatif dalam basis berat kering dan terutama disebabkan oleh penurunan fraksi air selama proses pengeringan. Penurunan kadar air menyebabkan komponen padatan termasuk protein menjadi lebih terkonsentrasi dalam produk akhir.

Menariknya, suhu pengeringan 50 °C menghasilkan kadar protein relatif lebih tinggi dibandingkan suhu 60 °C meskipun kadar air pada suhu 60 °C lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa suhu menengah lebih optimal dalam mempertahankan stabilitas protein dibandingkan suhu tinggi. Paparan panas berlebih pada suhu 60 °C diduga menyebabkan denaturasi parsial protein sehingga memengaruhi kestabilan struktur protein selama pengeringan.

Perlakuan pembekuan sebelum pengeringan diduga membantu mempertahankan integritas jaringan jamur sehingga kerusakan termal selama pengeringan menjadi lebih rendah. Selain itu, pembentukan pori mikro akibat kristalisasi es dapat meningkatkan efisiensi perpindahan panas dan massa sehingga waktu kontak panas terhadap bahan menjadi lebih singkat. Li et al. (2024) melaporkan bahwa kombinasi freezing pretreatment dan hot air drying mampu mempertahankan kualitas protein lebih baik dibandingkan pengeringan langsung tanpa perlakuan awal.

Tabel 4. ANOVA kadar protein jamur

Sumber Variasi	F hitung	Signifikansi
Sampel (Segar/Beku)	12.15	signifikan
Suhu (40, 50, 60 °C)	13.28	sangat signifikan
Waktu (6J/18J)	80.34	sangat signifikan
Sampel × Suhu	1.76	ts
Sampel × Waktu	0.94	ts
Suhu × Waktu	1.46	ts
Sampel × Suhu × Waktu	0.32	ts

Keterangan: ts = tidak signifikan pada taraf $\alpha = 0.05$.

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu dan lama waktu pengeringan memberikan pengaruh sangat signifikan terhadap kadar protein jamur ($p < 0.05$), sedangkan perlakuan pembekuan memberikan pengaruh signifikan dengan kontribusi yang lebih kecil. Faktor waktu pengeringan menunjukkan pengaruh paling dominan terhadap perubahan kadar protein relatif.

Tidak signifikannya interaksi antar faktor menunjukkan bahwa perubahan kadar protein terutama dipengaruhi oleh efek konsentrasi akibat penurunan kadar air, bukan oleh sinergi kompleks antar perlakuan. Hasil ini mengindikasikan bahwa pengaturan suhu dan durasi pengeringan merupakan faktor utama dalam mempertahankan kualitas protein pada produk jamur kering.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi praperlakuan pembekuan dan pengeringan menggunakan food dehydrator berpotensi meningkatkan efisiensi pengeringan serta menghasilkan karakteristik proksimat jamur kering yang lebih baik pada kondisi tertentu. Namun, efektivitas perlakuan tetap dipengaruhi oleh suhu dan lama waktu pengeringan yang digunakan. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi karakteristik mikrostruktur, aktivitas air, serta sifat fungsional protein guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terhadap mekanisme perubahan selama proses pengeringan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, suhu dan lama waktu pengeringan merupakan faktor utama yang memengaruhi karakteristik proksimat jamur tiram kering, khususnya terhadap penurunan kadar air serta peningkatan kadar abu dan kadar protein relatif. Praperlakuan pembekuan pada suhu -20 °C selama 24 jam memberikan pengaruh tambahan terhadap efisiensi pengeringan melalui perubahan struktur jaringan akibat pembentukan kristal es yang meningkatkan porositas bahan.

Kombinasi praperlakuan pembekuan dengan pengeringan pada suhu 50 °C selama 18 jam menghasilkan karakteristik proksimat yang lebih baik dengan kadar protein relatif tertinggi sebesar 47.03% dan kadar air rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu pengeringan menengah lebih optimal dalam mempertahankan kualitas protein dibandingkan suhu yang lebih tinggi.

