

Visualisasi Pola Aliran di Sekitar Katup Pengantar Pompa Hidram dengan Variasi Kemiringan Badan Katup Pengantar

Tasya Lifa Tampubolon, Made Suarda dan Ainul Ghurri

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Saat ini detail pola aliran di setiap tahapan siklus kerja pompa hidram dengan material baja atau PVC belum dapat digambarkan dengan tepat melalui eksperimen. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik aliran yaitu pola aliran dan kecepatan aliran di sekitar katup pengantar pada pompa hidram dengan material akrilik dan air sebagai fluida kerjanya dengan variasi kemiringan badan katup pengantar sebesar 15°, 30° dan 45°. Penelitian menggunakan metode eksperimen dan metode simulasi numerik dengan software ansys. Penelitian eksperimen dilakukan dengan merekam menggunakan kamera berkecepatan tinggi yaitu 960 fps dan menyemprotkan glitter lalu didapatkan hasil gambar slow motion untuk selanjutnya dianalisa karakteristik alirannya. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kemiringan badan katup pengantar mempengaruhi karakteristik aliran yang terjadi di sekitar katup pengantar. Kemiringan badan katup sebesar 30° memiliki kecepatan aliran yang paling rendah saat siklus pemompaan dari dua variasi lainnya. Kemiringan badan katup 15° menghasilkan warna vektor yang lebih hijau dari kemiringan 45°, berarti kecepatan di sekitar badan katup pengantar paling tinggi dimiliki oleh kemiringan 15°. Serta kemiringan badan katup pengantar sebesar 45° merupakan kemiringan yang menghasilkan lebih banyak debit pemompaan.

Kata kunci : pompa hidram; katup pengantar; pola aliran

Abstract

Detailed current flow patterns in each stage of the working cycle of the pump hidram with material steel or PVC can not be described appropriately through experiments. So in this research was conducted to determine the characteristics of the flow, namely the flow pattern and the speed of the flow around the delivery valve on hidram pump with the material of acrylic and water as working fluid with the variation of the slope of the valve body introduction by 15, 30 and 45. Research using experimental method and numerical simulation method with software ansys. Research experiments carried out by recording using a high-speed camera that is 960 fps and spray glitter and then the obtained results pictures slow motion for further analysis of its flow characteristics. The results of the study showed that the slope of the delivery valve body affect the flow characteristics which occur around the delivery valve. The slope of the valve body by 30 has a flow speed the most low of the cycle while pumping from the two other variations. The slope of the valve body 15 produces a color vector that is green from a slope of 45, mean speed around the delivery valve body to the most high possessed by a slope of 15. As well as the tilt of the delivery valve body of 45 is the tilt that produces more volumetric flow rate.

Key words: hydram pump; delivery valve; flow pattern

1. Pendahuluan

Pompa hidram merupakan pompa yang dalam pengoperasiannya memanfaatkan energi potensial dari sumber air dengan kemiringan tertentu menjadi energi kinetik yang menciptakan palu air. Terdapat dua bagian yang bekerja secara konstan yaitu katup pengantar dan katup limbah. Dalam proses kerjanya, pompa hidram memiliki empat siklus kerja yang dimulai dari akselerasi, kompresi, *delivery* dan rekoil. Saat ini detail pola aliran disetiap tahapan siklus kerja pompa hidram dengan material baja atau PVC belum dapat digambarkan dengan tepat melalui eksperimen. Sehingga pada penelitian ini dilakukan visualisasi pola aliran di sekitar katup pengantar pada pompa hidram dengan material akrilik dan air sebagai fluida kerjanya.

Maka terdapat beberapa masalah yang dikaji meliputi bagaimanakah karakteristik aliran yang terjadi di sekitar katup pengantar serta bagaimanakah unjuk kerja pompa hidram jika kemiringan badan katup pengantar divariasikan?

