

STUDI NUMERIK TRANSFER OKSIGEN TERLARUT (*DISSOLVED OXYGEN*) PADA KOLAM BUDIDAYA UDANG VANAME MARINE SCIENCE TECHNO PARK – UNDIP

Zery Triputra¹, Muchammad², Mohammad Tauviqirrahman²

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: zerrytriputra@gmail.com

Abstrak

Dissolved oxygen (DO) atau oksigen terlarut merupakan nilai konsentrasi oksigen terlarut di dalam air yang berasal dari proses transfer oksigen dari keadaan fasa gas ke fasa liquid. Konsentrasi DO di dalam air dapat menjadi salah satu parameter penting yang mencerminkan kualitas dari air khususnya dalam proses budidaya Udang Vaname. Dalam praktiknya, *dissolved oxygen (DO)* pada kolam budidaya dihasilkan oleh sistem aerasi buatan menggunakan aerator, contohnya *paddle wheel aerator*. *Paddle wheel aerator* memiliki fungsi untuk menghasilkan aliran turbulen pada sekitar area kolam untuk memudahkan terjadinya proses perpindahan massa berupa transfer oksigen dari fasa gas ke fasa liquid. Akan tetapi, dalam penggunaannya masih diperlukan adanya penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan *Paddle Wheel Aerator* untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam proses aerasinya terutama dalam memaksimalkan proses distribusi oksigen terlarut di dalam kolam. Pada penelitian ini dilakukan simulasi untuk menganalisis pengaruh variabel penelitian berupa penempatan (konfigurasi) dan jumlah aerator dengan total 4 variasi terhadap distribusi oksigen pada dalam kolam budidaya udang menggunakan metode simulasi yang merujuk pada penelitian Wu dkk (2014) sebagai acuan. Hasil simulasi menunjukkan adanya pengaruh yang cukup signifikan pada variasi yang diberikan terhadap distribusi dan konsentrasi *dissolved oxygen (DO)*. Hasil simulasi menunjukkan distribusi DO pada waktu aerasi 500 s, 1000 s, 2000 s, dan 4000 s. Saat 500 s dapat dilihat bahwa distribusi DO sebagian besar berada di area pinggir kolam dengan rata-rata konsentrasi DO sebesar 4,02mg/L. Kemudian, pada 1000 – 2000 s distribusi DO mulai menyebar merata dengan rata-rata konsentrasi DO sebesar 7,49 mg/L. Sedangkan pada saat 4000 s, distribusi konsentrasi DO sudah merata di semua bagian kolam kecuali pada area pusat kolam dengan rata-rata DO sebesar 8,45 mg/L

Kata kunci : *dissolved oxygen; paddle wheel aerator; perpindahan massa; transfer oksigen*

Abstract

Dissolved oxygen (DO) is the value of dissolved oxygen concentration in water derived from the process of transferring oxygen from the gas phase state to the liquid phase. The concentration of DO in water can be one of the important parameters that reflect the quality of water, especially in the process of cultivating Vaname Shrimp. In practice, dissolved oxygen (DO) in aquaculture ponds is produced by artificial aeration systems using aerators, for example paddle wheel aerators. Paddle wheel aerator has a function to produce turbulent flow around the pond area to facilitate the mass transfer process in the form of oxygen transfer from the gas phase to the liquid phase. However, in its use, further research is still needed on the use of Paddle Wheel Aerator to get maximum results in the aeration process, especially in maximizing the dissolved oxygen distribution process in the pond. In this study, simulations were conducted to analyze the effect of research variables in the form of placement (configuration) and the number of aerators with a total of 4 variations on oxygen distribution in shrimp farming ponds using simulation methods that refer to the research of Wu et al (2014) as a reference. The simulation results showed a significant effect on the variations given to the distribution and concentration of dissolved oxygen (DO). The simulation results show the distribution of DO at aeration times of 500 s, 1000 s, 2000 s, and 4000 s. At 500 s it can be seen that the distribution of DO is mostly in the edge area of the pond with an average DO concentration of 4.02 mg/L. Then, at 1000 - 2000 s, the DO distribution began to spread evenly with an average DO concentration of 7.49 mg/L. While at 4000 s, the distribution of DO concentration is evenly distributed in all parts of the pond except in the center area of the pond with an average DO of 8.45 mg/L.

