

¹ Alfi Alfarizi Suhaya, ² Muhammad Pramuda Nugraha S
Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Bandung
Jl. PKH Hasan Mustapa no.23 Bandung, 40124, Indonesia
Email : alfi.alfarizi@mhs.itenas.ac.id

Abstract (English)

Vannamei shrimp is recognized as one of the key aquaculture commodities due to its rapid growth and high survival rate. To support these requirements, maintaining pond water quality is essential, which can be achieved through the use of paddlewheel aerators to enhance dissolved oxygen and improve water circulation. This study aims to design an effective paddlewheel aerator to meet the oxygen demand of shrimp ponds and to analyze its performance through simulation. The research approach included engineering design, theoretical oxygen demand calculations, and numerical modeling using ANSYS Fluent. Based on the calculations, a pond with an area of 600 m² and a biomass of 900 kg requires 0.29 kg O₂/h. This demand can be fulfilled by a single 1 HP paddlewheel aerator with a diameter of 68 cm and eight blades measuring 15 × 10 cm. Simulation results indicated that blades with circular holes produced a higher flow velocity (0.55 m/s), while blades with oval holes generated greater turbulence intensity (17.37%). The study concludes that one aerator unit is theoretically sufficient; however, the use of two units is recommended to ensure more uniform oxygen distribution and provide operational redundancy.

Article History

Submitted: 4 September 2025
Accepted: 7 September 2025
Published: 8 September 2025

Key Words

vannamei shrimp, paddlewheel aerator, oxygen demand, design, CFD simulation

Abstrak (Indonesia)

Udang vaname dikenal sebagai salah satu komoditas penting dalam budidaya karena pertumbuhan yang cepat serta tingkat kelangsungan hidup yang tinggi. Untuk mendukung kebutuhan tersebut, kualitas air tambak harus terjaga melalui penggunaan kincir air sebagai aerator yang mampu meningkatkan oksigen terlarut sekaligus memperbaiki sirkulasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang kincir air yang efektif memenuhi kebutuhan oksigen tambak dan menganalisis performanya dengan simulasi. Pendekatan yang digunakan meliputi perancangan teknik, perhitungan teoritis kebutuhan oksigen, serta pemodelan numerik menggunakan ANSYS Fluent. Berdasarkan perhitungan, tambak seluas 600 m² dengan biomassa 900 kg memerlukan 0,29 kg O₂/jam. Kebutuhan ini dapat dipenuhi oleh satu unit kincir berdaya 1 HP dengan diameter 68 cm dan 8 sudu berukuran 15 × 10 cm. Hasil simulasi menunjukkan sudu dengan lubang bulat menghasilkan kecepatan aliran lebih tinggi (0,55 m/s), sedangkan lubang oval menghasilkan intensitas turbulensi lebih besar (17,37%). Secara teoritis, satu unit kincir cukup, namun penggunaan dua unit lebih dianjurkan untuk pemerataan suplai oksigen dan sebagai cadangan operasional.

Sejarah Artikel

Submitted: 4 September 2025
Accepted: 7 September 2025
Published: 8 September 2025

Kata Kunci

aerator, kincir air, udang vaname, perancangan, simulasi CFD

1. Pendahuluan

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu komoditas perikanan laut yang memiliki nilai ekonomis tinggi baik di pasar domestik maupun global, dimana 77% diantaranya diproduksi oleh negara-negara Asia termasuk Indonesia. Salah satu keunggulan udang vaname adalah harga jual tinggi, mudah dibudidayakan dan tahan terhadap penyakit.

Salah satu masalah yang timbul akibat intensifikasi budidaya udang adalah penurunan kualitas air yang berujung pada penurunan produksi. Demikian juga pakan dengan kadar

protein tinggi dan sisa pakan yang tidak dimakan akan menjadi amoniak dan nitrit yang bersifat toksik (Jon Dahlan et al, 2017). Salah satu perangkat penting untuk menjaga kondisi tersebut adalah aerator kincir air. Alat ini tidak hanya berfungsi meningkatkan kadar oksigen terlarut di dalam air, tetapi juga membantu menjaga sirkulasi dan mencegah terjadinya penumpukan limbah organik di dasar tambak.

