

PROSES PENGERINGAN *SPRAY DRYER SOYMILK* BERBASIS SIMULASI ANALITIK *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)*

*Kevin Tanasnov Wijaya¹, Paryanto², Muhammad Tauviquurrahman²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: kevinanwi@gmail.com

Abstrak

Salah satu metode preservasi yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari merupakan pengeringan. Dengan semakin berkembangnya teknologi dan industri, metode pengeringan juga mengalami perkembangan untuk meningkatkan effisiensinya. *Spray drying* merupakan proses pengeringan yang memanfaatkan udara panas untuk mengurangi kadar air pada produk. Metode ini mengubah fasa produk dari cair menjadi fasa padat dalam bentuk bubuk. Pada penelitian ini produk yang digunakan sebagai material pengeringan merupakan *soymilk* dengan tujuan untuk memperpanjang masa penyimpanannya. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisa fenomena yang terjadi pada pengeringan *soymilk* dengan metode pengeringan *spray dryer*. Simulasi numerik digunakan sebagai alat untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam proses analisa dengan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang meliputi pemodelan geometri, pembentukan *meshing*, serta pengaturan kondisi batas. Variasi temperatur digunakan pada penelitian ini yaitu 333.5 K, 353.5 K, 373.5 K. Dengan variasi tersebut akan dilakukan pengamatan serta analisis bagaimana *soymilk* dengan akan bertindak dengan temperatur udara panas yang berbeda.

Kata Kunci: *computational fluid dynamics*; pengeringan; pengeringan semprot; simulasi fluida; *soymilk*

Abstract

One of the most commonly used preservation methods in everyday life is drying. As technology and industry continue to advance, drying methods have also evolved to improve their efficiency. *Spray drying* is a drying process that utilizes hot air to reduce the moisture content of a product. This method transforms the product from a liquid phase into a solid phase in the form of powder. In this study, the material used for the drying process is *soymilk*, with the aim of extending its shelf life. The objective of this research is to analyze the phenomena occurring during the *spray drying* process of *soymilk*. Numerical simulation is used as a tool to obtain the necessary data for analysis using the CFD (*Computational Fluid Dynamics*) method, which includes geometry modeling, *meshing*, and boundary condition setup. The temperature variations used in this study are 333.5 K, 353.5 K, and 373.5 K. With these variations, observations and analyses will be conducted to determine how *soymilk* behaves under different hot air temperatures.

Keywords: *computational fluid dynamics*; drying; fluid simulation; *soymilk*; *spray dryer*

1. Pendahuluan

Sebagai makhluk hidup, manusia membutuhkan pangan sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas sehari-hari dan agar fungsi tubuh dapat bekerja secara normal. Oleh karena itu pangan merupakan salah hal paling krusial bagi keberlangsungan umat manusia. Akan tetapi setiap pangan memiliki masa umur sebelum menjadi tidak layak konsumsi. Dikarenakan hal ini manusia mulai mengembangkan berbagai metode preservasi dengan tujuan untuk memperpanjang umur pangan. Salah satu metode preservasi paling tua adalah pengeringan (*drying*).

Pengeringan (*drying*) merupakan proses pengurangan kadar air suatu objek dengan memanfaatkan energi panas. Energi tersebut digunakan untuk merubah fasa air pada objek dari bentuk cair menjadi bentuk fasa gas. Dalam arti lain pengeringan merupakan proses pengeluaran kadar air suatu objek menuju titik kesetimbangan dengan udara lingkungan [1]. Salah satu contoh aplikasi pengeringan paling sederhana merupakan pengeringan menggunakan cahaya matahari dimana udara menghantarkan panas dari cahaya matahari dan berkontak dengan objek basah yang menyebabkan terjadinya perpindahan panas. Proses ini menyebabkan terjadinya perubahan fasa air pada objek menjadi fasa gas.