Keywords : *dissolved oxygen; mass transfer; oxygen transfer; paddle wheel aerator*

1. Pendahuluan

Dalam pengelolaan budidaya udang, tentunya terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan untuk menjaga kualitas produksi udang agar terus mengalami peningkatan, salah satunya adalah dengan menjaga kadar oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* pada kolam [1]. *Dissolved oxygen* (DO) merupakan nilai konsentrasi oksigen terlarut di dalam air yang berasal dari proses transfer oksigen dari keadaan fasa gas ke fasa liquid [2]. *Dissolved oxygen* (DO) yang terjadi di dalam kolam merupakan salah satu fenomena yang terjadi dikarenakan adanya proses perpindahan massa. Proses perpindahan massa ini mengakibatkan adanya transfer oksigen dari udara (fasa gas) ke air kolam (fasa cair). Perpindahan massa mengacu pada pergerakan molekul atau massa dari satu lokasi ke lokasi lain karena adanya gaya pendorong. Pergerakan ini dapat terjadi dalam satu fase fluida atau di antara sejumlah fase fluida. Hal yang menjadi perhatian khusus untuk perpindahan massa dalam aerasi adalah transfer antara dua fase. Molekul oksigen pada awalnya dipindahkan dari fase gas ke permukaan cairan [3]. Proses perpindahan ini mengikuti konsep perpindahan/transfer massa dengan metode difusi dimana transfer oksigen terjadi karena gerakan molekul oksigen dari atmosfer ke dalam air. Prinsip-prinsip yang mendefinisikan pergerakan molekul oksigen serupa dengan yang didefinisikan dalam hukum Newton, yang mengatur transfer momentum dalam aliran fluida, dan hukum Fourier, yang mendefinisikan perpindahan panas ketika ada gradien suhu [4].

Dissolved oxygen sendiri merupakan salah satu parameter kualitas air yang sangat mempengaruhi kualitas produksi dalam budidaya akuakultur. *Dissolved oxygen* (DO) merupakan parameter kualitas air yang secara langsung mempengaruhi *growth fertility*, *survival rate* dan konsumsi pakan [5]. Kandungan oksigen terlarut dalam air dapat menjadi salah satu indikator penting dalam memeriksa kualitas dari air karena mencerminkan keadaan lingkungan sekitar [6]. Penurunan nilai DO dapat menyebabkan keadaan stress bahkan bisa sampai mengakibatkan munculnya penyakit, penurunan konsumsi pakan dan berat udang dan memperhambat laju pertumbuhan pada budidaya udang sehingga dapat menurunkan kualitas produksi budidaya udang [7].

Aerator merupakan alat yang berfungsi untuk menjaga kadar oksigen terlarut dalam kolam dengan cara memecah atau mengaduk permukaan air sehingga terbentuk aliran turbulen di semua area kolam yang dapat membantu proses transfer oksigen dari atmosfer ke dalam air [8]. Salah satu jenis aerator yang sering digunakan adalah *paddle wheel aerator*. *Paddle Wheel Aerator* bekerja dengan cara memutar kincir menggunakan rotor untuk menghasilkan gelembung udara dan aliran turbulen dari percikan yang terjadi dengan permukaan air sehingga dapat terjadi proses aerasi. Akan tetapi, dalam penggunaannya masih diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan *Paddle Wheel Aerator* untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam proses aerasinya terutama dalam memaksimalkan proses distribusi oksigen terlarut yang merata ke semua area kolam. Pada penelitian kali ini dilakukan permodelan menggunakan perangkat lunak simulasi CFD (*Computer Fluid Dynamic*) ANSYS 2022 yang bertujuan untuk mengetahui distribusi dan konsentrasi dari oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) menggunakan pendekatan numerik.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan simulasi untuk menganalisis distribusi oksigen yang terjadi di dalam kolam budidaya udang yang menggunakan sistem aerasi buatan dengan alat/instrument aerasi yaitu *paddle wheel aerator* di MSTP-Undip. Simulasi yang dilakukan menggunakan metode simulasi yang merujuk pada penelitian Wu dkk [9] sebagai acuan dalam proses simulasi. Metode simulasi yang dilakukan [9] dilakukan dengan menyederhanakan proses aerasi menjadi simulasi 2D dimana aerator digunakan sebagai tempat keluar konsentrasi oksigen pada kolam. Dengan metode tersebut, dapat dihasilkan data serta gambar visual yang menjelaskan distribusi oksigen yang terjadi pada kolam.

