



Analisis Desain Pengaduk terhadap Aliran Fluida pada Rancang Bangun Mesin Pencuci Jig di PT UVW

Iman Mujiarto^{1*}, Wahyu Isti Nugroho², Kaget Wijaya Omar Tadashi³, Diana Langgeng Mustikawati⁴

¹⁻³Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang, Indonesia

⁴Program Studi Sarjana Terapan Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Fakultas Sain dan Teknologi Universitas Ivet, Kota Semarang, Indonesia

*Penulis Korespondensi: imnmul@gmail.com

Abstract. PT UVW uses jigs in the vacuum metalizing process that require washing, which is currently done manually, resulting in inefficiency and risks to operators, thus, jig washer machine was created in order to reduce the risk for operators and increasing efficiency, which based on horizontal mixer. This study analyses the effect of agitator design on fluid flow patterns in a jig washing machine to obtain an optimal design. Two agitator design alternatives were developed and tested using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations at rotational speeds of 70, 75, and 100 rpm, followed by prototype fabrication and performance testing. Simulation results show that the second design produces a higher fluid velocity (20.4 m/s) and a more turbulent and uniform flow pattern compared to the first design (1.7 m/s). Field tests confirmed that the second design achieves higher washing effectiveness (97.14%) with reduced water consumption and shorter washing time. The optimally designed agitator washing machine increases productivity by six times compared to manual washing and reduces operator exposure to hazardous chemicals. This study recommends the second agitator design for improving washing efficiency and effectiveness.

Keywords: Agitator Design; CFD Simulation; Fluid Flow; Fluid Velocity; Jig Washer Machine.

Abstrak. PT UVW menggunakan jig dalam proses *vacuum metalizing* yang harus dicuci kembali secara manual, menyebabkan ketidakefisienan dan risiko bagi operator sehingga dibuatkan mesin pencuci jig guna mengurangi risiko bagi operator dan meningkatkan efisiensi, yang mengambil referensi dari mesin *horizontal mixer*. Penelitian ini menggunakan metode menganalisis pengaruh desain pengaduk terhadap pola aliran fluida pada mesin pencuci jig untuk mendapatkan desain optimal. Dua alternatif desain pengaduk dikembangkan dan diuji dengan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) pada kecepatan 70, 75, dan 100 rpm, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan prototipe dan pengujian performa. Hasil simulasi menunjukkan desain kedua menghasilkan kecepatan fluida lebih tinggi (20,4 m/s) dan pola aliran turbulen yang lebih merata dibanding desain pertama (1,7 m/s). Pengujian lapangan mengonfirmasi desain kedua memiliki efektivitas pencucian lebih tinggi (97,14%) dengan konsumsi air dan waktu proses yang lebih rendah. Mesin pencuci jig berdesain pengaduk optimal ini meningkatkan produktivitas hingga 6 kali lipat dibanding pencucian manual serta mengurangi kontak operator dengan bahan kimia berbahaya. Studi ini merekomendasikan penggunaan desain pengaduk kedua untuk efisiensi dan efektivitas pencucian jig.

Kata kunci: Aliran Fluida; Desain Pengaduk; Kecepatan Fluida; Mesin Pencuci Jig; Simulasi CFD.

1. PENDAHULUAN

PT UVW merupakan sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang cetak injeksi plastik untuk membuat kemasan kosmetik. Perusahaan ini menerapkan proses *UV Coating* dalam proses dekorasi kemasan kosmetik yang menggunakan jig untuk menopang produk dalam proses-proses *UV Coating*, salah satunya adalah melalui proses *vacuum metalize* agar tampilan produknya mengkilap sebelum diberikan cat. Jig yang digunakan dalam proses ini harus dapat digunakan kembali sehingga dicuci ulang untuk mencegah kontaminasi *coating* metalik pada proses selanjutnya. Pencucian jig masih dilakukan manual dengan perendaman soda api lalu dibilas secara manual, yang berisiko besar mengalami iritasi bahkan luka akibat