Proses pengeringan dapat digunakan sebagai metode pengawetan bahan pangan yang memiliki umur penyimpanan yang singkat. Dengan proses pengeringan kadar air yang terdapat pada bahan pangan mengalami pengurangan akibat proses penguapan yang terjadi sehingga perkembangan mikroba dan bakteri terhambat. Selain itu kelebihan pengeringan lainnya yaitu pengurangan beban bahan pangan, dan penyimpanan yang lebih efisien.

Salah satu kekurangan metode pengeringan tradisional yaitu adalah proses pengeringan yang dilakukan membutuhkan waktu yang lama dan bergantung pada cuaca. Oleh karena itu, dengan perkembangannya teknologi manusia mengembangkan metode

pengeringan dengan efisiensi sangat tinggi yaitu *spray drying*. Proses *spray drying* merupakan proses pengeringan dengan memanfaatkan udara panas untuk mengurangi kadar air pada produk.

Produk yang digunakan pada penelitian ini adalah susu kacang kedelai yang umumnya memiliki daya tahan selama sekitar 1-2 hari saja. Maka dari itu dimanfaatkan proses pengeringan *spray drying* sebagai upaya untuk preservasi daya tahan susu kacang kedelai. Metode ini akan mengubah fasa cair susu menjadi fasa padat dalam bentuk bubuk susu. Pada penelitian ini akan bertujuan untuk menganalisis fenomena yang terjadi pada proses pengeringan susu kacang kedelai menggunakan metode *spray drying*.

2. Dasar Teori

2.1 Drying Process

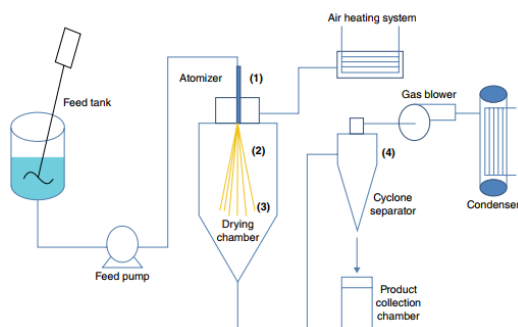
Pengeringan (*drying*) merupakan proses pengurangan kadar air suatu objek dengan memanfaatkan energi panas. Energi tersebut digunakan untuk merubah fasa air pada objek dari bentuk cair menjadi bentuk fasa gas. Dalam arti lain pengeringan merupakan proses pengeluaran kadar air suatu objek menuju titik kesetimbangan dengan udara lingkungan [1]. Salah satu contoh aplikasi pengeringan paling sederhana merupakan pengeringan menggunakan cahaya matahari dimana udara menghantarkan panas dari cahaya matahari dan berkontak dengan objek basah yang menyebabkan terjadinya perpindahan panas. Proses ini menyebabkan terjadinya perubahan fasa air pada objek menjadi fasa gas.

Proses pengeringan dapat digunakan sebagai metode pengawetan bahan pangan yang memiliki umur penyimpanan yang singkat. Dengan proses pengeringan kadar air yang terdapat pada bahan pangan mengalami pengurangan akibat proses penguapan yang terjadi sehingga perkembangan mikroba dan bakteri terhambat. Selain itu kelebihan pengeringan lainnya yaitu pengurangan beban bahan pangan, dan penyimpanan yang lebih efisien.

2.2 Spray Drying

Metode pengeringan telah menjadi salah satu hal yang tidak terpisahkan dalam bidang-bidang industri mulai dari agrikultur, kimia, bioteknologi, bahan pangan, farmasi, dan serta industri lainnya. Hal ini dikarenakan oleh manfaat dari pengeringan dalam memperpanjang umur pakai objek, preservasi, penyimpanan, serta pengurangan reduksi biaya dalam transportasi sehingga menjadi salah satu pilihan yang paling umum digunakan [2].

