



## Optimalisasi Tekanan Vakum dan Massa Pada Proses *Freeze Drying* Terhadap Kadar Air Ikan

Taufik Dwi Putra<sup>1\*</sup>, Widjanarko<sup>2</sup>

<sup>1-2</sup> Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Malang

Alamat: Jl. Soekarno Hatta No. 9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur, 65141.

Korespondensi penulis: [putrataufikdwi@gmail.com](mailto:putrataufikdwi@gmail.com)

**Abstract.** Many fishery products come from fishing and cultivation, saltwater and freshwater fisheries, so a preservation process is needed to maintain the condition of the fish so that it remains good when marketed. In addition, it can increase the economic value of fish. In the Indonesian fisheries industry, various types of preservation, including freeze drying, are drying processes using vacuum pressure and cold temperatures. The freeze-drying process utilizes the phased nature of water to convert solid (frozen) forms into water vapor (gas) at a certain pressure and temperature. The vacuum pressure used ranges from -60.3 cmHg to -71.6 cmHg, and the mass of the fish ranges from 94 grams to 136 grams. The type of research is quantitative and uses experimental methods. The result is in the form of a remaining moisture content percentage of 40% in dried fish according to SNI standard No. 827300:2023. The Response Surface Methodology (RSM) was used to process the data in this study. From the study, the best value of vacuum pressure was -66 cmHg and mass 102.5417 with a final result of 40%.

**Keywords:** freeze drying, catfish, moisture content, fish mass, vacuum pressure

**Abstrak.** Banyaknya hasil perikanan berasal dari penangkapan dan pembudidayaan, perikanan air asin maupun air tawar, maka diperlukan proses pengawetan untuk menjaga kondisi ikan agar tetap baik saat dipasarkan. Selain itu, dapat meningkatkan nilai ekonomis ikan. Dalam industri perikanan Indonesia, berbagai jenis pengawetan, termasuk *freeze drying*, merupakan proses pengeringan menggunakan tekanan vakum dan suhu dingin. Proses pengeringan beku memanfaatkan sifat fasa air untuk mengubah wujud padat (beku) menjadi uap air (gas) pada tekanan dan suhu tertentu. Tekanan vakum yang digunakan berkisar antara -60,3 cmHg sampai -71,6 cmHg, dan massa ikan berkisar antara 94 gram sampai 136 gram. Jenis penelitian adalah kuantitatif dan menggunakan metode eksperimen. Hasilnya berupa persentase kadar air yang tersisa 40% pada ikan kering sesuai standar SNI No. 827300:2023. *Response Surface Methodology* (RSM) digunakan untuk mengolah data dalam penelitian ini. Dari penelitian didapatkan nilai terbaik dari tekanan vakum yaitu -66 cmHg dan massa 102,5417 dengan hasil akhir kadar 40%.

**Kata kunci:** pengering beku, ikan lele, kadar air, massa ikan, tekanan vakum.

### 1. LATAR BELAKANG

Hasil laut Indonesia sangat melimpah karena merupakan negara maritim. Produksi perikanan Indonesia pada triwulan IV tahun 2022 mencapai 6,41 juta ton, yang terdiri dari perikanan tangkap sebesar 2,02 juta ton dan perikanan budidaya sebesar 4,39 juta ton (Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2022). Ikan banyak dikonsumsi oleh masyarakat, baik didalam negeri maupun diluar negeri. Ikan sangat digemari bukan hanya karena rasanya, tetapi juga karena kandungan lemaknya yang rendah dan proteinnya yang tinggi sehingga baik untuk kesehatan. Namun, penurunan kualitas pada ikan yang terjadi hanya beberapa jam setelah dipanen atau ditangkap, maka dari itu ikan memerlukan penanganan yang cepat, tepat, dan benar sebelum dipasarkan. Ada banyak cara untuk menjaga kualitas ikan sebelum dipasarkan,

seperti menyimpannya di suhu dingin atau mengeringkannya terlebih dahulu (Ghaly et al., 2010).

