

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, N., & Sumaryo, T. P. dan Y. (2020). Kaji Eksperimental *Head Loss* pada *Gate Valve* Dan *Ball Valve*. *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 1(1), 397–405.
- Arbulu, R. J., & Tommelein, I. D. (2002). *Alternative Supply-Chain Configurations for Engineered or Catalogued Made-to-Order Components: Case Study on Pipe Supports Used in Power Plants*. *10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, June 2015, 1–13.
- B. Munson, D. Young, T. Okiishi. (1994) *Fundamentals of Fluid Mechanics*. 739-739.
- Chaurette. (2003). *Pipe Absolute Roughness Values (RMS)*. *Fluide Design Inc*. 7867-7867
- D. Dewantara. (2020). Analisa Dan Perhitungan Laju Aliran Massa Air Pada *Cooling Tower* Di Mesin *Heat Chamber*. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(8). 4-4
- Dannaezar, D., Tumbelaka, H. H., & Warpindyasmoro, H. S. (2020). Pemanfaatan Aliran Air dari Tandon Air Atas Rumah Tangga sebagai Pembangkit Energi Listrik. *Jurnal Teknik Elektro*, 13(1), 19–24.
- Eka Putra, I., Sulaiman, S., & Galsha, A. (2017). Analisa Rugi Aliran (*Head Losses*) pada Belokan Pipa *PVC*. 34–39.
- Fathoni, A., Subekti, P., & Hakim, L. (2022). Pembuatan dan Pengujian Alat Uji Sistem Perpipaan Skala Laboratorium. *Jurnal APTEK*, 14(2), 87–93.
- Febrianto, I., Khabib, M., & Nugraha, B. S. (2018). Perancangan Sistem Pompa Paralel dengan Daya Bervariasi Untuk Meningkatkan Kapasitas Air. *Jurnal Crankshaft*, 1(1), 49–54.
- Hadi, S., & Jumarlis, D. (2013). Pengaruh Lingkungan Minyak Mentah terhadap Laju Korosi pada Pipa Baja Karbon Dan Pipa Galvanis. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 66–69.

- Helmizar. (2010). Studi Eksperimental Pengukuran *Head Losses Mayor* (Pipa PVC Diameter $\frac{3}{4}$ ") dan *Head Losses Minor* (Belokan Knee 90° Diameter $\frac{3}{4}$ ") pada Sistem Instalasi Pipa. *Dinamika Jurnal Teknik Mesin*, 1(2), 59–64.
- Izhary Siregar, A. T. S. (2021). Analisa Perbandingan Kerugian Aliran (*Losses*) pada Pipa Jenis HDPE dan Galvanis (Studi Eksperimen). *Analisa Perbandingan Kerugian Aliran (Losses) Pada Pipa Jenis HDPE Dan Galvanis (Studi Eksperimen)*, vol.6 no 2(2), 1–4.
- Jokosisworo, S. (2012). Studi Komparasi Pipa Sch 40 *Galvanize* Dengan Sch 40 *Non Galvanize* pada Sistem Pipa *Ballast* Dikaji dari Segi Teknis dan Ekonomis. *Kapal*, 7(3), 146833.
- Kurniawan, B., Basuki, & Irfa'i, M. A. (2020). Pengaruh Jenis Sambungan Pipa *Elbow* 90° dan *Short Bend* Terhadap *Head Loss* Pada Sistem Perpipaan. *Jurnal Reaktom*, 5(1), 28–32.
- L. Abdulameer, N. Dzhumagulova, H. Algretawee et al. (2022). *COMPARISON BETWEEN HAZEN-WILLIAMS AND DARCY-WEISBACH EQUATIONS TO CALCULATE HEAD LOSS THROUGH CONVEYANCING TREATED WASTEWATER IN KERBALA CITY, IRAQ*. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, (1). 1-115
- Muhammad, Z. H. (2020). Analisa *Head Pompa Water Intake* terhadap *Self Cleaning Filter* Pada PT.XY. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 102.
- Norhadi, A., Marzuki, A., Wicaksono, L., & Addetya Yacob, R. (2015). Studi Debit Aliran Pada Sungai Antasan Kelurahan sungai Andai Banjarmasin Utara. *Jurnal Poros Teknik*, 7(1), 1–53.
- Nurchahyo, B., Yudo, H., & Jokosisworo, S. (2017). Analisa Kekuatan Belokan Pipa (*Elbow Pipe*) dengan Variasi Sudut Akibat Beban Momen Bending. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(4), 780–784.
- Nurfadilah, A., & Terunajaya. (2017). Analisa Perhitungan Debit dan Kehilangan Tinggi Tekanan (*Head Loss*) pada Sistem Jaringan Pipa Daerah Layanan PDAM Tirtanadi Cabang Sunggal. *Universitas Sumatera Utara*, 2(3), 1–10.

