

ANALISIS SIMULASI POMPA SENTRIFUGAL DENGAN DESAIN *CASING SHELL* UNTUK APLIKASI *FISH PUMP*

*Bramy Sultan Hakim¹, Yusuf Umardani², Shofwan Bahar²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +6285223839925

*E-mail: bramysultan061203@gmail.com

Abstrak

Pompa ikan berbasis *single screw pump* dikembangkan sebagai solusi pemindahan ikan yang lebih aman dan efisien dibandingkan metode konvensional, namun keberhasilan pemompaan sangat dipengaruhi oleh karakteristik aliran di dalam pompa. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi kecepatan putaran *impeller* terhadap performa aliran dan tingkat keberhasilan keluarnya ikan (*escape outlet*) melalui pendekatan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) ANSYS. Simulasi dilakukan pada variasi putaran 1000 RPM, 2000 RPM, dan 3000 RPM dengan evaluasi parameter utama berupa *mass flow rate*, distribusi kontur tekanan, kontur kecepatan aliran, serta jumlah ikan yang berhasil keluar melalui outlet. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan putaran *impeller* meningkatkan kapasitas aliran yang ditandai oleh kenaikan *mass flow rate outlet* dari $-73,515$ kg/s (1000 RPM) menjadi $-147,54309$ kg/s (2000 RPM) dan $-226,0396$ kg/s (3000 RPM). Secara visual, kontur tekanan memperlihatkan bahwa kenaikan RPM menghasilkan gradien tekanan yang semakin tajam dan zona tekanan tinggi-rendah yang lebih dominan, sedangkan kontur kecepatan menunjukkan peningkatan intensitas kecepatan aliran hingga menghasilkan aliran yang lebih agresif pada putaran tinggi. Evaluasi *escape outlet* ikan menunjukkan kecenderungan penurunan jumlah ikan yang berhasil keluar seiring meningkatnya RPM dan mengecilnya diameter saluran. Pada diameter 10,16 cm, nilai *escape outlet* berturut-turut adalah 219 (1000 RPM), 207 (2000 RPM), dan 199 (3000 RPM); pada diameter 7,62 cm sebesar 220, 206, dan 196; sedangkan pada diameter 5,08 cm sebesar 202, 194, dan 190. Berdasarkan keseluruhan parameter, putaran 1000 RPM memberikan kondisi aliran yang lebih stabil dan lebih aman untuk transportasi ikan hidup, sedangkan putaran lebih tinggi meningkatkan kapasitas aliran namun berpotensi meningkatkan risiko stres mekanik pada ikan serta menurunkan *escape outlet*.

Kata kunci: ansys; *escape outlet*; kontur; *mass flow rate*; pompa ikan

Abstract

A *single screw pump*-based fish pump was developed as a safer and more efficient fish transfer solution compared to conventional methods, but the success of pumping is greatly influenced by the flow characteristics inside the pump. This study aims to analyze the effect of *impeller* rotation speed variations on flow performance and the success rate of fish escape through the ANSYS *Computational Fluid Dynamics* (CFD) approach. Simulations were conducted at rotation speeds of 1000 RPM, 2000 RPM, and 3000 RPM with evaluation of key parameters such as *mass flow rate*, pressure contour distribution, flow velocity contour, and the number of fish that successfully escaped through the outlet. The simulation results show that an increase in *impeller* rotation increases the flow capacity, as indicated by an increase in the outlet *mass flow rate* from -73.515 kg/s (1000 RPM) to -147.54309 kg/s (2000 RPM) and -226.0396 kg/s (3000 RPM). Visually, the pressure contours show that an increase in RPM results in a steeper pressure gradient and more dominant high-low pressure zones, while the velocity contours show an increase in flow velocity intensity, resulting in a more aggressive flow at high speeds. Evaluation of the fish escape outlet shows a tendency for the number of fish that successfully escape to decrease as the RPM increases and the channel diameter decreases. At a diameter of 10.16 cm, the *escape outlet* values were 219 (1000 RPM), 207 (2000 RPM), and 199 (3000 RPM), respectively; at a diameter of 7.62 cm, they were 220, 206, and 196; while at a diameter of 5.08 cm, they were 202, 194, and 190. Based on all parameters, 1000 RPM provides a more stable and safer flow condition for transporting live fish, while higher speeds increase flow capacity but potentially increase the risk of mechanical stress on fish and reduce *escape outlet* values.

