

## ANALISIS PENGARUH CUT SWEEP RATIO PADA LILY IMPELLER TERHADAP DISTRIBUSI DISSOLVED OXYGEN DI TAMBAK UDANG MARINE SCIENCE TECHNO PARK – UNDIP

\*Jourdy Jhonova Sucandra Cakranegara<sup>1</sup>, Mohammad Tauviqirrahman<sup>2</sup>, Muchammad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

\*E-mail: [jourdy.jhonova@gmail.com](mailto:jourdy.jhonova@gmail.com)

### Abstrak

Industri budidaya perikanan, khususnya budidaya udang di Indonesia, menghadapi tantangan yang signifikan seperti polusi organik, kekurangan oksigen, dan tingginya konsentrasi amonia dan karbon dioksida. Permasalahan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kotoran ikan, pakan yang tidak dimakan, dan limbah. Sistem aerasi, seperti roda dayung, *diffuser*, dan aerator yang digerakkan oleh *impeller*, digunakan untuk meningkatkan transfer dan sirkulasi oksigen. *Lily Impeller*, yang merupakan perkembangan terkini, memiliki penggunaan energi yang lebih rendah dan efisiensi oksigenasi yang lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi *cut sweep ratio* terhadap distribusi oksigen terlarut di tambak udang Vaname Marine Science Techno Park. Studi ini menemukan bahwa perubahan *cut sweep ratio* berdampak pada distribusi oksigen terlarut kolam, tekanan dinamis, dan kecepatan aliran. Dengan distribusi oksigen terlarut terbesar dan tekanan dinamis maksimum 11,5 Pa serta kecepatan aliran maksimum 0,151 m/s, varian "no cut" menunjukkan hasil terbesar. Temuan penelitian menunjukkan bahwa hanya di sekitar aerator yang memiliki kadar oksigen terlarut yang cukup tinggi untuk menopang kehidupan udang, oleh karena itu, diperlukan aerator tambahan untuk memastikan oksigen terlarut didistribusikan secara merata ke seluruh tambak.

**Kata kunci:** aerasi; cut sweep ratio; lily impeller; oksigen terlarut; simulasi cfd

### Abstract

The aquaculture industry, particularly shrimp farming in Indonesia, faces significant challenges such as organic pollution, oxygen deficiency, and high concentrations of ammonia and carbon dioxide. These issues are influenced by factors such as fish manure, uneaten feed, and waste. Aeration systems, such as paddlewheels, diffusers, and impeller-driven aerators, are used to improve oxygen transfer and circulation. Lily impeller, a recent development, has lower energy usage and higher oxygenation efficiency. This research aims to analyze the effect of variations in cut sweep ratio on DO distribution in Vaname Marine Science Techno Park shrimp pond. This study discovered that changes in the cut sweep ratio had an impact on the pond's DO distribution, dynamic pressure, and flow velocity. With the largest DO distribution and a maximum dynamic pressure of 11.5 Pa along with a maximum flow velocity of 0.151 m/s, the "no cut" variant demonstrated the greatest results. The study's findings indicate that only the vicinity of the aerator has DO levels high enough to sustain shrimp life, therefore, additional aerators are required to ensure that DO is distributed evenly across the pond.