Sejak dahulu kala manusia telah memanfaatkan pengeringan dalam kehidupan sehari-hari dimana salah satu metode pengeringan paling sederhana dan tua yaitu pengeringan dengan menggunakan cahaya matahari. Tetapi dengan kebutuhan dan permintaan manusia yang semakin meningkat seiring dengan berkembangnya era industrialisasi diciptakanlah berbagai jenis pengeringan salah satunya adalah *spray drying*. *Spray drying* merupakan metode pengeringan bahan cair menjadi bentuk bubuk. Proses ini memanfaatkan udara panas untuk melakukan pengeringan untuk merubah cairan menjadi ke dalam bentuk bubuk [3]. Produk dalam bentuk bubuk memiliki beberapa kelebihan seperti meningkatkan daya simpan suatu produk dan juga mempermudah penyimpanan produk [4]. Peningkatan daya tahan tersebut disebabkan oleh kadar air yang sangat sedikit dalam produk sehingga menghambat perkembangan mikroba dan bakteri. Metode berikut sangat signifikan untuk meningkatkan daya tahan penyimpanan produk seperti susu kacang kedelai yang tidak memiliki daya tahan penyimpanan cukup pendek dalam bentuk cairnya.



Gambar 1. Skema Proses Spray Drying (Dewi & Sabiti, 2015)

2.3 Soybean Properties

Susu kacang kedelai merupakan ekstraksi dari susu dari biji *glycine max* (kacang kedelai) dengan menggunakan air sebagai cairan pelarut utama. Proses pengolahan susu kacang kedelai umumnya terdiri atas perendaman biji kacang kedelai, penggilingan bersama air, perebusan, dan penyaringan untuk memisahkan ampas (okara) dan cairan. Hasil dari proses-proses tersebut merupakan cairan berwarna putih kekuningan yang memiliki rasa khas kedelai [5].

Susu kacang kedelai memiliki beberapa manfaat yang dimana salah satu yaitu dinilai dapat menurunkan kadar kolesterol dalam tubuh [6]. Beberapa studi menunjukkan konsumsi susu kacang kedelai secara rutin dapat menurunkan kolesterol total dan serta meningkatkan kadar kolesterol sehat dalam tubuh [7]. Selain itu, kacang kedelai kaya akan isoflavon yang mana memiliki kemampuan untuk mencegah terjadinya berbagai penyakit degeneratif [8]. Isoflavon juga berhubungan kepada kesehatan tulang dimana memiliki kemampuan untuk memodulasi metabolisme tulang melalui efek estrogenik ringan, serta dapat menurunkan resiko osteoporosis [9].

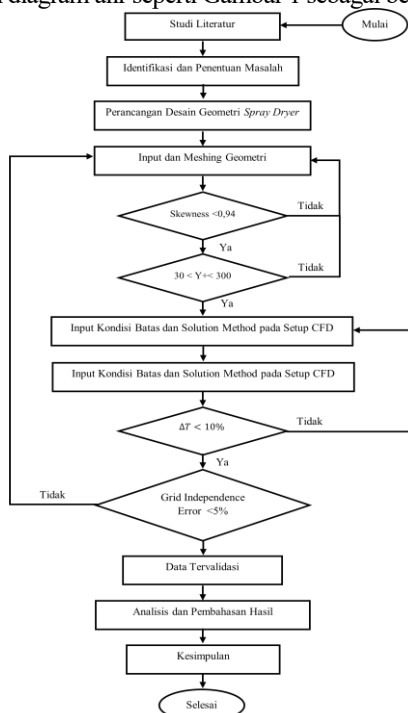
Dengan harga susu sapi yang relatif tinggi, susu kacang kedelai menjadi opsi alternatif yang sangat baik dimana harganya yang lebih murah dibandingkan dengan susu sapi. Selain itu, susu kacang kedelai memiliki nilai gizi yang tidak kalah dari susu sapi [10]. Susu kacang kedelai tidak mengandung laktosa oleh karena itu susu kacang kedelai dapat dikonsumsi oleh penderita alergi laktosa. Akan tetapi ketiadaannya laktosa menyebabkan kandungan protein yang tersedia pada susu kacang kedelai tidak lengkap dibandingkan susu sapi [11], Perbandingan komposisi gizi antara susu sapi dan kacang kedelai dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan komposisi susu kacang kedelai dengan susu sapi (Wijanarka, 2012)