Keywords: ansys, contour; *escape outlet*; fish pump; *mass flow rate*

1. Pendahuluan

Perikanan adalah salah satu sektor penting dalam perekonomian banyak negara, terutama bagi negara-negara yang memiliki akses ke perairan laut yang kaya akan sumber daya ikan [1]. Dalam industri perikanan laut, metode penangkapan ikan tradisional seperti pukat harimau masih banyak digunakan, meskipun metode ini kerap menyebabkan kerusakan fisik pada ikan dan berdampak negatif pada ekosistem laut. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan inovasi teknologi yang mampu memindahkan ikan secara efisien dan tetap menjaga kualitas ikan agar tetap utuh. Salah satu solusi potensial adalah penggunaan sistem pompa. Pompa merupakan alat yang sangat penting untuk membantu pekerjaan manusia. Pompa digunakan untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain. Dalam penelitian ini penulis menggunakan pompa yang paling cocok sebagai metode penangkapan dan pemindahan ikan dari laut hingga ke kapal, yaitu menggunakan pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal yang dirancang khusus untuk aplikasi pemindahan ikan dari laut ke kapal [2].

Pompa sentrifugal bekerja dengan mengubah energi kinetik fluida menjadi energi potensial melalui impeller yang berputar di dalam casing. Pada pompa akan terjadi perubahan dari energi mekanik menjadi energi fluida. Pada mesin hidrolis termasuk pompa, energi fluida ini disebut head atau energi persatuan berat zat cair. Ada tiga bentuk head yang mengalami perubahan yaitu head tekan, kecepatan dan potensial. Terjadinya head pompa atau tekanan pompa semata-mata akibat putaran impeller pompa. Gaya sentrifugal yang terjadi akibat putaran impeller menyebabkan terjadinya kecepatan yang besar, yang akan diubah menjadi tekanan [3]. Namun, dalam aplikasi pemindahan ikan, desain impeller dan komponen pompa lainnya harus dioptimalkan agar proses pemindahan berlangsung lembut dan tidak menyebabkan kerusakan fisik pada ikan. Selain itu, dimensi inlet dan outlet pompa, seperti yang direncanakan dengan ukuran 8 inci untuk inlet dan 10 inci untuk outlet, harus disesuaikan dengan kebutuhan operasional di lapangan agar mampu menangani volume dan ukuran ikan yang bervariasi [4]. Pompa sentrifugal bertekanan tinggi berkapasitas besar memiliki karakteristik aliran besar, tekanan tinggi, dan kecepatan spesifik tinggi, menjadikannya peralatan teknik penting dalam proyek transfer air berskala besar [5].

Perancangan dan pengembangan pompa ini membutuhkan pendekatan berbasis teknologi komputer, yaitu *Computer-Aided Design* (CAD) dan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). SolidWorks digunakan untuk membuat model 3D dari impeller dan seluruh komponen pompa secara detail. Selanjutnya, analisis performa pompa dilakukan dengan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan ANSYS Fluent [6]. Simulasi ini memungkinkan evaluasi karakteristik, tekanan, kecepatan aliran, serta distribusi laju aliran massa pada berbagai bagian pompa sebelum dilakukan pembuatan fisik, sehingga dapat mengurangi risiko kegagalan desain dan menekan biaya pengembangan [7].

