

SIMULASI NUMERIK PENGARUH GEOMETRI KOLAM TERHADAP EFISIENSI PEMBUANGAN ENDAPAN AMONIA PADA KOLAM BUDIDAYA PERIKANAN DARAT

*Moh. Faoji¹, Norman Iskandar², Sulardjaka²

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: mfaoji10@gmail.com

Abstrak

Budidaya ikan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produksi perikanan dengan memperhatikan aspek internal seperti asal dan kualitas benih serta faktor eksternal meliputi kualitas air, pemberian pakan, teknologi, dan pengendalian hama serta penyakit. Salah satu permasalahan kualitas air adalah terbentuknya amonia yang bersifat toksik terhadap ikan, kadar amonia yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan ikan dan menyebabkan kematian. Amonia pada kolam terjadi karena adanya endapan sisa makanan dan kotoran dari ikan. Sistem kolam budidaya dengan mekanisme pembersihan mandiri sangat disarankan pada fase pemberian dan pembesaran. Kolam dengan mekanisme pembersihan mandiri memungkinkan terbuangnya endapan secara berkala dan meminimalisir terbentuknya amonia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh geometri kolam terhadap perilaku hidrodinamika aliran kolam dan menentukan kemiringan dasar kolam terbaik agar tercapai pembuangan endapan yang maksimal. Penelitian ini menggunakan simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dengan perangkat lunak *ANSYS Fluent 2023* untuk memodelkan perilaku hidrodinamika. Untuk menganalisa endapan amonia, sebanyak 20 gram pelet diinjeksikan melalui permukaan air dan diamati pergerakannya selama 100 detik. Variasi kemiringan kolam pada simulasi ini adalah kemiringan 12° bentuk geometri kolam lingkaran. Hasil simulasi menunjukkan bahwa perubahan kemiringan dasar kolam mempengaruhi perilaku hidrodinamika aliran kolam dan laju pelepasan partikel, dengan kemiringan 12° menunjukkan hasil terbaik dalam pembuangan partikel.

Kata Kunci: ansys; budidaya ikan lele; cfd; endapan; pelet; sistem resirkulasi kolam

Abstract

Fish farming is one way to increase fisheries production by considering internal aspects such as the origin and quality of seeds and external factors including water quality, feeding, technology, and pest and disease control. One of the water quality problems is the formation of ammonia which is toxic to fish, high ammonia levels can inhibit fish growth and cause death. Ammonia in ponds occurs due to the deposition of food waste and feces from fish. A self-cleaning pond system is highly recommended in the hatchery and grow-out phases. Ponds with self-cleaning mechanisms allow the removal of sediment periodically and minimize the formation of ammonia. This study aims to determine the effect of pond geometry on the hydrodynamic behavior of pond flow and determine the best pond bottom slope to achieve maximum sediment removal. This research uses CFD (Computational Fluid Dynamics) simulation with ANSYS Fluent 2023 software to model the hydrodynamic behavior. To analyze ammonia deposition, 20 grams of pellets were injected through the water surface and observed for 100 seconds. The variations of pond slope in this simulation are 12° slope of circular pond geometry. The simulation results show that changes in the pond bottom slope affect the hydrodynamic behavior of the pond flow and particle discharge rate, with a 12° slope showing the best results in particle discharge.

Keywords: ansys; aquaculture recirculation system; catfish farming; cfd; pellets; sediment

1. Pendahuluan

Budidaya merupakan salah satu kegiatan alternatif dalam meningkatkan produksi perikanan [1]. Untuk menghasilkan komoditas ikan yang unggul, maka proses pemeliharaan harus memperhatikan aspek internal yang meliputi asal dan kualitas benih; serta faktor eksternal mencakup kualitas air budidaya, pemberian pakan, teknologi yang digunakan, serta pengendalian hama dan penyakit. Faktor utama yang mempengaruhi kualitas air adalah sisa-sisa makanan dan kotoran ikan yang membentuk partikel kohesif yang disebut flok yang disimpan di dalam tangki atau di modul sistem budidaya perikanan resirkulasi [2]. Selain dari kualitas air yang harus dipertahankan kebersihannya, hal lain yang sebenarnya juga sangat sering terjadi dan patut diwaspadai adalah meningkatnya kadar pH dan kadar amonia pada

perairan tambak atau kolam buatan tersebut. Meningkatnya kadar amonia dan kadar pH ini dapat menjadi racun tersendiri bagi ikan-ikan tersebut. Kadar amonia yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ikan-ikan tersebut tidak dapat mengekstrak energi dari pakan secara efisien sehingga hal tersebut menyebabkan kematian pada ikan.

