

ANALISIS PENGARUH TATA LETAK *FINE-PORE AERATION TUBES* TERHADAP PERFORMA AERASI PADA TAMBAK UDANG VANAME MARINE SCIENCE TECHNO PARK – UNDIP

*Ghinna Nur Akram¹, Mohammad Tauviqirrahman², Muchammad²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: nur.akram84@gmail.com

Abstrak

Dissolved oxygen (DO) adalah parameter penting dalam kualitas air untuk budidaya udang vaname. Untuk meningkatkan konsentrasi DO di tambak udang, metode aerasi menggunakan aerator jenis *fine-pore aeration tubes* dapat diterapkan. Alat ini memiliki beberapa keunggulan seperti efisiensi aerasi tinggi, instalasi mudah, dan risiko penyumbatan rendah. Dalam penggunaannya, *fine-pore aeration tubes* bisa diatur sesuai kebutuhan sehingga tata letak mempengaruhi performa aerasi. Penelitian menggunakan metode *computational fluid dynamics* (CFD) dilakukan untuk menganalisis distribusi DO, sirkulasi air, dan performa aerasi pada berbagai tata letak aerator yaitu *straight-type*, *ring-type*, dan *square-type* di tambak udang vaname Marine Science Techno Park (MSTP)-Undip. Hasil menunjukkan tata letak *straight-type* memberikan distribusi DO terbaik dengan penyebaran merata di seluruh kolam. Namun, ketiga tata letak tidak menunjukkan sirkulasi air yang baik karena aliran air hanya terjadi di sekitar gelembung udara yang naik.

Kata kunci: *cf*d; *dissolved oxygen*; *fine-pore aeration tubes*; *mstp-undip*; performa aerasi

Abstract

Dissolved oxygen (DO) is an important parameter in water quality for vaname shrimp cultivation. To increase the DO concentration in shrimp ponds, an aeration method using *fine-pore aeration tubes* can be applied. This tool has several advantages such as high aeration efficiency, easy installation, and a low risk of clogging. In use, *fine-pore aeration tubes* can be arranged according to needs so that the layout affects aeration performance. Research using the *computational fluid dynamics* (CFD) method was carried out to analyze DO distribution, water circulation, and aeration performance in various aerator layouts, namely *straight-type*, *ring-type*, and *square-type* in the Marine Science Techno Park (MSTP) vaname shrimp ponds. -Undip. The results show that the *straight-type* layout provides the best DO distribution with an even distribution throughout the pond. However, all three layouts do not show good water circulation because the water flow only occurs around the rising air bubbles.

Keywords: *aeration performance*; *cf*d; *dissolved oxygen*; *fine-pore aeration tubes*; *mstp-undip*