## **2. KAJIAN TEORITIS**

Di Indonesia, ikan dibudidayakan di air asin dan air tawar. Salah satu ikan air tawar yang dibudidayakan adalah ikan lele, yang memiliki kandungan asam lemak omega-3 sebesar 13,6 gram per 100 gram, asam lemak omega-6 sebesar 22,2 gram per 100 gram, dan asam lemak omega -9 sebesar 19,5 gram per 100 gram (Asmi, 2018). Agar makanan dapat diolah dan didistribusikan dengan baik, maka sangat penting untuk mengetahui kadar airnya. Kadar air adalah jumlah air yang terkandung dalam suatu benda seperti tanah, bahan pertanian, dan sebagainya (Prasetyo et al., 2019), maka dari itu diperlukan proses pengeringan. Kadar air pada ikan lele sebesar 80% dari massa (Yuarni et al., 2018).

Pengeringan adalah proses menghilangkan kandungan air dari produk olahan makanan untuk memperlambat proses kimia dan biologis, seperti pembusukan (Wirawan., 2023). Ada sejumlah metode pengeringan yang berbeda, seperti pengeringan oven, pengeringan sinar matahari langsung, dan pengeringan beku. Penggunaan sinar matahari untuk mengeringkan produk sangat umum di negara-negara tropis seperti Indonesia. Karena sinar matahari tersedia sepanjang tahun, metode ini tidak hanya mudah dilakukan namun juga lebih murah (Fronthea Swastawati ., Abdul Syakur., Ima Wijayanti., 2019). Pengeringan oven mengeringkan makanan lebih cepat dari pada sinar matahari langsung (Adinda Saputra., 2010). Perlu dicatat bahwa metode pengeringan beku menunjukkan kandungan air, indeks penyerapan air dan indeks kelarutan air yang lebih baik (Singapurwa et al., 2022). Tidak hanya dapat menjaga stabilitas produk, tetapi juga dapat menjaga stabilitas strukturnya, mencegah perubahan yang sangat kecil atau penyusutan bentuk (Yulvianti et al., 2015).

Pada proses pengeringan beku terjadi penyerapan panas laten dari produk, hal ini seperti prinsip dari perpindahan kalor yaitu semakin besar suhu mengalami kenaikan, maka semakin besar kalor yang diterima. Proses perpindahan kalor selalu melibatkan kapasitas kalor dari suatu benda. Kapasitas kalor merupakan seberapa banyak kalor yang dapat diserap untuk menaikkan suhu 1°C (Bekti Suroso., Samsul Kamal., 2015). Pada proses pengeringan beku memiliki kemampuan menghilangkan kandungan air lebih cepat dan lebih efisien dari pada menggunakan pengering oven (Alhanannasir. et al., 2017). Namun, proses pengeringan beku memerlukan waktu yang cukup lama dengan menggunakan ikan sebagai bahan olahannya. Estimasi waktu pengeringan beku menggunakan ikan yaitu selama lebih dari 7 jam (Mansyur & Pandi, 2020).

Tekanan adalah gaya per satuan luas pada ketinggian tertentu. Selain suhu udara menentukan kerapatan udara (Fadholi, 2013). Massa merupakan ukuran kuantitas materi yang terkandung dalam suatu objek, yang diukur secara bersamaan berdasarkan kepadatan dan volumenya. Penentuan tekanan vakum dan juga massa ikan yang akan dikeringkan harus diperhatikan pada proses *freeze drying*, hal ini dikarenakan tekanan vakum dan massa ikan sangat menentukan proses *freeze drying* berhasil atau tidak. Parameter tersebut digunakan untuk mengetahui persentase dari kadar air pada ikan. Kadar air ikan setelah dilakukan proses pengeringan yang harus tersisa yaitu sebesar 40% harus memenuhi standar SNI No. 827300:2023 tentang ikan kering (Kesesuaian Nasional Lembaran Negara, 2018).

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang menggunakan analisis kerja dari mesin *freeze drying* dengan menggunakan variabel tekanan vakum dan massa dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan vakum dan massa terhadap kadar air ikan serta mengetahui berapa nilai optimum dari tekanan vakum dan massa terhadap kadar air yang tersisa dari ikan sesuai SNI tentang ikan kering. Peralatan dan bahan yang digunakan meliputi.