kontak langsung dengan cairan kimia, memakan waktu proses hingga 90 menit tiap harinya, konsumsi air hingga 700 liter tiap harinya, dan dibutuhkan empat (4) operator yang dipinjam dari lini *UV Coating*. Sehingga dibuatlah mesin pencuci jig guna mempersingkat waktu proses, mengurangi konsumsi air, mengurangi kontak langsung dengan cairan kimia soda api, dan mengurangi jumlah operator yang dibutuhkan. Mesin pencuci jig ini menggunakan dasar desain dari mesin *horizontal mixer* dimana memanfaatkan putaran penggerak secara horizontal (Hilimi, B. J. 2019).

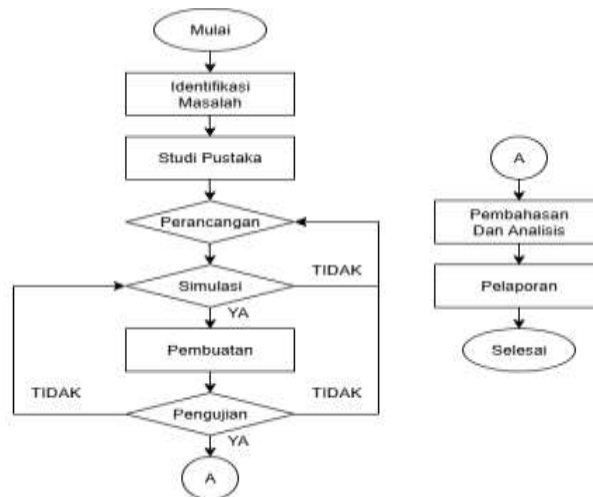
Mesin pengaduk memiliki beberapa macam bentuk pengaduk (*agitator/mixer*) yang berbeda. Bentuk *agitator* yang berbeda akan mempengaruhi banyak hal, mulai dari pola aliran, kecepatan aliran, dan lain-lain (ABSTER Machines; 2024). Bentuk *agitator* juga akan mempengaruhi nilai bilangan Reynolds yang berimbas pada jenis aliran yang dihasilkan. Selain itu, bentuk bak juga akan mempengaruhi aliran yang akan terjadi (IQS Directory; 2025). Untuk mengetahui terlebih bagaimana aliran yang dihasilkan, digunakan proses CFD (*Computational Fluid Dynamics*), sebuah proses simulasi yang menampilkan bagaimana aliran fluida terbentuk dan bereaksi terhadap bentuk pengaduk dan gaya yang diberikan pada fluida tersebut. Dari hasil simulasi tersebut kemudian dilakukan perhitungan matematis terhadap gaya yang terjadi lalu akan dibandingkan dengan hasil pengujian.

Material jig yang digunakan terbuat dari bahan PP (*Polypropylene*) dan material untuk lapisan metalik terbuat dari bahan aluminium. Dua material ini jika merekat menjadi satu kesatuan akan memiliki tegangan geser *seal* atau τ_{ss} sebesar 3,1 MPa (Temesi, T., & Czigany, T. 2022). Tegangan geser yang ada ini merupakan *seal strength*, yaitu kekuatan yang bekerja untuk mempertahankan masing-masing material agar tetap menempel. Jika nilai kekuatan yang bekerja melebihi nilai tegangan geser, maka lapisan aluminium akan terlepas, namun jika nilai kekuatan yang bekerja adalah kurang dari standar, maka kemungkinan lapisan aluminium lepas dari material jig akan nihil ([Thwing-Albert). Sehingga, nilai kekuatan yang bekerja setidaknya harus setara atau lebih besar dari nilai tegangan geser yang ada. Untuk mencapai nilai yang diinginkan, dilakukan variasi putaran pengaduk karena semakin cepat pengaduk berputar maka semakin besar pula nilai gaya yang bekerja sehingga kekuatan untuk melepas kedua lapisan semakin besar. Media cuci jig ini menggunakan air yang memiliki viskositas yang rendah, maka variasi kecepatan putar pengaduk tidak terlalu cepat (Mitchell, V. 2007).

