

Bidang: Teknik dan Analisis Kimia Mineral
Proses Teknik Kimia

Topik: Rekayasa dan Perancangan

REKAYASA PUMP SPEED UNTUK MENGHITUNG DAN MENGANALISA INITIAL VELOCITY (U_0) PADA RANGKAIAN UNIT FLOW CONTROL TIPE PCT51 ARMFIELD

Puji Rahayu¹, Ferry Ikhsandy², Jerry³, Priyo Utomo⁴, Arjuna Thariq⁵
Politeknik Industri Petrokimia Banten
puji.rahayu@poltek-petrokimia.ac.id¹

ABSTRAK

Eksperimen ini dilakukan sebagai dasar percobaan guna pengembangan media pembelajaran simulasi pengukuran laju fluida dengan menggunakan unit flow control tipe PCT51 Armfield untuk menunjang perkuliahan Aliran Fluida. Pengembangan penelitian menggunakan variasi besaran solenoid dan *Pump Speed*. Besaran solenoid yang digunakan adalah 2; 3 dan 4 mm, serta variasi *Pump Speed* mulai dari 20 s.d 80%. Metode penelitian dan pengembangan yang digunakan yaitu dengan eksperimental dengan melakukan pengendalian pada beberapa variabel. Hasil yang diperoleh adalah rekayasa pump speed yang dilakukan mampu meningkatkan *flow rate*. *Flow rate rata-rata* yang diperoleh pada variasi A, B dan C sebesar $4,80E-2$; $4,89E-2$; dan $4,98E-2$ cm^3/sec . Peningkatan flow rate ini berpengaruh terhadap nilai initial velocity (U_0) sebagaimana hasil perhitungan dengan membagi nilai flow rate dibagi dengan luas permukaan lintasan fluida acari dalam satuan cm^2/sec . Nilai U_0 pada masing-masing variasi sebesar $2,69E-4$; $2,72E-4$; dan $2,75E-4$ cm/sec .

Kata kunci: fluida cair, *initial velocity*, laju alir, *pump speed*, solenoid.

ABSTRACT

This experiment was carried out as an experimental basis for developing learning media for fluid speed measurement simulations using an Armfield PCT51 type flow control unit to support Fluid Flow lectures. Research development using variations in solenoid size and Pump Speed. The size of the solenoid used is 2; 3 and 4 mm, as well as pump speed variations ranging from 20 to 80%. The research and development method used is experimental by controlling several variables. The results obtained were that the pump speed engineering carried out was able to increase the flow rate. The average flow rate obtained in variations A, B and C is $4.80E-2$; $4.89E-2$; and $4.98E-2$ cm^3/sec . This increase in flow rate affects the initial velocity (U_0) value as calculated by dividing the flow rate value divided by the surface area of the acari fluid path in units of cm^2/sec . The U_0 value for each variation is $2.69E-4$; $2.72E-4$; and $2.75E-4$ cm/sec .

Keywords: liquid fluid, initial velocity, flow rate, pump speed, solenoid.

PENDAHULUAN

Seluruh industri tak terkecuali industri petrokimia menggunakan sistem perpipaan dalam menjalankan proses produksinya. Sistem perpipaan digunakan sebagai alat transportasi umpan baik fluida cair maupun gas [1], [2]. Umpan dapat mengalir menyusuri sistem perpipaan akibat dari dorongan atau tekanan yang menghasilkan kecepatan tertentu [3]. Kecepatan awal (*Initial velocity*) suatu fluida mengacu pada kecepatan permulaan suatu fluida ketika mulai mengalir dari posisi tertentu ke dalam suatu sistem [4]. Hal ini merupakan parameter yang penting dalam analisis aliran fluida karena kecepatan awal fluida dapat mempengaruhi bagaimana fluida tersebut berperilaku selama proses dan memiliki dampak signifikan pada karakteristik aliran [2]. *Initial velocity* dapat mempengaruhi bagaimana suatu fluida mengalir di dalam pipa, hal itu dikarenakan kecepatan yang salah dapat mengakibatkan efisiensi rendah, tekanan yang tidak sesuai sehingga dapat menimbulkan masalah lain dalam sistem. Sifat fisik dan kimia dari fluida juga dapat mempengaruhi *initial velocity*, karena berkaitan dengan laju alir fluida yang dialirkan. Selain itu, penting untuk mempelajari *initial velocity* karena ketika suatu sistem perpipaan dilakukan aksi *on* dan *off* maka akan terjadi fenomena *water hammer* yang memungkinkan terjadinya

