

**METODE KOMPUTASIONAL DINAMIKA FLUIDA DALAM UPAYA  
OPTIMASI DAN KONTROL KONDISI KERJA DESAIN AIR BLAST  
FREEZING YANG DIGUNAKAN UNTUK MEMPERTAHANKAN KUALITAS  
UDANG DI INDONESIA : REVIEW**

**Tikkos Sihombing<sup>1)</sup> dan Awaludin Martin<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Teknik Mesin, Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru,  
Pekanbaru, 28293

E-mail: tikkos.sihombing6999@grad.unri.ac.id

**Abstract**

Indonesia, a large country with 17,504 islands and a coastline of 95,161 km, is a country that has natural wealth, especially abundant marine products. The potential of shrimp in Indonesia is included in one of the 10 main commodities that contribute value to the country's foreign exchange which is an export material with good economic growth and statistics. Air blast freezing is a tool that can be used to maintain the quality of materials by cooling. Computational fluid dynamics is an effective method today and has been widely used in research design, both development and industrial scale, to assist in solving modeling, visualization or control problems to obtain optimal results by reducing the potential for repeated failures in experiments. Therefore, the use of air blast freezing technology is one way to increase Indonesia's export capacity. By using computational fluid dynamics methods, the control conditions of air blast freezing can be simulated so that the working performance of the tool in maintaining the quality of shrimp exports will be well maintained.

**Keywords:** *shrimp, air blast freezing, export, Computational Dynamics Fluids Method*

**Abstrak**

Indonesia negara besar dengan pulau 17504 yang memiliki garis pantai 95161 km adalah negara yang memiliki kekayaan alam khususnya hasil laut yang melimpah. Potensi udang di Indonesia termasuk dalam salah satu dari 10 komoditas utama yang memberikan nilai kontribusi devisa negara yang merupakan bahan ekspor dengan pertumbuhan ekonomi dan statistik yang baik. *Air blast freezing* salah satu alat yang dapat digunakan untuk mempertahankan kondisi kualitas bahan agar tetap terjaga dengan cara pendinginan. Komputasional dinamika fluida merupakan salah satu metode yang efektif saat ini dan telah banyak digunakan dalam desain penelitian baik pengembangan ataupun skala industri untuk membantu dalam menyelesaikan persoalan modeling, visualisasi, ataupun kontrol untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan mengurangi potensi kegagalan berulang dalam percobaan. Oleh karena itu penggunaan teknologi *air blast freezing* merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kapasitas ekspor Indonesia. Dengan menggunakan metode komputasional dinamika fluida, maka kondisi kontrol dari *air blast freezing* dapat disimulasikan sehingga performa kerja alat tersebut dalam mempertahankan kualitas ekspor udang akan terjaga dengan baik.

**Kata Kunci:** *udang, air blast freezing, ekspor, metode komputasional dinamika fluida*

**PENDAHULUAN**

Indonesia negara besar dengan pulau 17504 yang memiliki garis pantai 95161 km adalah negara yang memiliki kekayaan alam khususnya hasil laut yang melimpah.

Dengan potensi tangkap hasil hayati 5,12 juta ton pertahun yang diantaranya adalah udang (0,094 juta ton) dan lobster (0,004 juta ton) yang tersebar di 9 wilayah pengelolaan perikanan Indonesia (Arianto, 2020). Besarnya potensi ini sangat menguntungkan untuk peningkatan nilai ekonomi yang diperoleh terutama dalam bidang ekspor.

Pada tahun 2021 pencapaian produksi udang Indonesia sebesar 1,21 juta ton dengan nilai Rp79,21 triliun dan hal ini meningkat 9,20% dari tahun sebelumnya sebesar 1,11 juta ton dengan nilai Rp66,53 triliun (Widi, 2022). Pencapaian ini perlu ditingkatkan untuk menambah nilai pendapatan Indonesia terkhususnya udang. Hal ini tentu dapat dicapai jika kualitas yang dihasilkan tetap memenuhi standar sesuai kebutuhan pasar.

