

## **Analisis alat uji mekanika fluida pada laboratorium sebelum dan sesudah rekondisi penambahan alat ukur**

### ***Laboratory analysis of fluid mechanics test tools before and after refurbishment and the addition of measuring devices***

**Moch Sugiri<sup>1\*</sup>, Victor Eka Setiawan<sup>1</sup>**

<sup>1\*</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Budi Utomo, Jakarta, Indonesia, Jl. Mawar Merah, No 23, RT 002/RW 001 Pondok Kopi, Duren Sawit, Jakarta Timur, Indonesia 13460

\*E-mail: sugiri.moch@gmail.com

Article Submit: 12/02/2023

Article Revision: 11/03/2023

Article Accepted: 12/03/2023

**Abstrak.** Mengacu pada kondisi alat uji mekanika fluida saat ini, bak penampungan air dan pompa terpisah dari kerangka alat sehingga memungkinkan terjadinya kebocoran pada sambungan akibat berubah-ubah posisi serta belum terdapat alat untuk mengukur tegangan (arus aliran fluida) dan tekanan pada pipa keluar saat alat bekerja. Alat Uji Mekanika Fluida yang telah dirancang untuk menjalankan simulasi aliran fluida pada varian pipa-pipa dengan kondisi kecepatan aliran berdasarkan pengaturan kecepatan putaran pompa di Laboratorium Institut Teknologi Budi Utomo. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan modifikasi dan penambahan alat ukur untuk peningkatan akurasi hasil pengujian Alat Uji Mekanika Fluida. Adapun perubahan yang dilakukan berupa pemindahan posisi *reservoir* dari posisi depan ke posisi belakang serta penambahan komponen - komponen untuk meningkatkan akurasi hasil pengujian yang terdiri dari pengatur kecepatan pompa, alat ukur tekanan pada sisi discharge pompa serta alat ukur tegangan dan arus dengan panel display indikator. Hasil pengujian setelah rekondisi yaitu *Head losses* pipa dan *fitting* setelah rekondisi dengan membuka katup 100% = 0,07492 m, *Head losses fitting* pembukaan katup 100% = 10,81 m, kecepatan aliran sesudah rekondisi pembukaan katup 100% = 3,488 m/s, debit pompa 27 lpm dengan efisiensi pompa sebesar 91,85%. Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin besar membuka katup dengan luas penampang yang sama semakin besar pula *Head losses*, kecepatan aliran, debit aliran terhadap pipa dan efisiensi pompa.

**Kata kunci:** Mekanika fluida; head losses fitting; kecepatan aliran; debit aliran.

**Abstract.** Referring to the current condition of the fluid mechanics test equipment, the water reservoir and pump are separated from the tool frame, allowing leaks to occur at the joints due to changing positions and there is no tool to measure voltage (fluid flow) and pressure in the outlet pipe when the tool is working. Fluid Mechanics Test Equipment that has been designed to run fluid flow simulations on a variant of pipes with flow velocity conditions based on pump rotation speed settings at the Budi Utomo Institute of Technology Laboratory. Based on these problems, it is necessary to modify and add measuring devices to increase the accuracy of the test results of the Fluid Mechanics Test Equipment. The changes made include moving the reservoir position from the front position to the rear position as well as adding components to improve the accuracy of the test results consisting of a pump speed regulator, a pressure gauge on the discharge side of the pump and a voltage and current meter with an indicator display panel. The test results after reconditioning are pipe and fitting head losses after reconditioning by opening the valve 100% = 0.07492 m, Head losses fitting opening the valve 100% = 10.81 m, flow rate after reconditioning opening the valve 100% = 3.488 m/s, pump discharge of 27 lpm with a pump efficiency of 91.85%. From the results of the tests carried out, it can be concluded that the larger the valve opens with the same cross-sectional area, the greater the head losses, flow velocity, flow rate to the pipe and pump efficiency.