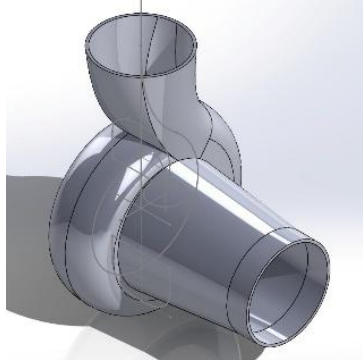
SolidWorks sangat membantu dalam proses pemodelan 3D dan modifikasi desain impeller, sedangkan ANSYS FLUENT menawarkan fitur analisis yang lebih lengkap dan fleksibel, terutama dalam simulasi aliran fluida dan analisis berbagai kontur [8]. *Computational Fluid Dynamics* kini menjadi alat desain industri yang mapan, membantu mengurangi skala waktu desain dan meningkatkan proses di seluruh dunia teknik [9].

Hasil simulasi dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi, konfigurasi, serta pemilihan material yang tepat untuk setiap komponen pompa, sehingga diharapkan mampu menghasilkan sistem yang handal, aman, dan sesuai dengan kebutuhan industri perikanan laut [10].

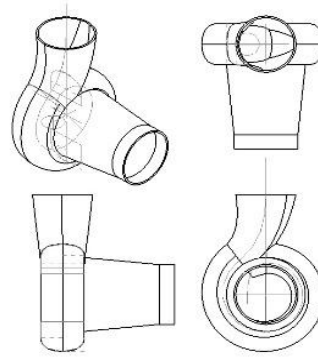
2. Metodologi Penelitian

2.1 Geometri Pompa

Geometri pompa ikan tipe single screw pump pada penelitian ini dirancang menggunakan perangkat lunak *Computer-Aided Design* (CAD) *SolidWorks*. Model yang dibuat terdiri atas komponen utama berupa screw (impeller) dan casing yang berfungsi membentuk aliran fluida dominan aksial secara kontinu. Ukuran inlet dan outlet masing-masing ditetapkan sebesar 8 inci dan 10 inci guna menyesuaikan kebutuhan pemindahan ikan berukuran kecil hingga sedang, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2 Perancangan geometri difokuskan untuk menjaga kestabilan aliran serta mengurangi perubahan tekanan yang terlalu mendadak, karena kondisi tersebut berpotensi menimbulkan stres maupun risiko cedera pada ikan selama proses pemompaan.



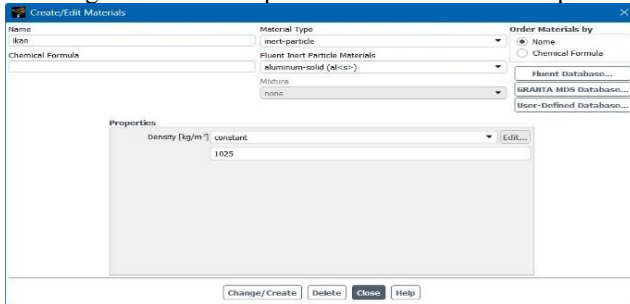
Gambar 1. Desain 3D



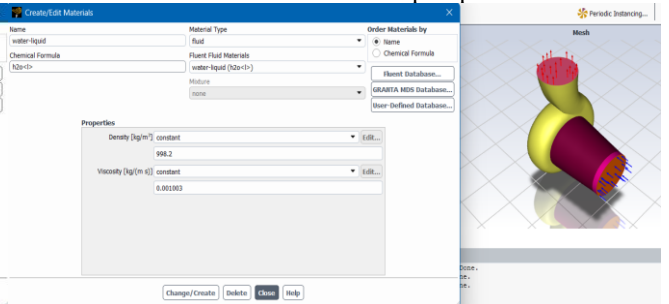
Gambar 2. Gambar Teknik

2.2 Model Simulasi CFD

Gambar 3 dan 4 memperlihatkan proses pendefinisian material pada perangkat lunak ANSYS Fluent melalui menu Create/Edit Materials untuk mendukung simulasi pemompaan ikan. Pada tahap pertama, fluida utama ditetapkan sebagai water-liquid (H_2O) sebagai fase kontinu, dengan parameter sifat fisis berupa densitas konstan $998,2 \text{ kg/m}^3$ dan viskositas dinamis $0,001003 \text{ kg/(m}\cdot\text{s)}$. Selanjutnya, ikan dimodelkan sebagai fase diskrit menggunakan pendekatan Discrete Phase Model (DPM) dengan tipe material inert-particle, sehingga pergerakan ikan direpresentasikan sebagai partikel yang terbawa oleh aliran fluida. Material partikel ikan ditentukan memiliki densitas 1025 kg/m^3 , yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik massa jenis ikan relatif terhadap fluida pembawanya. Pengaturan material ini memungkinkan analisis perilaku aliran air dan transportasi ikan secara bersamaan dalam domain pompa.