2.1 Governing Equation

Dalam permodelan transfer oksigen dibutuhkan persamaan yang dapat mewakili proses transfer oksigen yang terjadi agar didapatkan nilai distribusi dari *dissolved oxygen* yang digambarkan dengan DO *concentration*. *Transient Convection – Diffusion Equation* Persamaan 1 dipakai pada permodelan ini sebagai *governing equation* yaitu *mass transfer equation* yang mewakili proses transfer oksigen pada kolam [9].

$$\frac{\partial \rho \phi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mathbf{u} \psi \phi - \Gamma \frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right) = S \phi \quad (1)$$

Dimana ϕ merupakan *mass concentration* yang merepresentasikan DO *concentration*; $\vec{\psi} = \rho \vec{u}$ merepresentasikan *mass flux*; Γ merupakan *mass diffusivity*; dan S_ϕ adalah *mass source item*. Pada persamaan diatas proses *reoxxygenation* dianggap sebagai input dari *source term* yang menjadi pertimbangan utama dalam *convection action* dan *diffusion action* dari proses *dissolved oxygen*. Selanjutnya untuk mendapatkan output nilai distribusi dari *dissolved oxygen* yang digambarkan dengan DO *concentration*, digunakan persamaan *first – degree reaction model* Persamaan 2.

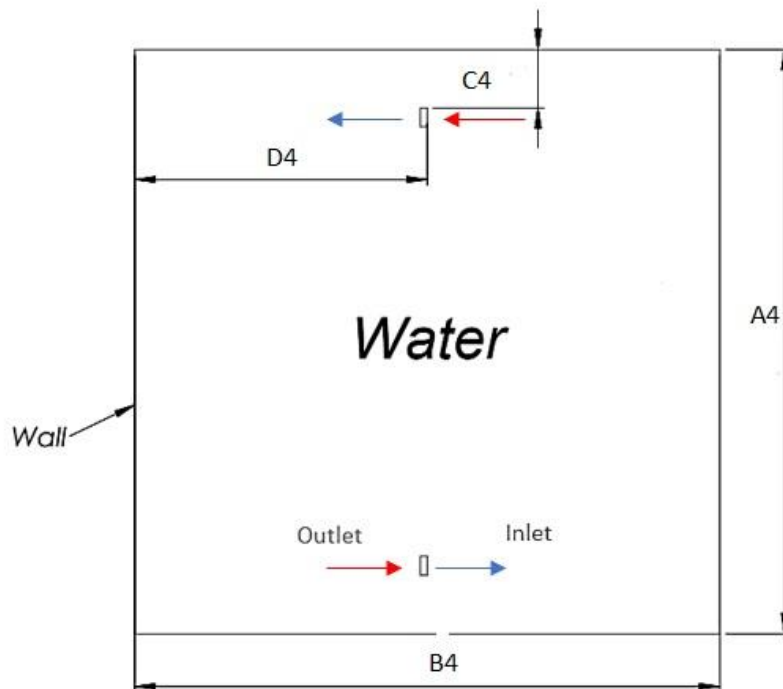
$$S\phi = a(C_s - C) \quad (2)$$

Dimana C_s adalah *saturated DO concentration*, C adalah *local DO concentration*, dan a adalah koefisien *source* item yang disebut *reaeration coefficient*. Kondisi batas dari *DO concentration* adalah $\text{flux} = 0$. Nilai awal *DO concentration* (*initial DO concentration*) adalah $C_0 = 0.003 \text{ kg/m}^3$. Sedangkan, nilai *DO concentration* saat saturasi (*saturated DO concentration*) adalah $C_s = 0.085 \text{ kg/m}^3$. Untuk *reaeration coefficient* menggunakan $a = 22.34/\text{s}$ yang didapatkan dari data eksperimen [10].