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh desain agitator pada mesin pencuci jig guna mempelajari desain pengaduk dalam menghasilkan pola aliran fluida dan kecepatan aliran fluida sehingga dapat diketahui desain pengaduk yang optimal dengan biaya yang cukup terjangkau dan proses manufaktur yang mudah.

2. MATERIAL DAN METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan desain rancang bangun terapan dengan pendekatan kuantitatif, analisis teoritis, dan uji lapangan guna menentukan desain pengaduk yang sesuai dan untuk mengembangkan mesin pencuci jig agar lebih efektif. Langkah-langkah penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir yang tertera pada Gambar 1. berikut ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Proses dimulai dari identifikasi masalah, yaitu proses pencucian jig yang masih dilakukan secara manual. Selain proses secara manual, identifikasi masalah juga mencakup pada desain pengaduk, dimana karena batasan dalam hal biaya, maka desain pengaduk yang akan dibuat harus ekonomis dan dapat dibuat dengan mudah. Setelah itu, dilakukan studi pustaka desain pengaduk yang ada dalam hal pengaruhnya terhadap aliran fluida, dimana setiap desain pengaduk tentu memiliki karakteristiknya masing-masing. Setelah dilakukan studi pustaka dari beberapa desain pengaduk, kemudian dilakukan tahapan perancangan dengan membuat gambar secara 2D dan 3D pada aplikasi *SolidWorks 2023* dari desain pengaduk yang memenuhi syarat berupa murah dan mudah untuk dibuat.

Simulasi dilakukan setelah gambar perancangan selesai dibuat menggunakan aplikasi ANSYS. Tahapan simulasi juga berhubungan dengan perhitungan, dimana dari hasil simulasi yang ada dapat dihitung gaya fluida yang bekerja yang kemudian dapat ditentukan nilai kekuatan geser fluida yang terjadi dan membandingkannya dengan standar tegangan geser material yang telah diketahui guna menentukan kemampuan fluida untuk melepaskan lapisan metalik dari jig. Perhitungan untuk menentukan tegangan geser yang dihasilkan dari aliran fluida dapat dilihat pada Persamaan (1).

$$\tau_{SSFLUIDA} = \frac{F_{FLUIDA}}{A} \quad (1)$$

Dimana, $\tau_{SSFLUIDA}$ merupakan nilai tegangan geser *seal* yang bekerja pada fluida dalam satuan MPa sedangkan F_{FLUIDA} merupakan gaya fluida yang bekerja dalam satuan Newton dan A merupakan luasan permukaan jig dalam satuan mm^2 . Guna menentukan nilai F_{FLUIDA} , digunakan Persamaan (2).

$$F_{FLUIDA} = m_{AIR} \times a_{AIR} \quad (2)$$

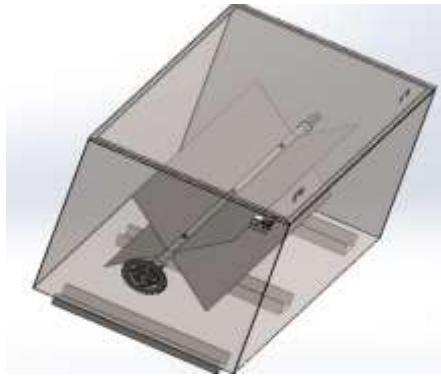
Dimana, m_{AIR} merupakan massa air dalam satuan kg dan a_{AIR} merupakan percepatan air dalam m/s^2 . Percepatan air dapat ditentukan dari membagi kecepatan fluida yang ada pada simulasi dengan waktu 1 detik, sedangkan massa air dapat ditentukan dari membagi massa jenis air dalam satuan kg/m^3 dengan volume air dalam satuan m^3 .