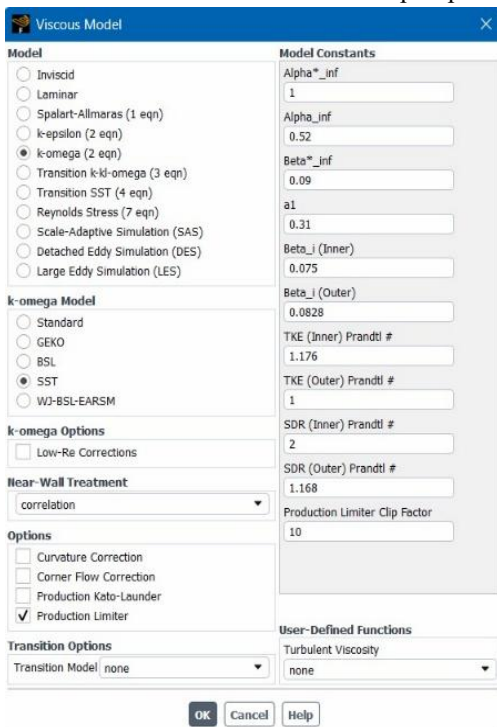
Gambar 3. Material Fluida



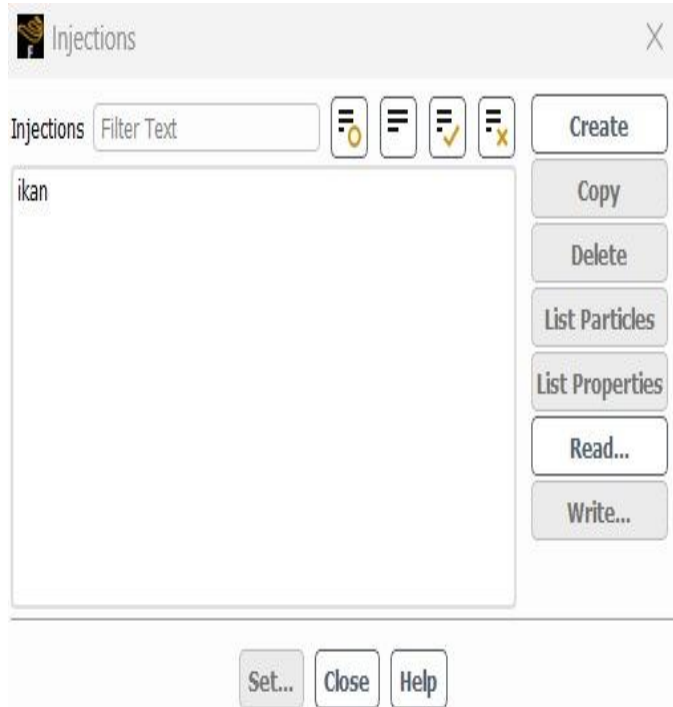
Gambar 4. Material Inert Particle

2.3 Kondisi Batas dan Variasi Parameter

Pada Gambar 5 dan 6 model turbulensi $k-\omega$ SST dipilih karena mampu memberikan prediksi aliran yang lebih akurat pada kondisi aliran pompa yang umumnya memiliki gradien tekanan tinggi, potensi separasi aliran, serta perubahan kecepatan yang tajam di sekitar impeller dan dinding casing. Model ini menggabungkan keunggulan $k-\omega$ pada daerah dekat dinding (near-wall) dan $k-\varepsilon$ pada daerah aliran bebas, sehingga hasil simulasi menjadi lebih stabil dan representatif untuk menganalisis distribusi tekanan, kecepatan, serta turbulensi pada pompa ikan, dan *injection* DPM dilakukan untuk mensimulasikan ikan masuk melalui pompa.