kerusakan pada sistem perpipaan dan meningkatnya nilai *head loss* [5]. Oleh karena itu, perlu memahami *initial velocity* dapat membantu dalam merancang sistem perpipaan yang lebih efisien dari segi energi.

Initial velocity dari fluida dapat bervariasi bergantung pada situasi atau sistem tertentu. Sebagai contoh, dalam aliran air di sungai, kecepatan awal mungkin adalah kecepatan ketika mulai mengalir dari sumbernya, seperti mata air atau saluran pembuangan. Dalam penggunaan industri atau rekayasa, kecepatan awal dapat diatur oleh perangkat mekanis atau pompa [6]. Pompa mampu menjadi kendali bagi aliran dengan cara pengaturan daya pompa atau kecepatan pompa (*Pump Speed*). Rekayasa *pump speed* tersebut dilakukan untuk menyesuaikan laju alir fluida agar suatu fluida mengalir secara kontinu ataupun *batch*. Selain itu dalam proses produksi yang selalu melibatkan aliran fluida, rekayasa *pump speed* ini bermanfaat untuk membantu mengoptimalkan energi dengan cara menyesuaikan laju alir dengan kebutuhan aktual sistem, mampu mengurangi tekanan dan beban kerja pada pompa sehingga umur peralatan lebih panjang dan penurunan keausan pada impeller pompa, dan pengaturan kecepatan pompa juga dapat menjaga parameter lainnya seperti tekanan, suhu dan laju alir pada tingkatan yang diharapkan. Lebih lanjut, dengan rekayasa *pump speed* sistem dapat menyesuaikan diri dengan perubahan yang ada tanpa harus menghidupkan dan mematikan pompa secara berulang sehingga efisiensi pompa dapat terjaga [6]. Efisiensi pompa juga berpengaruh terhadap kinerja pompa. Dimana pompa dapat mengubah daya masukan yaitu listrik menjadi daya keluaran yaitu daya dorong [3], [6]. Oleh karena itu, penting untuk menjaga efisiensi pompa karena dapat menghasilkan daya yang optimal.

Dalam penelitian ini dilakukan rekayasa *Pump Speed* agar dapat dipelajari fenomena aliran fluida terhadap peningkatan nilai *initial velocity* (U_0). Sehingga dapat diketahui jenis aliran yang terjadi selama proses berlangsung. Unit peralatan yang digunakan adalah rangkaian unit flow control tipe PCT51 Armfield.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimental dengan melakukan pengendalian pada beberapa variabel. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 (dua) yaitu; variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap yang digunakan adalah waktu operasi yaitu satu menit untuk operasi awal, satu menit untuk *open solenoid* dan satu menit untuk peningkatan *Pump Speed* sebesar 5%. Variabel bebas yang digunakan adalah variasi besaran solenoid yaitu; 2, 3, dan 4 mm, serta *Pump Speed* yaitu rentang 1 s.d 13 adalah 20 s.d 80%, sebagaimana yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi rekayasa *pump speed* dan besaran solenoid