Peralatan:

a. Pompa Vakum	h. <i>Thermocouple</i>	o. Kunci Inggris
b. <i>Vacuum Gauge</i>	i. Kompor Elektrik	p. Kipas Angin
c. <i>Valve Air Preassure</i>	j. <i>Sealtape</i>	q. <i>Sealent</i> Kaca
d. <i>Chamber</i>	k. Klem Selang	r. Obeng
e. Tutup <i>Chamber</i>	l. Timbangan Digital	s. <i>Freezer</i>
f. Selang	m. Pisau	
g. <i>Thermometer Infrared</i>	n. Kunci L	

Bahan:

- a. Ikan Lele



**Gambar 1. Ikan Lele**

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilaksanakan di luar Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Penelitian ini melibatkan eksperimen dan pemrosesan data menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Penelitian ini memiliki tujuan untuk memahami bagaimana pengaruh

tekanan vakum dan massa terhadap kadar air ikan serta berapa nilai optimum dari setiap variabel bebas pada proses *freeze drying* dengan menggunakan ikan lele sebagai bahan uji. Pemodelan pengambilan data dengan pemvarisian nilai variabel bebas menggunakan metode *Central Composite Design* (CCD).

### A. Hasil Data Visual



**Gambar 2. Ikan lele sebelum dan sesudah diproses**

Sebelum dikeringkan dengan metode *freeze drying*, ikan lele berwarna hitam legam dengan tekstur barair dan lunak, sedangkan setelah proses tersebut, ikan lele berwarna abu-abu dengan tekstur agak keras dan kering. Selain perubahan warna dan bentuk, bobot ikan juga berkurang drastis, bahkan hingga setengah dari bobot sebelum diproses.

### B. Hasil Data Pengujian

Hasil data pengujian *freeze drying* adalah nilai persentase kadar air ikan dengan mengacu pada SNI No. 827300:2023 tentang ikan kering yang menyatakan bahwa nilai kadar air dari ikan kering adalah 40%. Berikut tabel berisikan data hasil dari pengujian.

**Tabel 1. Tabel Data Hasil Pengujian**

No	Tekanan Vakum (cmHg)	Massa (Gram)	Massa Akhir (Gram)	Kadar Air Tersisa (%)
1	-66	115	58,93	41
2	-71,6	115	57,5	40
3	-62	100	48,75	39
4	-66	136	85,13	50
5	-66	115	60,38	42
6	-60,3	115	67,6	47
7	-70	130	65	40
8	-62	130	81,25	50
9	-66	115	64,68	45
10	-66	94	47	40
11	-66	115	61,8	43
12	-66	115	63,25	44
13	-70	100	43,75	35

### C. Laju Pengurangan Kadar Air terhadap waktu

Berikut merupakan data hasil perhitungan dari kadar air yang berhasil terbuang terhadap waktu. Proses *freeze drying* dilakukan selama 9 jam.

**Tabel 2. Tabel Laju Pengurangan Kadar Air Terhadap Waktu**

No	Tekanan Vakum (cmHg)	Massa (Gram)	Massa akhir (Gram)	Kadar air terbang (Gram)	Kadar air terbang terhadap waktu (Gram/s)
1	-66	115	58,93	56,07	0,001730556
2	-71,6	115	57,5	57,5	0,001774691
3	-62	100	48,75	51,25	0,00158179
4	-66	136	85,13	50,87	0,001570062
5	-66	115	60,38	54,62	0,001685802
6	-60,3	115	67,6	47,4	0,001462963
7	-70	130	65	65	0,002006173
8	-62	130	81,25	48,75	0,00150463
9	-66	115	64,68	50,32	0,001553086
10	-66	94	47	47	0,001450617
11	-66	115	61,8	53,2	0,001641975
12	-66	115	63,25	51,75	0,001597222
13	-70	100	43,75	56,25	0,001736111

**D. Pengaruh Variabel Bebas Terhadap Variabel Terikat**

Tekanan vakum dan massa merupakan variabel bebas dengan variabel terikat berupa nilai persentase dari kadar air ikan. Berikut hasil pengujian dengan menampilkan tabel anova.