Batasan masalah yang ditentukan dalam penelitian ini meliputi aliran pada saat pengambilan data diasumsikan *steady flow* dan *steady state* serta kondisi lingkungan diasumsikan konstan

2. Dasar Teori

Pompa hidram merupakan pompa dengan prinsip kerja memanfaatkan fenomena palu air. Besar pengaruh palu air dapat dirumuskan dengan persamaan regresi linier, sebagai berikut:

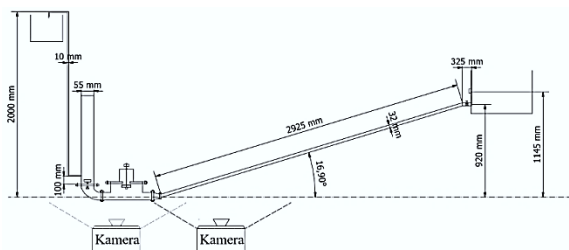
$$V_c = 4,97 v + 615,02 \quad (1)$$

V_c = Besar cepat rambat gelombang tekanan yang ditimbulkan (m/s)

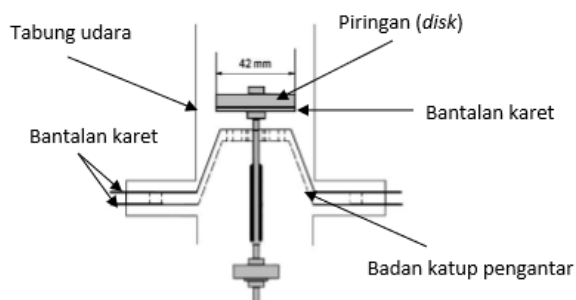
V = Besar kecepatan aliran dalam pipa (m/s).

Rekaman gambar digital dan teknologi komputer sangat bagus untuk membantu masalah yang berhubungan dengan aliran fluida [2]. Dalam pengolahan gambar menggunakan *software Free Video to JPG Converter* untuk mengekstrak video menjadi *frame* yang terpisah.

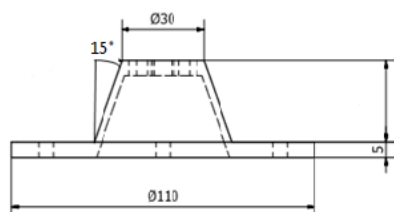
3. Skema Penelitian



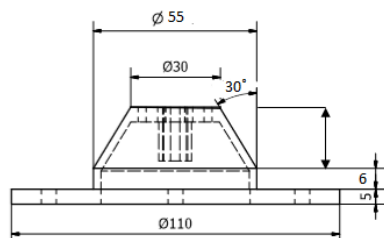
Gambar 1. Skema pompa hidram



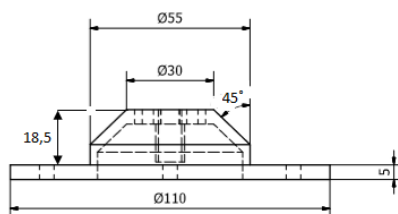
Gambar 2. Skema katup pengantar



Gambar 3. Kemiringan 15°



Gambar 4. Kemiringan 30°

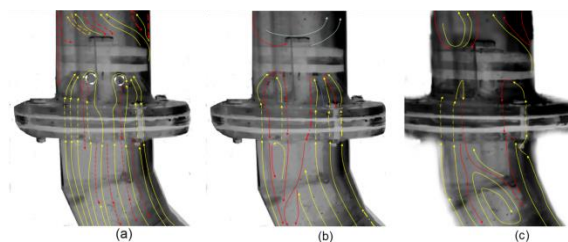


Gambar 5. Kemiringan 45°

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Visualisasi

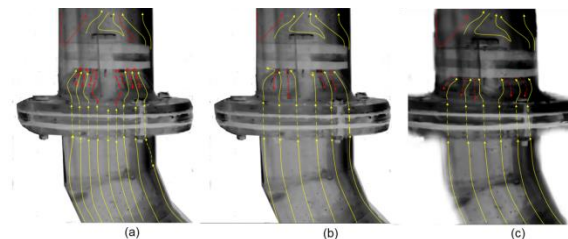
4.1.1. Pola aliran pada siklus akselerasi