Salah satu market ekspor udang Indonesia yaitu Jepang mengalami peningkatan permintaan, akan tetapi hal yang perlu dikontrol oleh pemerintah adalah tentang kualitas. Hal ini juga sangat berpengaruh terhadap tingkat permintaan impor dari Jepang itu sendiri. Semakin meningkat harga udang di Jepang dengan kualitas yang sesuai maka akan mempengaruhi permintaan akan udang dari Indonesia (Nakamura, 2019). Oleh karena itu sangat penting menjaga kualitas udang agar nilai jual dipasar dapat dipertahankan sehingga nilai ekonomi dari hasil ekspor dapat terus meningkat.

*Air blast freezing* salah satu alat yang dapat digunakan untuk mempertahankan kondisi kualitas bahan agar tetap terjaga dengan cara pendinginan. Dengan *air blast freezing* struktur dari bahan makanan yang didinginkan dapat tetap terjaga dengan tanpa mempengaruhi penurunan kualitas yang ada pada bahan dibandingkan dengan metode pendinginan yang lain (Ying, 2021). Oleh karena itu sangat penting untuk melakukan analisis desain dan kontrol tepat agar *air blast freezing* dapat digunakan lebih optimal dalam menjaga kualitas bahan makanan yang didinginkan.

Komputasional dinamika fluida merupakan salah satu metode yang efektif saat ini dan telah banyak digunakan dalam desain penelitian baik pengembangan ataupun skala industri untuk membantu dalam menyelesaikan persoalan modeling, visualisasi, ataupun kontrol untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan mengurangi potensi kegagalan berulang dalam percobaan (Oyinloye, 2021). Oleh karena itu dalam melakukan desain, analisis, visualisasi kondisi maupun kontrol pada penelitian efek dari penggunaan *air blast freezing* terhadap suatu produk bahan makanan sangat penting untuk melakukannya dengan metode komputasional dinamika fluida ini. Dengan menggunakan metode ini

dalam setiap perencanaan, maka kemungkinan berhasil suatu desain alat dan bekerja sesuai keinginan akan sangat besar.

Artikel ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana metode komputasional dinamika fluida dapat digunakan dalam membantu memecahkan persoalan, baik desain, modeling, visualisasi, maupun kontrol agar memperoleh kondisi kerja yang optimal dari suatu alat sesuai dengan yang dibutuhkan. Hal ini juga dilakukan agar upaya pengembangan penelitian alat untuk menjaga kualitas bahan makanan dapat terjaga, secara khusus *air blast freezing*.

## **METODE PENELITIAN**

Artikel ini disusun menggunakan metode kualitatif dengan melakukan penjejakan akan makna yang diperoleh dari suatu penelitian. Dengan metode analisis deskriptif, maka akan diperoleh gambaran cara kerja dari suatu alat yang dianalisis dengan menggunakan simulasi dimana dalam hal ini alat yang disimulasikan adalah *air blast freezing* pada pembekuan bahan makanan berupa udang. Pengumpulan data atas penelitian yang telah dilakukan dapat disusun hubungan sebab akibat yang digambarkan dari kondisi pada penelitian sebelumnya. Hal ini yang kemudian akan disimpulkan sebagai suatu rekomendasi kondisi yang tepat sesuai dengan tujuan dari artikel ini.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Potensi dan Permasalahan Ekspor Udang di Indonesia**

Potensi udang di Indonesia termasuk dalam salah satu dari 10 komoditas utama yang memberikan nilai kontribusi devisa negara yang merupakan bahan ekspor dengan pertumbuhan ekonomi dan statistik yang baik (Asnawi, 2021). Hal ini memperlihatkan betapa pentingnya meningkatkan nilai dari udang yang dihasilkan di Indonesia. Oleh sebab faktor - faktor yang dapat mempengaruhi kondisi ekspor udang dari Indonesia ke luar negeri perlu dilakukan kajian agar tetap menjaga dan meningkatkan pendapatan devisa negara.