- Osra, F. A. (2020). *A Laboratory Study of Solid-Water Mixture Flow Head Losses Through Pipelines at Different Slopes and Solid Concentrations*. *South African Journal of Chemical Engineering*, 33(September 2019), 29–34.
- Paik, S., & Song, I. (2011). *A Study on The Buckling Characteristics of Pipe Support (V6)*. 59–62.
- Parada Anugerah Pridyatama. (2014). *Analisa Rancangan Pipe Support pada Sistem Pemipaan High Pressure Vent Berdasarkan Stress Analysis dengan Pendekatan CAESAR II*. *Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- Patrick, S. (2005). *Practical Guide to Polyvinyl Chloride*. iSmithers Rapra Publishing
- Puspawan, A. (2013). *Analisa Rugi-Rugi Instalasi Pipa dan Pompa Reciprocating di PT. Pertamina EP-Region Area Prabumulih Provinsi Sumatera Selatan*. *Teknosia*, 1(11), 50–62.
- Rahayu, P., Putri, D. K., & Indriyani, N. (2021). *Pengaruh Diameter Pipa pada Aliran Fluida Terhadap Nilai Head Loss*. *Jurnal Agitasi*, 2(2), 2776–513.
- S. Lazuardi. (2018). *Perencanaan Sambungan Mur dan Baut pada Gerobak Sampah Motor*. *Spark : Jurnal Mahasiswa Teknik Mesin ITN, Malang*, 1(1). 21-26.
- S. Mohsenabadi. (2014). *Comparison of Explicit Relations of Darcy Friction Measurement with Colebrook-White Equation*. *Applied mathematics in Engineering, Management and Technology*, (2), 570-578
- Saeed Sayoga, I. M. A., & Nuarsa, I. M. (2012). *Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan terhadap Head Losses Aliran Pipa*. 2(2), 75–83.
- Sena, B. (2015). *Pengaruh Densitas dan Viskositas Terhadap Profil Kecepatan pada Aliran Fluida Laminar di Dalam Pipa Horizontal*. *Faktor Exacta*, 5(3), 192–201.
- Shellan Affan, B. (2010). *Kaji Eksperimental Rugi Tekan (Head Loss) dan Faktor Gesekan yang Terjadi pada Pipa Lurus dan Belokan Pipa (End)*. 1–43.

- Sinaga, F. (2020). Analisis *Head Losses* pada Sistem Pemipaan Alat Penyulingan Minyak Atsiri Kapasitas Ketel 5 Kilogram. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Sinaga, N., & Zahri, A. (2014). Simulasi Numerik Perhitungan Tegangan Geser dan Momen Pada Fuel *Flowmeter* Jenis *Positive Displacement* dengan Variasi Debit Aliran pada Berbagai Sudut Putar Rotor. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 2(4), 470–479.
- U. Dharma, G. Prasetyo. (2012). Pengaruh Perubahan Laju Aliran Terhadap Tekanan dan Jenis Aliran yang Terjadi pada Alat Uji Praktikum Mekanika Fluida. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 2(1).
- Utomo, G. P., & Abidin, K. (1945). Analisa Pengaruh Panjang Pipa Galvanis dan Diameter Bukaan Katup Terhadap *Head* Pompa pada Pompa Hidram. 38–44.
- Wahyudi, Y., & Fahrudin, A. (2017). Analisa Perbandingan Pelapisan Galvanis Elektroplating Dengan *Hot Dip Galvanizing* Terhadap Ketahanan Korosi Dan Kekerasan Pada Baja. 1(1).
- Waspod, W. (2017). Analisa *Head Loss* Sistem Jaringan Pipa Pada Sambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah*, 8(1), 1–12.
- Widodo, E., Akbar, A., & Timur, J. (2015). Pengaruh Konsentrasi Garam Terhadap Karakteristik Aliran Dua Fase Gas Dan Air. *Snttm Xiv*, 7–8.
- Z. Zainuddin, I. Sayoga, I. Nuarsa. (2012). Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap *Head Losses* Aliran Pipa. 2(2). 75-83

LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel hasil pengamatan pengujian debit aliran dan tekanan pada pipa PVC

Pipa PVC								
Pengambilan Data ke -	PK (°)	Debit aliran (m ³ /s)	Belokan 1		Belokan 2		Belokan 3	
			Tekanan di titik 1 (Psi)	Tekanan di titik 2 (Psi)	Tekanan di titik 3 (Psi)	Tekanan di titik 4 (Psi)	Tekanan di titik 5 (Psi)	Tekanan di titik 6 (Psi)
1	50	0.00027	3.6	3.5	2.9	2.8	2.3	2.1
	60	0.00035	3.9	3.7	3.3	2.9	2.5	2.3
	70	0.00039	4	3.8	3.4	3	2.7	2.5
	80	0.00042	4.2	3.9	3.6	3.3	2.8	2.4
	90	0.00045	4.4	4.1	3.6	3.4	3.1	2.7
2	50	0.00026	3.4	3.3	2.9	2.8	2.3	2.1
	60	0.00034	3.8	3.6	3.2	3	2.4	2.2
	70	0.00038	3.9	3.7	3.3	3.1	2.6	2.3
	80	0.00041	4.2	3.8	3.6	3.2	2.7	2.3
	90	0.00048	4.6	4.1	3.7	3.3	2.9	2.5
3	50	0.00026	3.5	3.4	2.7	2.6	2.2	2
	60	0.00032	3.6	3.5	3.2	3	2.3	2.1
	70	0.00035	4.1	3.9	3.3	3.1	2.4	2.2
	80	0.0004	4.2	4	3.4	3.1	2.8	2.4
	90	0.00043	4.3	3.9	3.5	3.2	3	2.6
4	50	0.00025	3.5	3.4	2.7	2.6	2.3	2.1
	60	0.00033	3.7	3.5	3.2	3	2.4	2.2
	70	0.00038	4	3.8	3.3	3.1	2.6	2.4
	80	0.00041	4.2	3.9	3.5	3.2	2.8	2.4
	90	0.00046	4.5	4.1	3.6	3.2	2.9	2.5
5	50	0.00027	3.6	3.4	2.8	2.7	2.3	2
	60	0.00035	3.8	3.6	3.2	3.1	2.5	2.3
	70	0.00039	4	3.8	3.4	3.2	2.7	2.4
	80	0.00042	4.2	3.9	3.6	3.4	2.7	2.4
	90	0.00047	4.6	4.2	3.7	3.4	3	2.6
6	50	0.00025	3.4	3.1	2.7	2.6	2.3	2.2
	60	0.00033	3.6	3.4	3.2	3	2.3	2.2
	70	0.00038	4	3.8	3.3	3.1	2.6	2.3
	80	0.00042	4.2	3.9	3.6	3.1	2.8	2.5
	90	0.00046	4.5	4	3.7	3.4	2.9	2.5