Secara praktis, kombinasi freezer rumah tangga dan food dehydrator berpotensi menjadi alternatif sederhana dan lebih ekonomis dibandingkan metode freeze drying

konvensional untuk pengolahan jamur kering pada skala rumah tangga dan industri kecil. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi karakteristik mikrostruktur, aktivitas air, serta sifat fungsional protein guna memperkuat pengembangan teknologi pengeringan jamur berbasis praperlakuan pembekuan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Sriwijaya atas dukungan fasilitas dan pendanaan penelitian melalui skema Penelitian Kolaborasi Luar Negeri sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrha, E., Teshome, P., Lailou, A., Chitekwe, S. and Baye, K. (2021). Physico-chemical and functionality of air and spray dried egg powder: implications to improving diets. *Int J Food Prop.* 24: 152-162.
- Alfaisyal, R. (2025). Optimasi suhu dan waktu serta pre-treatment (freezing dan non-freezing) dalam pembuatan dried fruit pisang kepok dan salak. *J Food Security Agroindustry.* 3(3): 74-82.
- AOAC. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International.* 20th ed. Gaithersburg (US): AOAC International.
- Asiah, N. and Djaeni, M. (2021). *Konsep dasar proses pengeringan pangan.* Semarang (ID): AE Publishing.
- Banurea, I.R., Sasmitaloka, K.S., Sukasih, E. and Widowati, S. (2020). Karakterisasi nasi instan yang diproduksi dengan metode freeze drying. *J Agro-Based Industry.* 37(2): 133-143.
- Biksono, D. (2022). *Konsep dasar proses pengeringan.* Yogyakarta (ID): Deepublish.
- Hawa, L.C., Melindasari, A.A., Al Riza, D.F. and Efendi, M. (2023). Kinetika pengeringan vakum dan karakteristik fisikokimia irisan mangga manalagi (*Mangifera indica L.*). *J Teknol Pertan.* 24(3): 187-200.
- Husnun, F., Suhartatik, N., Kurniawan, Y.A. and Mustofa, A. (2025). Changes in quality of freeze-dried soursop (*Annona muricata L.*) during high-temperature storage with various pre-treatment methods. *J Food Agric Product.* 5(1): 1-11.
- Indrawan, E., Pradana, A.T. and Alkindi, F.F. (2025). Formulasi dan penetapan kadar nanopartikel kuersetin pre dan pasca proses freeze drying dengan krioprotektan maltodekstrin-gliserin. *Calyptra.* 13(2).
- Li, L., Chen, X., Cao, W., Liu, W., Duan, X., Ren, G. and Song, C. (2024). Effects of freeze-thaw pre-treatment with different freezing methods on the microwave freeze drying of carrots. *Int J Food Sci Technol.* 59: 7181-7192.
- Qiu, Y., Bi, J., Jin, X., Hu, L., Lyu, J. and Wu, X. (2021). An understanding of the changes in water holding capacity of rehydrated shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) from cell wall, cell membrane and protein. *J Food Chem.* 346: 129230.
- Sabahannur, S.S. and Zulfikar, Z. (2021). Analisis pengaruh pra-perlakuan (CaCl_2 dan pembekuan) terhadap kualitas keripik salak goreng vakum. *J Apl Teknol Pangan.* 10(4): 107-118.
- Wang, S., Niu, L., Zhou, B., Peng, Y., Yang, X., Shen, Y. and Li, S. (2022). Drying methods affect physicochemical and functional characteristics of *Clanis Bilineata Tingtauca Mell* protein. *Front Nutr.* 9: 1053422.
- Winarno, F.G. and Koswara, S. (2002). *Telur: Komposisi, penanganan dan pengolahannya.* Bogor (ID): M-Brio Press.
- Wulandari, Z. and Arief, I.I. (2022). Tepung telur ayam: nilai gizi, sifat fungsional dan manfaat. *J Ilmu Produksi dan Teknol Hasil Peternakan.* 10(2): 62-68.