Komoditas udang beku adalah salah satu cara untuk tetap menjaga kualitas dan harga ekspor udang dari Indonesia ke negara – negara lain. Beberapa negara yang menjadi tujuan ekspor udang ini seperti Jepang, Amerika Serikat dan negara – negara di Eropa mengimport udang dari Indonesia.

Pengolahan udang beku menjadi fokus ekspor Indonesia dibandingkan dengan ekspor udang segar dan olahan udang (Siti,2020). Hal ini salah satunya dipengaruhi oleh kurangnya kemampuan dan teknologi alat yang dapat mempertahankan kondisi kualitas ekspor udang segar dari Indonesia. Oleh karena itu pengembangan metode perlakuan terhadap ekspor udang segar dari Indonesia sangat perlu dilakukan untuk memperbesar kapasitas ekspor udang dari Indonesia agar meningkatkan pendapatan devisa negara.

Kemampuan ekspor udang beku dalam beberapa tahun terakhir mengalami grafik penurunan secara garis besarnya. Hal ini salah satunya disebabkan oleh munculnya persaingan ekspor dengan negara – negara sekitar yang menggunakan dan mengembangkan teknologi yang dapat mempertahankan komoditas ekpornya (Amalia,2022). Hal ini memperlihatkan betapa pentingnya penerapan dan pengembangan teknologi pembekuan udang ekspor dari Indonesia.

### **Air Blast Freezing**

*Air blast freezing* adalah teknologi alat pembekuan yang dapat mempertahankan kualitas bahan yang dibekukannya seperti udang. Hal ini dapat dibandingkan dengan metode alat pembekuan bahan yang lain menunjukkan bahwa hasil pembekuan dari *air blast freezing* lebih baik (Ying,2021). Dengan alat ini memungkinkan solusi peningkatan dan pengembangan ekspor udang beku dari Indonesia ke negara – negara pengimport semakin baik. Dengan adanya metode dari *air blast freezing*, kualitas dan kapasitas ekspor udang dari Indonesia akan meningkat. Dimana alat ini lebih efektif dalam proses pembekuan bahan makanan.

Berbagai metode pembekuan bahan makanan akan mempengaruhi kadar air, mikrostruktur dan rasa dari bahan makanan. Hal ini juga termasuk pencegahan pertumbuhan bakteri yang dapat merusak kualitas bahan makanan. Dengan menggunakan *air blast freezing* akan dapat mencegah pertumbuhan bakteri tanpa mengubah mikrostruktur dari bahan makanan (Angane,2020). Berikut adalah gambaran umum dari *air blast freezing*.



Gambar 1. *Air Blast Freezing*

### Metode Komputasional Dinamika Fluida

Metode komputasional dinamika fluida sudah sangat umum digunakan saat ini, baik dalam penelitian maupun menyelesaikan berbagai kasus yang berkaitan dengan fenomena fluida baik yang bergerak ataupun digerakkan oleh suatu alat sehingga menimbulkan suatu kondisi yang berubah secara suhu, bunyi, ataupun energi. Metode ini dapat memprediksi kondisi mendekati real dari suatu fenomena yang di analisis dengan menginput model geometri dan variabel kondisi (Hoang,2020).

Geometri yang diinput bertujuan agar menampilkan modeling fenomena yang dianalisis dengan detail dimensi dan bentuknya. Kemudian dilakukan *meshing*, yaitu dengan membagi model atas beberapa banyak segmen agar menghasilkan analisis data yang lebih akurat. Dengan menginput kondisi kerja yang terjadi dan variabel yang mempengaruhinya, maka akan diperoleh hasil data analisis dari fenomena. Semakin spesifik data kondisi yang di input pada software analisis, maka hasil yang diperoleh akan mendekati eksperimentalnya (Chauhan,2019).