Gambar 6. Hasil eksperimen akselerasi (a) 15°, (b) 30° dan (c) 45°

Gambar 6 merupakan visualisasi pola aliran di sekitar katup pengantar pada siklus akselerasi dengan eksperimen. Daerah bawah katup pengantar terlihat partikel bergerak ke atas menuju katup pengantar dan beberapa partikel terlihat bergerak ke samping lalu menuju katup (pola berwarna kuning). Terlihat aliran turun ke bawah mengikuti gaya gravitasi (pola berwarna merah). Pada aliran di dalam badan katup pengantar terlihat adanya fenomena sirkulasi aliran, hal ini terjadi akibat profil aliran yang kembar dan berlawanan arah. Sedangkan aliran di sekitar atas katup pengantar digambarkan ada aliran yang jatuh ke bawah (berwarna merah) akibat gaya gravitasi dan ada aliran naik (pola berwarna kuning) menyamping menuju arah pipa *delivery*.

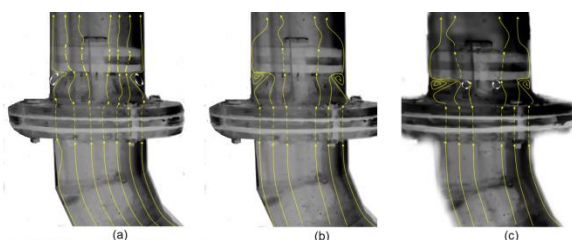
4.1.2. Pola aliran pada siklus kompresi



Gambar 7. Hasil eksperimen kompresi (a) 15°, (b) 30° dan (c) 45°

Gambar 7 merupakan visualisasi pola aliran di sekitar katup pengantar pada siklus kompresi dengan eksperimen. Terlihat pada siklus ini terjadi fenomena *water hammer* yaitu penutupan katup limbah secara tiba-tiba dan mendorong fluida bergerak ke segala arah termasuk menuju katup pengantar. Aliran mengalir menuju katup pengantar (garis berwarna kuning) dan adanya sedikit aliran yang ke bawah (garis berwarna merah) akibat aliran yang menabrak badan katup pengantar sehingga terjadi sedikit pantulan aliran. Pada tahapan ini katup pengantar masih dalam keadaan tertutup sehingga aliran yang berada di atas katup pengantar masih memiliki energi untuk bergerak ke atas, namun ada juga aliran yang bergerak jatuh ke bawah akibat gaya gravitasi.

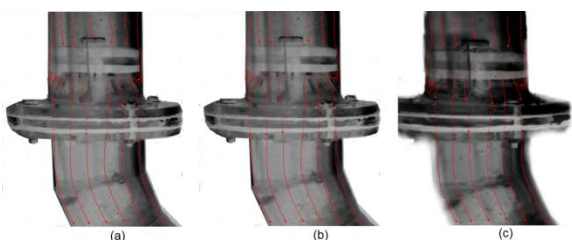
4.1.3. Pola aliran pada siklus *delivery*



Gambar 8. Hasil eksperimen *delivery* (a) 15°, (b) 30° dan (c) 45°

Pada Gambar 8 merupakan visualisasi pola aliran di sekitar katup pengantar pada siklus *delivery* dengan eksperimen, pada tahap ini katup pengantar dalam keadaan terbuka sehingga semua aliran bergerak melewati katup pengantar menuju pipa *delivery* (pemompaan) dan terlihat fenomena sirkulasi aliran di samping katup akibat dari perubahan kecepatan fluida alir. Pada kemiringan 45° juga terlihat adanya sirkulasi aliran di sekitar bawah katup pengantar dan dua variasi lainnya tidak terlihat dengan jelas adanya sirkulasi aliran di daerah yang sama.