7	50	0.00024	3.3	3.2	2.6	2.5	2.1	1.9
	60	0.00034	3.7	3.6	3.2	3.1	2.4	2.2
	70	0.00038	4	3.8	3.2	3.1	2.5	2.2
	80	0.0004	4.2	3.9	3.6	3.2	2.8	2.4
	90	0.00047	4.6	4.2	3.7	3.2	2.9	2.4
8	50	0.00028	3.7	3.5	2.9	2.6	2.2	2
	60	0.00035	3.8	3.6	3	2.9	2.3	2.1
	70	0.0004	4.2	3.8	3.4	3.2	2.5	2.3
	80	0.00045	4.4	4.1	3.8	3.2	2.7	2.4
	90	0.00048	4.7	4.2	3.8	3.3	3	2.4
9	50	0.00027	3.5	3.4	2.8	2.6	2.2	2.1
	60	0.00035	3.8	3.7	3.3	3.1	2.4	2.2
	70	0.00039	4	3.8	3.4	3.2	2.6	2.3
	80	0.00042	4.2	4	3.6	3.3	2.8	2.4
	90	0.00047	4.6	4.1	3.7	3.3	2.9	2.6
10	50	0.00026	3.5	3.4	2.7	2.6	2.3	2.1
	60	0.00033	3.6	3.5	3.2	3	2.4	2.3
	70	0.00037	4.2	3.9	3.5	3	2.7	2.3
	80	0.00044	4.4	4.2	3.7	3.1	2.8	2.4
	90	0.00048	4.8	4.3	3.8	3.4	3.1	2.8
11	50	0.00029	3.8	3.7	2.8	2.6	2.2	2.1
	60	0.00035	3.9	3.8	3.3	3	2.3	2.2
	70	0.00038	4.2	4	3.5	3.1	2.6	2.3
	80	0.00043	4.4	4.1	3.6	3.3	2.8	2.4
	90	0.00048	4.7	4.3	3.7	3.5	3.1	2.6
12	50	0.00027	3.7	3.6	2.8	2.6	2.3	2.2
	60	0.00034	3.8	3.6	3.2	2.9	2.5	2.3
	70	0.00038	4.2	4	3.3	3	2.6	2.3
	80	0.00043	4.4	4.1	3.6	3.1	2.9	2.5
	90	0.00047	4.6	4.2	3.9	3.3	3	2.4
13	50	0.00028	3.6	3.5	2.8	2.7	2.4	2.3
	60	0.00035	3.8	3.6	3.2	2.9	2.5	2.4
	70	0.00039	4	3.8	3.4	2.9	2.6	2.4
	80	0.00042	4.2	4	3.5	3.3	2.8	2.4
	90	0.00045	4.5	4	3.6	3.3	2.9	2.7
14	50	0.00026	3.6	3.5	2.7	2.6	2.2	2.1
	60	0.00034	3.8	3.7	3.2	2.9	2.3	2.2
	70	0.00038	4.2	4	3.3	3	2.7	2.4
	80	0.00043	4.4	4.1	3.5	3.1	2.8	2.5
	90	0.00049	4.8	4.2	3.8	3.4	3.1	2.6
15	50	0.00027	3.7	3.6	2.8	2.6	2.1	2
	60	0.00035	3.8	3.7	3.2	2.8	2.3	2.1
	70	0.00039	4	3.8	3.3	3.2	2.5	2.3
	80	0.00042	4.2	4	3.4	3.3	2.8	2.4

	90	0.00047	4.7	4.3	3.9	3.4	3.1	2.6
--	----	---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Lampiran 2 Tabel hasil pengamatan pengujian debit aliran dan tekanan pada pipa galvanis