Komputasional dinamika fluida ditingkatkan menggunakan teknologi dengan metode persamaan governing. Dengan menggabungkan prinsip hukum momentum, kekekalan massa, persamaan energi dan lain – lain pada berbagai kondisi aliran (Chauhan,2019). Dengan menginput parameter kondisi, maka perangkat teknologi akan menganalisis sehingga memperoleh pendekatan yang sesuai dan mendekati hasil sebenarnya.

Dari kondisi yang diinput sebagai parameter kontrol, maka akan dilakukan perhitungan berulang oleh perangkat sehingga mendapatkan kondisi yang mendekati atau

sama dengan keadaan yang seharusnya seperti energi yang dihasilkan, kondisi aliran fluida, dan waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi yang diinginkan (Nelson, 2021).

### **Penelitian Komputasional Dinamika Fluida pada Air Blast Freezing**

Beberapa penelitian yang terkait dengan penggunaan metode komputasional dinamika terkait sistem pendinginan adalah Zheng et al., 2019 melakukan analisis efek perbedaan aliran udara pada *air blast freezing* pada berbagai posisi bahan makanan. Dengan melakukan variasi laju aliran maka diperoleh kesimpulan bahwa meningkatkannya laju aliran udara dingin seiring dengan peningkatan pemerataan distribusi pendinginan pada ruangan pendingin. Hal ini diuji simulasi pada perbedaan kecepatan aliran dari mulai 1.2, 1.6, 2.0, 2.4, 2.8, 3.2, 3.4, 3.8, dan 4.2 m/s.

Nelson et al., 2021 menggunakan metode komputasional dinamika fluida untuk memprediksi pendinginan jenuh pada berbagai mesh untuk melihat besarnya nilai *exergy destruction* yang diperlukan untuk membekukan daging pada kondisi laminar dan turbulen.

Sian et al., 2023 melakukan analisis temperatur pada pembekuan durian dengan menggunakan metode komputasional dinamika fluida. Dari hasil simulasinya diperoleh bahwa waktu pembekuannya adalah 240 menit dengan 5 fin berjarak 3.925 mm antar gap diatur secara vertikal.

Hoang et al., 2020 melakukan analisis simulasi dengan metode komputasional dinamika fluida dan melakukan validasi secara eksperimental pada objek daging ayam. Diperoleh bahwa hasil distribusi suhu secara simulasi dibandingkan dengan eksperimental tidak jauh berbeda dengan kualitas yang diperoleh sangat mirip seperti yang digambarkan dari hasil simulasi. Hal ini menyatakan bahwa metode komputasional dinamika fluida dapat digunakan untuk memprediksi kondisi kerja dari suatu alat dalam hal ini adalah *air blast freezing*.

### **SIMPULAN**

Indonesia adalah negara yang berpotensi yang memiliki kekayaan sumber daya hayati yang besar. Hal ini berdampak positif untuk meningkatkan pendapatan negara dan nilai ekonomi di tengah – tengah masyarakat. Udang adalah satu dari 10 komoditas ekspor dari Indonesia, salah satu produknya adalah udang beku. Setiap tahun jumlah permintaan