Komponen	Susu Kedelai	Susu Sapi
Air (%)	88,60	88,60
Kalori (Kkal)	52,99	58,00
Protein (%)	4,40	2,90
Lemak (%)	2,50	0,30
Karbohidrat (%)	3,80	4,50
Kalsium (mg)	15,00	100,00
Fosfor (mg)	49,00	90,00
Natrium (mg)	2,00	16,00
Besi (mg)	1,20	0,10
Vitamin A (%)	0,02	0,20
Vitamin B1 (%)	0,04	0,04
Vitamin B2 (%)	0,02	0,15
Asam Lemak Jenuh (%)	40-48	60-70
Asam Lemak Tidak Jenuh (%)	52-60	30-40
Kolesterol (%)	0,00	9,24-9,9

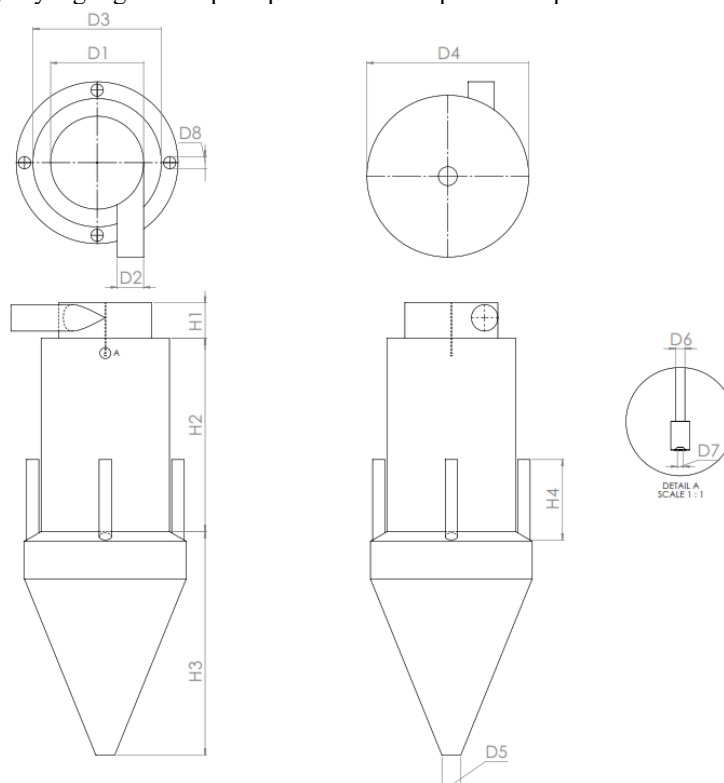
3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan diagram alir seperti Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

Geometri *spray dryer* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut.