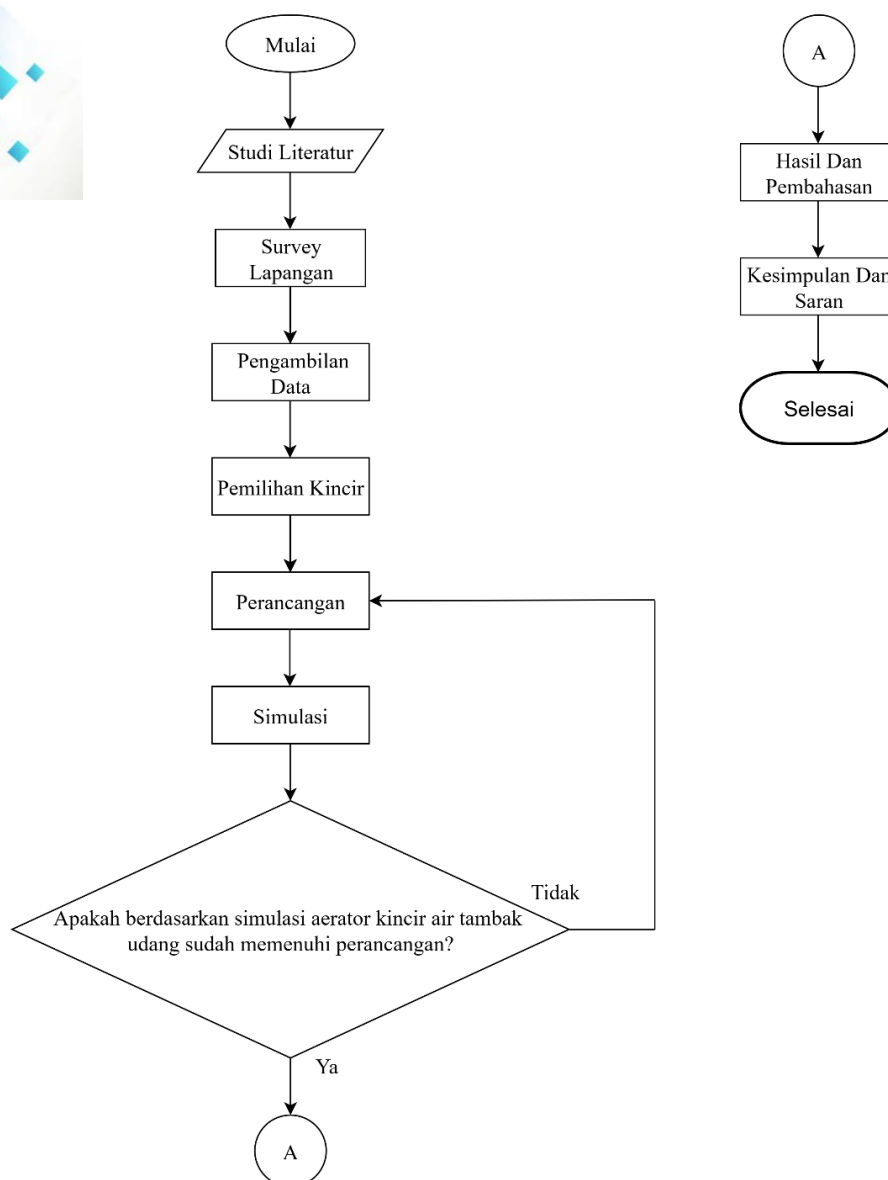
Meski begitu, merancang aerator kincir air bukanlah hal sederhana. Ada beberapa aspek utama yang harus dipertimbangkan. Pertama, ketersediaan oksigen terlarut yang cukup, karena merupakan kebutuhan vital bagi metabolisme dan pertumbuhan udang. Kedua, faktor efisiensi energi juga sangat penting, mengingat aerator bekerja secara terus-menerus. Penggunaan energi terbarukan yang paling banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik pada budidaya adalah energi matahari. (Harisjon et al, 2021). Teknologi hemat energi yang memanfaatkan sumber terbarukan dapat menjadi solusi untuk mengurangi biaya operasional jangka panjang.