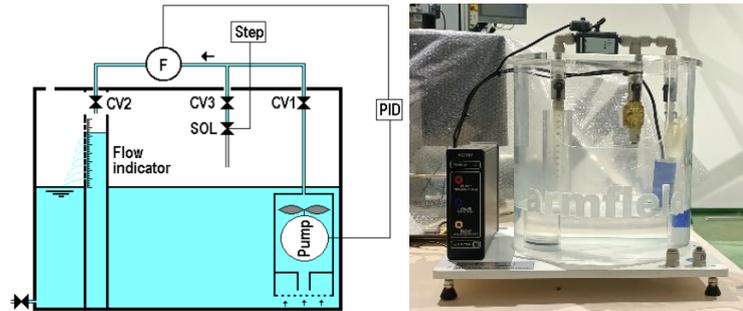
Sol (mm)	Pump Speed (%)														
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
4		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	
3		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	
2		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	

Dari Tabel 1 diketahui bahwa variasi solenoid yang digunakan ada 3 ukuran, yaitu 2, 3 dan 4 mm. Masing-masing solenoid yang digunakan akan dilakukan rekayasa *pump speed* dan diberi kode sampel, untuk ukuran solenoid 4 mm dilakukan rekayasa *pump speed* mulai dari A1 yaitu *pump speed* 20% sampai dengan A13 yaitu *pump speed* 80%. Begitu juga untuk variasi ukuran solenoid 3 mm, yaitu rekayasa *pump speed* B1 adalah 20% sampai dengan B13 sebesar 80%, serta variasi ukuran solenoid 2 mm dengan rekayasa *pump speed* C1 adalah 20% sampai dengan C13 sebesar 80%.

Pengukuran *flow rate* (cm^3/sec) dilakukan untuk menghitung nilai *Initial Velocity* (U_0) sebagaimana persamaan (1) berikut ini:

$$U_0 = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

Dimana Q merupakan *flow rate* (cm^3/sec) dan A adalah luas permukaan (cm^2). Peralatan yang digunakan adalah Unit Flow Control Tipe PCT51 Armfield yang ditampilkan pada Gambar 1.

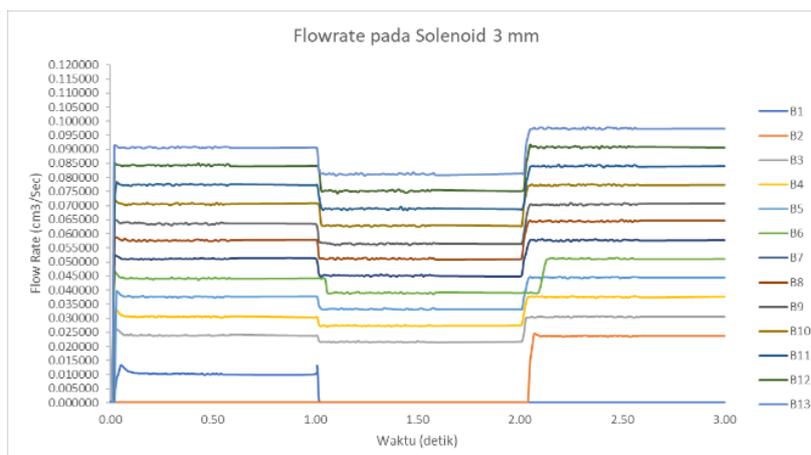
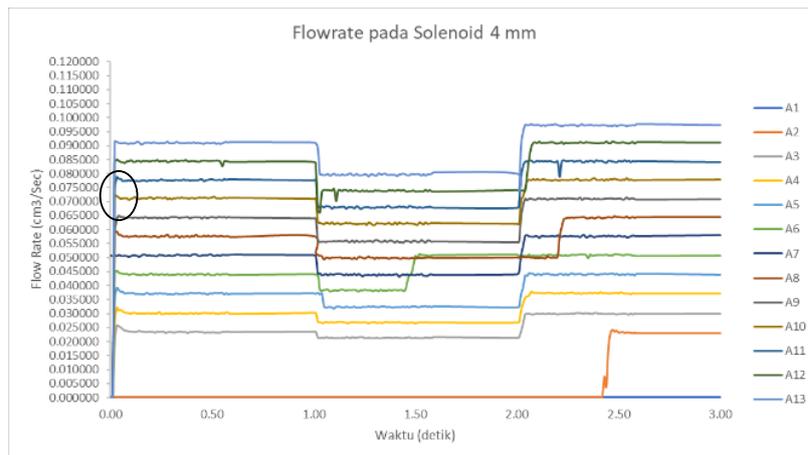