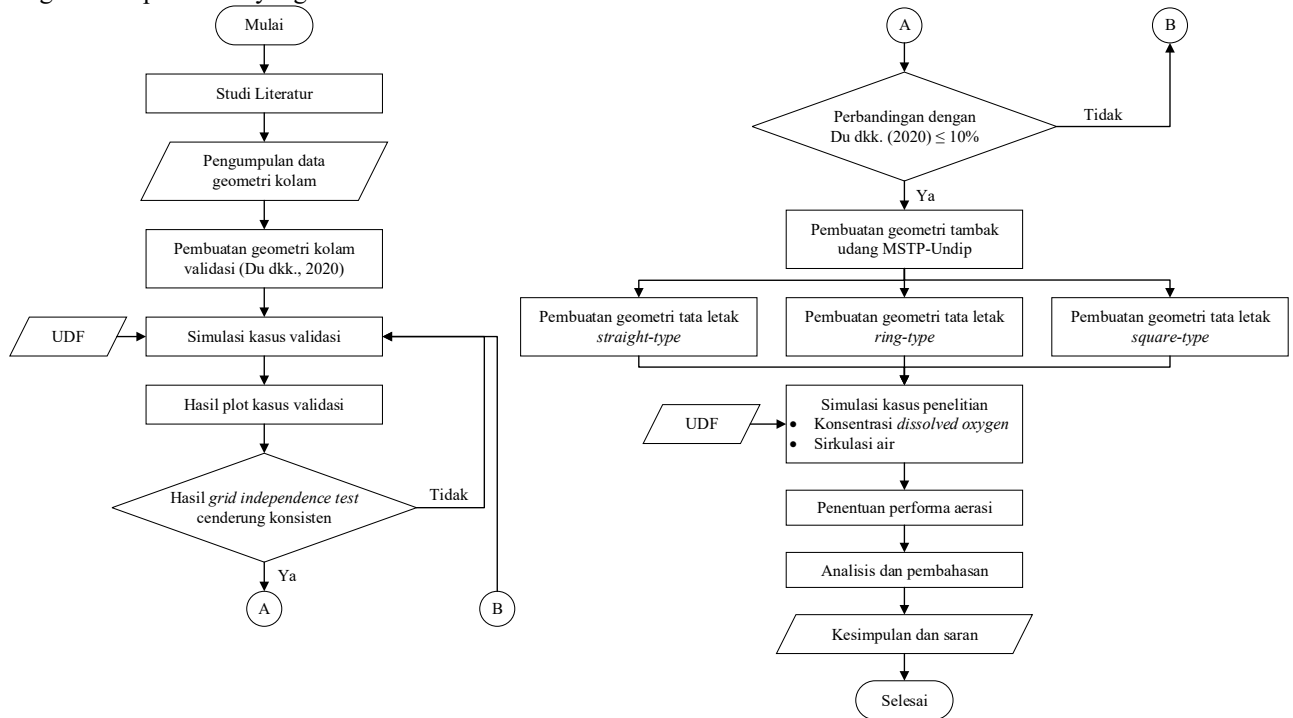
1. Pendahuluan

Indonesia, sebagai negara maritim dengan garis pantai sepanjang 108.000 km, memiliki potensi besar dalam budidaya udang berkat kondisi geografis yang mendukung seperti suhu air yang stabil, pasokan air yang cukup, dan keberadaan mangrove [1]. Budidaya udang sangat penting bagi ekonomi maritim Indonesia, terutama untuk pasar ekspor. Salah satu inovasi dalam sektor ini adalah teknologi budidaya udang vaname supra intensif ramah lingkungan yang dikembangkan oleh Marine Science Techno Park (MSTP) – Universitas Diponegoro (Undip) di Jepara [2]. Dalam budidaya udang, kualitas air, terutama *dissolved oxygen* (DO), sangat penting untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang [3]. DO adalah ukuran berapa banyak oksigen terlarut dalam air yaitu jumlah oksigen yang tersedia untuk organisme akuatik [4].

Aerasi buatan menggunakan *fine-pore aeration tubes* adalah salah satu cara untuk meningkatkan DO dalam kolam budidaya udang, terutama pada malam hari saat aerasi alami tidak efektif [5,6]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tata letak *four corner-type diffuser* efektif untuk aerasi dan pengumpulan kotoran di kolam [7]. Namun, distribusi konsentrasi DO pada tiap kedalaman kolam belum banyak dibahas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi distribusi DO menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) melalui ANSYS Fluent 2023 R2 di tambak udang vaname MSTP-Undip, guna meningkatkan efisiensi budidaya udang.

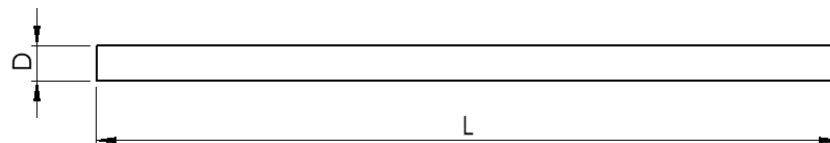
2. Bahan dan Metode Penelitian

Langkah awal penelitian adalah mengumpulkan data geometri tambak udang MSTP-Undip, lalu dilakukan validasi terhadap penelitian yang dilakukan oleh Du dkk. (2020) [7]. Jika hasil validasi telah sesuai maka dilanjutkan dengan simulasi penelitian yang akan menghasilkan kontur DO, kontur sirkulasi air, dan grafik peningkatan konsentrasi DO terhadap waktu. Setelah itu, dilakukan penentuan performa aerasi menggunakan *nonlinier curve fitting* dan perhitungan. Hasil tersebut dianalisis mengenai bagaimana perbedaan antar tata letak aerator. Pada tahap akhir, kesimpulan atas hasil penelitian ditarik serta saran diberikan untuk penelitian selanjutnya. Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode utama yang dilakukan pada penelitian ini adalah simulasi numerik CFD dengan sistem aerasi menggunakan *fine-pore aeration tubes* dengan domain fluida tambak udang vaname MSTP-Undip. Metode simulasi yang digunakan merujuk pada beberapa penelitian yaitu Du dkk (2020), Yu dkk (2024), dan Wu dkk (2014) [7–9]. Simulasi dilakukan dalam bentuk 3D untuk menganalisis distribusi DO dan kecepatan air pada tiap kedalaman kolam. Gambar 2 menunjukkan geometri kolam yang digunakan. Kolam ini memiliki panjang L sebesar 25 m dan kedalaman D sebesar 1.2 m.