**Keywords:** aeration; cfd simulation; cut sweep ratio; dissolved oxygen; lily impeller

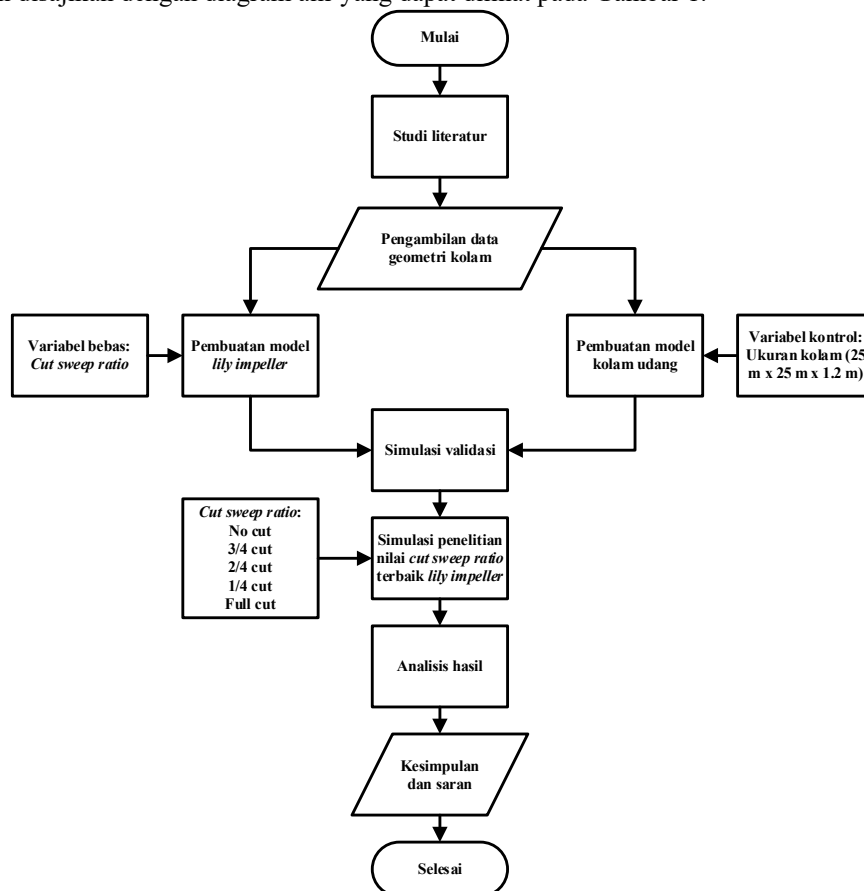
### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara maritim yang didominasi oleh perairan. Sekitar dua pertiga wilayah Indonesia merupakan perairan, baik laut maupun sungai. Dengan perairan yang luas, Indonesia mempunyai potensi sumber daya air yang melimpah. Salah satunya adalah budidaya tambak udang. Udang merupakan komoditas perikanan yang tingkat permintaannya cukup tinggi. Budidaya udang telah menjadi industri bisnis yang berkembang pesat mengingat banyaknya permintaan pasar baik di pasar domestik maupun ekspor. Sektor perikanan budidaya merupakan sektor yang prospektif untuk dikembangkan karena mempunyai potensi yang besar. Permintaan yang tinggi ditambah dengan kondisi lingkungan yang memadai menjadikan budidaya udang salah satu sektor budidaya perikanan terbesar di Indonesia. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) RI, udang merupakan komoditas ekspor terbesar dibandingkan komoditas perikanan lainnya. Volume ekspor mencapai 239,28 juta kg dengan nilai US\$ 2,04 miliar pada tahun 2020. Dengan meningkatnya kebutuhan pasar, Indonesia berada pada posisi yang baik untuk mengembangkan produksi udang. Salah satu aspek penting dalam budidaya tambak udang adalah kualitas air di dalam tambak. Kualitas air yang baik sangat diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan udang yang sehat dan

