

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Nugroho, & 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 Sistim 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
- SaeedSayoga, 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 Bukan 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).
- Waspodo, 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								
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 HDPE

Pipa HDPE								
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	0.00024	3.4	3.3	2.7	2.6	1.9	1.7
	60	0.00035	3.7	3.5	3.3	2.8	2.3	2.2
	70	0.00038	4.1	4	3.3	3.1	2.6	2.4
	80	0.00041	4.2	4.1	3.5	3.2	2.8	2.5
	90	0.00042	4.4	4.2	3.6	3.3	2.9	2.7
2	50	0.00025	3.3	3.2	2.7	2.6	2.1	1.8
	60	0.00034	3.6	3.5	3.1	3	2.2	1.9
	70	0.00035	3.7	3.6	3.2	2.8	2.5	2.2
	80	0.00041	4.1	3.9	3.6	3.1	2.8	2.3
	90	0.00045	4.3	4.2	3.8	3.3	2.9	2.5
3	50	0.00025	3.4	3.2	2.6	2.5	2.1	2
	60	0.00033	3.6	3.5	3.2	2.9	2.3	2.1
	70	0.00037	4	3.8	3.4	3	2.5	2.2
	80	0.00041	4.3	4	3.7	3.3	2.8	2.4
	90	0.00044	4.4	4.1	3.8	3.5	2.9	2.6
4	50	0.00025	3.4	3.2	2.6	2.5	2.1	2
	60	0.00034	3.8	3.4	3.1	3	2.2	2.1
	70	0.00036	4.1	3.7	3.3	3.1	2.4	2.3
	80	0.00041	4.2	3.8	3.5	3.1	2.7	2.4
	90	0.00045	4.4	4.1	3.7	3.3	2.8	2.5
5	50	0.00025	3.4	3.3	2.6	2.5	2	1.9
	60	0.00033	3.6	3.5	3	2.7	2.2	2.1
	70	0.00036	3.9	3.8	3.3	3	2.5	2.3
	80	0.00042	4	3.9	3.5	3.3	2.6	2.4
	90	0.00045	4.3	4.1	3.7	3.4	2.8	2.5
6	50	0.00024	3.2	3	2.6	2.3	2.1	2
	60	0.00032	3.5	3.4	3	2.8	2.2	2.1
	70	0.00036	3.8	3.6	3.2	3	2.5	2.2
	80	0.00041	4.1	3.8	3.5	3.2	2.7	2.4
	90	0.00045	4.3	4	3.6	3.3	2.8	2.5
7	50	0.00027	3.2	3.1	2.5	2.4	2	1.9

	60	0.00033	3.4	3.4	3.2	2.9	2.3	2
	70	0.00036	3.8	3.7	3.3	3	2.5	2.3
	80	0.00042	4.1	3.8	3.5	3.2	2.6	2.4
	90	0.00044	4.2	4.1	3.6	3.3	2.8	2.4
8	50	0.00025	3.4	3.3	2.8	2.5	2	1.8
	60	0.00035	3.6	3.5	3	2.7	2.2	2
	70	0.00036	4	3.8	3.3	2.9	2.4	2.2
	80	0.00041	4.1	3.9	3.7	3.2	2.5	2.3
	90	0.00046	4.3	4	3.8	3.3	2.9	2.4
9	50	0.00023	3.4	3.3	2.6	2.4	2	1.9
	60	0.00033	3.6	3.5	3.1	2.8	2.3	2.1
	70	0.00036	3.7	3.6	3.2	3	2.5	2.2
	80	0.00042	4	3.8	3.5	3.1	2.7	2.3
	90	0.00045	4.3	4	3.6	3.2	2.9	2.4
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	0.00045	4.6	4.2	3.7	3.2	3	2.5
11	50	0.00024	3.8	3.7	2.8	2.4	2	1.7
	60	0.00034	4	3.9	3.2	2.8	2.2	2
	70	0.00035	4.2	4	3.3	2.9	2.6	2.2
	80	0.00043	4.4	4.1	3.5	3.1	2.8	2.3
	90	0.00046	4.5	4.2	3.8	3.3	3	2.5
12	50	0.00024	3.8	3.5	2.9	2.6	2.1	1.9
	60	0.00034	4	3.8	3.2	2.8	2.2	2
	70	0.00036	4.2	4	3.3	2.9	2.6	2.3
	80	0.00043	4.4	4.1	3.5	3.1	2.8	2.5
	90	0.00045	4.5	4.2	3.7	3.2	3	2.5
13	50	0.00025	3.6	3.5	2.9	2.6	2.1	1.9
	60	0.00034	3.7	3.5	3.2	2.8	2.2	2
	70	0.00037	3.8	3.6	3.3	2.9	2.6	2.3
	80	0.00041	4.1	3.7	3.5	3.1	2.8	2.4
	90	0.00045	4.4	4	3.6	3.3	3	2.5
14	50	0.00025	3.5	3.4	2.7	2.5	2.1	1.9
	60	0.00034	3.7	3.5	3.2	2.8	2.2	2
	70	0.00035	4	3.8	3.3	3	2.6	2.2
	80	0.00041	4.2	4	3.5	3.2	2.8	2.3
	90	0.00046	4.5	4.1	3.7	3.3	3	2.4
15	50	0.00024	3.2	3.1	2.5	2.1	1.9	1.4
	60	0.00029	3.6	3.5	3	2.7	2.2	1.8
	70	0.00036	4.1	4	3.2	2.9	2.3	2