Setelah simulasi dan perhitungan dilakukan, berlanjut ke proses pembuatan mesin pencuci jig secara menyeluruh dan dilakukan pengujian secara langsung dengan mencuci jig. Perbandingan antara hasil simulasi dan pengujian kemudian dilakukan guna mengetahui perbedaan yang ada dan menentukan desain pengaduk yang sesuai. Perbandingan hasil dilakukan secara statistik deskriptif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alternatif desain dan pemilihan desain

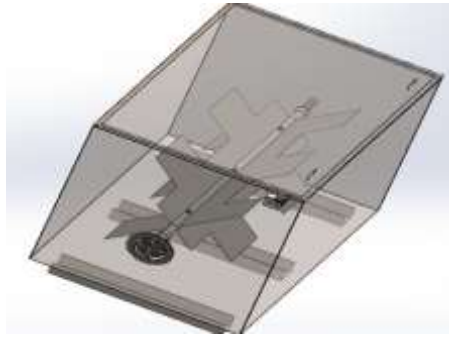
Alternatif desain ke-1



Gambar 2. Alternatif desain pengaduk ke-1.

Gambar 2 merupakan desain alternatif pertama terhadap desain pengaduk yang digunakan. Desain ini berupa poros berrongga yang dipasangkan plat rata stainless steel memanjang di empat sisi yang saling tegak lurus dengan las. Poros ini lalu dihubungkan dengan poros utama berupa poros pejal yang memiliki transmisi rantai yang terhubung dengan penggerak berupa motor listrik AC 3-fasa. Konstruksinya sangat sederhana namun bobotnya cukup berat.

Alternatif desain ke-2

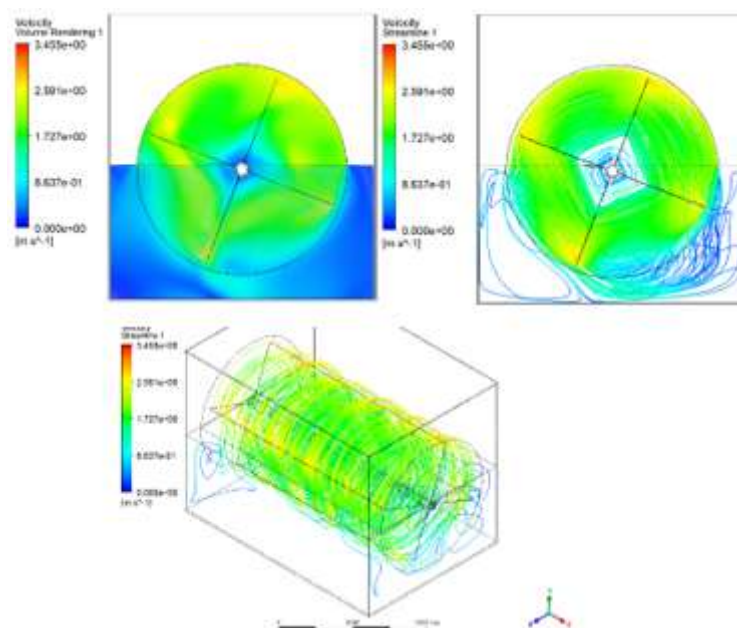


Gambar 3. Alternatif desain pengaduk ke-2.