berkualitas. Dalam sistem budidaya intensif, kolam dipenuhi banyak organisme dan persediaan pakan tinggi. Oleh karena itu, banyak permasalahan yang terjadi seperti polusi organik, kekurangan oksigen, peningkatan kadar karbon dioksida bebas dan peningkatan total amonia nitrogen, rasio nitrit-nitrogen [3]. Kotoran dari ikan, pakan yang tidak dimakan, ditambah dengan limbah setelah mineralisasi menghasilkan akumulasi amonia dan karbon dioksida dalam jumlah yang lebih tinggi sebagai produk akhir. Parameter-parameter ini secara intrinsik terkait dengan suhu air, pH, DO, dll, dan mempengaruhi laju pertumbuhan individu udang [4]. Permasalahan menipisnya oksigen pada budidaya ikan air tawar atau organisme lainnya merupakan ancaman besar dan faktor pembatas utama dalam budidaya perikanan intensif karena menyebabkan hipoksia yang berdampak pada budidaya ikan air tawar. Salah satu parameter penting dalam kualitas air adalah kadar *dissolved oxygen* (DO). Oksigen terlarut merupakan salah satu parameter terpenting dan faktor pembatas utama yang mengendalikan pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan [5]. Oksigen terlarut (DO) mengacu pada jumlah oksigen yang tersedia untuk organisme di ekosistem perairan. Ada dua sumber utama oksigen di kolam. Sumber pertama adalah fotosintesis oleh fitoplankton yang hidup di permukaan dan difusi oksigen dari atmosfer ke permukaan kolam. Karena fotosintesis memerlukan sinar matahari, maka pada siang hari, pembentukan oksigen terjadi di dekat permukaan kolam. Sinar matahari tidak mampu menembus ke dalam sehingga menyebabkan lapisan bawah kekurangan oksigen. Pada malam hari, akibat respirasi fitoplankton dan ikan, oksigen dikonsumsi sehingga mengurangi kandungan DO keseluruhan kolam [6]. Peningkatan oksigen terlarut dalam air dapat difasilitasi dengan sistem aerasi yang efisien dan hemat biaya [7]. Aerasi adalah proses penambahan dan pendistribusian oksigen ke seluruh kolam ikan. Sistem aerasi seperti roda dayung, diffuser, dan aerator yang digerakkan oleh impeler, biasanya digunakan di kolam budidaya untuk meningkatkan transfer dan sirkulasi oksigen. Sistem aerasi memasukkan udara untuk meningkatkan kadar oksigen dan meningkatkan distribusi DO di kolam. Efek tidak langsung dari aerasi buatan adalah tercampurnya air, efek yang sangat bergantung pada alat yang digunakan untuk mengaerasi kolam [8]. Dengan menyediakan oksigen yang cukup, ikan menjadi lebih aktif dan tumbuh lebih cepat. Penelitian di China menunjukkan bahwa kolam dengan aerasi dapat mencapai hasil produksi 47% lebih tinggi dibandingkan kolam tanpa aerasi [9]. Menjaga kualitas air akan meningkatkan produksi, dengan tingkat kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan yang lebih tinggi, yang dapat dicapai dengan menerapkan strategi aerasi yang memadai. [10].

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini dari awal hingga akhir dilakukan mengikuti serangkaian proses. Proses-proses yang dilakukan dalam penelitian ini disajikan dengan diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

Untuk mensimulasikan proses aerasi di kolam, digunakan model oksigen terlarut mengikuti Wu et al.,. Model ini menggunakan persamaan difusi konveksi transien sebagai persamaan perpindahan massa:

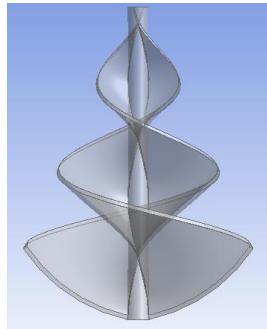
$$\frac{\partial \rho \phi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \rho \psi \phi - \Gamma \frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right) = S_\phi \quad (1)$$

dimana  $\phi$  adalah konsentrasi massa yang dalam hal ini adalah konsentrasi DO,  $\psi$  adalah *mass flux*,  $\Gamma$  adalah *mass diffusivity* yaitu  $= 3,36 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  dan  $S_\phi$  merupakan *mass source item*. Nilai  $S_\phi$  dihitung dengan persamaan:

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

dimana  $C_s$  adalah *saturated DO concentration*,  $C$  adalah *local DO concentration*,  $a$  adalah *source item coefficient* yang dinamakan *reaeration coefficient*. Nilai awal DO atau *local DO concentration* adalah  $0.003 \text{ kg/m}^3$ . Nilai *Saturated DO concentration* adalah  $0.0085 \text{ kg/m}^3$  dan nilai  $a$  yang digunakan adalah  $a = 22.34 / \text{s}$ .