	80	0.00041	4.3	3.9	3.3	3	2.7	2.3
	90	0.00044	4.4	4	3.5	3.2	2.9	2.5

Lampiran 3 Tabel hasil perhitungan pengujian perbandingan kerugian aliran pada pipa HDPE 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	873.335	965.265	1103.161	0.9363	21140	0.2643
	60	1057.196	1608.776	1149.126	1.2044	27195	0.3400
	70	1516.846	1838.601	1838.601	1.3479	30435	0.3805
	80	1884.566	2482.112	2574.042	1.4867	33569	0.4197
	90	3079.658	2620.007	2941.762	1.6491	37234	0.4655
HDPE	50	919.300	1516.846	1332.986	0.8680	19600	0.2450
	60	1011.231	2206.322	1424.916	1.1762	26558	0.3320
	70	1241.056	2252.287	1884.566	1.2750	28789	0.3599
	80	1838.601	2574.042	2436.147	1.4632	33038	0.4130
	90	1976.497	2665.972	2849.832	1.5808	35694	0.4463

Jenis Pipa	PK (°)	Faktor Gesek (<i>Friction Factor</i>)												
		Serghides (1) (1984)				Haaland (1983)	Vatankah & Kouchak (2008)		Buzzelli (2008)			Ghanbari, (2011)	Rata-Rata Faktor Gesek	Colebrook-White
		A	B	C	f		s	f	α	β	f			
PVC	50	6.459	6.206	6.240	0.02118	0.02552	9.386	0.02572	5.929	0.874	0.00789	0.02585	0.02123	0.02540
	60	6.669	6.391	6.427	0.02181	0.02402	9.697	0.02424	6.115	0.990	0.00815	0.02438	0.02052	0.02387
	70	6.762	6.474	6.510	0.02204	0.02339	9.841	0.02362	6.197	1.054	0.00828	0.02376	0.02022	0.02324
	80	6.843	6.546	6.583	0.02222	0.02287	9.970	0.02311	6.269	1.116	0.00840	0.02325	0.01997	0.02271
	90	6.927	6.622	6.659	0.02239	0.02234	10.110	0.02258	6.346	1.189	0.00854	0.02272	0.01971	0.02216
HDPE	50	5.113	5.100	5.100	0.05188	0.03238	18.057	0.03263	5.502	19.972	0.02694	0.03290	0.03534	0.02642
	60	5.165	5.153	5.153	0.04892	0.03131	21.540	0.03154	5.711	26.883	0.02714	0.03181	0.03414	0.02567
	70	5.177	5.165	5.165	0.04793	0.03107	22.640	0.03128	5.767	29.100	0.02718	0.03156	0.03381	0.02425
	80	5.195	5.184	5.184	0.04610	0.03069	24.719	0.03089	5.861	33.325	0.02725	0.03117	0.03322	0.02376
	90	5.204	5.194	5.194	0.04502	0.03050	26.009	0.03068	5.915	35.965	0.02728	0.03096	0.03289	0.02314

Jenis pipa	PK (°)	Total head losses (m)	
		Hazen-Williams	Darcy-Weisbach
PVC	50	0.2437	0.4877
	60	0.4034	0.7859
	70	0.5052	0.9733
	80	0.6146	1.1727
	90	0.7562	1.4285
HDPE	50	0.2267	0.6366
	60	0.4164	1.1349
	70	0.4892	1.3223
	80	0.6443	1.7158
	90	0.7521	1.9858