4.1.4. Pola aliran pada siklus rekoil



Gambar 9. Hasil eksperimen rekoil (a) 15°, (b) 30° dan (c) 45°

Gambar 9 merupakan visualisasi pola aliran di sekitar katup pengantar pada siklus rekoil dengan eksperimen, pada siklus semua aliran bergerak menuju ke badan badan pompa (pola berwarna merah) dan terlihat adanya sirkulasi aliran di sekitar samping katup pengantar akibat tabrakan. Aliran di sekitar atas katup pengantar terlihat mengalir ke bawah seiring tertutupnya katup pengantar (pola berwarna merah). Melalui eksperimen, pola aliran pada saat rekoil pada tiap variasinya cenderung sama.

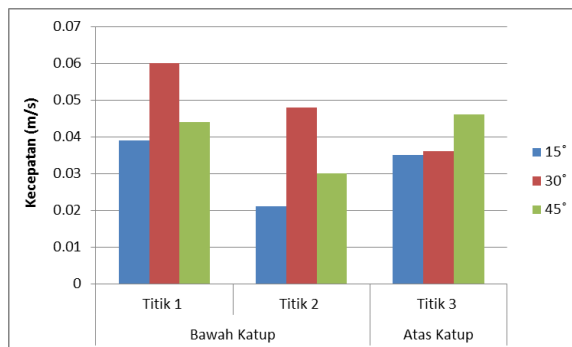
4.2. Kecepatan sekitar katup pengantar

Hasil pengukuran kecepatan menggunakan hasil olah gambar atau eksperimen dengan hasil simulasi didapatkan hasil pengukuran kecepatan:

Tabel 1. Kecepatan sekitar katup pengantar

Variasi	Bawah Katup		Atas Katup
	Titik 1	Titik 2	Titik 3
15°	0.039	0.021	0.035
30°	0.06	0.048	0.036
45°	0.044	0.03	0.046

Berdasarkan dari Tabel 1 didapatkan grafik kecepatan sebagai berikut:

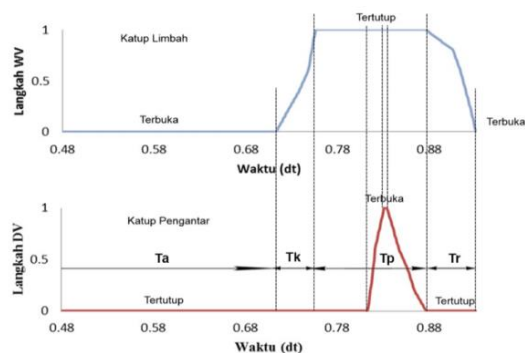


Gambar 10. grafik kecepatan aliran disekitar katup pengantar tiap variasi

Berdasarkan detail kecepatan yang dihasilkan tiap variasi dapat dilihat jika kemiringan badan katup 45° menghasilkan alir kecepatan yang lebih rendah. Kemiringan badan katup 30° menghasilkan kecepatan yang paling tinggi, namun terus mengalami penurunan. Kemiringan badan katup 45° terjadi perlambatan lalu ada peningkatan pada saat di atas katup pengantar yaitu setelah berada di tabung udara. Hal ini berpengaruh pada debit pemompaan yang paling banyak dihasilkan oleh variasi 45°.

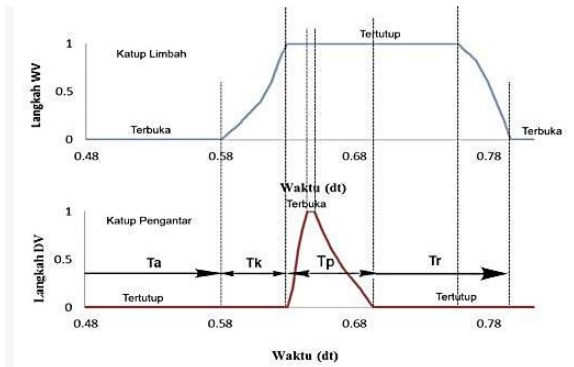
4.3. Siklus kerja katup

Grafik panjang langkah katup limbah terhadap waktu diukur menggunakan olah citra gambar dengan mengubah video menjadi gambar menggunakan *software Free Video to JPG converter*, kemudian setiap perpindahan 1 mm katup limbah akan dibagi dengan jumlah frame yang didapatkan.