Pipa galvanis								
Pengambilan Data ke -	PK (°)	Debit aliran (m ³ /s)	Belokan 1		Belokan 2		Belokan 3	
			Tekanan di titik 1 (Psi)	Tekanan di titik 2 (Psi)	Tekanan di titik 3 (Psi)	Tekanan di titik 4 (Psi)	Tekanan di titik 5 (Psi)	Tekanan di titik 6 (Psi)
1	50	0.00023	3.5	3.4	2.5	2.2	1.7	1.5
	60	0.00034	4	3.9	3.2	2.9	2.3	2.1
	70	0.00038	4.2	4	3.3	2.9	2.6	2.3
	80	0.0004	4.4	4.1	3.6	3.2	2.8	2.5
	90	0.00047	4.6	4.3	3.8	3.3	3	2.6
2	50	0.00022	3.5	3.4	2.5	2.2	1.7	1.5
	60	0.00033	4	3.8	3	2.7	2.1	1.9
	70	0.00037	4.1	3.9	3.2	2.8	2.5	2.2
	80	0.00042	4.3	4	3.6	3.1	2.7	2.4
	90	0.00046	4.5	4.2	3.7	3.2	2.9	2.5
3	50	0.00029	4	3.9	3	2.6	2.2	2
	60	0.00036	4.1	3.9	3.2	2.8	2.2	2
	70	0.0004	4.2	4	3.4	3	2.6	2.3
	80	0.00042	4.5	4.1	3.8	3.2	2.8	2.5
	90	0.00043	4.8	4.3	3.9	3.4	3	2.6
4	50	0.00024	3.5	3.4	2.6	2.3	1.8	1.6
	60	0.00031	3.9	3.8	3	2.6	2	1.8
	70	0.00035	4.1	3.8	3.3	2.8	2.2	2
	80	0.0004	4.3	4.1	3.4	3.1	2.7	2.4
	90	0.00045	4.5	4.2	3.7	3.2	2.9	2.5
5	50	0.00025	3.4	3.3	2.6	2.3	1.8	1.6
	60	0.00033	3.7	3.6	2.8	2.4	2	1.6
	70	0.00036	4	3.8	3.1	2.7	2.4	2.2
	80	0.00041	4.5	4.1	3.7	3.2	2.9	2.6
	90	0.00047	4.6	4.3	3.8	3.3	3	2.6
6	50	0.00024	3.4	3.3	2.4	1.9	1.6	1.4
	60	0.00032	3.9	3.7	3	2.4	2.1	1.8
	70	0.00037	4.2	4	3.3	2.9	2.6	2.3
	80	0.0004	4.5	4.2	3.5	3.3	2.9	2.4
	90	0.00048	4.6	4.3	3.8	3.3	3	2.6
7	50	0.00027	3.9	3.8	2.9	2.6	2.1	1.9

	60	0.00036	4.1	3.9	3.2	2.8	2.2	2
	70	0.00037	4.2	4	3.3	2.9	2.6	2.3
	80	0.00041	4.4	4	3.7	3	2.8	2.4
	90	0.00048	4.7	4.4	3.9	3.4	3.1	2.7
8	50	0.00025	3.5	3.4	2.9	2.3	1.9	1.6
	60	0.00035	4	3.8	3	2.6	2.1	1.8
	70	0.0004	4.2	3.8	3.3	2.7	2.4	2.1
	80	0.00041	4.4	3.9	3.8	3.2	2.7	2.4
	90	0.00047	4.6	4.2	3.8	3.4	3	2.5
9	50	0.00022	3.5	3.4	2.5	2.2	1.7	1.5
	60	0.00033	4	3.8	3.1	2.7	2.1	1.9
	70	0.00036	4.1	3.9	3.2	2.8	2.5	2.2
	80	0.00041	4.3	4.1	3.6	3.1	2.7	2.4
	90	0.00046	4.5	4.2	3.7	3.2	2.9	2.5
10	50	0.00024	3.8	3.7	2.9	2.6	2.1	1.9
	60	0.00033	4	3.8	3.1	2.6	2.1	1.8
	70	0.00037	4.2	3.9	3.3	2.8	2.5	2.2
	80	0.00041	4.4	4.1	3.5	3	2.8	2.4
	90	0.00048	4.6	4.4	3.8	3.2	3	2.6
11	50	0.00023	3.8	3.7	2.8	2.4	2	1.7
	60	0.00034	4.1	3.9	3.2	2.8	2.2	2
	70	0.00036	4.2	4	3.3	2.9	2.6	2.3
	80	0.00043	4.4	4.2	3.5	3.1	2.8	2.5
	90	0.00046	4.6	4.3	3.8	3.3	3	2.6
12	50	0.00024	3.8	3.6	2.9	2.6	2.1	1.9
	60	0.00034	4.1	3.8	3.2	2.8	2.2	2
	70	0.00038	4.2	4	3.3	2.9	2.6	2.3
	80	0.00042	4.4	4.2	3.5	3.1	2.8	2.5
	90	0.00046	4.6	4.3	3.8	3.3	3	2.6
13	50	0.00024	3.8	3.7	2.9	2.6	2.1	1.9
	60	0.00034	4.1	3.8	3.2	2.8	2.2	2
	70	0.00036	4.2	4	3.3	2.9	2.6	2.3
	80	0.00041	4.4	4.2	3.5	3.1	2.8	2.5
	90	0.00046	4.6	4.3	3.8	3.3	3	2.6
14	50	0.00024	3.8	3.7	2.9	2.6	2.1	1.9
	60	0.00034	4.1	3.8	3.2	2.8	2.2	2
	70	0.00038	4.2	4	3.3	2.9	2.6	2.3
	80	0.00041	4.4	4.2	3.5	3.1	2.8	2.5
	90	0.00046	4.6	4.3	3.8	3.3	3	2.6
15	50	0.0002	3.2	3.1	2.5	2.1	1.9	1.4
	60	0.00029	3.8	3.6	3	2.7	2.2	1.8
	70	0.00036	4.1	3.9	3.2	2.9	2.3	2
	80	0.00041	4.3	4	3.3	3	2.7	2.3
	90	0.00046	4.5	4.2	3.8	3.2	2.9	2.7