Jenis pipa	PK (°)	Mayor losses (m)						
		Metode Hazen-Williams	Metode Darcy-Weisbach					Rata-rata metode Darcy-Weisbach
			Halaand (1983)	Serghides (1) (1984)	Vatankah & Kouchak (2008)	Buzelli (2008)	Ghanbari (2011)	
PVC	50	0.1365	0.4573	0.3795	0.4608	0.1413	0.4633	0.3804
	60	0.2259	0.7123	0.6466	0.7188	0.2416	0.7229	0.6085
	70	0.2830	0.8689	0.8185	0.8774	0.3076	0.8826	0.7510
	80	0.3442	1.0334	1.0040	1.0440	0.3797	1.0503	0.9023
	90	0.4235	1.2418	1.2448	1.2551	0.4746	1.2629	1.0958
HDPE	50	0.1346	0.4987	0.7991	0.5026	0.4149	0.5067	0.5444
	60	0.2471	0.8856	1.3836	0.8918	0.7674	0.8996	0.9656
	70	0.2904	1.0326	1.5928	1.0396	0.9032	1.0488	1.1234
	80	0.3824	1.3433	2.0176	1.3517	1.1926	1.3640	1.4538
	90	0.4464	1.5580	2.2999	1.5673	1.3938	1.5816	1.6801

Jenis pipa	PK (°)	Persentasi kesalahan faktor gesek				
		Metode Darcy-Weisbach				
		Halaand (1983)	Serghides (1) (1984)	Vatankah & Kouchak (2008)	Buzelli (2008)	Ghanbari (2011)
PVC	50	0.473	16.603	1.246	68.948	1.790
	60	0.628	8.650	1.555	65.859	2.134
	70	0.666	5.169	1.652	64.363	2.249
	80	0.711	2.154	1.746	62.995	2.359
	90	0.807	1.048	1.890	61.473	2.520
HDPE	50	22.550	96.370	23.508	1.960	24.510
	60	21.988	90.590	22.849	5.712	23.926
	70	28.131	97.645	29.001	12.085	30.149
	80	29.177	94.025	29.989	14.685	31.170
	90	31.796	94.557	32.584	17.909	33.799

<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	0.1072
	60	8	0.3	0.1774
	70	8	0.3	0.2222
	80	8	0.3	0.2704
	90	8	0.3	0.3326
Pipa HDPE				
<i>Fittings</i>	PK (°)	Jumlah	Koefisien	<i>Minor losses (m)</i>
<i>Elbow 90°</i>	50	8	0.3	0.0921
	60	8	0.3	0.1692
	70	8	0.3	0.1988
	80	8	0.3	0.2619
	90	8	0.3	0.3057

Lampiran 4 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 5 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 6 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 7 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