**Keywords:** Fluid mechanics; head loss fittings; flow rate; flow

## **1. PENDAHULUAN**



JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Mekanika fluida merupakan salah satu cabang tertua dari ilmu fisika dan merupakan pondasi bagi pengetahuan dan aspek lain ilmu terapan dan keteknikan yang memperhatikan gerakan dan keseimbangan fluida [1][2]. Ilmu ini merupakan suatu subyek yang mendasari hampir semua bidang keteknikan seperti: *mechanical engineering, civil engineering, aerospace, naval architecture, marine engineering*, serta bidang-bidang lain seperti: *astrophysics, biology, biomedicine, plasma physics*. Sejak abad ke-19, yakni ketika studi tentang hidrolika sebagai pengetahuan dikaitkan dengan bidang *civil engineering* dan *naval architecture*, scope dari mekanika fluida bertambah luas. Perkembangan bidang *aeronautical, chemical, mechanical engineering*, serta penyelidikan ruang angkasa pada beberapa puluh tahun terakhir ini memberikan rangsangan kuat terhadap bidang mekanika fluida sehingga menjadikannya sebagai salah satu cabang ilmu yang terpenting dalam *engineering science* [3][4].

Dalam rangka peningkatan pemahaman mekanika fluida diperlukan alat uji karakteristik fluida [5][6]. Saat ini Laboratorium Institut Teknologi Budi Utomo (ITBU) telah memiliki alat uji mekanika fluida untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan putaran pompa terhadap *head* kapasitas. Adapun konstruksi alat uji yaitu dengan menggunakan pompa dengan pengatur kecepatan, dalam hal pengujian untuk menunjukkan fenomena aliran yang terjadi di dalam pipa serta pengukuran efektifitas penggunaan alat dengan konsumsi daya, digunakan: *Pressure Gauge, Flow meter, Speed Control, Voltmeter* dan *Amperemeter* [7][8].

Mengacu pada kondisi alat uji mekanika fluida saat ini, bak penampungan air dan pompa terpisah dari kerangka alat sehingga memungkinkan terjadinya kebocoran pada sambungan akibat berubah-ubah posisi serta belum terdapat alat untuk mengukur tegangan (arus) dan tekanan pada pipa keluar saat alat bekerja [9]. Tujuan penelitian untuk mengetahui nilai *head* dan *head losses* pada pipa 1 Inch dan ½ inch sebelum dan sesudah rekondisi penambahan alat ukur [10]. Mengetahui nilai tegangan kerja pipa 1 Inch dan ½ inch pada laju aliran massa putaran pompa yang bervariasi sebelum dan setelah rekondisi penambahan alat ukur [11].

## 2. METODE

### 2.1 Pada tahap persiapan

Pada tahap ini penulis melakukan studi literatur dan membuat daftar bahan-bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian alat uji mekanika fluida.

### 2.2 Tahap pengujian alat

Pada tahap ini terdapat beberapa tahapan yaitu:

- Menyiapkan bahan-bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian alat uji mekanika fluida
- Menentukan parameter-parameter yang akan diukur pada alat uji mekanika fluida.
- Menentukan jenis dan ukuran alat ukur yang akan digunakan.
- Menentukan posisi pemasangan alat ukur tekanan dan alat ukur
- Pemasangan peralatan-peralatan yang telah disiapkan.
- Menyiapkan alat-alat bantu kerja

### 2.5 Pengukuran tekanan

Dalam pengujian pengukuran tekanan pipa pada alat mekanika fluida ada beberapa jenis pipa yang dilakukan pengujian antara lain; Galvanis 1 Inch, pipa 1 Inch dan ½ inch pengambilan data dilakukan berdasarkan pembukaan katup 100% dan 50% [12][13].

### 2.6 Pengukuran laju aliran

Untuk pengukuran laju aliran kecepatan fluida yang diatur menggunakan Speed Control beberapa jenis rpm antara lain; 2500rpm, 2700rpm, 2850rpm dapat diketahui pada alat ukur Flowmeter [14].

### 2.7 Pengukuran tegangan dan arus kerja

Untuk tegangan dan arus kerja pada saat pengujian dapat diketahui pada alat ukur Voltmeter dan Amperemeter.

## 2.8 Desain alat uji mekanika fluida sesudah rekondisi

Alat uji mekanika fluida direkondisi dengan perubahan posisi reservoir dari posisi depan ke posisi belakang dan penambahan alat pressure gauge pada sisi discharge pompa serta volt dan ampere meter [15]. Adapun perbandingan Alat Uji Mekanika Fluida sebelum dan sesudah rekondisi.