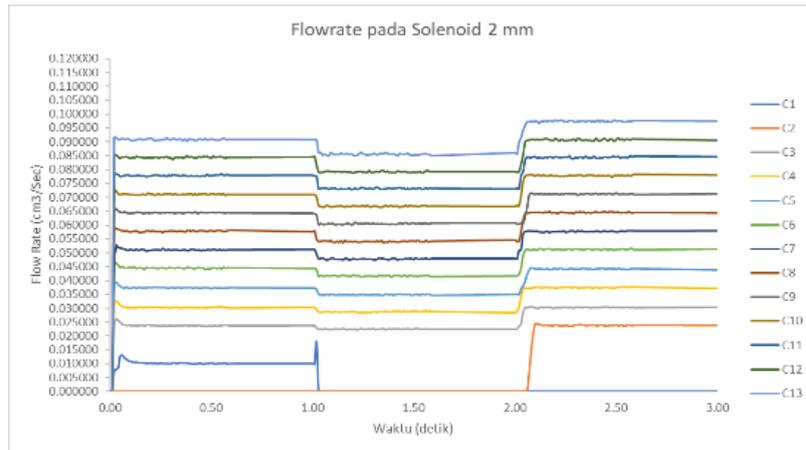
Gambar 1. Rangkaian Unit Flow Control Tipe PCT51 Armfield

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Pump Speed terhadap Besaran *Flow rate*

Dari eksperimen yang dilakukan diperoleh data *flow rate* untuk masing-masing variabel. Hasil tersebut disajikan pada Gambar 2 untuk masing-masing variasi. Pada grafik diketahui bahwa hampir keseluruhan variasi menunjukkan pola yang seragam, artinya peningkatan *pump speed* akan mempengaruhi *flow rate* dari fluida cair. Semakin besar *pump speed* maka *flow rate* akan semakin besar [7], [8]. *Flow rate* rata-rata yang diperoleh pada variasi A, B dan C sebesar $4,80E-2$; $4,89E-2$; dan $4,98E-2$. Jika diperhatikan lebih detail, pada grafik terlihat penurunan *flowrate* pada menit ke-1 sampai ke-2 dimasing-masing variasi, kondisi tersebut adalah posisi *solenoid open* dimana aliran diberikan aksi pengganggu untuk mengetahui bahwa sensor *flow rate* berfungsi dengan baik. Selain itu juga dapat membuktikan bahwa solenoid mampu menurunkan *flow rate* yang disebabkan karena pecahnya aliran. Namun ada beberapa titik variasi yang mengalami kesenjangan yaitu untuk *pump speed* 20 dan 25 pada sampel A1, A2, B1, B2, C1 dan C2. Dimana pada variasi tersebut *flow rate* awal tidak terdeteksi pada sensor, hal ini disebabkan karena *pump speed* terlalu kecil sehingga tekanan yang dibutuhkan untuk fluida cair mengalir tidak memadai. Rata-rata nilai *flow rate* yang dihasilkan secara berturut-turut adalah $1,831E-4$; $2,369E-3$; $3,477E-3$; $7,358E-3$; $3,615E-3$; dan $7,071E-3$ (cm^3/sec).