**Tabel 3. Tabel *Analysis of Variance* (ANOVA)****Analysis of Variance**

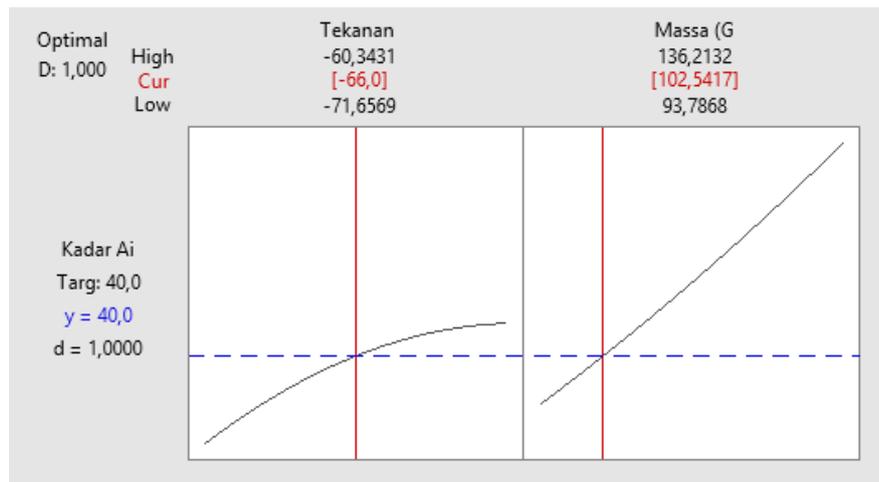
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	196,649	39,330	8,18	0,008
Linear	2	184,967	92,483	19,23	0,001
Tekanan Vakum (cmHg)	1	71,398	71,398	14,85	0,006
Massa (Gram)	1	113,569	113,569	23,62	0,002
Square	2	2,683	1,341	0,28	0,765
Tekanan Vakum (cmHg)*Tekanan Vakum (cmHg)	1	2,201	2,201	0,46	0,520
Massa (Gram)*Massa (Gram)	1	0,245	0,245	0,05	0,828
2-Way Interaction	1	9,000	9,000	1,87	0,214
Tekanan Vakum (cmHg)*Massa (Gram)	1	9,000	9,000	1,87	0,214
Error	7	33,658	4,808		
Lack-of-Fit	3	23,658	7,886	3,15	0,148
Pure Error	4	10,000	2,500		
Total	12	230,308			

Dari tabel *Analysis of Variance* didapatkan nilai *P-Value* sebesar 0,006 untuk tekanan vakum yang artinya bahwa tekanan vakum memiliki pengaruh terhadap nilai persentase kadar air ikan, begitu pula dengan nilai *P-Value* pada massa yang bernilai 0,002 juga memiliki pengaruh terhadap nilai persentase kadar air ikan dengan acuan jika *P-Value* < 0,05 maka terdapat pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat. Namun berbeda

halnya dengan interaksi dari kedua variabel bebas yang memiliki nilai *P-Value* 0,214 yang artinya tidak ada pengaruh interaksi dari kedua variabel bebas terhadap variabel terikat.