Pada **Gambar 1** alat uji mekanika fluida sebelum rekondisi, dimana posisi bak penampung air ada di depan alat uji, belum ada untuk *flow speed control valve* yang berfungsi untuk mencegah hilangnya air raksa akibat tekanan.



**Gambar 1.** Alat uji mekanika fluida sebelum rekondisi

**Gambar 2** menunjukkan bahwa alat uji mekanika fluida setelah rekondisi yaitu: bak penampung air berada di belakang alat uji, penambahan alat pressure gauge pada sisi discharge pompa, volt dan ampere meter serta pemasangan flow meter untuk mengetahui laju aliran pada saat alat bekerja.



**Gambar 2.** Alat uji mekanika fluida sesudah rekondisi

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Data hasil pengujian

Setelah dilakukannya pengujian pada alat uji mekanika fluida yang dilakukan di lab, maka didapat data hasil pengujian sebagai berikut:

#### 3.1.1 Data hasil pengujian alat mekanika fluida sebelum rekondisi.

Berdasarkan **Tabel 1** hasil pengujian alat mekanika fluida sebelum rekondisi bahwa pada pipa galvanis dengan ukuran 1 Inch dengan bukaan katup 100% pada putaran pompa 2850 Rpm maka didapatkan hasil laju aliran 24 Lpm dengan tekanan (P1) In sebesar 0,09 bar dan tekanan (P2) Out sebesar 0,08 bar. Sedangkan untuk pipa PVC ukuran 1 Inch dengan bukaan katup 100% pada putaran pompa 2850 Rpm maka didapatkan hasil laju aliran 27 Lpm dengan tekanan (P1) In sebesar 0,16 bar dan tekanan (P2) Out sebesar 0,13 bar.

**Tabel 1.** Hasil pengujian alat mekanika fluida sebelum rekondisi

No.	Pompa (Rpm)	Bukaan Katup (%)	Jenis Pipa	Flow Meter (lpm)	P1 In (bar)	P2 Out (bar)
1	2500	100 %	Pipa	19	0,07	0,01
		50 %	Galvanis	18	0,025	0,015
	2700	100 %	1 Inch	23	0,025	0,09
		50 %		22	0,08	0,02
	2850	100 %		24	0,09	0,08
50 %			23	0,075	0,08	
2	2500	100 %	Pipa	19	0,08	0,08
		50 %	Galvanis	18	0,075	0,07
	2700	100 %	½ Inch	22	0,025	0,07
		50 %		20	0,09	0,05
	2850	100 %		23	0,23	0,09
50 %			22	0,22	0,08	
3	2500	100 %	Pipa	25	0,13	0,01
		50 %	PVC	23	0,085	0,011
	2700	100 %	1 Inch	26	0,14	0,11
		50 %		24	0,12	0,1
	2850	100%		27	0,16	0,13
50 %			26	0,14	0,11	
4	2500	100 %	Pipa	25	0,17	0,1
		50 %	PVC	23	0,15	0,04
	2700	100 %	½ Inch	26	0,18	0,15
		50 %		23	0,15	0,04
	2850	100 %		27	0,11	0,2
	50 %		26	0,18	0,1	

### 3.1.2 Data hasil pengujian alat mekanika fluida sesudah rekondisi.

Berdasarkan **Tabel 2** hasil pengujian alat mekanika fluida sesudah rekondisi bahwa pada pipa galvanis dengan ukuran 1 Inch dengan bukaan katup 100% pada putaran pompa 2850 Rpm maka didapatkan hasil laju aliran 26 Lpm, tekanan (P1) In sebesar 0.04 bar dan tekanan (P2) Out sebesar 0,018 bar, Tekanan pompa 0.42 bar dan kuat arus listrik 0,08 Ampere. Sedangkan untuk pipa PVC ukuran 1 Inch dengan bukaan katup 100% pada putaran pompa 2850 Rpm maka didapatkan hasil laju aliran 27 Lpm, tekanan (P1) In sebesar 0,14 bar dan tekanan (P2) Out sebesar 0,05 bar, Tekanan pompa 0,35 bar dan kuat arus listrik 0.08 Ampere.