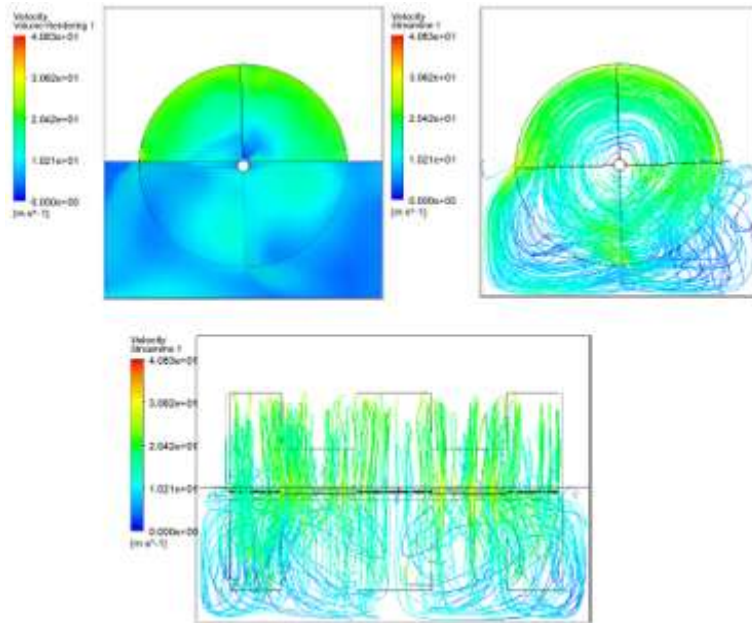
Gambar 3 merupakan desain alternatif kedua yang tidak jauh berbeda dibandingkan dengan alternatif desain pertama. Perbedaan hanya ada pada bentuk plat yang sekarang memiliki kontur *zig-zag* yang saling tegak lurus satu sama lainnya. Konstruksinya sedikit rumit namun memiliki bobot yang lebih ringan.

Simulasi

Simulasi dilakukan menggunakan aplikasi ANSYS dengan metode berupa *Single-Moving Reference*, yaitu metode simulasi yang hanya menggunakan satu referensi yang bergerak. Hal ini selaras dengan simulasi untuk bentuk pengaduk mesin pencuci jig ini yang hanya memiliki 1 bidang yang berputar, yaitu *assembly* pengaduk. Simulasi dilakukan pada putaran poros 100 rpm, berdasarkan batasan putaran oleh viskositas air yang rendah (Koerpiandani, N. D., Jonatan, I., & Kusuma, M. C. D. 2006). Dari hasil simulasi, didapatkan hasil pada Gambar 4 untuk alternatif desain ke-1 dan Gambar 5 untuk alternatif desain ke-2.



Gambar 4. Hasil simulasi desain ke-1.



Gambar 5. Hasil simulasi desain ke-2.

Dari hasil simulasi, dapat dilihat perbedaan yang signifikan walaupun hanya dengan menambahkan kontur yang berbeda pada plat pengaduk. Secara aliran fluida, alternatif desain ke-2 memiliki aliran yang lebih kacau dan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan dengan alternatif desain ke-1 walaupun input putarannya sama, yaitu 100 rpm *clockwise* dan volume air yang dimasukkan dalam simulasi adalah sekitar 273 liter. Alternatif 1 memiliki kecepatan fluida rata-rata sekitar 1,7 m/s sedangkan alternatif 2 sekitar 20 m/s (berdasarkan grafik warna). Dari kecepatan ini, bisa diketahui percepatan fluida masing-masing 1,7 m/s² dan 20 m/s². Dengan massa jenis air sebesar 1000 kg/m³ dan volume air sebesar 273 liter, maka massa air yang ada adalah 3.663 kg.

Perhitungan

Perhitungan tegangan geser dilakukan dengan menghitung Persamaan (2) untuk masing-masing alternatif.

$$\begin{aligned}
 F_{FLUIDA_1} &= 3.663 \times 1,75 & F_{FLUIDA_2} &= 3.663 \times 20,4 \\
 &= 6.410 \text{ N} & &= 74.725,27 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui gaya fluida, maka menghitung tegangan geser yang terjadi. Sebelum dihitung, perlu diketahui luas permukaan dari jig yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Jig dan luas permukaannya.