Selain itu, pemilihan material kincir juga harus diperhatikan agar tahan terhadap kondisi tambak yang bersalinitas tinggi dan rentan menyebabkan korosi. Desain kincir sebaiknya disesuaikan dengan ukuran dan kedalaman tambak sehingga distribusi oksigen dapat merata. Dari sisi perawatan, alat yang mudah dibersihkan dan diperbaiki tentu akan menekan biaya perawatan rutin.

Selain faktor teknis, aspek ekonomi juga penting. Biaya investasi awal perlu diperhitungkan dengan mempertimbangkan manfaat jangka panjang, seperti efisiensi energi dan ketahanan alat. Dengan demikian, aerator kincir air dapat berfungsi optimal, efisien, dan berkelanjutan untuk mendukung budidaya udang vaname.

2. Metode Penelitian

Pada perancangan ini, penulis melakukan studi literatur, survey lapangan, pengambilan data, pemilihan kincir berdasarkan metode perancangan teknik (Harsokoesoemo, 2004). Dilakukan perhitungan secara teoritis dan simulasi CFD untuk memastikan apakah aerator kincir air tambak udang sudah memenuhi perancangan dan simulasi. Perancangan yang penulis lakukan memberikan hasil simulasi *turbulence intensity*, *velocity magnitude*, *static pressure*.



Gambar 1. Diagram Alir

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan perhitungan didapatkan hasil perancangan sebagai berikut :

3.1 Hasil Perancangan

1. Berdasarkan perhitungan konsumsi oksigen untuk biomassa udang *Litopenaeus vannamei* sebesar **900 kg** pada tambak seluas **600 m²** dengan kedalaman **1,5 m** (volume kolam = **900 m³**), didapatkan kebutuhan oksigen total sebesar **0,29 kg O₂/jam**. Dengan SOTR *paddlewheel* konservatif dari literatur sebesar **1,6 kg O₂/jam kincir 1 HP** (Tien Nguyen, N et al. 2024). jumlah kincir yang diperlukan dihitung sebagai berikut :

$$N \text{ Kincir} = \frac{O_2 \text{ Total (Kg O}_2\text{/jam)}}{SOTR(\text{kg O}_2\text{/jam)}}$$

$$N \text{ Kincir} = \frac{0,29 (\text{Kg O}_2\text{/jam)}}{1,6 (\text{Kg O}_2\text{/jam)}}$$

N kincir = 0,18 kincir dibulatkan menjadi 1 unit kincir dengan daya 1 hp

2. Berdasarkan perancangan kincir air menunjukkan hasil diameter sebesar 68 cm dengan jumlah sudu sebanyak 8 sudu. Setiap sudu memiliki dimensi panjang 15 cm

dan lebar 10 cm, serta diposisikan dengan jarak antar sudu sebesar 45°. Pada masing-masing sudu dirancang 16 lubang dengan diameter 1,6 cm. Selain itu, sudu didesain dengan lekukan sebesar 170°.

3.2 Analisa Perancangan

◆ Berikut adalah analisa dari hasil perancangan :

Berdasarkan perhitungan, kebutuhan oksigen 0,29 kg/jam pada biomassa udang 900 kg sudah dapat dipenuhi oleh 1 unit kincir air berdaya 1 HP. Namun, penggunaan 1 unit kincir saja dinilai kurang aman dalam praktik. Oleh karena itu, disarankan memasang sedikitnya 2 unit kincir berdaya 1 hp untuk menjamin ketersediaan cadangan kincir, memperbaiki distribusi oksigen terlarut di seluruh tambak, serta menghadapi variasi kondisi lingkungan dan peningkatan kebutuhan oksigen seiring pertumbuhan udang. Selain perhitungan teoritis, uji lapangan melalui pengukuran *Oxygen Transfer Rate* (OTR) juga penting dilakukan agar rancangan benar-benar sesuai dengan kondisi aktual tambak.