2.2 Pemodelan CFD

Dengan merujuk pada metode yang digunakan, pada penelitian kali ini dilakukan simulasi menggunakan metode yang sama dengan jumlah aerator sebanyak 2 aerator. Simulasi dijalankan dengan transient 2D. *Solution solver* menggunakan kondisi *incompressible viscous fluid*. Untuk jenis turbulen yang dipakai merujuk pada penelitian Wu dkk (2014) yaitu $k - \epsilon$ *turbulent*.

Properties material air berupa *density* senilai $998,2 \text{ Kg/m}^3$, *viscositas* $0,001003 \text{ kg/ms}$ dan *diffusivity* air yang ditentukan menggunakan UDS senilai 0.003 Kg/m^3 . Pada pengaturan kondisi batas, kondisi inlet berupa *average profile flowrate oxygen* diatur sebagai *velocity inlet* senilai $0,32 \text{ m}$.



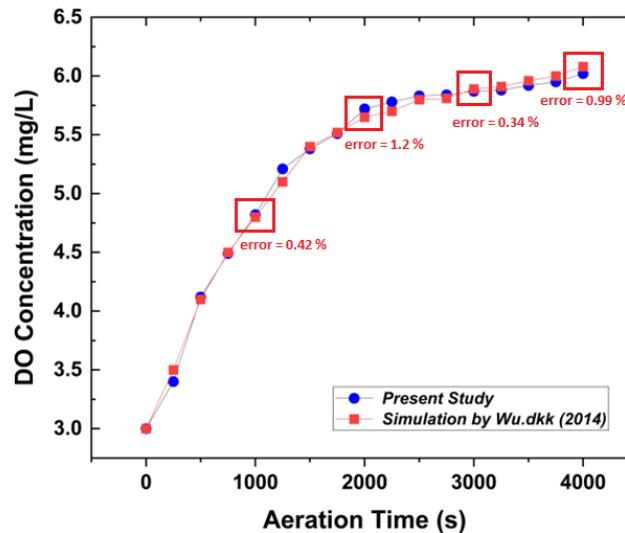
Gambar 1. Dimensi dan Kondisi Batas Model

Dimensi	Nilai (m)
A4	25
B4	25
C4	5
D4	12,5

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Validasi

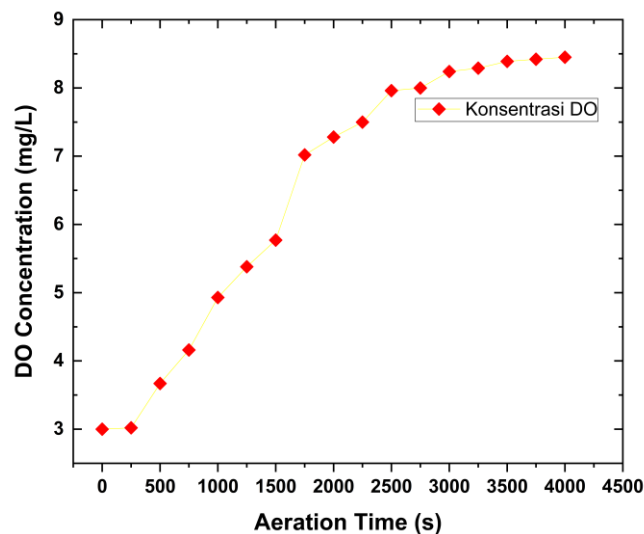
Sebelum dilakukan simulasi pada variasi model, terlebih dahulu dilakukan proses validasi metode. Pada simulasi ini digunakan metode pendekatan yang telah dilakukan oleh Wu dkk[9] sebagai rujukan dalam proses simulasi. Oleh karena itu dibutuhkan proses validasi metode untuk memvalidasi proses simulasi yang telah dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan rujukan menggunakan geometri dan kondisi yang sama. Parameter yang dibandingkan adalah grafik rata-rata konsentrasi DO terhadap waktu. Dari grafik dibawah dapat dilihat nilai error tidak ada yang melewati batas error yaitu 5 % sehingga metode yang dilakukan dapat disimpulkan valid.