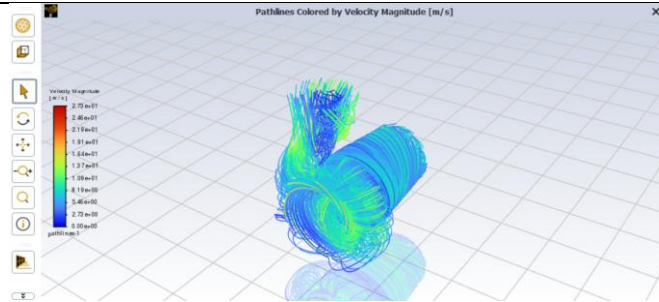
Gambar 5. Viscous Model



Gambar 6. Injection

2.4 Parameter Evaluasi Kinerja

Penilaian kinerja pompa pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada beberapa parameter utama, yaitu karakteristik pola aliran fluida, sebaran kecepatan aliran, tingkat turbulensi, gradien tekanan, serta nilai laju aliran massa. Di samping itu, kemungkinan munculnya beban mekanis pada impeller beserta dampaknya terhadap aspek keselamatan ikan turut dievaluasi secara kualitatif, dengan mempertimbangkan distribusi tekanan dan intensitas turbulensi yang terbentuk pada setiap variasi kecepatan putar.

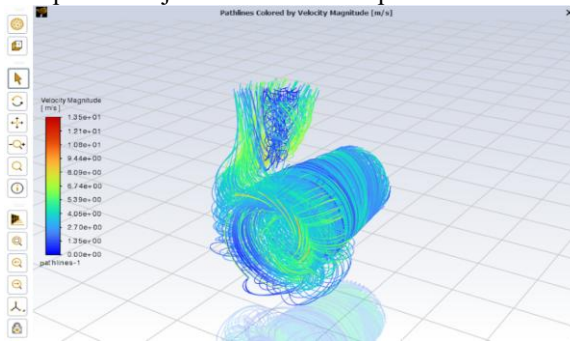


Gambar 7. Validasi

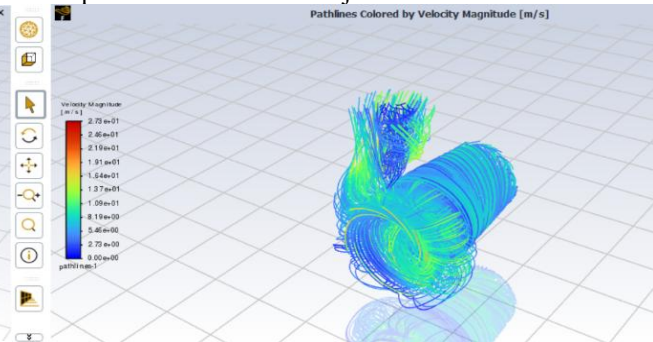
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pola dan Aliran Pompa

Hasil simulasi CFD memperlihatkan bahwa aliran fluida di dalam pompa single screw dominan bergerak secara aksial mengikuti bentuk ulir pada impeller. Pada seluruh variasi putaran yang diuji, aliran berlangsung secara kontinu dan tidak menunjukkan indikasi pemisahan aliran yang berarti sepanjang dinding casing. Meski demikian, perbedaan pola aliran mulai tampak pada area menuju outlet, di mana peningkatan kecepatan putar menyebabkan gradien kecepatan menjadi lebih besar dan perubahan distribusi kecepatan terlihat semakin tajam.