Impeler Lily memiliki beberapa parameter geometri yang dapat dipelajari. Dalam hal ini parameter yang akan menjadi fokus penelitian adalah *cut sweep ratio*. *Cut sweep ratio* adalah perbandingan antara diameter atas impeler dan diameter bawah impeler. Contoh model dan parameternya dapat dilihat pada Gambar 2. Dalam penelitian ini, terdapat lima variasi *cut sweep ratio* ( $\alpha$ ) yaitu no cut, 3/4 cut, 2/4 cut, 1/4 cut, dan full cut.



Gambar 2. Variasi *cut sweep ratio* full cut

Setelah itu dibuat kolam yang ukurannya sama dengan yang ada di MSTP – UNDIP yaitu  $25 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ . Validasi dilakukan dengan menggunakan Mahmudov et al. [6] sebagai referensi. Geometri kolam pada proses validasi adalah  $500 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$ . Tabung draft digunakan untuk menghasilkan sirkulasi air dari dasar kolam ke atas. Ukuran draft tube berdiameter  $70 \text{ mm}$  dan tinggi  $120 \text{ mm}$ . Dua *body* diperoleh dengan menggunakan operasi Boolean. *Body* yang berputar terdiri dari impeller dan tabung draft. Lingkungan studi dalam makalah referensi menyatakan bahwa *body* yang berputar berputar dengan kecepatan 20 putaran per menit. *Body* yang tersisa dianggap diam. Laju aliran massa pada *draft tube* yaitu  $0,0314 \text{ kg/s}$  ditemukan oleh Mahmudov dkk. [6], adalah nilai yang digunakan untuk validasi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Validasi dilakukan terlebih dahulu sesuai dengan referensi sebelum dilakukan penambahan modifikasi pada lily impeller. Nilai laju aliran massa keadaan tunak yang mengalir melalui *draft tube* merupakan nilai yang berfungsi sebagai validasi. Data referensi menunjukkan nilai  $0,0314 \text{ kg/s}$ . Pembuatan impeler lily sesuai dengan nilai parameter acuan yang telah dibahas sebelumnya merupakan tahap pertama dalam proses validasi. Simulasi validasi dapat dijalankan setelah lily impeller diperoleh dan kumpulan yang cukup berukuran  $500 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$  telah dibuat.

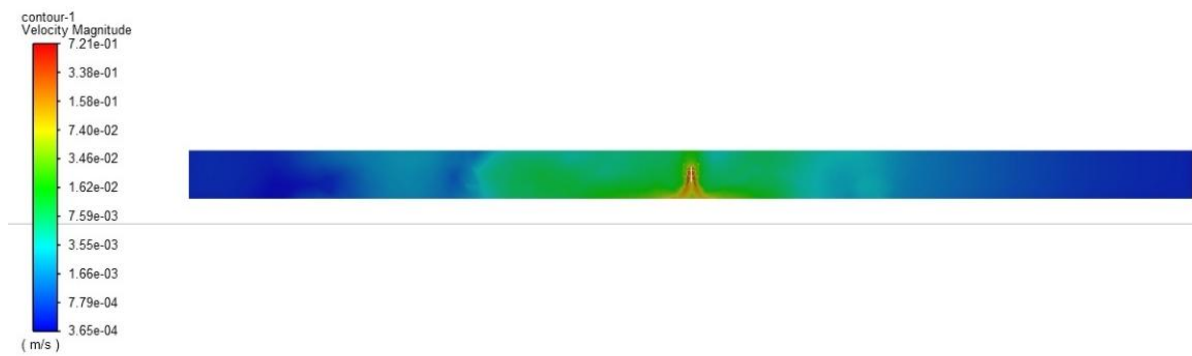
Laju aliran massa yang diperoleh sebesar  $0,0337 \text{ kg/s}$ . Nilai yang dijadikan acuan validasi adalah  $0,0314 \text{ kg/s}$ . Terdapat error sebesar 7,7%. Karena nilai errornya dibawah 10% maka simulasi dapat dikatakan valid. Aerator menghasilkan gerakan berputar yang menyebabkan air bersirkulasi di dalam kolam. Sirkulasi ini penting untuk menghasilkan pemerataan oksigen terlarut dan juga berfungsi mengarahkan kotoran atau partikel lain ke tempat yang diinginkan. Hasil simulasi berupa kontur kecepatan pada bidang vertikal dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)