**Tabel 2.** Hasil pengujian alat mekanika fluida sesudah rekondisi

No.	Pompa (rpm)	Bukaan Katup (%)	Jenis Pipa	Flow Meter (lpm)	P1 In (bar)	P2 Out (bar)	P pompa (bar)	Arus (ampere)
1	2500	100%	Pipa	22	0	0	0,36	0,06
		50%	Galvanis	21,8	0	0	0,38	0,06
	2700	100%	1 Inch	24	0,05	0,03	0,4	0,06

No.	Pompa (rpm)	Bukaan Katup (%)	Jenis Pipa	Flow Meter (lpm)	P1 In (bar)	P2 Out (bar)	P pompa (bar)	Arus (ampere)
2	2850	50%	Pipa Galvanis ½ Inch	23	0,04	0,02	0,42	0,06
		100%		26	0,04	0,01875	0,42	0,08
		50%		23-23,5	0,02	0,00625	0,54	0,08
		100%		18	0,1	0,01	0,4	0,06
		50%		17	0,095	0	0,41	0,06
		100%		21-22	0,18	0,045	0,55	0,06
	2700	50%		21	0,16	0,04	0,59	0,06
		100%		23	0,2	0,06	0,59	0,08
		50%		22	0,18	0,05	0,64	0,09
		100%		24	0,04	0,12	0,3	0
		50%		23	0,02	0,115	0,35	0
		100%		26	0,3	0,14	0,33	0,06
3	2700	50%	Pipa PVC 1 Inch	25	0,2	0,13	0,4	0,06
		100%		27	0,14	0,05	0,35	0,08
		50%		26	0,13	0,04	0,39	0,08
		100%		24	0,14	0,11	0,31	0
		50%		23	0,125	0,1	0,35	0
		100%		26	0,15	0,13	0,35	0,06
4	2700	50%	Pipa PVC ½ Inch	24	0,14	0,12	0,42	0,06
		100%		26	0,16	0,15	0,38	0,08
		50%		24	0,14	0,12	0,49	0,08

### 3.3. Perhitungan tegangan pipa utama

Pada **Tabel 3** menjelaskan bahwa pada pipa galvanis ukuran 1 Inch pada putaran 2500 Rpm dengan bukaan katup 100% sebelum rekondisi dengan hasil tegangan ijin sebesar 26.960.000 kg.f/m<sup>2</sup> dan tegangan kerja 75,54 kg.f/ m<sup>2</sup>. Untuk sesudah rekondisi dengan hasil tegangan ijin sebesar 26.960.000 kg.f/m<sup>2</sup> dan tegangan kerja 21,58 kg.f/ m<sup>2</sup>.

**Tabel 3.** Hasil analisa tegangan ijin pada pipa sebelum dan sesudah rekondisi

Pipa	rpm	σizin (kg.f/m <sup>2</sup> )	σkerja bukaan 100% before (kg.f/m <sup>2</sup> )	σkerja bukaan 100% after (kg.f/m <sup>2</sup> )	σkerja bukaan 50% before (kg.f/m <sup>2</sup> )	σkerja bukaan 50% after kg.f/m <sup>2</sup> )
Galvanis 1 inch	2500	26.960.000,0	75,54	21,58	26,98	-
	2700	26.960.000,0	26,98	21,58	86,33	43,17
	2850	26.960.000,0	97,13	43,17	80,94	21,58
Galvanis 0,5 inch	2500	26.960.000,0	43,17	53,96	40,47	51,26
	2700	26.960.000,0	13,49	97,13	48,56	86,33
	2850	26.960.000,0	124,11	107,92	118,71	97,13
PVC 1 inch	2500	81.577,6	280,59	86,33	183,46	43,17
	2700	81.577,6	302,17	647,51	259,00	431,67
	2850	81.577,6	345,34	302,17	302,17	280,59
PVC 0,5 inch	2500	81.577,6	183,46	151,09	161,88	134,90
	2700	81.577,6	194,25	161,88	161,88	151,09

2850      81.577,6      118,71      172,67      194,25      151,09

### 3.4. Perhitungan major head losses.

**Tabel 4** menjelaskan bahwa pada pipa galvanis ukuran 1 Inch pada putaran 2500 Rpm dengan bukaan katup 100% sebelum rekondisi dengan kerugian major head losses (hf) adalah 0,04 meter, sedangkan sesudah rekondisi dengan kerugian major head losses (hf) adalah 0,05 meter.