Gambar 2. Grafik Validasi

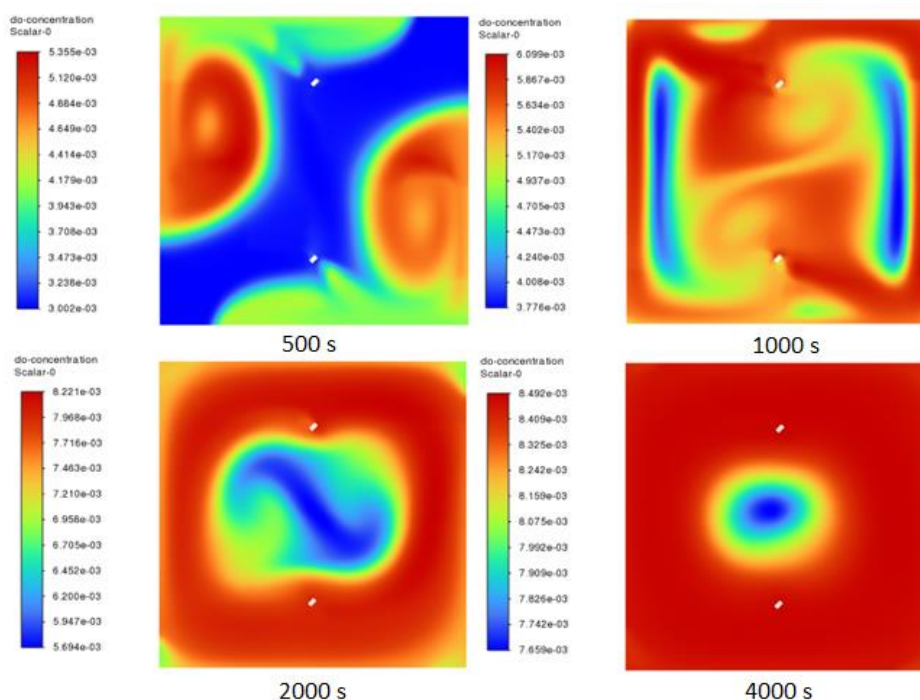
3.2 Analisis Konsentrasi DO

Hasil dari proses simulasi pada penelitian ini menghasilkan data kualitatif berupa kontur konsentrasi DO dan data kuantitatif berupa grafik kenaikan DO *concentration*. Analisis yang akan dilakukan pada kedua jenis data tersebut meliputi kondisi konsentrasi DO setiap variasinya. Dari hasil simulasi didapatkan perbedaan distribusi oksigen yang berbeda-beda setiap variasi.



Gambar 3. Grafik DO *Concentration* terhadap waktu aerasi

Grafik diatas memberikan informasi detail mengenai proses aerasi. Pada grafik dapat dilihat dari 500 s – 1500 s terdapat kenaikan nilai rata-rata konsentrasi DO dari **4,02 mg/L - 6,70 mg/L**. Selanjutnya setelah 1500 s – 3000 s nilai rata-rata konsentrasi DO sebesar **8,26 mg/L**. Kemudian pada akhir waktu aerasi 4000 s mencapai konsentrasi DO sebesar 8,45 mg/L.