**E. Nilai Optimum**

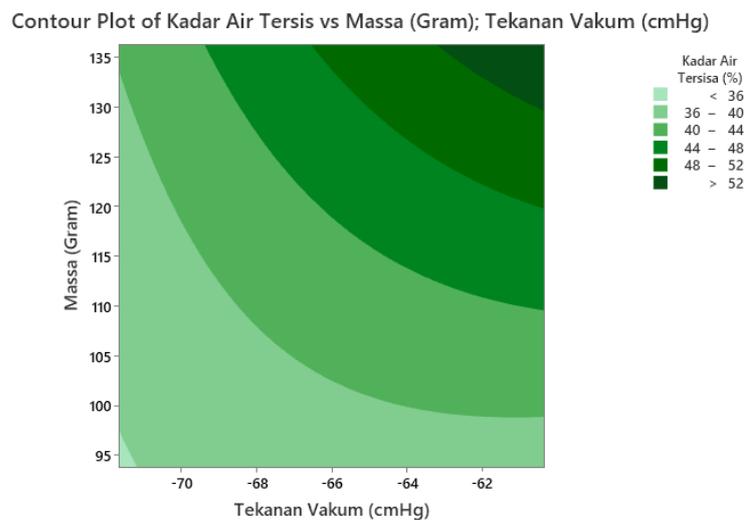
Nilai dari setiap variabel bebas yang paling optimal untuk mencapai target berupa variabel terikat sesuai SNI No. 827300:2023. Nilai optimum dari tekanan vakum dan massa dari ikan yang didapat setelah proses pengolahan data yaitu sebesar -66 cmHg untuk tekanan vakum dan 102,5417 gram untuk massa ikan dengan target nilai persentase kadar air ikan sebesar 40%,



**Gambar 3. Grafik Optimization**

**F. Contour Plot**

Nilai persentase kadar air ikan terendah < 36% dapat dicapai pada tekanan vakum dibawah -70 cmHg dan massa dibawah 100 gram sedangkan nilai persentase kadar air ikan tertinggi > 52% dengan menggunakan tekanan vakum -62 cmHg dengan massa ikan diatas 130 gram.

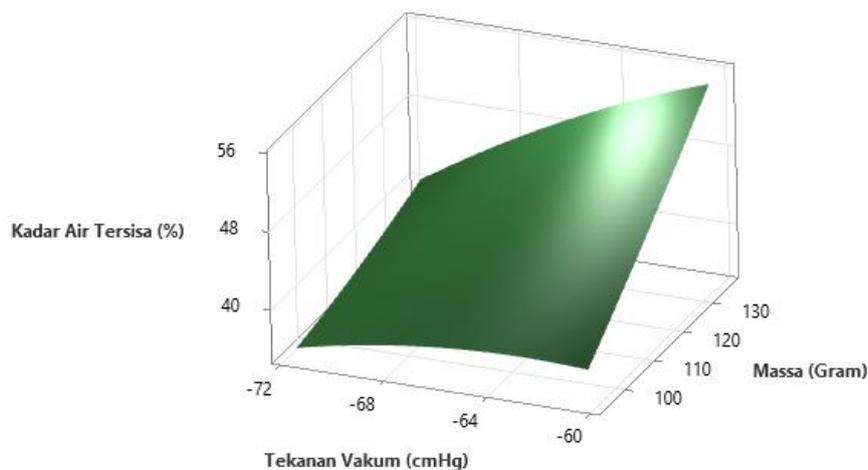


**Gambar 4. Grafik Contour Plot**

### G. Surface Plot

Nilai persentase kadar air ikan dibawah 40% dapat dicapai dengan menggunakan tekanan vakum sebesar -72 cmHg dengan massa antara 100 gram sampai 110 gram. Sedangkan untuk nilai persentase kadar air ikan diatas 48% dengan menggunakan tekanan vakum -60 cmHg dengan massa diatas 130 gram.

Surface Plot of Kadar Air Tersisa (%) vs Massa (Gram); Tekanan Vakum



Gambar 5. Grafik Surface Plot

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dapat digunakan untuk menarik kesimpulan bahwa tekanan vakum berpengaruh signifikan terhadap kadar air ikan, begitu pula massa yang juga berpengaruh signifikan terhadap kadar air ikan. Pada interaksi antara tekanan vakum dan massa justru tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kadar air, hal ini bisa terjadi karena masing-masing variabel bebas hanya memiliki pengaruh secara dependen terhadap variabel terikat, dengan kata lain tekanan vakum dan massa tidak mempengaruhi nilai persentase kadar air dalam satu prinsip kerja. Tekanan vakum menimbulkan efek sublimasi pada ikan yang telah dibekukan, sedangkan besar kecilnya massa erat kaitannya dengan waktu yang diperlukan untuk proses pengeringan. Nilai optimal pada tekanan vakum adalah -66 cmHg dan massa 102,5417 gram dengan nilai kadar air ikan 40% sesuai standar SNI No. 827300:2023.