Berdasarkan simulasi menggunakan *software ansys* didapatkan hasil simulasi sebagai berikut:

3.4 Hasil Simulasi

Simulasi dilakukan menggunakan *software ansys* untuk menganalisis pengaruh bentuk lubang sudu kincir terhadap parameter seperti *static pressure*, *velocity magnitude*, dan *turbulence intensity*.

Dua konfigurasi lubang sudu disimulasikan dengan bentuk bulat dan oval. Hasil simulasi didapatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Simulasi

Bentuk Lubang Sudu	<i>Static Pressure</i> (Pa)	<i>Velocity Magnitude</i> (m/s)	<i>Turbulence Intensity</i> (%)
Bulat	0,17	0,55	14,43
Oval	0,17	0,51	17,73

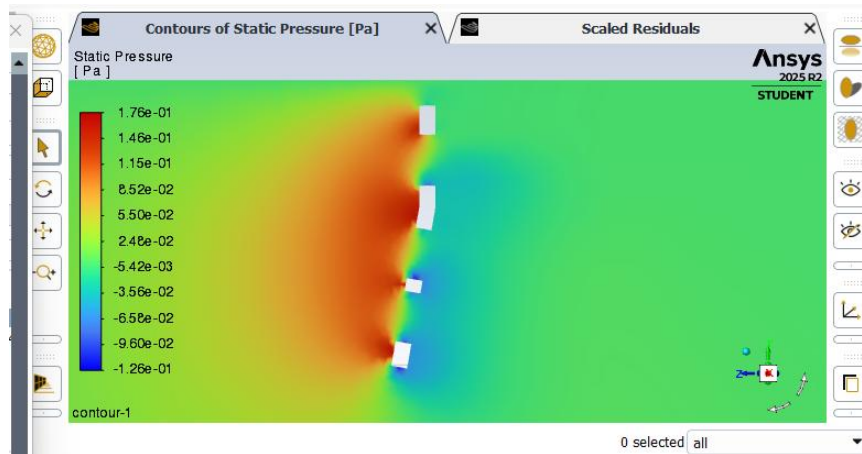
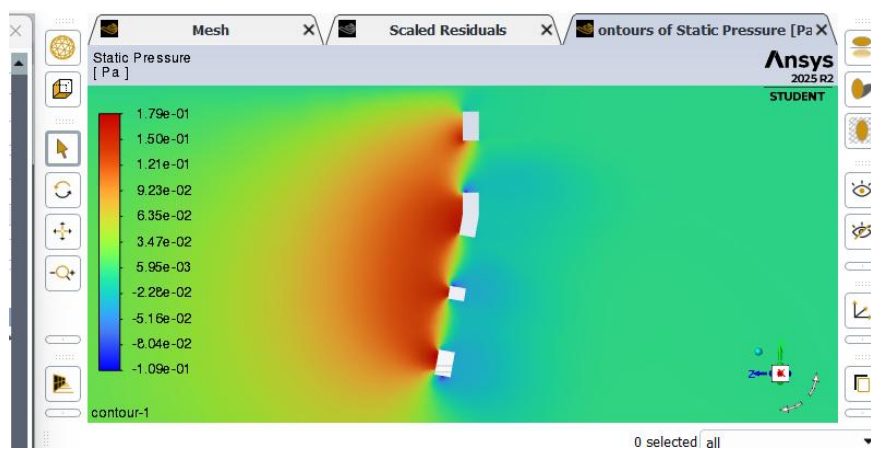
Dari Tabel 4.1, terlihat bahwa *static pressure* tetap sama pada kedua bentuk sudu, tetapi terdapat perbedaan pada *velocity magnitude* dan *turbulence intensity*. Pada lubang sudu bulat diperoleh kecepatan yang lebih tinggi 0,04 m/s daripada bentuk lubang sudu oval. Sedangkan intensitas turbulensi lebih tinggi 3,3% pada bentuk lubang sudu oval dibandingkan dengan bentuk lubang sudu bulat.