Amonia merupakan senyawa toksik yang dapat memberikan dampak buruk bagi kesehatan ikan [3]. Pada kolam ikan yang dikelola dengan baik, amonia jarang terakumulasi menjadi konsentrasi yang mematikan. Namun amonia dapat memiliki apa yang disebut sebagai efek sub lethal [4], dimana konsentrasi yang lebih rendah mungkin tidak membunuh atau berdampak buruk terhadap ikan dalam waktu singkat, tetapi konsentrasi yang sama dapat membunuh atau merusak kehidupan air dalam jangka waktu yang lebih lama [5]. Efek sub lethal amonia seperti menghambat pertumbuhan, konversi pakan yang buruk, mengurangi resistensi terhadap penyakit [4].

Amonia pada kolam lele pada dasarnya terbentuk karena proses nitrifikasi, yaitu transformasi amonia. Bakteri mengoksidasi amonia melalui dua tahapan, pertama menjadi nitrit (NO_2^-) dan kemudian menjadi nitrat (NO_3^-). Proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti suhu, pH, konsentrasi oksigen terlarut (DO), laju penguapan gas amonia dari permukaan kolam ke udara, dan kadar amonia dalam kolam ikan [6]. Naik turunnya kadar amonia dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu pakan yang mengendap, ekskresi ikan, adanya hama dalam kolam dan ledakan plankton. Salah satu cara mengurangi kadar amonia dalam kolam yaitu dengan penggantian air kolam dengan air bersih secara berkala. Hal tersebut bertujuan untuk membersihkan kolam secara menyeluruh. Namun dalam praktiknya penggantian air kolam mengakibatkan ekosistem kolam berubah drastis seperti populasi alga dan lumut, suhu dan pH yang berpengaruh pada perkembangan ikan [7]. Selain itu, penggantian air secara berkala membutuhkan banyak air yang berakibat biaya listrik yang membengkak dan hal ini tidak cocok dengan kondisi lingkungan yang jauh dari sumber air. Berangkat dari masalah tersebut maka kajian terkait desain kolam dengan sistem pembuangan amonia yang optimal sangat diperlukan.

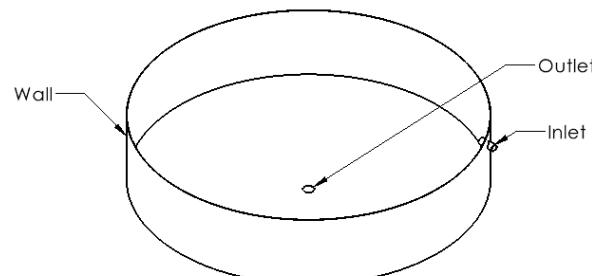
Pada penelitian ini dilakukan pemodelan menggunakan perangkat lunak simulasi CFD (Computational Fluid Dynamic) ANSYS 2022 yang bertujuan untuk mengetahui kecepatan outlet pipa saat terjadi pembuangan amonia menggunakan pendekatan numerik. Pada simulasi ini menggunakan dua variabel penelitian yaitu variasi jenis kolam dan variasi dengan penambahan sistem pembuangan amonia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan sistem pembuangan amonia terhadap kecepatan pada outlet pipa sehingga diperoleh desain kolam dengan pembuangan amonia yang optimal namun pembuangan air minimal.

2. Bahan Metode Penelitian

Metode Penelitian ini menggunakan metode *computational fluid dynamics*. *Computational fluid dynamics* (CFD) adalah bidang ilmu yang mendalam analisis aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena terkait yang melibatkan reaksi kimia melalui pemecahan persamaan matematika dan dengan bantuan simulasi komputer. Persamaan-persamaan aliran fluida biasanya dapat dijelaskan menggunakan persamaan diferensial parsial yang sulit dipecahkan secara analitis, kecuali dalam kasus-kasus tertentu. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode pendekatan untuk mendapatkan solusi. Dalam CFD, dilakukan analisis numerik dengan memanfaatkan kontrol volume sebagai elemen integrasi untuk persamaan-persamaan, yang mencakup persamaan keseimbangan massa, momentum, dan energi. Dalam pengoperasian CFD ada tiga tahapan proses pengerjaan, yaitu: Pra Proses, Proses, Pasca Proses [8].