Lampiran 3 Tabel hasil perhitungan pengujian perbandingan kerugian aliran pada pipa galvanis dan PVC

Jenis pipa	PK (°)	Perubahan Tekanan (ΔP) (Pa)			Kecepatan rata-rata aliran (m/s)	Bilangan Reynold	Laju aliran massa (kg/s)
		Belokan 1	Belokan 2	Belokan 3			
PVC	50	873.34	965.27	1103.16	0.9363	21140	0.2642
	60	1057.20	1608.78	1149.13	1.2045	27195	0.3399
	70	1516.85	1838.60	1838.60	1.3480	30435	0.3804
	80	1884.57	2482.11	2574.04	1.4868	33569	0.4195
	90	3079.66	2620.01	2941.76	1.6491	37234	0.4653
Galvanis	50	735.44	2436.15	1608.78	0.8469	19122	0.2390
	60	1378.95	2757.90	1700.71	1.1786	26611	0.3326
	70	1562.81	2895.80	1976.50	1.3103	29585	0.3697
	80	2022.46	3079.66	2298.25	1.4539	32825	0.4102
	90	2160.36	3493.34	2711.94	1.6350	36915	0.4613

Jenis Pipa	PK (°)	Serghides (1) (1984)				Haaland (1983)	Vatankah & Kouchak (2008)	
		A	B	C	<i>f</i>		<i>S</i>	<i>f</i>
PVC	50	6.45980	6.20659	6.24036	0.0212	0.0255	9.38651	0.0257
	51	6.66960	6.39184	6.42752	0.0218	0.0240	9.69766	0.0242
	52	6.76261	6.47456	6.51095	0.0220	0.0234	9.84194	0.0236
	53	6.84316	6.54653	6.58345	0.0222	0.0229	9.97062	0.0231
	54	6.92783	6.62253	6.65993	0.0224	0.0223	10.11012	0.0226
Galvanis	50	5.10888	5.09557	5.09611	0.0520	0.0384	28.04781	0.0385
	60	5.16569	5.15370	5.15407	0.0489	0.0376	35.80768	0.0376
	70	5.18089	5.16948	5.16981	0.0476	0.0373	38.86431	0.0374
	80	5.19454	5.18374	5.18402	0.0462	0.0371	42.18236	0.0372
	90	5.20857	5.19847	5.19871	0.0445	0.0369	46.35695	0.0370

Jenis pipa	PK (°)	Buzzelli (2008)			Ghanbari, (2011)	Rata-rata faktor gesek	Colebrook-White
		α	β	f			
PVC	50	5.92989	0.87435	0.0079	0.0259	0.0212	0.0254
	60	6.11511	0.99072	0.0081	0.0244	0.0205	0.0239
	70	6.19788	1.05438	0.0083	0.0238	0.0202	0.0232
	80	6.26995	1.11659	0.0084	0.0232	0.0200	0.0227
	90	6.34615	1.18998	0.0085	0.0227	0.0197	0.0222
Galvanis	50	5.29914	41.81760	0.0346	0.0388	0.0405	0.0263
	60	5.51907	57.99176	0.0348	0.0379	0.0394	0.0243
	70	5.58958	64.41730	0.0348	0.0376	0.0390	0.0236
	80	5.65873	71.41732	0.0349	0.0374	0.0386	0.0232
	90	5.73687	80.25428	0.0349	0.0372	0.0381	0.0225

<i>Minor losses pada fittings</i>				
Pipa PVC				
<i>Fittings</i>	PK (°)	Jumlah	Koefisien	<i>Minor losses (m)</i>
<i>Elbow 90°</i>	50	8	0.3	0.10724
	60	8	0.3	0.17747
	70	8	0.3	0.22227
	80	8	0.3	0.27040
	90	8	0.3	0.33267

<i>Minor losses pada fittings</i>				
Pipa galvanis				
<i>Fittings</i>	PK (°)	Jumlah	Koefisien	<i>Minor losses (m)</i>
<i>Elbow 90°</i>	50	8	0.3	0.0877
	60	8	0.3	0.1699
	70	8	0.3	0.2100
	80	8	0.3	0.2586
	90	8	0.3	0.3270