No.	Model jig	Gambar	Luas permukaan
1	A (FP-014C)		3.667,44 mm ²
2	B (LC-008)		918,54 mm ²
3	C (CM-246)		1974,11 mm ²

Menghitung besar nilai tegangan geser fluida dengan memasukkan nilai gaya fluida dan luasan permukaan jig pada Persamaan (1).

$$\begin{aligned} \tau_{SSFLUIDA_{1A}} &= \frac{6.410}{3.667,44} & \tau_{SSFLUIDA_{2A}} &= \frac{74.725,27}{3.667,44} \\ &= 1,74 \text{ N/mm}^2 & &= 20,37 \text{ N/mm}^2 \\ \tau_{SSFLUIDA_{1B}} &= \frac{6.410}{918,54} & \tau_{SSFLUIDA_{2B}} &= \frac{74.725,27}{918,54} \\ &= 7 \text{ N/mm}^2 & &= 81,35 \text{ N/mm}^2 \\ \tau_{SSFLUIDA_{1C}} &= \frac{6.410}{1.974,11} & \tau_{SSFLUIDA_{2C}} &= \frac{74.725,27}{1.974,11} \\ &= 3,24 \text{ N/mm}^2 & &= 37,85 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut, dapat diketahui bahwa nilai tegangan geser fluida mayoritas lebih besar daripada nilai tegangan geser yang ada pada standar kecuali pada $\tau_{SSFLUIDA_{1A}}$ yang ada di angka 1,74 N/mm². Secara teoritis, lapisan metalis aluminium akan susah terlepas dari jig sebab nilainya berada di bawah 3,1 MPa.

Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan ada nyata tidaknya hasil simulasi dan hasil perhitungan yang telah dilakukan. Pengujian dilakukan sebanyak lima (5) kali dengan waktu 10 menit untuk masing-masing jenis pengaduk yang ada. Hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut ini.

Tabel 2. Hasil uji alternatif desain ke-1.

No.	Model	Jig	Volume Air (Liter)	Putaran (RPM)	Hasil	
		Jumlah (Pcs)			Good (Pcs)	Not Good (Pcs)
1	LC-008	3.500	310	100	3.334	166
2	LS-285B	3.700	300	75	3.549	151
3	CM-246	2.800	310	75	2.650	150
4	FP-014C	2.500	310	75	2.340	160
5	CM-246	2.800	300	70	2.623	177
Total			1.530		14.496	804
Mean			306			

Tabel 3. Hasil uji alternatif desain ke-2.

No.	Model	Jig	Volume Air (Liter)	Putaran (RPM)	Hasil	
		Jumlah (Pcs)			Good (Pcs)	Not Good (Pcs)
1	LC-008	3.500	310	100	3.410	90
2	LS-285B	3.700	300	75	3.620	80
3	CM-246	2.800	310	75	2.720	80
4	FP-014C	2.500	310	75	2.400	100
5	CM-246	2.800	300	70	2.713	87
Total			1.530		14.863	437
Mean			306			

Analisis

Berdasarkan hasil simulasi, hasil perhitungan, dan hasil pengujian terdapat beberapa perbedaan yang cukup mencolok. Mengacu pada hasil perhitungan, secara teori, nilai $\tau_{SSFLUIDA1A}$ lebih kecil dari nilai τ_{SS} ($1,74 \text{ MPa} < 3,1 \text{ MPa}$) yang berarti bahwa secara teori yang ada, lapisan metalis aluminium seharusnya tidak terkelupas, namun ternyata setelah dilakukan pengujian secara langsung, lapisan metalis aluminium ini terkelupas.