akan udang dari Indonesia semakin meningkat, akan tetapi kemampuan penguasaan teknologi untuk bersaing dengan negara lain pengeskor udang sangatlah kurang. Oleh karena itu penggunaan teknologi *air blast freezing* merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kapasitas ekspor Indonesia. Dengan menggunakan metode komputasional dinamika fluida, maka kondisi kontrol dari *air blast freezing* dapat disimulasikan sehingga performa kerja alat tersebut dalam mempertahankan kualitas ekspor udang akan terjaga dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Angane, M., Gupta, S., Fletcher, G. C., Summers, G., Hedderley, D. I., & Young, S. (2020). Effect of air blast freezing and frozen storage on *Escherichia coli* survival, n-3 polyunsaturated fatty acid concentration and microstructure of Greenshell™ mussels. *Food Control*, 115(December 2019), 107284. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107284>
- Arianto, M. F., & Surabaya, U. N. (2020). *Potensi wilayah pesisir di negara indonesia*. November.
- Chauhan, A., Trembley, J., Wrobel, L. C., & Jouhara, H. (2019). Experimental and CFD validation of the thermal performance of a cryogenic batch freezer with the effect of loading. *Energy*, 171, 77–94. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.149>
- Damayanti, A. R., & Sugiarto, S. (2022). Analisis Daya Saing Ekspor Udang Beku Indonesia di Jepang dan Faktor-Faktor yang Memengaruhinya Tahun 1989-2019. *Jurnal Dinamika Ekonomi Pembangunan*, 5(1), 16–35. <https://doi.org/10.14710/jdep.5.1.16-35>
- Fatimah, S. S., Marwanti, S., & Supardi, S. (2020). Kinerja Ekspor Udang Indonesia Di Amerika Serikat Tahun 2009-2017: Pendekatan Model Constant Market Share (Cms). *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 1(1), 57. <https://doi.org/10.15578/jsekp.v1i1.7677>
- Hoang, D. K., Lovatt, S. J., Olatunji, J. R., & Carson, J. K. (2020). Validated numerical model of heat transfer in the forced air freezing of bulk packed whole chickens. *International Journal of Refrigeration*, 118, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.06.015>
- Jiang, Q., Yin, T., Yang, F., Yu, D., Xu, Y., Tie, H., Gao, P., Wang, B., & Xia, W. (2020). Effect of freezing methods on quality changes of grass carp during frozen storage. *Journal of Food Process Engineering*, 43(11). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13539>
- Lv, Y., Chu, Y., Zhou, P., Mei, J., & Xie, J. (2021). Effects of different freezing methods on water distribution, microstructure and protein properties of cuttlefish during the frozen storage. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(15), 1–18. <https://doi.org/10.3390/app11156866>
- Moraga, N. O., & Rivera, D. R. (2021). Advantages in predicting conjugate freezing of meat in a domestic freezer by CFD with turbulence k-ε 3D model and a local exergy destruction analysis. *International Journal of Refrigeration*, 126, 76–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2021.02.002>

- Nakamura, S., & Sukadana, I. Wayan. (2019). Pengaruh Kurs, Potensi Permintaan Udang Per Kapita Jepang dan Harga Produk Udang terhadap Impor Produk Udang Jepang dari Indonesia. *E-Jurnal EP Unud*, 10 [7] : 2721 - 2749
- Oyinloye, T. M., & Yoon, W. B. (2021). Application of computational fluid dynamics (Cfd) simulation for the effective design of food 3d printing (a review). *Processes*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/pr9111867>
- Saman, A., Luhur, E. S., Suryawati, S. H., & Arthatiani, F. Y. (2021). Model Permintaan Ekspor Udang Segar Indonesia oleh Pasar Jepang, Amerika Serikat, dan Uni Eropa. *Jurnal Penyuluhan Perikanan Dan Kelautan*, 15(2), 169–188. <https://doi.org/10.33378/jppik.v15i2.220>
- Sian, L. T., Lee, Y. Y., Hing, C. K., & Voon, C. S. C. (2023). A CFD Analysis of Core Temperature for Different Durian Paste Packages Layouts during Air-Blast Freezing. *CFD Letters*, 15(1), 1–16. <https://doi.org/10.37934/cfdl.15.1.116>
- Widi, S. (2022). *Produksi Udang Indonesia Capai 1,21 Juta Ton pada 2021*. DataIndonesia.Id. <https://dataindonesia.id/agribisnis-kehutanan/detail/produksi-udang-indonesia-capai-121-juta-ton-pada-2021>