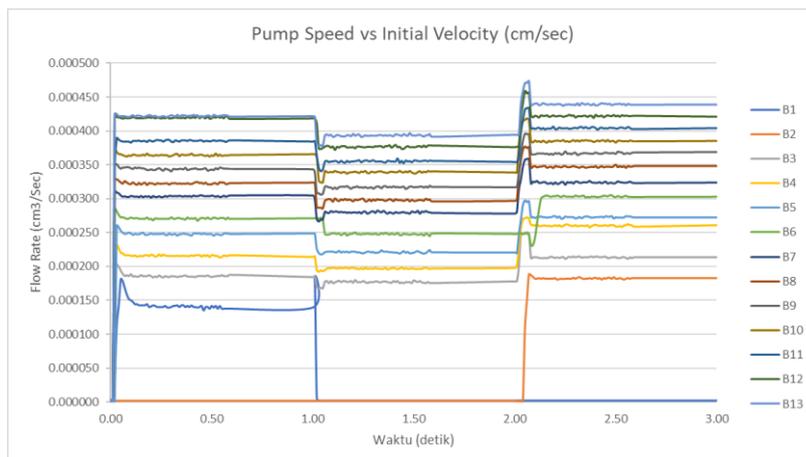


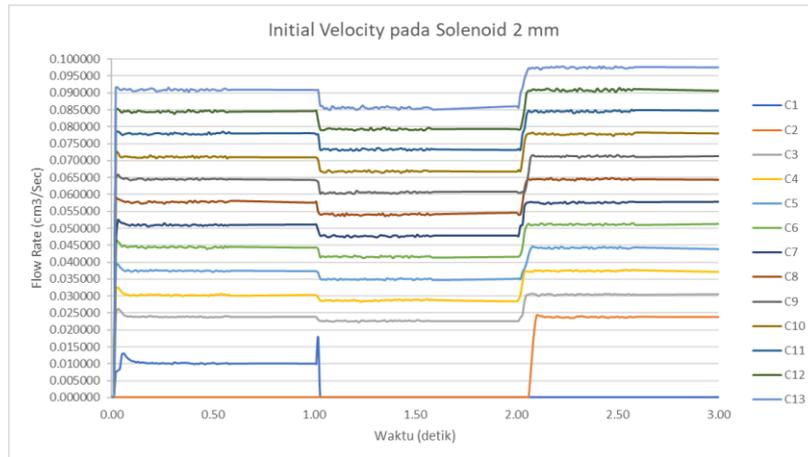
Gambar 2. Pengaruh *pump speed* terhadap *flow rate* untuk variasi solenoid

Selain itu, kesenjangan juga terlihat pada sampel A6, kenaikan *pump speed* terlihat lebih cepat yaitu pada menit ke-1,5 meskipun aktualnya aksi kenaikan *pump speed* belum dilakukan. Hasil analisa dari kondisi ini adalah terjadi *disconnection* pada solenoid. Hal ini umum terjadi ketika sistem sensor dari solenoid terganggu, biasanya gangguan tersebut terjadi karena *connector* tersenggol sehingga posisinya tergeser. Oleh karena itu, dapat disarankan ketika mengoperasikan rangkaian unit flow control tipe PCT51 ini dapat dikondisikan area kerja tidak berbenturan dengan rangkaian peralatan lainnya.

Pengaruh Pump Speed terhadap Initial Velocity (U_0)

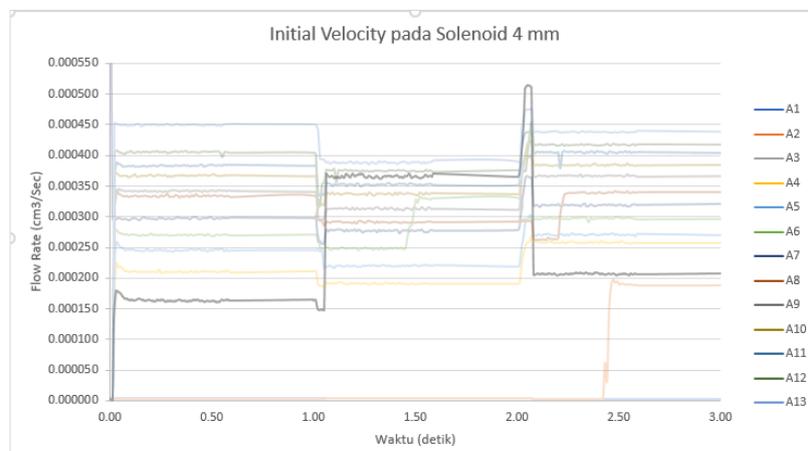
Berdasarkan definisi, initial velocity merupakan kecepatan permulaan suatu fluida ketika mulai mengalir dari posisi tertentu ke dalam suatu sistem [4]. Hasil perhitungan diperoleh rata-rata nilai U_0 pada masing-masing variasi sebesar $2,69E-4$; $2,72E-4$; dan $2,75E-4$ cm/sec. Hasil analisa dari perhitungan yang dilakukan nilai U_0 akan linear dengan besaran *pump speed*. Hal ini disebabkan karena daya dorong atau tekanan yang diberikan oleh pompa menunjukkan besaran fluida yang dikeluarkan melalui *discharge* pompa [6].