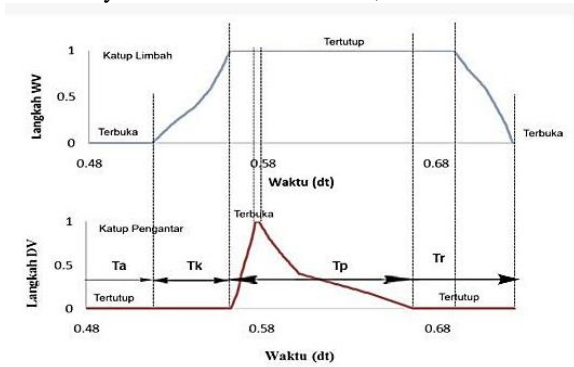
Gambar 11. Detail siklus kerja katup variasi 0°

Berdasarkan gambar 11 di atas tiap siklus pompa hidram dengan variasi kemiringan badan katup 15° yaitu, proses akselerasi (T_a) berlangsung selama 0,713 detik, proses kompresi (T_k) berlangsung selama 0,041 detik, proses *delivery* (T_d) berlangsung selama 0,12 detik dan rekoil (T_r) selama 0,054 detik. Dengan persentase tiap siklus ialah proses akselerasi sebanyak 76,58%, proses kompresi sebanyak 4,4%, proses *delivery* sebanyak 12,88% dan sisanya ialah rekoil sebanyak 5,8%.



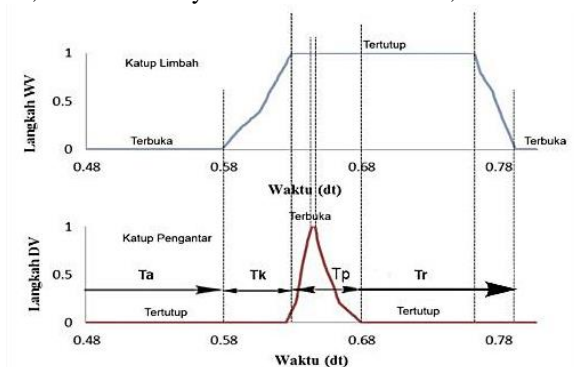
Gambar 12. Detail siklus kerja katup variasi 15°

Berdasarkan data di atas didapat tiap siklus pompa hidram dengan variasi kemiringan badan katup 15° yaitu, proses akselerasi (T_a) berlangsung selama 0,580 detik, proses kompresi (T_k) berlangsung selama 0,047 detik, proses *delivery* (T_d) berlangsung selama 0,063 detik dan rekoil (T_r) selama 0,102 detik. Dengan persentase tiap siklus ialah proses akselerasi sebesar 72,8%, proses kompresi sebesar 5,9%, proses *delivery* sebesar 7,9% dan sisanya ialah rekoil sebesar 12,40%.



Gambar 13. Detail siklus kerja katup variasi 30°

Berdasarkan data di atas didapat tiap siklus pompa hidram dengan variasi kemiringan badan katup 30° yaitu, proses akselerasi (T_a) berlangsung selama 0,516 detik, proses kompresi (T_k) berlangsung selama 0,043 detik, proses *delivery* (T_d) berlangsung selama 0,104 detik dan rekoil (T_r) selama 0,056 detik. Dengan persentase tiap siklus ialah proses akselerasi sebesar 71,27%, proses kompresi sebesar 5,9%, proses *delivery* sebesar 13,95% dan sisanya ialah rekoil sebesar 7,7%.