3.5 Analisa Hasil Simulasi

Berikut adalah pembahasan dari hasil simulasi menggunakan *software ansys*

1. *Static Pressure*

Nilai *static pressure* pada kedua simulasi tercatat sama, yaitu 0,17 Pa. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan bentuk lubang sudu tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap tekanan statis yang dihasilkan kincir. Dengan demikian, distribusi tekanan di sekitar sudu relatif stabil, sehingga kincir dapat beroperasi dalam kondisi aman tanpa menimbulkan beban berlebih pada aliran air maupun organisme di dalam tambak. Tekanan yang rendah ini sesuai dengan kebutuhan tambak udang, Karena tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan distribusi arus air tidak merata dan menimbulkan stres pada udang (Samocha et al, 2017).

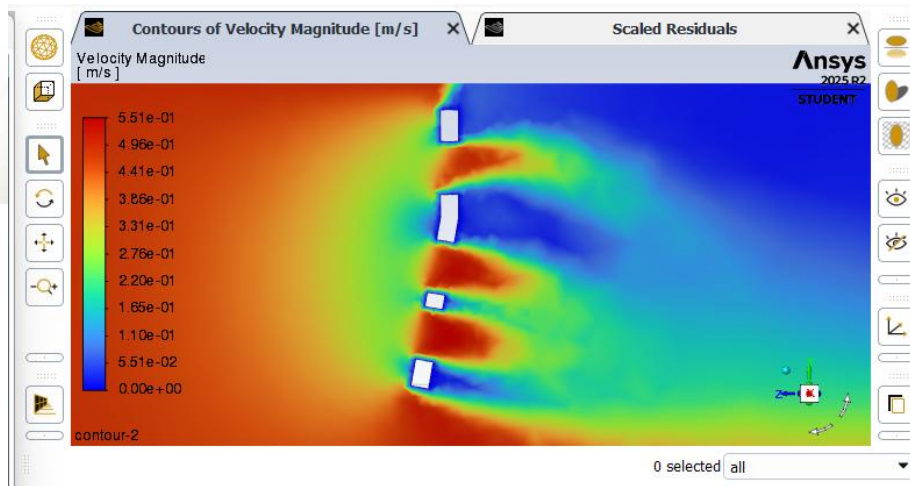
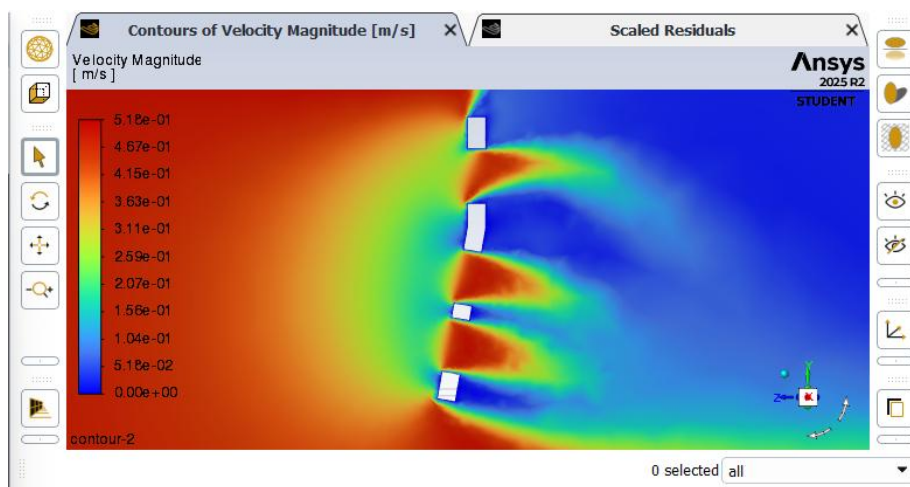
Gambar 2. *Static Pressure* Lubang Sudu BulatGambar 3. *Static Pressure* Lubang Sudu Oval

2. *Velocity Magnitude*

- a. Lubang Sudu Bulat : *Velocity Magnitude* 0,55 m/s
- b. Lubang Sudu Oval : *Velocity Magnitude* 0,51 m/s

Perbedaan ini menunjukkan bahwa bentuk lubang sudu berpengaruh terhadap kecepatan aliran. Lubang sudu bulat menghasilkan aliran lebih cepat dibandingkan lubang sudu oval. Kecepatan 0,55 m/s masih berada dalam rentang optimum untuk tambak udang 0,1–0,5 m/s (Jingyu Li et al, 2021). Sedangkan sudu oval, meskipun sedikit lebih rendah (0,51 m/s), tetap efektif untuk sirkulasi air.