**Tabel 4.** Hasil analisis major head losses pada alat uji mekanika fluida.

Pipa	Rpm	hf bukaan 100% before (m)	hf bukaan 100% after (m)	hf bukaan 50% before (m)	hf bukaan 50% after (m)
Galvanis 1 inch	2500	0,04001	0,05364	0,03591	0,05267
	2700	0,05863	0,06384	0,05364	0,05863
	2850	0,06384	0,07492	0,05863	0,06121
Galvanis 0,5 inch	2500	1,50626	1,35188	1,35188	1,20584
	2700	2,01947	1,84005	1,66898	1,84005
	2850	2,20723	2,20723	2,01947	2,01947
PVC 1 inch	2500	0,16299	0,15021	0,13795	0,13795
	2700	0,17629	0,17629	0,15021	0,16299
	2850	0,19011	0,19011	0,17629	0,17629
PVC 0,5 inch	2500	2,60779	2,40334	2,20723	2,20723
	2700	2,82058	2,82058	2,20723	2,40334
	2850	3,04172	2,93011	2,82058	2,40334

### 3.3 Perhitungan minor head losses

Pada **Tabel 5** menjelaskan bahwa pada pompa putaran 2500 Rpm dengan bukaan katup 100% sebelum rekondisi dengan kerugian minor head losses pada katup bola ukuran 1 Inch sebesar 0,282 m, katup bola ukuran 0,5 Inch sebesar 7,727 m, elbow 90° ukuran 0,5 Inch sebesar 1,103 m, sambungan socket ukuran 0,5 Inch sebesar 0,496 m, reducer ukuran 1 Inch ke 0,5 Inch sebesar 0,005 m, dan reducer ukuran 0,5 Inch ke 1 Inch sebesar 0,38 m.

**Tabel 5.** Hasil analisis minor head losses bukaan 100% pada alat mekanika fluida sebelum rekondisi.

rpm	Katup Bola 1 Inch bukaan 100% (m)	Katup Bola 0,5 Inch bukaan 100% (m)	Elbow 90° 0,5 Inch bukaan 100% (m)	Socket 0.5 Inch bukaan 100% (m)	Reducer dari 1 – 0.5 Inch bukaan 100% (m)	Reducer dari 0.5 - 1 Inch bukaan 100% (m)
2500	0,28289	7,72774	1,10396	0,49678	0,00552	0,38087
2700	0,30597	8,35832	1,19405	0,53732	0,00597	0,41195
2850	0,32996	9,01363	1,28766	0,57945	0,00644	0,44424

Pada **Tabel 6** menjelaskan bahwa pada pompa putaran 2500 Rpm dengan bukaan katup 100% sebelum rekondisi dengan kerugian minor head losses pada katup bola ukuran 1 Inch sebesar 0,239 m, katup bola ukuran 0,5 Inch sebesar 6,54 m, elbow 90° ukuran 0,5 Inch sebesar 0,934 m, sambungan socket ukuran 0,5 Inch sebesar 0,420 m, reducer ukuran 1 Inch ke 0,5 Inch sebesar 0,004 m, dan reducer ukuran 0,5 Inch ke 1 Inch sebesar 0,322 m.

**Tabel 6.** Hasil analisis minor head losses bukaan 100% pada alat mekanika fluida sesudah rekondisi.

rpm	Katup Bola 1 Inch bukaan 100% (m)	Katup Bola 0,5 Inch bukaan 100% (m)	Elbow 90° 0,5 Inch bukaan 100% (m)	Socket 0.5 Inch bukaan 100% (m)	Reducer dari 1 – 0.5 Inch bukaan 100% (m)	Reducer dari 0.5 - 1 Inch bukaan 100% (m)
2500	0,23944	6,54076	0,93439	0,42048	0,00467	0,32237
2700	0,26071	6,54076	0,93439	0,42048	0,00509	0,32237