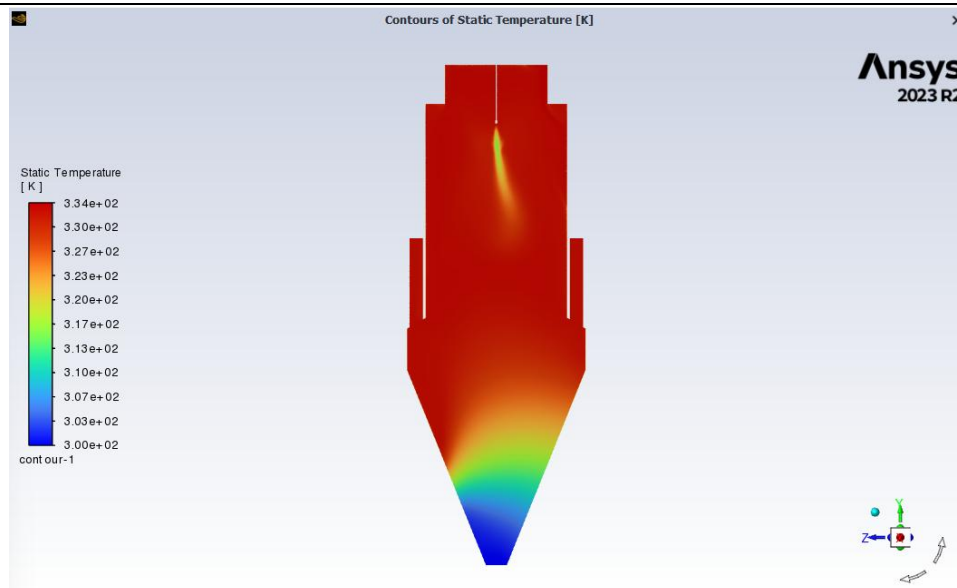


Gambar 3. Geometri *Spray Dryer*

Tabel 1. Dimensi geometri drying chamber

Geometri	Dimensi (mm)
Diameter inlet chamber, D1	492,6
Diameter inlet swirl, D2	140
Diameter drying chamber, D3	680
Diameter outlet chamber, D4	857
Diameter outlet powder, D5	100
Diameter inlet pipa, D6	5
Diameter inlet powder, D7	3
Diameter outlet swirl, D8	65

Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa menunjukkan geometri *spray dryer* yang digunakan pada penitian ini. *Spray dryer* tersebut terdiri atas 2 inlet dan 2 outlet, dimana inlet swirl dengan berfungsi sebagai tempat masuknya udara panas yang akan digunakan untuk mengurangi kadar air yang berada pada susu. secara umum proses pengeringan semprot terdiri atas 3 tahap yaitu atomisasi larutan *feed*, pengeringan, dan pengumpulan partikel. Atomisasi merupakan proses yang mana merubah larutan *feed* menjadi bentuk *droplet* atau tetesan-tetesan kecil [12]. Proses ini merupakan salah satu aspek paling krusial pada *spray drying* dikarenakan akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. Dalam praktiknya atomisasi akan dipengaruhi oleh bentuk nozel yang digunakan dalam proses pengeringan, dimana desain nozel yang digunakan disesuaikan pada aplikasi penggunaannya. Hal seperti ukuran partikel larutan *feed* dipengaruhi oleh bentuk nozel yang mana akan mempengaruhi efisiensi pengeringan secara keseluruhan dan juga kualitas hasil akhir produk bubuk yang akan dihasilkan [13]. Pengeringan merupakan proses penting dalam pengolahan bahan cair, yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dari droplet cairan yang diinjeksikan melalui nozel dalam bentuk kabut halus. Proses ini memanfaatkan udara panas yang diarahkan ke dalam ruang pengering (drying chamber) untuk mempercepat penguapan air dari permukaan droplet [14]. Pengumpulan, merupakan proses bubuk kering hasil *spray drying* yang menggunakan *cyclone separator* untuk proses pengumpulannya. Proses pengumpulan dilakukan dengan menggukan prinsip gaya sentrifugal dan gaya gravitasi pada *cyclone separator*.



Gambar 4. Distribusi temperatur pada *drying chamber*

Dari hasil simulasi numerik yang dilakukan diperoleh distribusi temperatur dalam *drying chamber* yang dapat dilihat pada Gambar 4 di atas. Dapat dilihat bahwa temperatur paling tinggi berada pada bagian *inlet* dengan temperatur maksimal berada pada suhu 334 K dan temperatur minimum berada pada bagian *outlet* dibawah *drying chamber* dengan suhu 300 K. Serta dapat dilihat bahwa pada bagian injeksi *droplet* berada pada suhu sekitar 317 K.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil simulasi numerik yang dilakukan menggunakan perangkat lunak CFD berupa *ansys fluent* diperoleh distribusi temperatur yang dapat dilihat pada Gambar 4. Dapat diamati bahwa temperatur tertinggi terdapat pada bagian atas *drying chamber* berada pada daerah kedua inlet dan semakin menurun hingga mencapai titik temperatur terendah yang berlokasi pada bagian *outlet* bawah *drying chamber*. Masing- masing untuk temperatur maksimal dan minimum yang ada pada *drying chamber* yaitu memiliki nilai 334 dan 300 K. Selain itu dapat diamati bahwa terjadinya fenomena dimana temperatur pada daerah injeksi memiliki suhu dengan nilai sekitar 313 K.