Gambar 3. Pengaruh *pump speed* terhadap initial velocity (U_0) untuk variasi solenoid

Pada Gambar 3, secara umum nilai U_0 meningkat seiring dengan variasi kenaikan *pump speed*. Hal ini dipengaruhi karena flow rate yang dihasilkan pada saat operasi awal dijalankan. Sebagaimana definisi dari persamaan (1), maka secara umum, besaran flow rate akan mempengaruhi nilai hitung U_0 pada kondisi luasan perpipaan tertentu. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya bahwa sampel A6 sejalan tampilan grafiknya dengan yang terlihat pada Gambar 2. Namun dari data eksperimen terlihat suatu kesenjangan pada sampel A3 sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil eksperimen pada sampel A3

Data tersebut menunjukkan lonjakan flow rate yang terjadi pada menit ke-1 yaitu saat aksi *solenoid open*. Pada kondisi tersebut seharusnya *flow rate* terdeteksi menurun karena terjadinya pemecahan aliran. Namun yang terjadi adalah flow rate meningkat dengan nilai aliran yang lebih besar dari flow rate awal. Hasil analisa dari eksperimen ini adalah gangguan pada pompa yang menyebabkan *flow rate* melonjak naik. Pada sistem perpipaan meningkatnya flow rate dapat diindikasikan salah satunya karena meningkatnya *pump speed* [7], [8]. Lonjakan aliran ini tidak seharusnya terjadi, karena dapat membahayakan dan apabila terjadi pada kapasitas pompa industri maka akan membahayakan operator dan kecelakaan kerja. Beberapa hal yang memungkinkan terjadi ketika terjadi fenomena lonjakan tekanan pada pompa adalah *water hammer*. *Water hammer* merupakan fenomena gelombang tekanan tiba-tiba yang dapat merusak pipa, valve, atau sistem perpipaan lainnya [9]. Sehingga dimungkinkan terjadinya kebocoran atau patah pipa [10]. Selain fenomena *water hammer* yang terjadi, peningkatan laju aliran secara tiba-tiba dapat menyebabkan stress mekanik pada sistem perpipaan, baik pada sambungan, ataupun valve. Bahaya yang mungkin terjadi adalah kegagalan struktural akibat dari bahan pipa yang tidak mampu menahan tekanan tiba-tiba [11]. Sehingga dapat disarankan untuk melakukan kalibrasi terlebih dahulu sebelum mengoperasikan peralatan unit flow control tipe PCT51 Armfield ini, agar dapat dipastikan software dan sensor berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

Dari pembahasan diatas maka dapat diketahui bahwa rekayasa *pump speed* perlu dilakukan dalam suatu proses karena akan mempengaruhi *flow rate* dan *initial velocity*. *Flow rate* dan *initial velocity* pada fluida dalam suatu proses industri amatlah

penting karena besar kecilnya *flow rate* mempengaruhi risiko terjadinya fenomena *water hammer* yang dapat merusak pipa dan komponen sistem lainnya akibat tekanan berlebih dari laju alir suatu fluida. Begitu juga dengan *initial velocity*. Bila fenomena tersebut terjadi di industri dengan skala proses yang lebih besar maka akan membahayakan dan merugikan.