Jenis pipa	PK (°)	<i>Mayor losses (m)</i>							<i>Total head losses (m)</i>		
		Metode Hazen-Williams	Metode Darcy-Weisbach						Rata-Rata Metode Darcy-Weisbach	Hazen-Williams	Darcy-Weisbach
			Halaand	Serghides	Vatankah & Kouchak	Buzelli	Ghanbari				
PVC	50	50	0.1365	0.4573	0.3796	0.4608	0.1413	0.4633	0.3805	0.2438	
	60	60	0.2260	0.7123	0.6466	0.7189	0.2417	0.7230	0.6085	0.4034	
	70	70	0.2830	0.8690	0.8186	0.8775	0.3076	0.8826	0.7510	0.5053	
	80	80	0.3443	1.0335	1.0041	1.0441	0.3797	1.0504	0.9023	0.6147	
	90	90	0.4236	1.2418	1.2448	1.2552	0.4746	1.2629	1.0959	0.7562	
Galvanis	50	50	0.1745	0.5630	0.7631	0.5646	0.5080	0.5682	0.5933	0.2623	
	60	60	0.3380	1.0666	1.3885	1.0689	0.9880	1.0754	1.1175	0.5079	
	70	70	0.4178	1.3107	1.6699	1.3132	1.2226	1.3210	1.3675	0.6278	
	80	80	0.5143	1.6051	1.9956	1.6077	1.5065	1.6171	1.6664	0.7729	
	90	90	0.6504	2.0190	2.4339	2.0217	1.9072	2.0332	2.0830	0.9774	

Jenis Pipa	PK (°)	Total head losses (m)					
		Metode HW	Metode Darcy-Weisbach				
			Halaand	Serghides	Vatankah & Kouchak	Buzelli	Ghanbari
PVC	50	0.2438	0.5646	0.4868	0.5681	0.2486	0.5705
	60	0.4034	0.8898	0.8241	0.8964	0.4191	0.9005
	70	0.5053	1.0912	1.0409	1.0997	0.5299	1.1049
	80	0.6147	1.3039	1.2745	1.3145	0.6501	1.3208
	90	0.7562	1.5745	1.5775	1.5878	0.8073	1.5956
Galvanis	50	0.2623	0.6507	0.4673	0.6523	0.5957	0.6559
	60	0.5079	1.2366	0.8166	1.2388	1.1579	1.2454
	70	0.6278	1.5208	1.0286	1.5232	1.4326	1.5311
	80	0.7729	1.8636	1.2626	1.8662	1.7651	1.8756
	90	0.9774	2.3460	1.5718	2.3487	2.2342	2.3602

Jenis pipa	PK (°)	Persentasi kesalahan faktor gesek				
		Metode Darcy-Weisbach				
		Halaand	Serghides	Vatankah & Kouchak	Buzelli	Ghanbari
PVC	50	0.473	16.604	1.246	68.949	1.790
	60	0.629	8.650	1.556	65.860	2.135
	70	0.666	5.169	1.653	64.363	2.250
	80	0.712	2.154	1.747	62.995	2.359
	90	0.807	1.049	1.890	61.474	2.521
Galvanis	50	46.110	98.045	46.535	31.834	47.461
	60	54.586	101.238	54.915	43.188	55.862
	70	58.242	101.602	58.537	47.599	59.487
	80	60.265	99.263	60.523	50.423	61.462
	90	64.002	97.700	64.219	54.918	65.150

Lampiran 4 Tabel Persentasi Kenaikan pada Tiap Data

Jenis pipa	PK (°)	Debit aliran (m ³ /s)	Mayor losses (%)		Minor losses	Total head losses (%)	
			Metode Hazen-Williams	Metode Darcy-Weisbach		HW	DW
PVC	50	0.00027	0	0	0	0	0
	60	0.00034	40	37	40	40	38
	70	0.00038	52	49	52	52	50
	80	0.00042	60	58	60	60	58
	90	0.00047	68	65	68	68	66
Galvanis	50	0.00024	0	0	0	0	0
	60	0.00033	48	47	48	48	47
	70	0.00037	60	58	60	60	59
	80	0.00041	69	67	69	69	68
	90	0.00046	76	75	76	76	75

Jenis Pipa	PK (°)	Debit Aliran (m ³ /s)	Belokan 1		Belokan 2		Belokan 3	
			Tekanan di titik 1 (%)	Tekanan di titik 2 (%)	Tekanan di titik 3 (%)	Tekanan di titik 4 (%)	Tekanan di titik 5 (%)	Tekanan di titik 6 (%)
PVC	50	0.00027	0	0	0	0	0	0
	60	0.00034	5	5	14	11	6	6
	70	0.00038	12	11	17	15	13	10
	80	0.00042	17	14	22	18	19	14
	90	0.00047	22	17	25	21	25	19
Galvanis	50	0.00024	0	0	0	0	0	0
	60	0.00033	9	7	12	12	11	11
	70	0.00037	13	11	17	17	23	24
	80	0.00041	17	14	24	24	31	31
	90	0.00046	21	18	28	28	36	35