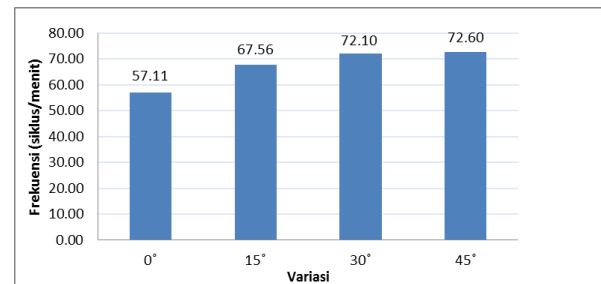


Gambar 14. Detail siklus kerja katup variasi 45°

Berdasarkan data di atas didapat tiap siklus pompa hidram dengan variasi kemiringan badan katup 45° yaitu, proses akselerasi (T_a) berlangsung selama 0,578 detik, proses kompresi (T_k) berlangsung selama 0,049 detik, proses *delivery* (T_d) berlangsung selama 0,054 detik dan rekoil (T_r) selama 0,111 detik. Dengan persentase tiap siklus ialah proses akselerasi sebesar 72,97%, proses kompresi sebesar 6,18%, proses *delivery* sebesar 6,8% dan sisanya ialah rekoil sebesar 14%.

4.4. Frekuensi pergerakan katup limbah pompa hidram

Detail frekuensi pergerakan katup limbah melalui eksperimen disajikan dalam grafik seperti berikut:



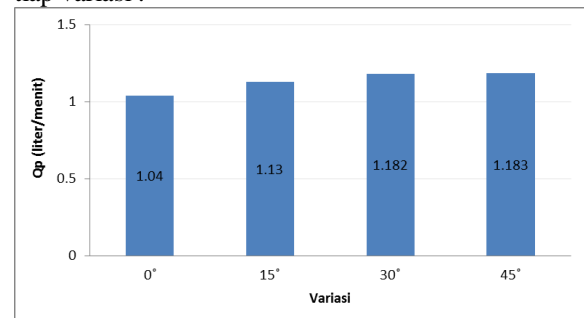
Gambar 15. Grafik frekuensi katup

Berdasarkan data di atas dapat dilihat pengaruh dari sudut kemiringan badan katup pengantar terhadap frekuensi pergerakan katup limbah, semakin besar sudut kemiringan badan katup pengantar maka semakin tinggi frekuensi pergerakan katup limbah yang dihitung dalam waktu satu menit. Hal ini menunjukkan bahwa pengulangan siklus yang terjadi pada tiap variasinya semakin cepat. Pengaruhnya untuk debit pemompaan ialah semakin banyak frekuensi pergerakan katup limbah maka semakin banyak pula debit pemompaan yang dihasilkan.

4.5. Unjuk Kerja Pompa Hidram

4.5.1 Debit Pemompaan

Debit pemompaan didapatkan dengan hasil bagi volume air yang masuk ke dalam reservoir sebanyak satu liter terhadap waktu. Berikut hasilnya setelah dirata-ratakan dengan percobaan sepuluh kali tiap variasi :



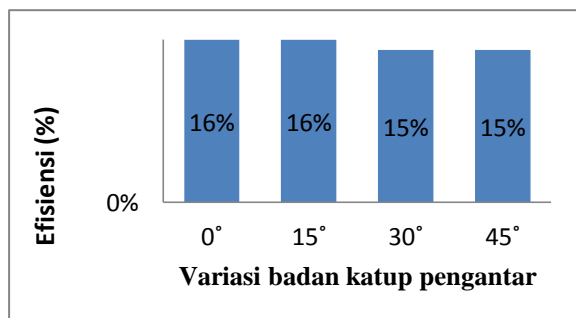
Gambar 16. Grafik rata-rata debit pemompaan