2.1. Pra Proses

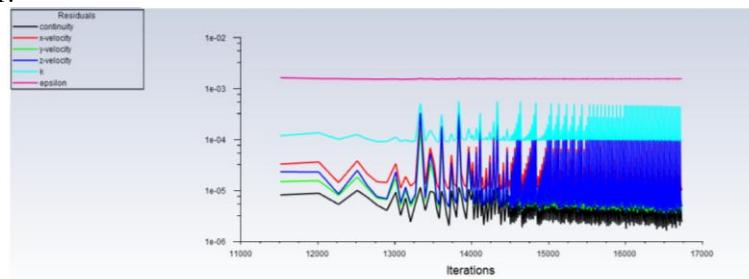
Pra proses adalah langkah pertama dalam melakukan analisis sebuah model CFD. Teknisnya yaitu membuat model dalam paket CAD (*Computer Aided Design*) seperti SOLIDWORKS, maupun melalui DM (*Design Modeler*) melalui ANSYS. Kemudian mengenerate mesh yang cocok dan sesuai, kemudian menerapkan kondisi batas dan sifat-sifat fluidanya. Pemodelan geometri yang digunakan pada simulasi ini diambil dari data lapangan di Unit Pembibitan Rakyat (UPR) Arif Gondosuli. Geometri kolam berukuran diameter 2 m dan kedalaman 0,5 meter. Pemodelan geometri kolam pada simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 1. Proses meshing pada simulasi ini menggunakan jenis meshing tetrahedron dengan jumlah 216901 elemen. Pada setup simulasi, model turbulensi yang digunakan akan ditentukan pada bagian ini. Terdapat berbagai macam model turbulensi yang disediakan ANSYS. Model yang dipilih adalah model *K-Epsilon*. Model *K-Epsilon* yang dipakai adalah *standard* dengan nilai parameter turbulen standar $C_{\mu} = 0,090$, $C1-\epsilon = 1,440$, $C2-\epsilon = 1,920$, $TKE Prandtl Number = 1$ dan $TDR Prandtl Number = 1,300$. Endapan amonia diasumsikan sebagai partikel pelet. Diameter ukuran pelet dipilih 2 mm dan densitas 1300 kg/m^3 . Metode *Particle Size Distribution* (PSD) yang digunakan adalah uniform dengan asumsi partikel yang injeksikan adalah pelet dengan diameter seragam. Diameter partikel yang diterapkan simulasi ini 2 mm lalu diinjeksikan selama 1 detik. Partikel diinjeksikan melalui *water surface* dengan batasan area 100 mm hingga 1500 mm untuk menghindari pelet langsung jatuh pada lubang *outlet* dan memastikan bahwa partikel terpengaruhi oleh aliran dari *inlet*. Pelet diinjeksikan setelah simulasi berjalan 600 detik, setelah aliran berkembang penuh.



Gambar 1. Geometri kolam simulasi

2.2. Tahap Proses

Tahap proses dalam simulasi fluent adalah langkah di mana persamaan dasar dipecahkan di setiap titik dalam elemen fluida menggunakan metode yang telah ditentukan sebelumnya. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan persamaan ini bervariasi tergantung pada tingkat kompleksitas kasus yang sedang dipelajari. Tahap proses dianggap selesai ketika nilai residual minimum yang diinginkan pada setiap iterasi telah mencapai tingkat konvergensi. Fluent akan menampilkan grafik residual pada setiap iterasi untuk pemantauan dan pengendalian proses. Grafik residual proses ini dapat dilihat pada Gambar 1.