KESIMPULAN

Dari eksperimen yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa rekayasa pump speed yang dilakukan mampu meningkatkan *flow rate*. Peningkatan *flow rate* ini berpengaruh terhadap nilai *initial velocity* (U_0) sebagaimana hasil perhitungan yang telah dilakukan. Dari hasil perhitungan diperoleh rata-rata nilai *flow rate* yang dihasilkan masing-masing variasi secara berturut-turut adalah $1,831E-4$; $2,369E-3$; $3,477E-3$; $7,358E-3$; $3,615E-3$; dan $7,071E-3$ (cm^3/sec), serta nilai U_0 pada masing-masing variasi sebesar $2,69E-4$; $2,72E-4$; dan $2,75E-4$ cm/sec . Adapun beberapa kesenjangan yang terjadi pada saat proses berjalan disarankan untuk menjaga area kerja agar rangkaian peralatan dapat bekerja maksimal. Selain itu dapat melakukan kalibrasi diawal proses untuk memastikan software dan sensor berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Rahayu, D. Kemala Putri, Rosalina, and N. Indriyani, "Pengaruh Diameter Pipa pada Aliran Fluida terhadap Nilai Head Loss," *JURNAL AGITASI*, vol. 2, no. 1, pp. 23–32, 2021.
- [2] X. Tan and Y. Q. Tang, "Free vibration analysis of Timoshenko pipes with fixed boundary conditions conveying high velocity fluid," *Heliyon*, vol. 9, no. 4, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14716.
- [3] Sularso and H. Tahara, *Pompa dan Kompresor :pemilihan, pemakaian dan pemeliharaan*, 7th ed. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2000.
- [4] J. R. Taylor, *Classical Mechanics*. University Science Books, 2005.
- [5] A. H. Abadi and D. B. Saefudin, "Manufaktur Alat Peraga Aliran Fluida di dalam Pipa Modul Tambahan," *Jurnal Ilmiah Ilmu dan Teknologi Rekayasa*, vol. 2, no. 2, pp. 85–91, Sep. 2020, doi: 10.31962/jiitr.v2i2.3.
- [6] M. M. Saleh and E. Widodo, "Analisa Kinerja Aliran Fluida dalam Rangkaian Seri dan Paralel dengan Penambahan Tube Bundle pada Pompa Sentrifugal," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, vol. 3, no. 2, pp. 71–77, Dec. 2018, doi: <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v3i2.1884>.
- [7] Supardi and M. M. Renwarin, "Pengaruh Variasi Debit Aliran dan Pipa Isap (Section) terhadap Karakteristik Pompa Sentrifugal yang dioperasikan secara Paralel," *Mekanika Jurnal Teknik Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 45–46, Jul. 2015.
- [8] S. Akmal, Jalaluddin, A. Za, and Ishak, "Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD)," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 8, no. 1, pp. 97–108, May 2019, doi: <https://doi.org/10.29103/jtku.v8i1.3396>.
- [9] P. Mahardhika and E. N. Budiyanto, "Analisa Pengaruh Water Hammer terhadap Fleksibilitas Pipa Line Discharge Pump," *Jurnal SIMETRIS*, vol. 10, no. 2, pp. 453–458, 2019.
- [10] T. A. Sisiwanto, H. Prastowo, and B. Cahyono, "Analisa Pengaruh Water Hammer Terhadap Nilai Strees Pipa Pada Sistem Loading-Offloading PT.DABN," *JURNAL TEKNIK POMITS*, vol. 3, no. 1, pp. 142–148, 2014.
- [11] L. Lusiana, F. Citrawati, E. Martides, and G. Gumilar, "Analisis Kegagalan Pipa Boiler Superheater pada Pabrik Kelapa Sawit," *DINAMIKA : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 26–32, Nov. 2019, doi: 10.33772/djitm.v11i1.9357.