Gambar 8. Pathlines 1000 RPM

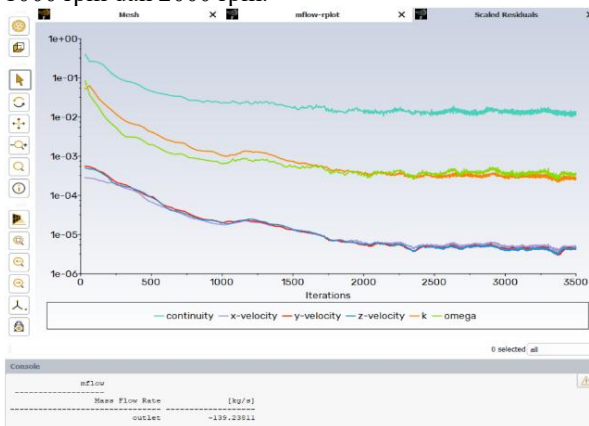


Gambar 9. Pathlines 2000 RPM

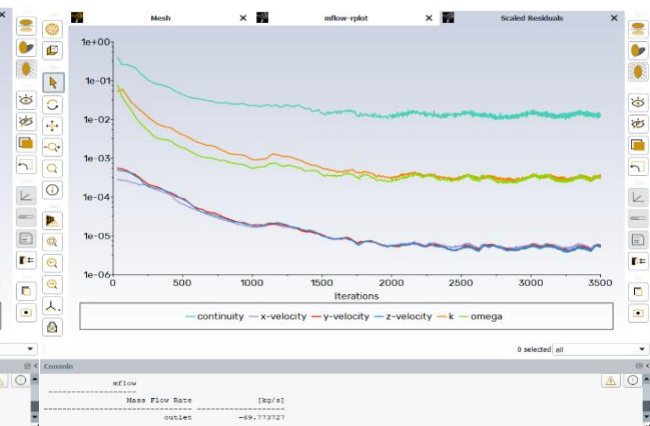
Pada putaran 1000 rpm, pola aliran memperlihatkan kondisi yang cenderung lebih stabil dengan lintasan aliran yang tampak lebih seragam. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara screw dan casing berlangsung lebih halus, sehingga fluktuasi aliran dapat ditekan. Dengan demikian, risiko munculnya gangguan aliran yang berpotensi berdampak negatif terhadap objek yang ditransportasikan menjadi lebih kecil.

3.2 Analisis Konvergensi Simulasi

Konvergensi hasil perhitungan numerik dianalisis melalui grafik *scaled residual* pada persamaan kontinuitas, momentum, serta turbulensi. Gambar X menampilkan perkembangan nilai residual untuk variasi kecepatan putar *impeller* 1000 rpm dan 2000 rpm.



Gambar 10. Scaled Residual 1000 RPM



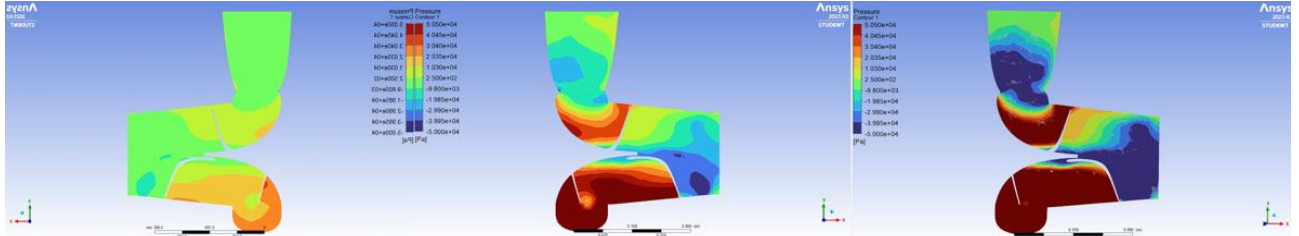
Gambar 11. Scaled Residual 2000 RPM

Berdasarkan grafik scaled residual, residual persamaan momentum (x-, y-, z-velocity) turun hingga orde sekitar 10^{-5} , sedangkan residual turbulensi (k dan ω) turun dan stabil pada kisaran 10^{-4} – 10^{-3} , sementara residual kontinuitas

berada pada orde sekitar 10^{-2} dan cenderung stabil setelah iterasi berjalan. Kondisi ini menunjukkan solusi numerik sudah mencapai keadaan konvergen dan tidak mengalami divergensi.