5. Daftar Pustaka

- [1] Sary, R. (2016). Kaji eksperimental pengeringan biji kopi dengan menggunakan sistem konveksi paksa. *Jurnal Polimesin*, 14(2), 13-18. <http://dx.doi.org/10.30811/jpl.v14i2.337>
- [2] Mujumdar, A. S., & Devahastin, S. (2000). Fundamental principles of drying. *Exergex, Brossard, Canada*, 1(1), 1-22.
- [3] Vehring, R. (2008). Pharmaceutical particle engineering via spray drying. *Pharmaceutical research*, 25(5), 999-1022. <https://doi.org/10.1007/s11095-007-9475-1>
- [4] Villalva, F. J., La Madrid, A. P. O., Della Fontana, F. D., de Oliveira, E. G., Armada, M., & Ramón, A. (2025). Obtaining and evaluating goat milk powder derived from milk of local producers in northwestern Argentina. *Small Ruminant Research*, 247, 107496. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2025.107496>
- [5] Cheng, Y., Xiong, Y., & Chen, J. (2019). Soy protein-based composites and their applications. *Food Hydrocolloids*, 97, 105208. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105208>
- [6] George, K. S., Muñoz, J., Akhavan, N. S., Foley, E. M., Siebert, S. C., Tenenbaum, G., ... & Arjmandi, B. H. (2020). Is soy protein effective in reducing cholesterol and improving bone health?. *Food & function*, 11(1), 544-551. <https://doi.org/10.1039/C9FO01081E>
- [7] Sohoul, M. H., Lari, A., Fatahi, S., Shidfar, F., Gāman, M. A., Guimaraes, N. S., ... & Abu-Zaid, A. (2021). Impact of soy milk consumption on cardiometabolic risk factors: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Functional Foods*, 83, 104499. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104499>
- [8] Messina, M. (2016). Soy and health update: Evaluation of the clinical and epidemiologic literature. *Nutrients*, 8(12), 754. <https://doi.org/10.3390/nu8120754>
- [9] Ma, D. F., Qin, L. Q., Wang, P. Y., & Katoh, R. (2008). Soy isoflavone intake increases bone mineral density in the spine of menopausal women: Meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Nutrition*, 27(1), 57-64. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2007.10.006>

-
- [10] Picauly, P., Talahatu, J., & Mailoa, M. (2015). Pengaruh penambahan air pada pengolahan susu kedelai. *Agritekno: Jurnal Teknologi Pertanian*, 4(1), 8-13.
 - [11] Wijanarka, T, A. 2012. Analisa laju aliran produk dalam pembuatan susu kedelai bubuk dengan pengeringan semprot. (Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia:Jakarta).Diakses dari <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20307827&lokasi=lokal#>
 - [12] Mohandas, A., Luo, H., & Ramakrishna, S. (2021). An overview on atomization and its drug delivery and biomedical applications. *Applied Sciences*, 11(11), 5173. <https://doi.org/10.3390/app11115173>
 - [13] Stegemann, S., Faulhammer, E., Pinto, J. T., & Paudel, A. (2022). Focusing on powder processing in dry powder inhalation product development, manufacturing and performance. *International Journal of Pharmaceutics*, 614, 121445. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.121445>
 - [14] Mujumdar, A. S., & Menon, A. S. (2020). Drying of solids: principles, classification, and selection of dryers. In *Handbook of industrial drying* (pp. 1-39). CRC Press.