Kecepatan tersebut mampu menjaga distribusi oksigen terlarut (DO) tetap merata, serta mencegah terjadinya stratifikasi dan akumulasi sisa pakan di dasar tambak. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rancangan kincir sudah memenuhi kriteria operasional yang efektif.

Gambar 4. *Velocity Magnitude* Lubang Sudu Bulat.Gambar 5. *Velocity Magnitude* Lubang Sudu Oval

3. Turbulence Intensity

a. Lubang Sudu Bulat : 14,43 %

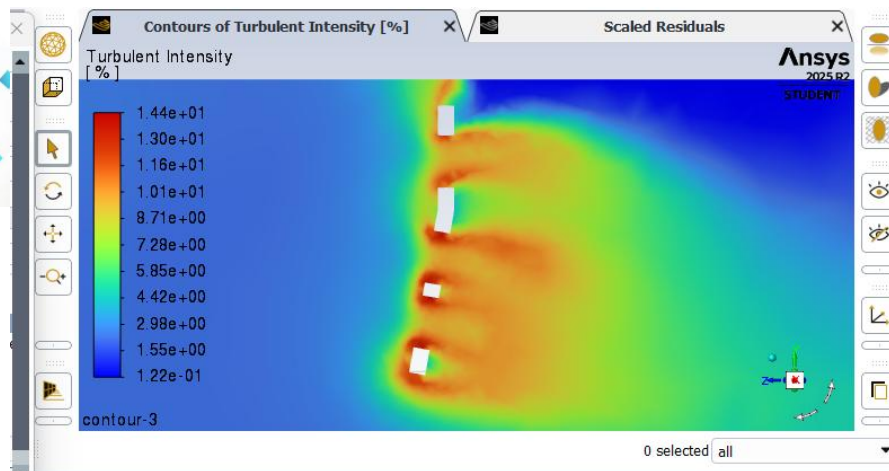
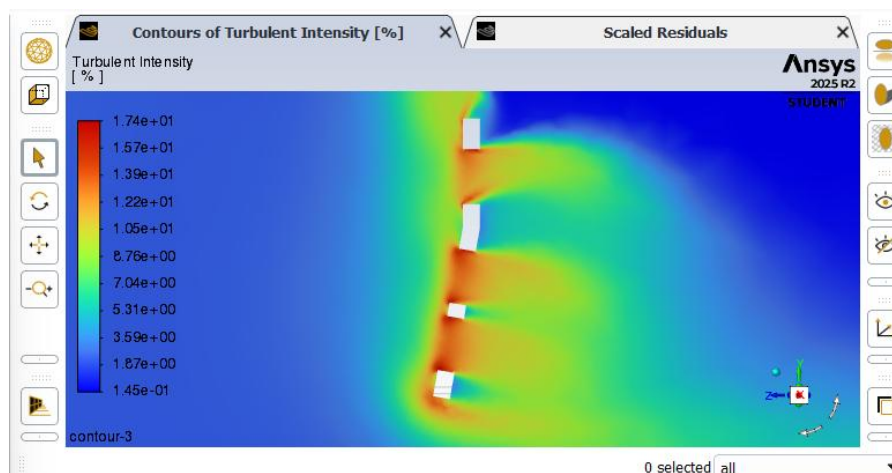
b. Lubang Sudu Oval : 17,37 %

Intensitas turbulensi yang diperoleh dari simulasi kedua desain adalah 14,43% dan 17,37%. Intensitas turbulensi sangat penting dalam aplikasi aerator kincir tambak karena dapat :

- Menyebarkan oksigen terlarut dan nutrisi secara merata.
- Mencegah terbentuknya zona stagnan (*dead zone*).
- Membantu distribusi pakan sehingga tidak menumpuk di satu sisi.