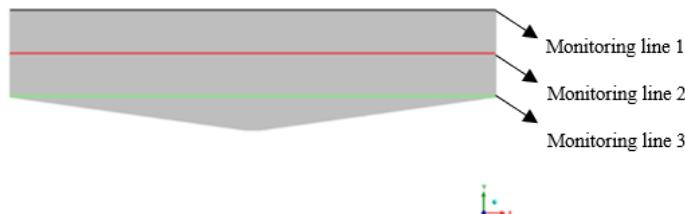
Gambar 2. Grafik residual proses solver

2.3. Tahap Pasca Proses

Pembuatan Tahap pasca proses adalah langkah yang dilakukan setelah proses solver selesai. Pada tahap ini, data dianalisis dan disajikan dalam berbagai bentuk, termasuk grafik, vektor, dan kontur, yang mewakili parameter-parameter yang telah diuji, seperti kecepatan tangensial dan aksial di dalam kolam, serta analisis partikel dalam kolam. Setiap jenis data disajikan untuk setiap variasi yang telah diuji. Data dari berbagai variasi kemudian dianalisis untuk menarik kesimpulan dari hasil diskusi yang telah dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai hasil pengukuran karakteristik partikel dan air serta hasil dan analisis dari simulasi yang telah dilakukan. Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh geometri kemiringan kolam terhadap medan aliran kecepatan dan performa pelepasan partikel pada kolam pembibitan ikan. Untuk mempermudah dalam analisis hasil simulasi ini, pengambilan kontur dan vektor dilakukan pada sumbu XY. Sedangkan data berupa grafik diperoleh secara radial ketika nilai Y = 0 mm. Gambar 2 menunjukkan skematik pengambilan kontur dan data grafik simulasi.



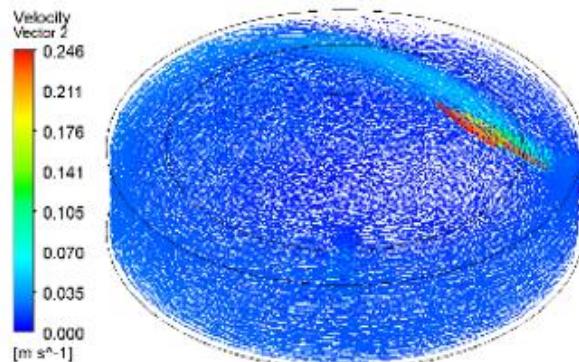
Gambar 3. Skematik pengambilan kontur dan grafik simulasi

3.1. Karakteristik Partikel

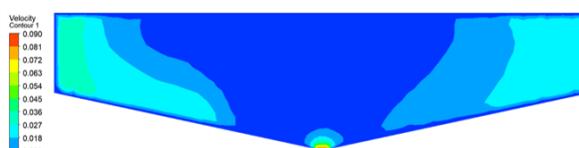
Karakteristik partikel diperlukan dalam input simulasi CFD Ansys Fluent, data tersebut akan menjadi input pada menu material inert particle dan discrete phase model. Pada menu material *inert particle* dibutuhkan data densitas dan specific heat dari partikel, sedangkan pada menu discrete phase model dibutuhkan data berupa ukuran partikel seperti diameter minimal, maksimal, dan mean. Diantara beberapa data tersebut, data specific heat dan densitas dapat diperoleh dari studi literatur, sementara ukuran partikel dilakukan pengukuran aktual dengan cara mengukur diameter pelet.

3.2. Distribusi Kecepatan

Distribusi kecepatan merupakan aspek penting dalam memahami dinamika aliran dan perilaku fluida di dalam kolam. Dengan menggunakan simulasi CFD, analisis ini akan mengungkap pola aliran yang terjadi, daerah-daerah dengan kecepatan tinggi dan rendah, serta faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi kecepatan. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang mendalam mengenai karakteristik aliran dalam kolam serta implikasinya terhadap desain dan operasional kolam. Gambar 1 menunjukkan vektor kecepatan aliran pada kolam dan Gambar 2 menunjukkan kontur kecepatan pada monitoring plane sumbu XY. Hasil menunjukkan bahwa kecepatan aliran cenderung seragam pada empat variasi kemiringan. Pada kolam budidaya, kecepatan aliran dekat dinding lebih tinggi dan terendah di pusat kolam. Aliran membentuk pusaran (*swirl*) yang mengarah ke pusat kolam dengan kecepatan aliran yang lebih rendah di pusat. Aliran pusaran semakin jelas terlihat seiring meningkatnya kemiringan yang terlihat pada Gambar 2 dengan terbentuknya zona aliran yang semakin tinggi pada dinding dan zona aliran semakin rendah di pusat. Secara umum, dengan terbentuknya zona aliran tersebut maka akan mempengaruhi proses pengendapan dan mengarahkan partikel endapan mendekati saluran keluar[9].