2850    0,30597    8,35832    1,19405    0,53732    0,00597    0,41195

### 3.4 Perhitungan efisiensi pompa

Analisis efisiensi pompa dilakukan untuk mengetahui kinerja pompa pada setiap variabel pengujian setelah rekondisi sesuai **Tabel 7**. Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan pipa galvanis 1 Inch dengan 2500 rpm lebih efisien, dengan bukaan 100% didapat nilai 94,80%, sedangkan bukaan 50% didapat nilai 91,40%. Galvanis 0.5 Inch dengan 2500 rpm lebih efisien, dengan bukaan 100% didapat nilai 105,54%, sedangkan bukaan 50% didapat nilai 109,20%. Dimana pipa galvanis mempunyai faktor gesekan yang lebih tinggi dari pada pipa PVC. Namun kendala pada pipa galvanis rentan terhadap korosi, serpihan menyebabkan penyumbatan pada saluran pipa.

**Tabel 7.** Hasil analisis efisiensi pompa pada alat uji mekanika fluida setelah rekondisi.

Pipa	rpm	Efisiensi bukaan 100%	Efisiensi bukaan 50%
Galvanis 1 inch	2500	94,80%	91,40%
	2700	78,45%	78,22%
	2850	91,85%	81,95%
Galvanis 0,5 inch	2500	105,54%	109,20%
	2700	66,45%	62,16%
	2850	75,33%	81,62%
PVC 1 inch	2500	85,60%	77,90%
	2700	86,91%	75,65%
	2850	105,23%	98,86%
PVC 0,5 inch	2500	83,45%	78,24%
	2700	82,33%	72,60%
	2850	101,27%	86,48%

## 4 SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dilakukan analisa perhitungan dengan hasil sebagai berikut: 1). Terdapat perubahan *Head losses* pipa 1 inch dan ½ inch terhadap laju aliran massa putaran pompa yang bervariasi pada kecepatan maksimal 2850 rpm: a) *Head losses* pada bukaan katup 100% pipa galvanis 1 inch dari 0,06384 m menjadi 0,07492 m, pipa galvanis 0,5 inch dari 2,20723 m menjadi 2,20723 m, pipa pvc 1 inch dari 0,19011 m menjadi 0,19011 m dan pipa pvc 0,5 inch dari 3,04172 m menjadi 2,93011 m serta *head losses fitting* dengan membuka katup 100% dari 11,66 m menjadi 10,81 m. b) *Head losses* pada bukaan katup 50% pipa galvanis 1 inch dari 0,05863 m menjadi 0,06121 m, pipa galvanis 0,5 inch dari 2,01947 m menjadi 2,01947 m, pipa pvc 1 inch dari 0,17629 m menjadi 0,17629 m dan pipa pvc 0,5 inch dari 2,82058 m menjadi 2,40334 m serta *head losses fitting* dengan membuka katup 50% dari 11,24 m menjadi 9,25 m. 2) Kerugian *head* dan *Head losses* dengan metode laju aliran terhadap putaran pompa bervariasi dengan membuka katup 100% dari 5,50 m menjadi 5,40 m. 3) Kerugian *head* dan *Head losses* dengan metode laju aliran terhadap putaran pompa bervariasi dengan membuka katup 50% dari 7,71 m menjadi 4,66 m. 4) Efisiensi pompa untuk variasi pipa dengan bukaan katup 100% rata – rata sebesar 93,42% sedangkan pada bukaan katup 50% sebesar 87,22%. Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaan katup dengan luas penampang yang sama semakin besar pula *Head losses*, kecepatan aliran dan debit aliran terhadap pipa serta efisiensi daya listrik terhadap daya hidrolis yang dihasilkan.