Gambar 4. Kontur Konsentrasi DO

Gambar 4 merupakan gambar yang membandingkan distribusi konsentrasi DO waktu pada setiap waktu aerasi. Dari gambar tersebut, dapat dilihat bahwa distribusi DO pada waktu aerasi 500 s, 1000 s, 2000 s, dan 4000 s. Saat 500 s dapat dilihat bahwa distribusi DO sebagian besar berada di area pinggir kolam dengan rata-rata konsentrasi DO sebesar 4,02mg/L. Kemudian, pada 1000 – 2000 s distribusi DO mulai menyebar merata dengan rata-rata konsentrasi DO sebesar 7,49 mg/L. Sedangkan pada saat 4000 s, distribusi konsentrasi DO sudah merata di semua bagian kolam kecuali pada area pusat kolam dengan rata-rata DO sebesar 8,45 mg/L.

4. Kesimpulan

Hasil simulasi menunjukkan distribusi DO pada waktu aerasi 500 s, 1000 s, 2000 s, dan 4000 s. Saat 500 s dapat dilihat bahwa distribusi DO sebagian besar berada di area pinggir kolam dengan rata-rata konsentrasi DO sebesar 4,02mg/L. Kemudian, pada 1000 – 2000 s distribusi DO mulai menyebar merata dengan rata-rata konsentrasi DO sebesar 7,49 mg/L. Sedangkan pada saat 4000 s, distribusi konsentrasi DO sudah merata di semua bagian kolam kecuali pada area pusat kolam dengan rata-rata DO sebesar 8,45 mg/L.

5. Daftar Pustaka

- [1] Ariadi, Heri, Mohamad Fadjar, and Mohammad Mahmudi. "The relationships between water quality parameters and the growth rate of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in intensive ponds." *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation* 12.6 (2019): 2103-2116, [online] Available : <http://www.bioflux.com.ro/aacl>
- [2] Metcalf, Leonard, Harrison P. Eddy, and Georg Tchobanoglous. *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse*. Vol. 4. New York: McGraw-Hill, 1991, [Online]. Available:library.wur.nl/WebQuery/titel/1979505
- [3] Mueller, James, William C. Boyle, and H. Johannes Popel. *Aeration: Principles and Practice, Volume 11*. Vol. 11. CRC press, 2002, [online] Available : www.bipt.edu.cn/pub/pdepe/docs/20190520105743045982.pdf
- [4] Bird, R. Byron. ",Stewart, WE, and Lightfoot, EN." *Transport phenomena 2* (1960), [online] Available : <https://nitsri.ac.in/Department/Chemical%20Engineering/TP2.pdf>
- [5] Tanveer, Mohammad, et al. "Surface aeration systems for application in aquaculture: A review." *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*,6.5 (2018): 342-347, [Online]. Available: www.fisheriesjournal.com.
- [6] Tai, Haijiang, et al. "A review of measurement methods of dissolved oxygen in water." *Computer and Computing Technologies in Agriculture V: 5th IFIP TC 5/SIG 5.1 Conference, CCTA 2011, Beijing, China*,

-
- October 29-31, 2011, *Proceedings, Part II 5*. Springer Berlin Heidelberg, 2012, doi: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-27278-3_58
- [7] Denisse Re, Ana, and Fernando Díaz. "Effect of different oxygen concentrations on physiological energetics of blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson)." *The Open Zoology Journal* 4.1 2011, doi: 10.2174/1874336601104010001
- [8] Boyd, Claude E., et al. "Water quality requirements." *Pond aquaculture water quality management* , 87-153 ,1998, doi : 10.1007/978-1-4615-5407-3
- [9] Wu, Guang Lin, Liang Sheng Zhu, and Fang Cheng Li. "Numerical Simulation of Dissolved Oxygen Transfer in an Aerated Pond." *Applied Mechanics and Materials* 587 (2014): 588-593, doi: 10.4028/www.scientific.net
- [10] Gu, Jian, et al. "Energy-saving technology for pond mechanical aeration based on oxygen mass transfer." *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 27.11 (2011): 120-125, [Online]. Available : www.ingentaconnect.com