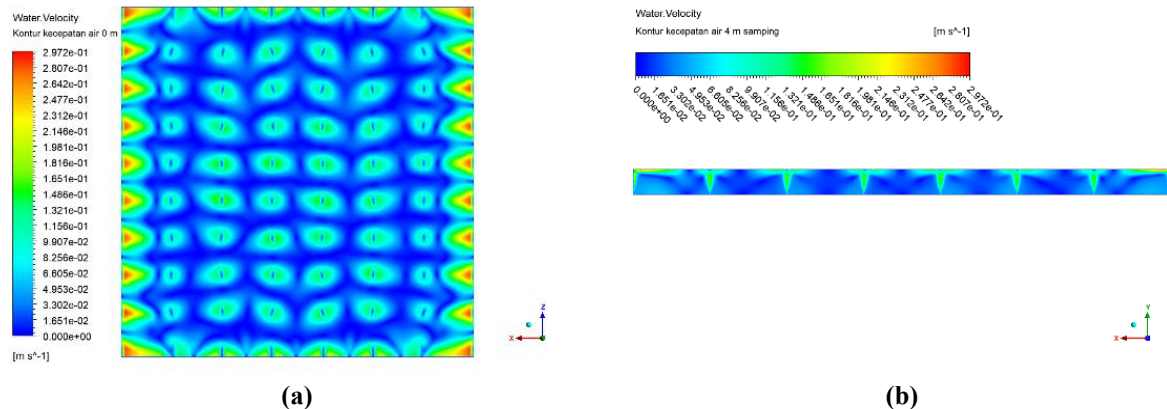
Gambar 2. Geometri Tambak Udang MSTP-Undip Tampak Depan

Setelah dilakukan pembuatan geometri, dilakukan proses *meshing* dari geometri yang telah dibuat. *Meshing* adalah pembagian suatu geometri menjadi elemen-elemen kecil yang saling terhubung antar titik atau *node* yang akan dihitung secara numerik. Pada simulasi ini, ukuran elemen yang digunakan adalah 100 mm dengan jenis *polyhedral*. Ukuran elemen *meshing* didasarkan pada *grid independence test*, dimana ukuran elemen 100 mm sudah menunjukkan kekonsistenan hasil dibandingkan dengan ukuran elemen 50 mm.

Simulasi numerik dilakukan pada kondisi *transient* dengan percepatan gravitasi -9.81 m/s^2 pada sumbu y . *Multiphase model* digunakan untuk memodelkan fluida air sebagai fasa kontinu dan fluida udara sebagai fasa terdispersi dengan memperhatikan gaya drag (*Schiller-naumann model*) dan gaya lift (*moraga model*). *Viscous model* yang digunakan adalah *realizable k- ϵ turbulence model*. *Solution method* yang digunakan pada simulasi ini adalah *Phase Coupled SIMPLE*.