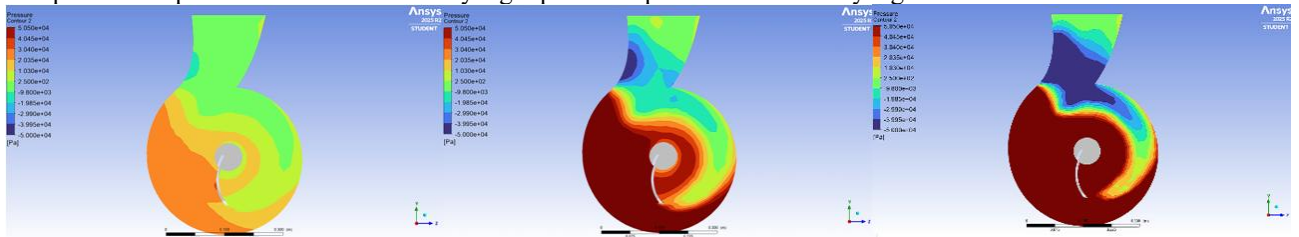
3.3 Kontur Tekanan

Gambar 12 dan Gambar 13 menampilkan distribusi kontur tekanan pada pompa ikan tipe single screw pump untuk variasi kecepatan putar impeller 1000 rpm, 2000 rpm, dan 3000 rpm yang diamati pada *plane XY* dan *YZ*. Untuk menjaga objektivitas analisis, kontur tekanan pada setiap variasi putaran disajikan menggunakan rentang nilai yang sama, sehingga perbedaan pola dan perubahan tekanan antar kondisi operasi dapat dibandingkan secara konsisten.



Gambar 12. Kontur Tekanan pada *plane XY*

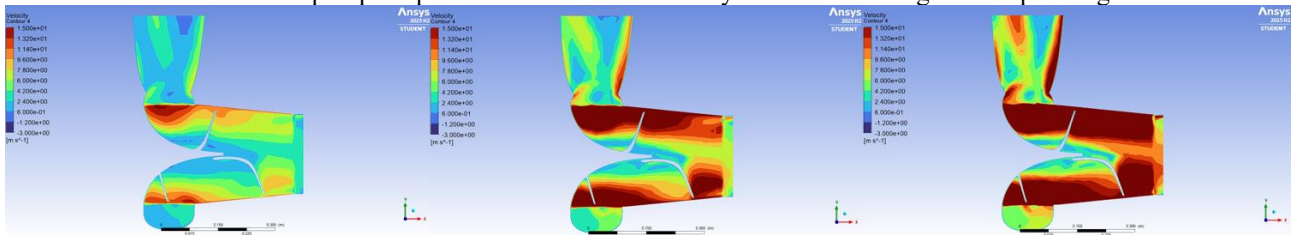
Secara umum, kenaikan kecepatan putar impeller berdampak pada meningkatnya gradien tekanan serta membuat distribusi tekanan di dalam pompa menjadi semakin tidak seragam. Ditinjau dari penerapan sebagai pompa ikan, putaran 1000 rpm menghasilkan pola tekanan yang lebih landai dan stabil, sehingga dinilai lebih cocok untuk transportasi ikan hidup karena dapat menekan risiko cedera yang dipicu oleh perubahan tekanan yang terlalu ekstrem.



Gambar 13. Kontur Tekanan pada *plane YZ*

3.3 Kontur Kecepatan Aliran

Gambar 11 memperlihatkan distribusi kontur kecepatan aliran fluida pada pompa ikan tipe single screw pump untuk variasi kecepatan putar impeller 1000 rpm, 2000 rpm, dan 3000 rpm. Visualisasi hasil simulasi ditampilkan pada tiga bidang potong, yaitu *plane XY*, *plane YZ*, serta *plane YZ* pada posisi yang lebih dekat ke arah inlet, sehingga karakteristik aliran di dalam pompa dapat diamati secara lebih menyeluruh dari berbagai sudut pandang.