Jenis pipa	PK (°)	Debit Aliran (m ³ /s)	Perubahan tekanan (%)			Bilangan Reynold (%)
			Belokan 1	Belokan 2	Belokan 3	
PVC	50	0.00027	0	0	0	0
	60	0.00034	17	40	4	22
	70	0.00038	42	48	40	31
	80	0.00042	54	61	57	37
	90	0.00047	72	63	63	43
Galvanis	50	0.00024	0	0	0	0
	60	0.00033	47	12	5	28
	70	0.00037	53	16	19	35
	80	0.00041	64	21	30	42
	90	0.00046	66	30	41	48

Jenis pipa	PK (°)	Bilangan Reynold (%)	Rata-rata faktor gesek (%)
PVC	50	0	7
	60	22	4
	70	31	3
	80	37	1
	90	43	0
Galvanis	50	0	6
	60	28	3
	70	35	2
	80	42	1
	90	48	0

Jenis pipa	PK (°)	Bilangan Reynold	Belokan 1		Belokan 2		Belokan 3	
			Tekanan di titik 1 (%)	Tekanan di titik 2 (%)	Tekanan di titik 3 (%)	Tekanan di titik 4 (%)	Tekanan di titik 5 (%)	Tekanan di titik 6 (%)
PVC	50	0	0	0	0	0	0	0
	60	22	5	5	14	11	6	6
	70	31	12	11	17	15	13	10
	80	37	17	14	22	18	19	14
	90	43	22	17	25	21	25	19
Galvanis	50	0	0	0	0	0	0	0
	60	28	9	7	12	12	11	11
	70	35	13	11	17	17	23	24
	80	42	17	14	24	24	31	31
	90	48	21	18	28	28	36	35

Jenis pipa	PK (°)	Debit aliran (m ³ /s)	Mayor losses	
			Metode Darcy-Weisbach	Metode Hazen-Williams
PVC	50	0.00027	0	0
	60	0.00034	37	40
	70	0.00038	49	52
	80	0.00042	58	60
	90	0.00047	65	10
Galvanis	50	0.00024	0	0
	60	0.00033	47	48
	70	0.00037	57	58
	80	0.00041	64	66
	90	0.00046	72	73

Jenis pipa	PK (°)	Mayor losses(%)		Perubahan tekanan (%)		
		Metode Hazen-Williams	Metode Darcy-Weisbach	Belokan 1	Belokan 2	Belokan 3
PVC	50	0	0	0	0	0
	60	40	37	17	40	4
	70	52	49	42	48	40
	80	60	58	54	61	57
	90	68	65	72	63	63
Galvanis	50	0	0	0	0	0
	60	48	47	47	12	5
	70	60	58	53	16	19
	80	69	67	64	21	30
	90	76	75	66	30	41

Jenis pipa	PK (°)	Debit Aliran (m ³ /s)	Perubahan tekanan (%)		
			Belokan 1	Belokan 2	Belokan 3
PVC	50	0.00027	0	0	0
	60	0.00034	17	40	4
	70	0.00038	42	48	40
	80	0.00042	54	61	57
	90	0.00047	72	63	63
Galvanis	50	0.00024	0	0	0
	60	0.00033	47	12	5
	70	0.00037	53	16	19
	80	0.00041	64	21	30
	90	0.00046	66	30	41

Jenis pipa	PK (°)	Minor losses (%)	Belokan 1		Belokan 2		Belokan 3	
			Tekanan di titik 1 (%)	Tekanan di titik 2 (%)	Tekanan di titik 3 (%)	Tekanan di titik 4 (%)	Tekanan di titik 5 (%)	Tekanan di titik 6 (%)
PVC	50	0	0	0	0	0	0	0
	60	40	5	5	14	11	6	6
	70	52	12	11	17	15	13	10
	80	60	17	14	22	18	19	14
	90	68	22	17	25	21	25	19
Galvanis	50	0	0	0	0	0	0	0
	60	48	9	7	12	12	11	11
	70	58	13	11	17	17	23	24
	80	66	17	14	24	24	31	31
	90	73	21	18	28	28	36	35

Jenis Pipa	PK (°)	Laju aliran massa (kg/s)	Faktor gesek				
			Halaand	Serghides	Vatankah & Kouchak	Buzelli	Ghanbari
PVC	50	0	12	0	12	0	12
	60	22	7	3	7	3	7
	70	31	5	4	4	5	4
	80	37	2	4.7	2	6	2
	90	43	0	5.4	0	8	0
Galvanis	50	0	4	14	4	0	4
	60	28	2	9	2	0	2
	70	35	1.1	6	1.1	0.5	1.1
	80	42	0.5	4	0.6	0.6	0.6
	90	48	0	0	0	0.7	0

Jenis pipa	PK (°)	Mayor losses pada persen peningkatan (%)						Perubahan tekanan (%)		
		Metode Hazen-Williams	Metode Darcy-Weisbach					Belo kan 1	Belo kan 2	Belo kan 3
			Halaand	Serghides	Vatankah & Kouchak	Buzelli	Ghanbari			
PVC	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	40	36	41	36	42	36	17	40	4
	70	52	47	54	47	54	48	42	48	40
	80	60	56	62	56	63	56	54	61	57
	90	68	63	70	63	70	63	72	63	63
Galvanis	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	48	47	45	47	49	47	47	12	5
	70	58	57	54	57	58	57	53	16	19
	80	66	65	62	65	66	65	64	21	30
	90	73	72	69	72	73	72	66	30	41