Tetapi, turbulensi yang terlalu tinggi dapat meningkatkan konsumsi energi dan menyebabkan udang menjadi stres. Sedangkan turbulensi yang rendah dapat menyebabkan sirkulasi air tidak optimal dan tidak efektif. Dengan kedua desain dalam rancangan ini dapat dikatakan ideal untuk budidaya udang.

Dari hasil simulasi kedua desain lubang sudu oval dan bulat menghasilkan intensitas turbulensi yang berbeda. Lubang sudu oval lebih besar (17,37%) dibandingkan lubang sudu bulat (14,43%), Sehingga kemungkinan lubang sudu oval akan menghasilkan pencampuran yang lebih kuat (Nu Rhahida Arini et al, 2023).

Gambar 6. *Turbulence Intensity* Lubang Sudu BulatGambar 7. *Turbulence Intensity* Lubang Sudu Oval

4. Kesimpulan

Ada beberapa kesimpulan dari Tugas Akhir ini, antara lain, sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan biomassa sebesar 900 kg dan kebutuhan oksigen total 0,29 kg/jam, secara teoretis suplai oksigen dapat dipenuhi dengan menggunakan 1 unit kincir air berdaya 1 HP
2. Secara perhitungan 1 unit kincir mencukupi, penggunaan 2 unit kincir 1 HP lebih direkomendasikan untuk memastikan pemerataan distribusi oksigen, menjaga kestabilan kualitas air, serta memberikan cadangan jika terjadi kerusakan pada salah satu kincir.
3. Berdasarkan hasil perancangan sudu dengan dua variasi bentuk lubang, yaitu lubang sudu bulat dan oval, pada ukuran sudu 15 cm panjang dan 10 cm lebar, dengan jumlah 16 lubang berdiameter 1,6 cm serta sudu memiliki lekukan sebesar 170° , diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:

a. *Static Pressure* :

Kedua jenis desain lubang sudu menghasilkan *static pressure* yang sama 0,17 Pa. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk lubang sudu tidak berpengaruh signifikan terhadap distribusi tekanan statis di sekitar kincir.

b. *Velocity Magnitude* :

Lubang sudu bulat menghasilkan *velocity magnitude* 0,55 m/s, lebih tinggi dibandingkan lubang sudu oval 0,51 m/s. Kecepatan aliran ini berada dalam kecepatan optimum untuk tambak udang (0,1-0,5 m/s) sehingga mendukung

distribusi oksigen dan endapan pakan.

c. *Turbulence Intensity* :

Lubang sudu berbentuk oval menghasilkan intensitas turbulensi lebih tinggi (17,37%) dibandingkan sudu berlubang bulat (14,43%), sehingga memerlukan daya yang lebih besar karena peningkatan turbulensi berbanding lurus dengan kebutuhan daya.