Saran untuk penelitian berikutnya adalah perlu dikembangkan lagi mengenai variabel-variabel lain yang belum pernah diteliti dan gunakan alat yang lebih memumpuni untuk proses pengeringan dengan bahan berupa ikan dengan tetap menggunakan tema yang sama yaitu pengeringan beku (*freeze drying*).

## DAFTAR REFERENSI

- Adinda Saputra, D. K. N. (2010). Pengeringan kunyit menggunakan microwave dan oven. Universitas Diponegoro Semarang.
- Alhanannasir, Rejo, A., Saputra, D., & Priyanto, G. (2017). Karakteristik pempek instan dengan pengolahan pengeringan oven dan freeze drying. Seminar Nasional Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI), Bandar Lampung, 191–200.
- Asmi, N. (2018). Analisis kandungan asam lemak omega 3, omega 6 dan omega 9 dari ikan lele (*Clarias sp*) pada peningkatan nutrisi balita. *Journal of Borneo Holistic Health*, 1(1). <https://doi.org/10.35334/borticalth.v1i1.425>
- Bekti Suroso, & Samsul Kamal, B. K. (2015). Pengaruh temperatur dan fraksi volume terhadap nilai perpindahan kalor konveksi fluida nano TiO<sub>2</sub>/OLI Termo XT32 pada penukaran kalor pipa konsentrik. *MEKANIKA*, 79–85.
- Fadholi, A. (2013). Study pengaruh suhu dan tekanan udara terhadap operasi penerbangan di Bandara H.A.S. Hananjoeddin Buluh Tumbang Belitung periode 1980–2010. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v3n1.p1-10>
- Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., & Brooks, M. S. (2010). Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: Review. *American Journal of Applied Sciences*, 7(7), 859–877.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2022). Data kelautan dan perikanan triwulan IV tahun 2022. Pusat Data, Statistik dan Informasi, Sekretariat Jenderal Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Mansyur, M. R., & Pandi, R. A. (2020). Kaji eksperimental performa mesin freeze drying dengan beban ikan bandeng [Skripsi, Universitas Negeri].
- Pemerintah Republik Indonesia. (2018). Tentang sistem standardisasi dan. Lembaran Negara.
- Prasetyo, T. F., Isdiana, A. F., & Sujadi, H. (2019). Implementasi alat pendeteksi kadar air pada bahan pangan berbasis Internet of Things. *SMARTICS Journal*, 5(2), 81–96. <https://doi.org/10.21067/smartics.v5i2.3700>
- Singapurwa, N. M. A. S., Candra, I. P., & Semariyani, A. A. M. (2022). Profil protein ikan lemuru dengan pengeringan oven, pengering matahari, dan sinar matahari berbasis SDS Page. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 15(2), 83–90. <https://doi.org/10.20961/jthp.v15i2.53612>
- Swastawati, F., Syakur, A., Wijayanti, I., & Rachmawati, P. H. (2019). Teknologi pengeringan ikan modern (1st ed.). UNDIP Press. <https://www.researchgate.net/publication/345125921>
- Wirawan, M. T. A. (2023). Uji performansi alat freeze drying: Pengaruh tekanan vakum dan temperatur pendinginan terhadap kadar air cabai. Politeknik Negeri Malang.

- Yuarni, D., Kadirman, K., & Jamaluddin, P. J. P. (2018). Laju perubahan kadar air, kadar protein dan uji organoleptik ikan lele asin menggunakan alat pengering kabinet (cabinet dryer) dengan suhu terkontrol. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 1(1), 12–20. <https://doi.org/10.26858/jptp.v1i1.5139>
- Yulvianti, M., Ernayati, W., Tarsono, & Rachman, M. A. (2015). Pemanfaatan ampas kelapa sebagai bahan baku tepung kelapa tinggi serat dengan metode freeze drying. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(2), 101–107.