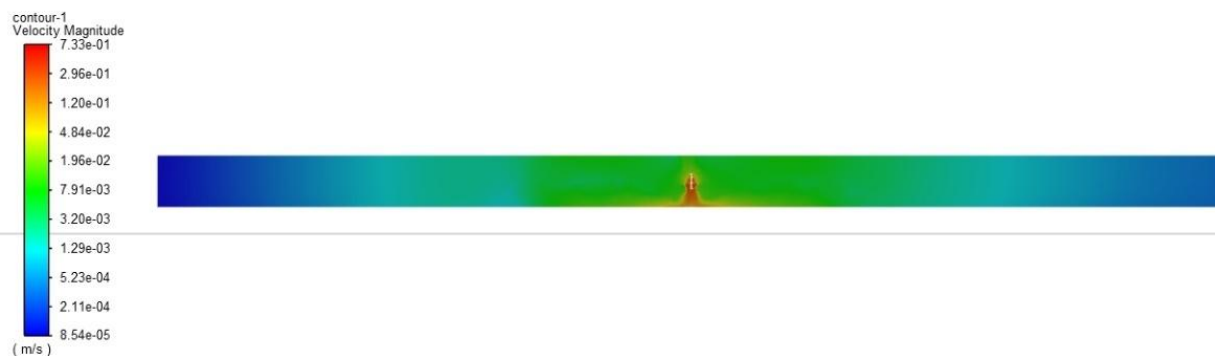
(b)



(c)



(d)



(e)

**Gambar 3.** Contour Kecepatan Bidang Vertikal pada  $z = 12.5$  m Variasi: (a) no cut  
(b) cut 3/4 (c) cut 2/4 (d) cut 1/4 (e) full cut

Dari hasil data di atas, bisa ditarik sebuah kesimpulan bahwa variasi no cut menghasilkan distribusi yang terbaik karena distribusi DO hampir mencapai pinggir kolam yang dapat dilihat pada Gambar 3 menghasilkan sirkulasi terbesar pada kolam walaupun nilai DO pada pinggir kolam tersebut tidak cukup untuk menopang kehidupan udang vaname yang membutuhkan kadar *dissolved oxygen* sebesar  $3.5 - 7.5$  mg/L. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa distribusi DO yang cukup untuk menopang kehidupan udang hanya berada di daerah dekat aerator saja. Jadi dapat disimpulkan bahwa diperlukan jumlah aerator yang lebih agar kolam MSTP – UNDIP dapat digunakan secara menyeluruh untuk memelihara udang.