Berdasarkan grafik di atas terlihat adanya peningkatan debit pemompaan, semakin besar

kemiringan badan katup pengantar maka debit hasil pemompaan semakin meningkat

4.5.2 Efisiensi Pompa

Untuk mengetahui besarnya efisiensi pompa hidram yang perlu diketahui adalah tinggi bak (*supply tank*) 0,92 meter, tinggi reservoir yaitu 2 meter, debit pemompaan (Q_p) dan debit air penggerak pompa ($Q_s = Q_p + Q_w$), berikut hasil yang didapat:



Gambar 17. Grafik efisiensi terhadap variasi

Berdasarkan tabel 4.6 plat datar dan kemiringan badan katup pengantar 15° memiliki efisiensi yang paling tinggi sebesar 16% dan variasi 30° dan 45° memiliki efisiensi yang paling kecil sebesar 15%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pengolahan data yang dilakukan secara eksperimen dan simulasi numerik maka kesimpulan yang diperoleh untuk visualisasi pola aliran ialah kemiringan badan katup pengantar mempengaruhi pola aliran yang terjadi di sekitar katup pengantar. Didapatkan bahwa kemiringan badan katup sebesar 30° memiliki kecepatan aliran yang paling rendah saat siklus pemompaan dari dua variasi lainnya. Hal tersebut terbukti dari warna vektor aliran yang cenderung lebih gelap. Kemiringan badan katup 15° menghasilkan warna vektor yang lebih hijau dari kemiringan 45°, hal ini berarti kecepatan di sekitar badan katup pengantar paling tinggi dimiliki oleh kemiringan 15°.

Berdasarkan analisis keseluruhan yang dilakukan didapatkan hasil kemiringan badan katup 45° memiliki debit pemompaan yang paling banyak dari ketiga variasi lainnya.

6. Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk mensimulasikan 3D phenomena aliran yang terjadi di sekitar katup pengantar dengan variasi panjang langkah (*stroke*) katup pengantar tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Auld, 2000, *Integral Approach to the Control Volume Analysis of Fluid Flow*, Australia: Aerospace Engineering University of Sydney.
- [2] Cengel, & Cimbala, 2004, *Fluid Mechanic Fundamentals and Applications*, McGraw-Hill.

- [3] Donahue, M. J., 1998, *Vector Plot Remanent State Comparisons*.
- [4] Mcdonough, J. M., 2009, *Lectures In Elementary Fluid Dynamics: Physics, Mathematics and Applications*, Analysis.
- [5] Muhaimin, 2016, *Pengaruh Ketinggian Sumber Air Terhadap Efisiensi Pompa Hidram*, Widya Teknika, 2, 2.
- [6] Reza Fatahi-Alkouhi(1), B. L.-A. & A. K., 2015, *Determine The Efficiency Of Hydraulic RAM-PUMPS*. E-Proceedings of the 36th IAHR World Congress.
- [7] Santoso, E., 2016, *Analisa Pengaruh Panjang Pipa Inlet dan Panjang Pegas Katub Buang Terhadap Performance Pompa Hidram*, JHP17 Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag, 01, 11–24.
- [8] Setyawaty, 2014, *Pemanfaatan Pompa Hidram Dalam Penyediaan Air Bersih*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Permukiman, ISBN : 978-602-8330-90-9.
- [9] Srisha Rao, M. V., & Jagadeesh, G., 2013, *Visualization and image processing of compressible flow in a supersonic gaseous ejector*, Journal of the Indian Institute of Science.
- [10] Streeter, V. L., 1964, *Waterhammer Analysis With Nonlinear Frictional Resistance In Hydraulics and Fluid Mechanics*, <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-010291-7.50032-x>
- [11] Suarda, M., & Suarnadwipa, I. N., 2012, *Perancangan dan Pengujian Katup Membran pada Katup pengantar Pompa Hidram*.
- [12] Suroso, 2012, *Siklus Pemompaan Pompa Hidraulik*, Seminar Nasional VIII.

	<p>Tasya Lifa Tampubolon memulai kuliah di Universitas Udayana pada tahun 2016 dan menyelesaikan studi S1 pada tahun 2020 dengan mengambil program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan pompa hidram.</p>	