Jenis pipa	PK (°)	Metode perhitungan <i>major losses</i> (%)						Kecepatan rata-rata aliran (%)
		Hazen-Williams	Halaand	Serghides	Vatankah & Kouchak	Buzelli	Ghanbari	
PVC	50	0	0	0	0	0	0	0
	60	40	36	41	36	42	36	22
	70	52	47	54	47	54	48	31
	80	60	56	62	56	63	56	37
	90	68	63	70	63	70	63	43
Galvanis	50	0	0	0	0	0	0	0
	60	48	47	45	47	49	47	28
	70	58	57	54	57	58	57	35
	80	66	65	62	65	66	65	42
	90	73	72	69	72	73	72	48

Lampiran 5 Tabel Sifat Air Berdasarkan Temperatur (Fundamental of Fluid Mechanics 7th Edition by Munson, 1994)

Table B.2
Physical Properties of Water (SI Units)^a

Temperature (°C)	Density, ρ (kg/m ³)	Specific Weight ^b , γ (kN/m ³)	Dynamic Viscosity, μ (N·s/m ²)	Kinematic Viscosity, ν (m ² /s)	Surface Tension ^c , σ (N/m)	Vapor Pressure, p_v [N/m ² (abs)]	Speed of Sound ^d , c (m/s)
0	999.9	9.806	1.787 E - 3	1.787 E - 6	7.56 E - 2	6.105 E + 2	1403
5	1000.0	9.807	1.519 E - 3	1.519 E - 6	7.49 E - 2	8.722 E + 2	1427
10	999.7	9.804	1.307 E - 3	1.307 E - 6	7.42 E - 2	1.228 E + 3	1447
20	998.2	9.789	1.002 E - 3	1.004 E - 6	7.28 E - 2	2.338 E + 3	1481
30	995.7	9.765	7.975 E - 4	8.009 E - 7	7.12 E - 2	4.243 E + 3	1507
40	992.2	9.731	6.529 E - 4	6.580 E - 7	6.96 E - 2	7.376 E + 3	1526
50	988.1	9.690	5.468 E - 4	5.534 E - 7	6.79 E - 2	1.233 E + 4	1541
60	983.2	9.642	4.665 E - 4	4.745 E - 7	6.62 E - 2	1.992 E + 4	1552
70	977.8	9.589	4.042 E - 4	4.134 E - 7	6.44 E - 2	3.116 E + 4	1555
80	971.8	9.530	3.547 E - 4	3.650 E - 7	6.26 E - 2	4.734 E + 4	1555
90	965.3	9.467	3.147 E - 4	3.260 E - 7	6.08 E - 2	7.010 E + 4	1550
100	958.4	9.399	2.818 E - 4	2.940 E - 7	5.89 E - 2	1.013 E + 5	1543

Lampiran 6 Koefisien Minor Losses pada Sambungan (Fittings) (Hafiz, 2019)

Komponen	Jumlah	Rumus	Koefisien	Head loss minor [m]
Butterfly Valve	2	$f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \cdot n$	0.6	0.057
Check Valve	2	$f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \cdot n$	2	0.095
Reducer	2	$f \cdot \frac{(V_1 - V_2)^2}{2 \cdot g} \cdot n$	0.04	0.0004
Tee	2	$f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \cdot n$	1	0.0005
Elbow 90	4	$f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \cdot n$	0.3	0.057

Lampiran 7 Koefisien Hazen-Williams pada Beberapa Jenis Pipa (Hafiz, 2019)

No	Material Pipa	Angka
1	Asbes Cement	120
2	Poly Vinyl Chloride	120 - 140
3	High Density Poly Ethylene	130
4	Medium Density Poly Ethylene	130
5	Ductile Cast Iron Pipe	110
6	Besi Tuang, Cast Iron	110
7	Galvanized Iron Pipe	110
8	Steel Pipe	110

Lampiran 8 Nilai Kekasaran Permukaan pada Beberapa Jenis Pipa (Chaurette, 2003)

Pipe absolute roughness values (RMS)		
Material	Absolute roughness (in $\times 10^{-3}$)	Absolute roughness (micron or $m \times 10^{-6}$)
Riveted steel ¹	36-360	915-9150
Concrete ¹	12-120	305-3050
Ductile iron ²	102	2591
Wood stave ¹	3.6-7.2	91-183
Galvanized iron ¹	6	152
Cast iron – asphalt dipped ¹	4.8	122
Cast iron uncoated ¹	10	254
Carbon steel or wrought iron ¹	1.8	45
Stainless steel ¹	1.8	45
Fiberglass ³	0.2	5
Drawn tubing – glass, brass, plastic ¹	0.06	1.5
Copper ²	0.06	1.5
Aluminium ²	0.06	1.5
PVC ²	0.06	1.5
Red brass ²	0.06	1.5

Lampiran 9 Dokumentasi Pembuatan Instalasi Pipa PVC dan Galvanis







Lampiran 10 Dokumentasi Pengambilan Data pada Pipa PVC dan Galvanis di
Laboratorium Mesin Fluida



