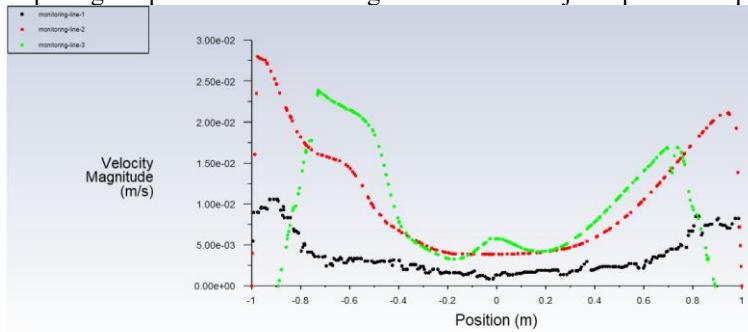
Gambar 4. Vektor kecepatan pada kolam



Gambar 5. Kontur kecepatan pada sumbu XY

Pada kolam budidaya, kecepatan aliran dekat dinding lebih tinggi dan terendah di pusat kolam. Aliran membentuk pusaran (*swirl*) yang mengarah ke pusat kolam dengan kecepatan aliran yang lebih rendah di pusat. Secara umum, dengan terbentuknya zona aliran tersebut maka akan mempengaruhi proses pengendapan dan mengarahkan partikel endapan mendekati saluran keluar. Garis pemantauan diambil pada tiga tingkatan berbeda yaitu dekat permukaan air, tengah kolam, dan dekat dasar kolam. Gambar adalah kurva kecepatan pada garis pemantauan, didapati bahwa kecepatan aliran pada garis pemantauan menunjukkan tren seragam yaitu distribusi kecepatan membentuk "M-shaped" dan kecepatan aliran menunjukkan tren distribusi rendah di tengah dan distribusi tinggi di kedua sisi. Kecepatan aliran pada jalur pemantauan pada dasarnya sama, yang membuktikan bahwa kecepatan aliran lapangan stabil. Akan tetapi, kecepatan di area tengah kolam budidaya masih di bawah 0,005 m/s.

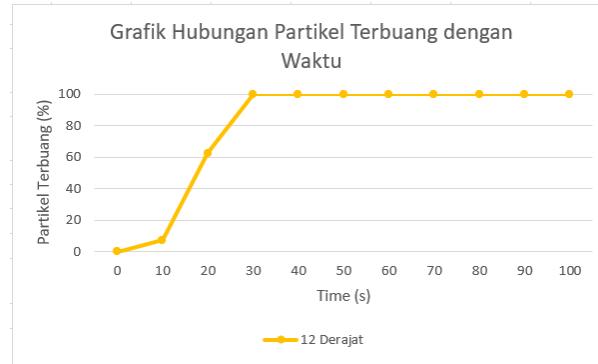
Grafik kurva kecepatan pada garis pemantauan kemiringan kolam 12 derajat dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Kurva kecepatan pada garis pemantauan

3.3. Partikel Discharge Rate

Partikel discharge rate atau laju pelepasan partikel merupakan salah satu parameter penting dalam analisis dinamika fluida komputasional pada kolam. Pemahaman yang mendalam mengenai laju pelepasan sangat krusial untuk mengevaluasi efisiensi aliran kolam. Melalui pendekatan CFD, kita dapat memvisualisasikan dan mengoptimalkan pola aliran untuk memastikan kinerja kolam yang optimal dan berkelanjutan. Untuk mengevaluasi laju pelapasan partikel, sejumlah 20 g partikel dengan densitas 1300 kg/m³ diinjeksikan dalam waktu satu detik. Partikel diinjeksikan melalui permukaan air lalu diamati pergerakannya selama 100 detik. Partikel discharge rate pada kemiringan 12 derajat dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 7. Grafik hubungan partikel terbuang vs waktu

4. Kesimpulan

Budidaya ikan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produksi perikanan dengan memperhatikan aspek internal seperti asal dan kualitas benih serta faktor eksternal meliputi kualitas air, pemberian pakan, teknologi, dan pengendalian hama serta penyakit. Salah satu permasalahan kualitas air adalah terbentuknya amonia yang bersifat toksik terhadap ikan, kadar amonia yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan ikan dan menyebabkan kematian. Kolam dengan sistem resirkulasi yang baik sangat disarankan. Untuk itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh geometri kolam terhadap efisiensi pembuangan endapan pada kolam. Pemodelan endapan pada kolam dilakukan dengan melakukan injeksi partikel pelet melalui permukaan air.