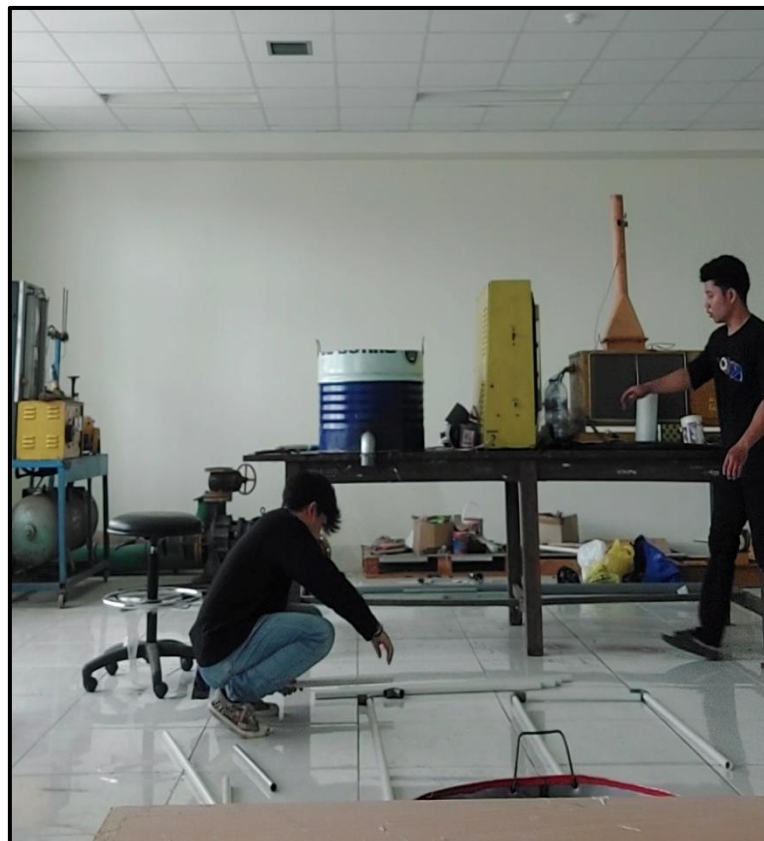
Tabel 4. Spesifikasi N2-N3

Data Teknis	Nilai	Unit
Material Pipa	HDPE	
Diameter Pipa (D)	DN315 PN 12.5	[m]
Panjang Pipa (L)	1098.46	[m]
Density Fluida (ρ)	1000	[Kg/m^3]
Debit Fluida (Q)	0.0694	[m^3/s]
Percepatan Gravitasi (g)	9.81	[m/s^2]
Luas Penampang Pipa (A)	0.056	[m^2]
Viskositas Kinematik (ν)	1.003×10^{-6}	[m^2/s]
Roughness (ϵ)	7×10^{-5}	[m]
Koefisien Hazen-William (C)	130	
Koef De Chezy Manning (n)	0.010	

Lampiran 8 Dokumentasi pembuatan instalasi pipa PVC dan HDPE







Lampiran 9 Dokumentasi pengambilan data pada pipa PVC dan HDPE di
Laboratorium Mesin fluida







Lampiran 10 Tabel persentasi kenaikan pada tiap data

Jenis pipa	PK (°)	Debit aliran (m ³ /s)	Major losses (%)		Minor losses (%)	Total head losses (%)	
			Metode Hazen-Williams	Metode Darcy-Weisbach		Hazen-Williams	Darcy-Weisbach
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
HDPE	50	0.00025	0	0	0	0	0
	60	0.00033	46	44	46	46	44
	70	0.00036	54	52	54	54	53
	80	0.00041	62	60	62	62	61
	90	0.00045	71	70	71	71	70

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
HDPE	50	0.00025	0	0	0	0	0	0
	60	0.00033	8	6	10	10	9	9
	70	0.00036	12	10	16	16	22	21
	80	0.00041	15	14	23	23	29	29
	90	0.00045	21	22	26	26	34	33

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
HDPE	50	0.00025	0	0	0	0
	60	0.00033	45	11	6	26
	70	0.00036	51	17	18	33
	80	0.00041	61	22	29	40
	90	0.00045	64	29	38	46

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
HDPE	50	0	5
	60	26	3
	70	33	2
	80	40	1
	90	46	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
HDPE	50	0	0	0	0	0	0	0
	60	26	8	6	10	10	9	9
	70	33	12	10	16	16	22	21
	80	39	15	14	23	23	29	29
	90	45	21	22	26	26	34	33

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
HDPE	50	0.00025	0	0
	60	0.00033	44	46
	70	0.00036	52	54
	80	0.00041	60	62
	90	0.00045	70	71

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
HDPE	50	0	0	0	0	0
	60	46	44	45	11	6
	70	54	52	51	17	18
	80	62	60	61	22	29
	90	71	70	64	29	38

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
HDPE	50	0.00025	0	0	0
	60	0.00033	45	11	6
	70	0.00036	51	17	18
	80	0.00041	61	22	29
	90	0.00045	64	29	38

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
HDPE	50	0	0	0	0	0	0	0
	60	46	8	6	10	10	9	9
	70	54	12	10	16	16	22	21
	80	62	15	14	23	23	29	29
	90	71	21	22	26	26	34	33

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
HDPE	50	0	5	14	5	0	5
	60	26	3	8	3	0	3
	70	34	1.7	7	1.7	0.5	1.7
	80	41	0.6	5	0.7	0.6	0.6
	90	46	0	0	0	0.7	0

Jenis pipa	PK (°)	Mayor losses pada persen peningkatan (%)						Perubahan tekanan (%)		
		Metode Hazen-Williams	Metode Darcy-Weisbach					Belokan 1	Belokan 2	Belokan 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
HDPE	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	47	46	44	46	48	46	45	11	6
	70	57	56	53	56	57	56	51	17	18
	80	64	65	61	65	64	64	61	22	29
	90	71	70	67	71	72	71	64	29	38

Jenis pipa	PK (°)	Metode perhitungan mayor losses (%)						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
HDPE	50	0	0	0	0	0	0	0
	60	47	46	44	46	48	46	26
	70	57	56	53	56	57	56	33
	80	64	65	61	65	64	64	41
	90	71	70	67	71	71	71	47

Lampiran 11 Gambaran aliran yang mengalir pada pipa PVC dan HDPE pada saat pengambilan data