## REFERENSI

- [1] A. Ghurri, “Dasar-Dasar Mekanika Fluida,” *Dasar-Dasar Mek. Fluida*, p. 1, 2014, [Online]. Available: [https://simdos.unud.ac.id/uploads/file\\_pondidikan\\_1\\_dir/2e54aeb12421ee1a17c35e14ba49cb23.pdf](https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pondidikan_1_dir/2e54aeb12421ee1a17c35e14ba49cb23.pdf).
- [2] I. Jalaluddin, Saiful Akmal, Nasrul Za, “Jurnal Teknologi Kimia Unimal Jurnal Teknologi Kimia

- Unimal Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD)," *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 4, no. 2, pp. 20–30, 2013.
- [3] A. Kurniawan, W. D. Rahardjo, and Basyirun, "Pengembangan media pembelajaran fluid circuit system experiment pada mata kuliah mekanika fluida dengan pokok pembahasan pengukuran kerugian aliran fluida," *J. Mech. Eng. Learn.*, vol. 3, no. 2, pp. 78–85, 2017.
- [4] Y. Ramadhan, Ramelan, and W. Sumbodo, "Pengembangan Media Pembelajaran Pengukuran Rugi Aliran Fluida Cair dalam Pipa Venturi," *J. Mech. Eng. Learn.*, vol. 3, no. 2, pp. 115–124, 2014.
- [5] S. Prihatiningtyas and H. E. Haryono, "Alat Peraga Sebagai Upaya Peningkatan Pemahaman Konsep Peserta didik Pada Materi Mekanika Fluida," *SEJ (Science Educ. Journal)*, vol. 3, no. 2, pp. 131–138, 2019, doi: 10.21070/sej.v3i2.3095.
- [6] D. V. Wijanarko, I. M. Arsana, and B. Yunitasari, "Rancang Bangun Trainer Friction Loss Pada Sistem Perpipaian Sebagai Media Pembelajaran Di Laboratorium Mekanika Fluida Pada Jurusan Teknik Mesin Unesa," *Otopro*, vol. 13, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.26740/otopro.v13n1.p1-8.
- [7] Ahmad Supendi and Muhamad Fitri, "Pemilihan Spesifikasi Komponen Alat Uji Prestasi Pompa Menggunakan Metode Analisis Persamaan Bernoulli," *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, 2022.
- [8] E. P. Putro, E. Widodo, A. Fahrudin, and I. Iswanto, "Analisis Head Pompa Sentrifugal Pada Rangkaian Seri Dan Paralel," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 2, pp. 46–56, 2020, doi: 10.23917/mesin.v21i2.10671.
- [9] P. Rahayu, D. K. Putri, and N. Indriyani, "Pengaruh Diameter Pipa Pada Aliran Fluida Terhadap Nilai Head Loss," *J. Agit.*, vol. 2, no. 2, pp. 2776–513, 2021.
- [10] Saiputri, "Analisa Head Losses Akibat Perubahan Diameter Penampang, Variasi Material Pipa Dan Debit Aliran Fluida Pada Sambungan Elbow 90," *Simki-Techsain*, vol. 01, no. 06, pp. 1–10, 2017.
- [11] L. Nurcholis, "Aliran fluida pada jaringan pipa," *ISSN 1693 - 3451 Vol. 7 Juni 2008*, vol. 7, no. 1, 2008.
- [12] I. K. Suharno, I. S. Widodo, M. Eng, and E. Christian, "Analisis Rugi Gesekan Pembesaran Dan Pengecilan Pipa Galvanis Pada Diameter Pipa Ukuran 1 Inch ,  $\frac{3}{4}$  Inch ,  $\frac{1}{2}$  Inch," vol. 2, no. 1, 2019.
- [13] A. Gunawan and H. Pranoto, "Rancang Bangun Mini Lab Fluida sebagai Objek Pengambilan Data untuk Keperluan Penelitian di Universitas Mercubuana Keranggan," *J. Tek. Mesin*, vol. 08, no. 2, 2019, [Online]. Available: <https://publikasi.mercubuana.ac.id/files/journals/20/articles/4535/submission/copyedit/4535-17122-1-CE.pdf>.
- [14] M. F. Rahman N and M. Khaidir, "Pengukuran Aliran Air Dan Tinggi Muka Air Pada Saluran Irigasi Dengan Hall Effect Sensor Dan Ultrasonik," *J. Teknol. dan Komput.*, vol. 1, no. 01, pp. 61–65, 2021, doi: 10.56923/jtek.v1i01.54.
- [15] R. Choirul Anam, E. Widodo, Iswanto, and A. Fahrudin, "Comparative Analysis of the Head Loss of Two Centrifugal Pumps in a Fluid Test Laboratory," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: 10.21070/r.e.m.v5i1.409.