Berdasarkan hasil simulasi *computational fluid dynamic* yang telah dilakukan didapati bahwa aliran pada kolam budidaya membentuk pusaran (*swirl*) yang terpusat pada tengah kolam dengan nilai kecepatan pada pusat lingkaran lebih rendah. Semakin besar kemiringan kolam, aliran pusaran semakin terlihat ditandai dengan kecepatan pada pusat kolam yang semakin rendah dan zona dengan kecepatan rendah yang semakin luas. Aliran membentuk pola “*M-Shaped*” pada garis pemantauan dengan nilai kecepatan pada pusat kolam dibawah 0,005 m/s. Feneomena-fenomena tersebut berkontribusi terhadap pergerakan partikel sehingga mempercepat pengumpulan partikel pada sisi keluar [10].

Kemiringan kolam meningkatkan laju pelepasan partikel. Laju pelepasan partikel tertinggi terjadi pada kolam dengan kemiringan 12° dengan waktu pelepasan semua partikel selama 30 detik. Pelepasan partikel pada 10 detik pertama sebesar 7%, pelepasan partikel pada detik ke 20 sebesar 62% dan tercapai pelepasan partikel 100% pada detik ke 30.

5. Daftar Pustaka

- [1] Y. Hikmayani, M. Yulisti, and H. Hikmah, “Evaluasi Kebijakan Peningkatan Produksi Perikanan Budidaya,” *J. Kebijak. Sos. Ekon. Kelaut. dan Perikan.*, vol. 2, no. 2, p. 85, 2012, doi: 10.15578/jksekp.v2i2.9277.
- [2] B. M. López-Rebollar, D. García-Pulido, C. Diaz-Delgado, I. Gallego-Alarcón, J. A. García-Aragón, and H.

-
- Salinas-Tapia, "Sedimentation efficiency evaluation of an aquaculture tank through experimental floc characterization and CFD simulation," *Aquac. Eng.*, vol. 102, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.aquaeng.2023.102343.
- [3] S. M. Levit, "A Literature Review of Effects of Cadmium on Fish," *JD Cent. Sci. Public Particip. Bozeman, Mont.*, no. November, p. 16, 2010, [Online]. Available: <https://www.conervationgateway.org/ConservationByGeography/NorthAmerica/UnitedStates/alaska/sw/cpa/Documents/L2010ALR122010.pdf>
- [4] T. C. S. Hargreaves J. A., "Managing ammonia in fish pond," *SRAC Publ. - South. Reg. Aquac. Cent.*, no. 4608, p. 8, 2004.
- [5] S. Zhang, G. Yu, Y. Guo, and Y. Wang, "Modelling development and optimization on hydrodynamics and energy utilization of fish culture tank based on computational fluid dynamics and machine learning," *Energy*, vol. 276, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.energy.2023.127518.
- [6] E. Patronio, R. Amalia, and M. Sitia, "Kualitas air kolam budidaya dan kolam terpal untuk pertumbuhan ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) pada kelompok pembudidaya ikan Lele di Kabupaten PALI Sumatera Selatan," *Sriwij. Biosci.*, vol. 2, no. 3, pp. 83–88, 2022, doi: 10.24233/sribios.2.3.2021.378.
- [7] Ikhsan, "Perikanan Darat," pp. 1230–1255, 1923.
- [8] J. M. R. Gorle, B. F. Terjesen, and S. T. Summerfelt, "Hydrodynamics of octagonal culture tanks with Cornell-type dual-drain system," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 151, pp. 354–364, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.compag.2018.06.012.
- [9] G. Gronald and J. J. Derkisen, "Simulating turbulent swirling flow in a gas cyclone : A comparison of various modeling approaches," *Powder Technol.*, vol. 205, no. 1–3, pp. 160–171, 2011, doi: 10.1016/j.powtec.2010.09.007.
- [10] C. H. An, U. S. Kim, K. H. Kim, R. G. Jon, and M. G. Sin, "Self-cleaning performance of three bottom drain modes in circular culture tank: Experimental and numerical study," *Aquac. Eng.*, vol. 101, May 2023, doi: 10.1016/j.aquaeng.2023.102329.