#### 4. Kesimpulan

Variasi cut sweep ratio pada lily impeller memengaruhi kecepatan aliran, tekanan, dan distribusi dissolved oxygen dalam kolam. Variasi yang memberikan kecepatan aliran paling tinggi adalah variasi “no cut” dengan kecepatan maksimum sebesar  $0,151$  m/s dan variasi yang memberikan kecepatan aliran paling rendah adalah variasi “cut 3/4” dengan kecepatan maksimum sebesar  $0,117$  m/s ketika dilihat dari pandangan atas kolam. Variasi yang menghasilkan tekanan dinamis terbesar adalah variasi “no cut” dengan tekanan dinamis maksimum sebesar  $11,5$  Pa dan variasi yang menghasilkan tekanan dinamis paling kecil adalah variasi “cut 3/4” dengan tekanan dinamis maksimum sebesar  $6,87$  Pa. Variasi yang menghasilkan distribusi dissolved oxygen terbaik dapat dilihat dari gambar contour dissolved oxygen dimana variasi “no cut” memiliki distribusi yang paling luas pada kolam MSTP – UNDIP. Variasi “no cut” menghasilkan sirkulasi yang paling besar di dalam kolam sehingga distribusi dissolved oxygen lebih merata di seluruh kolam. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa semua variasi menghasilkan daerah yang kadar dissolved oxygen nya cukup untuk menopang kehidupan udang vaname yang membutuhkan kadar dissolved oxygen sebesar  $3,5 - 7,5$  mg/L hanyalah daerah dekat aerator saja. Oleh karena itu, diperlukan jumlah aerator yang lebih agar seluruh area kolam dapat digunakan untuk memelihara udang.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Chakravarty, Myla S., P. R. C. Ganesh, D. Amarnath, B. Shanthi Sudha, and T. Srinu Babu, 2016, "Spatial variation of water quality parameters of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds at Narsapurapupeta, Kajuluru and Kaikavolu villages of East Godavari district, Andhra Pradesh," *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4: 390-395.
- [2] Galang, D. P., A. K. Ashari, L. Sulmatiwati, G. Mahasri, Prayogo, and L. A. Sari., 2019, "The oxygen content and dissolved oxygen consumption level of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the nanobubble cultivation system." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 236: 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012014>
- [3] Sultana, T., M. M. Haque, M. A. Salam, and M. M. Alam, 2017, "Effect of aeration on growth and production of fish in intensive aquaculture system in earthen ponds," 113-122.
- [4] Das, P. C., S. Ayyappan, J. K. Jena, S. K. Singh, P. Patamajhi, and H. K. Muduli, 2004, "Effect of aeration on production and water quality changes in intensive carp culture." *Indian Journal of Fisheries*, 51: 173-183.
- [5] Qayyum, A., M. Ayub, and A. B. Tabinda, 2005, "Effect of aeration on water quality, fish growth and survival in aquaculture ponds." *Pakistan Journal of Zoology*, 37: 75.
- [6] Mahmudov, K., Mahmoud, A., Sur, S., Cruz, F.C. and Bilton, A.M., 2019. "Feasibility of a wind-powered aeration system for small-scale aquaculture in developing countries," *Energy for Sustainable Development*, 51: 40-49

- [7] Akinwale, Ayoola Olusegun, Akeem Babatunde Dauda, and Temitayo Ayokunle Oredein, 2014, "Effect of aeration on selected water quality parameters in freshwater fish culture." *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8: 2858-2865.  
<https://doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.42>
- [8] Avnimelech, Yoram, Noam Mozes, and Baruch Weber, 1992, "Effects of aeration and mixing on nitrogen and organic matter transformations in simulated fish ponds." *Aquacultural Engineering*, 11: 157-169.  
[https://doi.org/10.1016/0144-8609\(92\)90002-F](https://doi.org/10.1016/0144-8609(92)90002-F)
- [9] Chen, H., B. Hu, and A. T. Charles, 1995, "Chinese integrated fish farming: a comparative bioeconomic analysis." *Aquaculture research*, 26: 81-94.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1995.tb00887.x>
- [10] Izel-Silva, Judá, Eduardo Akifumi Ono, Marieta Nascimento de Queiroz, Raphael Brito dos Santos, and Elizabeth Gusmão Affonso, 2020, "Aeration strategy in the intensive culture of tambaqui, *Colossoma macropomum*, in the tropics." *Aquaculture*, 529: 735644.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735644>