Gambar 14. Kontur Tekanan pada *plane YZ*

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang serta mengevaluasi kinerja pompa ikan berbasis single screw pump melalui simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) pada dua variasi kecepatan putar impeller, yaitu 1000 rpm dan 2000 rpm. Hasil analisis pola aliran menunjukkan bahwa pada 1000 rpm aliran fluida cenderung lebih stabil dan kontinu, dengan distribusi kecepatan yang lebih merata serta tingkat turbulensi yang lebih rendah dibandingkan kondisi 2000 rpm. Karakteristik tersebut menghasilkan gradien tekanan yang lebih landai dan beban mekanis yang relatif lebih kecil pada impeller.

Meskipun pada 2000 rpm diperoleh laju aliran massa yang lebih besar, peningkatan tersebut diikuti oleh aliran yang lebih kuat dan agresif sehingga berpotensi meningkatkan risiko kerusakan fisik pada ikan selama proses pemompaan. Dengan mempertimbangkan aspek hidrodinamika, keamanan transportasi ikan, serta keberlanjutan

komponen pompa, kecepatan putar impeller 1000 rpm dinilai sebagai kondisi yang lebih optimal untuk aplikasi pompa ikan berbasis single screw pump.

4.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menambahkan variasi kecepatan putaran impeller (misalnya 500 rpm, 1500 rpm, maupun variasi bertahap lainnya) agar karakteristik kinerja pompa dapat dipahami lebih mendalam dan titik operasi optimal dapat ditentukan secara kuantitatif. Selain itu, perlu dilakukan kajian yang lebih spesifik terhadap parameter keselamatan ikan, seperti sebaran kecepatan maksimum, potensi shear stress, serta durasi waktu tinggal ikan di dalam pompa. Pengembangan desain juga dapat diarahkan pada optimasi geometri impeller dan saluran aliran untuk menekan fluktuasi tekanan serta variasi kecepatan ekstrem, sehingga aliran menjadi lebih stabil dan lebih aman bagi ikan hidup selama proses pemompaan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Febrianto, R. (2023). ANALISIS IMPLEMENTASI HUKUM PERIKANAN BAGI NELAYAN YANG MENGGUNAKAN PUKAT HARIMAU. *Jurnal Ilmu Hukum Prima*, 6(2), 313-323.
- [2] Darmawan, A. (2016). *Pompa Sentrifugal*. Universitas Sebelas Maret, 1, 4-5.M. A.
- [3] M. A. Siregar, K. Umurani, and W. S. Damanik. (2020). "Pengaruh Jenis Katoda Terhadap Gas Hidrogen Yang Dihasilkan Dari Proses Elektrolisis Air Garam," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 2, pp. 57–65, doi: 10.23917/mesin.v21i2.10386.
- [4] Ardianto, P. (2023). Pengaruh bahan cetakan dan pelapis anti-korosi pada kualitas produk pengecoran pompa sentrifugal. *Jurnal Material dan Manufaktur*, 11(1), 34-46.
- [5] Zhu, L., Zhang, F., Xu, Z., Yuan, S., Zulu, B., & Hong, Q. (2024). Study on fish damage mechanism of the large flow rate centrifugal pump in hydraulic engineering pump station. *Physics of Fluids*, 36(11).
- [6] M.M.A. Hieguyta dan J. Waluyo/ *Journal of Mechanical Design and Testing* 4(2), (2022), 67-75. 71. 3.2. Simulasi Variasi Model Volute Pompa.
- [7] M.M.A. Hieguyta dan J. Waluyo/ *Journal of Mechanical Design and Testing* 4(2), (2022), 67-75. 71. 3.2. Simulasi Variasi Model Volute Pompa.
- [8] Rizal, A. (2025). Analisis desain dan simulasi pompa menggunakan SolidWorks dan ANSYS Fluent untuk aplikasi kelautan. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(1), 1–10.
- [9] Takemura, T., & Goto, A. (2020). *Journal of Turbomachinery*.
- [10] Hidayat, R., Santoso, B., & Prasetyo, A. (2021). Standar alat dan bahan dalam pengecoran logam untuk komponen pompa sentrifugal: Studi kasus dan evaluasi kualitas. *Jurnal Manufaktur*, 9(2), 101-115.