5. Daftar Referensi

- Dahlan, J., Hamzah, M., & Kurnia, A. (2017). Pertumbuhan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang dikultur pada sistem bioflok dengan penambahan probiotik. *Journal of Fishery Science and Innovation*, 1(1), 19-27.
- Wahyuni, N., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Analisis Mekanisme Energi Angin Dalam Putaran Kincir Air Pada Tambak Udang Di Palukuning Kecamatan Muncar. *Jurnal Sains Riset*, 13(1), 9-14.
- Nugraha, N. P. A., Agus, M., & Mardiana, T. Y. (2017). Rekayasa kincir air pada tambak LDPE udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di tambak Unikol Slamaran. *Pena Akuatika: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 16(1).
- Adnan Basofi, R. F. (2023). RANCANG BANGUN KINCIR AIR PADA TAMBAK UDANG DENGAN PENERAPAN PEMBANGKIT HYBRID BERBASIS IoT. 18-22.
- Wyban, J. A., Pruder, G. D., Leber, K. M., & Burzell, L. (1989). Paddlewheel effects on shrimp growth, production and crop value in commercial earthen ponds. *Journal of the world Aquaculture Society*, 20(1), 18-23.
- Moore, J. M., & Boyd, C. E. (1992). Design of small paddle wheel aerators. *Aquacultural engineering*, 11(1), 55-69.
- Fakhriansyah, F., Muchammad, M., & Tauviqirrahman, M. (2024). STUDI NUMERIK PENGARUH JENIS LEKUKAN DAN JUMLAH LUBANG SUDU PADA PERFORMA AERASI TAMBAK UDANG VANNAMEI MARINE SCIENCE TECHNO PARK-UNDIP. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 12(3), 21-24.
- Ariayuda, M. A., Muchammad, M., & Tauviqirrahman, M. (2024). STUDI NUMERIK PENGARUH JUMLAH DAN UKURAN LUBANG SUDU PADA PERFORMA AERASI TAMBAK UDANG VANNAMEI MARINE SCIENCE TECHNO PARK-UNDIP. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 12(3), 41-44.
- Sauf, M., Balaka, R., & Hasanudin, L. Simulasi Sudut Serang Aliran Air Terhadap Kincir Air Aliran Bawah. *vol, 4*, 136-142.
- Wiyoto, W., Sukenda, S., Harris, E., Nirmala, K., & Djokosetiyanto, D. (2021). Pacific whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) behaviour, oxygen consumption and sediment oxygen demand at different sediment redox potential. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 14(6), 3510-3516.
- Ahmad, T., & Boyd, C. E. (1988). Design and performance of paddle wheel aerators. *Aquacultural Engineering*, 7(1), 39-62.
- Tien Nguyen, N., Tran-Nguyen, P. L., & Vo, T. T. B. C. (2024). Advances in aeration and wastewater treatment in shrimp farming: emerging trends, current challenges, and future perspectives. *AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 73(5), 902-916.
- Li, J., Cui, G., Liu, Y., Wang, Q., Gong, Q., & Gao, X. (2021). Effects of desiccation, water velocity, and nitrogen limitation on the growth and nutrient removal of *Neoporphyra haitanensis* and *Neoporphyra dentata* (Bangiales, Rhodophyta). *Water*, 13(19), 2745.
- Samocha, T. M., Prangnell, D. I., Hanson, T. R., Treece, G. D., Morris, T. C., Castro, L. F., & Staresinic, N. (2017). Design and operation of super intensive, biofloc-dominated systems for indoor production of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*—The

Texas A&M Agrilife Research experience. *Louisiana: The World Aquaculture Society*. 368p.

- Arini, N. R., Al Ala, M. U., Kusuma, W. R., Mubarak, M. A., & Sigalo, M. B. (2023, August). Numerical study on the effect of wheel aerator paddle profiles to fluid flow characteristics and aeration performance prediction. In *2023 International Electronics Symposium (IES)* (pp. 1-6). IEEE.
- Rachmadi, A. E., Farkan, M., Wulan, D. R., & Margono, M. Analisis Padat Tebar Berbeda Terhadap Produktivitas Budidaya Udang Vaname (*Penaeus vannamei*) Intensif. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL PERIKANAN INDONESIA* (pp. 143-154).
- Roy, S., & Kumar, A. (2024). A comprehensive study on paddle wheel aerator. *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)*, 2(02), 113-117.
- Makmur, M., Fahrur, M., & Undu, M. C. (2016, August). Pengaruh tipe kincir terhadap produksi tambak udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) superintensif. In *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur* (Vol. 1, No. 1, pp. 277-284).
- Harisjon, H., Hermansyah, B., Tashwir, T., Subiantoro, R. A., & Samsi, S. (2021). Penerapan kincir air tenaga surya untuk tambak udang vanname. *Aurelia Journal*, 3(1), 1-9.
- Purnamasari, I., Purnama, D., & Utami, M. A. F. (2017). Pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di tambak intensif. *Jurnal enggano*, 2(1), 58-67.
- Harsokoesoemo, H. D. (2004). Pengantar perancangan teknik (Perancangan produk). *Bandung: ITB*.