Pada kecepatan putar yang sama, kecepatan fluida yang terjadi pada kedua desain ini berbeda sangat jauh dimana desain ke-2 adalah 10 kali lebih besar kecepatan alirannya dibandingkan desain ke-1. Hal ini bisa jadi disebabkan oleh adanya kontur yang tidak simetris sehingga air yang dikenai kontur sisi 1 dan dikacaukan oleh kontur sisi 2. Aliran yang kacau ini menghasilkan turbulensi yang berimbas pada tingginya kecepatan fluida dan gaya yang dihasilkan (Quora; 2024). Tingginya kecepatan fluida mempengaruhi besar gaya yang dihasilkan sehingga menjadi alasan nilai tegangan geser *seal* desain ke-2 jauh lebih besar dari tegangan geser *seal* desain ke-1.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil meneliti tentang bagaimana bentuk pengaduk yang berbeda bisa berpengaruh terhadap aliran fluida yang terjadi yang juga berpengaruh terhadap kecepatan aliran fluida, gaya fluida yang terjadi, dan tegangan/kekuatan geser yang terjadi dari adanya aliran fluida pada kecepatan putar tertentu. Dalam kecepatan putar yang sama, perbedaan yang ada sangat signifikan dimana secara pola aliran, alternatif ke-2 memiliki pola yang lebih kacau dan juga memiliki kecepatan fluida yang cukup tinggi sedangkan alternatif ke-1 memiliki pola yang cenderung monoton dan kecepatan fluida yang relatif rendah. Walaupun secara perhitungan ada kemungkinan gagal karena berada di bawah standar, namun secara pengujian dibuktikan bahwa lapisan metalis aluminium dapat lepas dari jig.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada PT UVW yang telah memberikan pendanaan untuk pembuatan mesin pencuci jig ini secara utuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdrian, R. K. A. S., Awaliah, S. H., & Fitriani, R. Q. (2025). Numerical analysis of mixing tank with top entry and side entry agitator using computational fluid dynamics. *Semarak International Journal of Fundamental and Applied Mathematics*, 6(1), 1–13.
- ABSTER Machines. (2024). *Types of agitators: Design and usage*. <https://abstermachines.com/types-of-agitators-design-and-usage-2/>
- Chohey, N. P., & Hicks, T. G. (2004). *Handbook of chemical engineering calculations*. McGraw-Hill.
- Hilimi, B. J. (2019). Rancang bangun mesin pengaduk pakan ternak. *JTPG (Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo)*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.30869/jtpg.v4i1.336>
- IQS Directory. (2025). *Agitators: Types, uses and parts*. <https://www.iqsdirectory.com/articles/mixer/agitators.html>
- Koerpiandani, N. D., Jonatan, I., & Kusuma, M. C. D. (2006). *Prarencana pabrik susu kedelai kental manis kapasitas 40 ton/hari* (Doctoral dissertation, Widya Mandala Catholic University Surabaya).
- Marsis, W., & Saputro, D. (2008). Analisis reaktor alir tangki pengaduk pada kapasitas 20 m³ dengan temperatur 152 °C. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(1).
- McCaskie, J. E. (2025). *Survey of mechanisms of adhesion of electrodeposited metal coatings to plastic surfaces*. National Association for Surface Finishing.
- Mitchell, V. (2007). Gas, tubes and flow. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 8(1), 7–10. <https://doi.org/10.1053/j.mpaic.2006.10.003>
- Ni'am, N. F., Nurtono, T., Kusdianto, S. M., & Wahyudiono, S. W. (2019). Numerical study of the hydrodynamic characteristics in an agitated tank with side-entry mixer: The effect

- of stirrer entry angle. *International Journal of Technology*, 10(3), 521–530. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i3.2925>
- Quora. (2018). *Increasing the flow velocity causes the flow to become more turbulent, why?* <https://www.quora.com/Increasing-the-flow-velocity-causes-the-flow-to-become-more-turbulent-why>
- Quora. (2024). *Can chaos theory be applied to fluid dynamics, specifically turbulence?* <https://www.quora.com/Can-chaos-theory-be-applied-to-fluid-dynamics-specifically-turbulence>
- Subagiyono, A., & Finahari, N. (2018). Perancangan mesin pengaduk SAS (bahan pokok) gas air mata. *Proton: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Mesin*, 10(1). <https://doi.org/10.31328/jp.v10i1.801>
- Temesi, T., & Czigány, T. (2022). Laser-joined aluminium–polypropylene sheets: The effect of the surface preparation of aluminium. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 121(9), 6907–6920. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09790-0>
- Thwing-Albert. (n.d.). *Thwing-Albert*. <https://www.thwingalbert.com/>