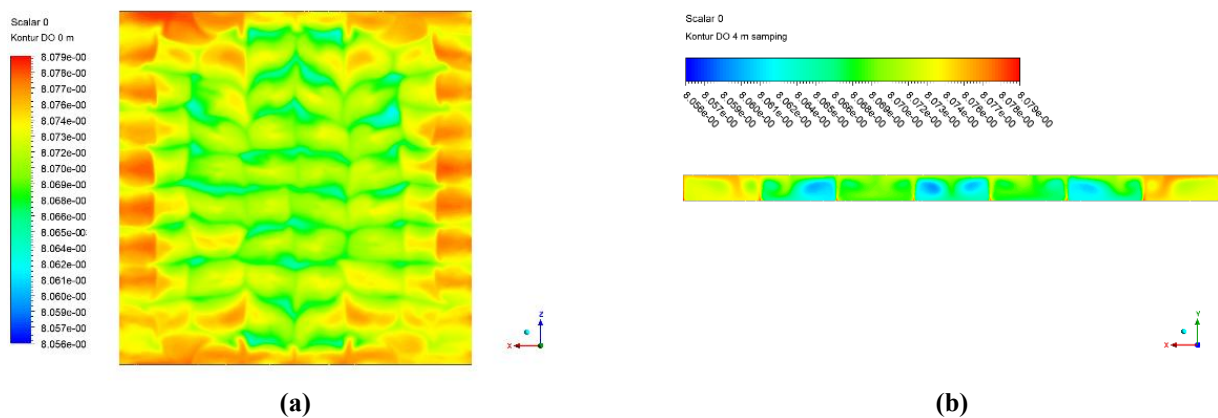
3. Hasil dan Pembahasan

Analisis terkait dengan kecepatan air pada tambak udang ini dapat digunakan untuk menentukan sirkulasi air yang baik untuk udang. Kecepatan air dianalisis tiap kedalaman kolam. Kecepatan air dianalisis tiap kedalaman kolam pada detik ke-5000. Gambar 3 menunjukkan kontur kecepatan air pada tata letak *straight-type* baik pada permukaan kolam dan tampak samping. Berdasarkan tata letak tersebut, dapat diketahui bahwa sirkulasi air yang terjadi tidak terlalu signifikan.



Gambar 3. Kecepatan Air Tata Letak *Straight-Type* pada (a) Permukaan Kolam, dan (b) Tampak Samping

Analisis terkait distribusi DO pada tambak udang ini dapat digunakan untuk menentukan zona dengan konsentrasi DO yang baik untuk udang. Selain itu, *dead spot* dapat ditentukan melalui analisis ini. Distribusi DO dianalisis tiap kedalaman kolam pada detik ke-5000. Gambar 4 menunjukkan distribusi DO pada tata letak *straight-type* baik pada permukaan kolam dan tampak samping. Berdasarkan ketiga pola distribusi konsentrasi DO, dapat diketahui bahwa setelah 5000 detik konsentrasi DO sudah mencapai nilai optimal untuk menunjang kehidupan udang vaname karena udang membutuhkan konsentrasi DO minimal sebesar 5 mg/L [10]. Nilai DO Distribusi DO yang paling baik diperoleh oleh *straight-type* karena keseluruhan area kolam memiliki konsentrasi DO yang tinggi.



Gambar 4. Konsentrasi DO Tata Letak *Straight-Type* pada (a) Permukaan Kolam, dan (b) Tampak Samping

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait dengan pengaruh tata letak *fine-pore aeration tubes* terhadap performa aerasi dapat ditarik suatu kesimpulan. Tata letak *straight-type* memiliki performa aerasi tertinggi karena distribusi DO yang merata sedangkan tata letak lainnya terdapat titik *dead spot* dimana konsentrasi DO-nya rendah.

5. Daftar Pustaka

- [1] Primavera, J. H. 1998. "Mangroves as Nurseries : Shrimp Populations in Mangrove and Non-mangrove Habitats". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46(3), 457–464.
- [2] Direktorat Science and Techno Park. 2020. *Tentang MSTP Undip*. <https://dstp.undip.ac.id/>
- [3] Venkateswarlu, V., Seshiah, P. V., Arun, P., & Behra, P. C. 2019. "A study on water quality parameters in shrimp *L.vannamei* semi-intensive grow out culture farms in coastal districts of Andhra Pradesh, India". *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(4), 394–399.
- [4] Wakode, A. A., & Quadri, A. 2020. "Physico-Chemical Studies on Kagzipura and Mombatta Lake, Aurangabad (Maharashtra)". *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(11), 416–423. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.32177>

- [5] Cheng, X., Xie, Y., Zhu, D., & Xie, J. 2019. "Modeling re-oxygenation performance of fine-bubble-diffusing aeration system in aquaculture ponds". *Aquaculture International*, 27, 1353–1368. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00390-6>
- [6] Cheng, X., Xie, Y., Zheng, H., Yang, Q., Zhu, D., & Xie, J. 2016. "Effect of the Different Shapes of Air Diffuser on Oxygen Mass Transfer Coefficients in Microporous Aeration Systems". *Procedia Engineering*, 154, 1079–1086. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.599>
- [7] Du, Y., Chen, F., Zhou, L., Qiu, T., & Sun, J. 2020. "Effects of different layouts of fine-pore aeration tubes on sewage collection and aeration in rectangular water tanks". *Aquacultural Engineering*, 89, 102060. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102060>
- [8] Yu, G., Zhang, S., Chen, X., Li, D., Li, W., & Wang, Y. 2024. "Numerical investigations on dissolved oxygen field performance of octagonal culture tank based on computational fluid dynamics". *Computers and Electronics in Agriculture*, 218, 108737. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108737>
- [9] Wu, G. L., Zhu, L. S., & Li, F. C. 2014. "Numerical simulation of dissolved oxygen transfer in an aerated pond". *Applied Mechanics and Materials*, 587, 588–593. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.587-589.588>
- [10] Boyd, C. E. 2003. "Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level". *Aquaculture*, 226(1–4), 101–112. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00471-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00471-X)