



ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ALIRAN TERADAP NILAI KEKASARAN PIPA YANG BERBEDA

Farida Gaffar¹, Kasmawati², Fitria Anwar^{3*}, Hesti Almidar⁴, Fauziah Latif⁵

¹Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

²Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

³Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

⁴Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

⁵Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

*Email : fitriaanwr0556@gmail.com

Abstract: Flow obstructions often occur in the flow that passes through a pipe installation. As a result, head loss and pressure drop occur which are influenced by fluid friction and changes in the flow pattern of a pipe. However, under certain conditions, frictional resistance is only influenced by fluid viscosity. The aim of this research is to analyze the characteristics of the flow of roughness values in PVC pipes and the flow of roughness values in PP-R pipes using experimental methods carried out in the laboratory. The data that has been collected analyzed using the Reynolds equation, Darcy equation and Bernoulli equation. The research results showed that the characteristic of PVC pipes with the largest froude number value which 0.315 and the smallest which 0.090 were subcritical flow. Meanwhile, the characteristic of the PP-R pipe with the largest froude number value which 0.297 and the smallest which 0.057 were also subcritical flow.

Keywords: Flow characteristics; Froud number, Reynolds, Pipe

1. PENDAHULUAN

Sistem perpipaan sangat berperan dalam hal pendistribusian fluida yang berpindah tempat seperti di perusahaan air minum maupun industri besar seperti perminyakan (Chow, 1992). Menurut Erizal (2013), aliran terdiri dari aliran permanen (*steady*) dan tidak permanen (*unsteady*) jika dilihat dari perbedaan kedalaman dan kecepatan. Sedangkan aliran seragam (*uniform*) dan tidak seragam (*non-uniform*) dilihat dari fungsi ruangnya.

Bilangan Froude merupakan bilangan yang tidak memiliki satuan serta berfungsi untuk mengukur kekebalan suatu objek gerak pada saluran air. Bilangan Froude terpaku pada kecepatan ataupun beda jarak dan di implementasikan pada pekerjaan keairan contohnya seperti drainase (Rumahherang dkk., 2023).

Menurut Triatmodjo (1996), persamaan Reynolds adalah persamaan yang mengatur distribusi fluida dan berfungsi untuk menggambarkan distribusi tekanannya. Persamaan Darcy adalah persamaan yang mengaitkan antara kehilangan tekanan yang terjadi karena gaya gesek pada pipa dengan kecepatan rata-rata aliran fluida.

Sementara itu persamaan Bernoulli berhubungan dengan kecepatan dan tekanan maupun ketinggian antara 2 aliran fluida yang memiliki massa jenis.

PVC atau polyvinyl chloride merupakan bahan termoplastik yang cocok untuk bahan baku pembuatan pipa. Jenis pipa ini mempunyai daya tahan yang tinggi, perangkaian yang mudah serta harga yang terjangkau sehingga dapat menjadi alternatif pengganti dari pipa dengan bahan logam. Sementara itu pipa PP-R atau Polypropylene Random Copolymer merupakan pipa dengan diameter 20 – 110 mm yang cenderung kaku. Pipa jenis ini jauh lebih tebal jika dibandingkan dengan pipa berbahan PVC sehingga memiliki daya tahan yang sangat baik untuk aliran panas maupun dingin (Armaja dkk., 2023).

Fluida bergerak di dalam pipa dalam bentuk zat cair maupun gas. Hambatan aliran sering kali terjadi pada aliran yang melewati suatu instalasi pipa. Akibatnya terjadi head loss dan pressure drop yang dipengaruhi oleh gesekan fluida dan perubahan pola aliran suatu pipa (Narding dkk., 2021). Maka dari itu penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis karakteristik aliran nilai kekasaran pada pipa PVC dan aliran nilai kekasaran pada pipa PP-R.

Penelitian sebelumnya yang membahas tentang aliran pipa adalah Analisa Headloss Aliran Fluida Pada Pipa Lurus Dengan Variasi Debit Aliran Dan Variasi Diameter Pipa (Sudirman dkk., 2022) dimana diameter pipa berbanding terbalik dengan pressure drop. Menurut Alkindi dkk (2023) pada Analisis Head Losses Pada Circulating Fluida Air Dalam Dua Jenis Pipa, nilai head loss minor pada bukaan katup 100% sebanyak 0,08 m, bukaan katup 75% sebanyak 0,02 m dan bukaan katup 50% sebanyak 0,01 m. Pada penelitian Pengaruh Losses/Pressure Drop Pada Sistem Perpipaan Header Pompa Dalam Menentukan Spesifikasi Pengadaan Pompa Distribusi, kekurangan head pompa 1,04 bar bisa menyebabkan air yang tidak mengalir (Mardini, 2022). Selain itu pada penelitian Analisa Head Loss Dan Kerja Pompa Dengan Variasi Perubahan Diameter Pada Sistem Pemipaan, penyebab terjadinya head loss sistem pipa dikarenakan adanya faktor gesek pada dinding pipa dan ukuran diameter pipa yang berubah (Yahya dkk., 2022), serta penelitian dengan judul Pengaruh Diameter Pipa Pada Aliran Fluida Terhadap Nilai Head Loss menyimpulkan dimana luas permukaan dari diameter suatu pipa akan sangat memengaruhi nilai head loss (H_f) (Rahayu dkk., 2021).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar tepatnya pada Bulan Juli 2023.

Data penelitian didapat melalui percobaan di laboratorium meliputi tekanan pada manometer, penentuan volume air, waktu dan temperatur air menggunakan alat fluid friction apparatus, hydraulic bench, manometer dan stopwatch.

Teknik analisis data terdiri dari perhitungan bilangan Reynold menggunakan persamaan Reynold, perhitungan kehilangan energi menggunakan persamaan Darcy,

perhitungan kecepatan air yang mengalir dalam pipa menggunakan persamaan Bernoulli dan perhitungan luas penampang pipa menggunakan rumus lingkaran.

Bilangan Reynolds (Re) dihitung menggunakan skala kecepatan, densitas, viskositas, dan panjang karakteristik fluida. Rumus bilangan Reynolds sebagai berikut (White et al., 1988) :

$$Re = \frac{(\rho \times v \times L)}{\mu}$$

Berdasarkan rumus diatas, ρ merupakan massa jenis fluida, v merupakan kecepatan fluida, L merupakan skala panjang karakteristik dan μ merupakan viskositas fluida.

Head loss menggunakan persamaan Darcy dapat dihitung dengan rumus (Aisyah dkk., 2021) :

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Berdasarkan rumus diatas, h_f adalah head loss akibat gesekan, L adalah panjang pipa, D adalah diameter pipa, V adalah kecepatan rata-rata aliran, g adalah percepatan gravitasi serta f adalah faktor gesekan Darcy.

Kecepatan air yang mengalir dalam pipa menggunakan persamaan Bernoulli yang dihitung dengan rumus (Zulkifli, 2012) :

$$V = \frac{Q}{A}$$

Berdasarkan rumus diatas, V merupakan kecepatan aliran, Q merupakan debit aliran dan A merupakan luas penampang basah.

Sementara itu perhitungan luas penampang pipa menggunakan rumus lingkaran adalah sebagai berikut (Hutagalung dkk., 2023) :

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

Berdasarkan rumus diatas, A merupakan luas penampang basah, π sebesar 3,14 atau 22/7 dan D merupakan diameter lingkaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Karakteristik Aliran Pada Pipa PVC Minimal No. 3

No.	Kecepatan Aliran (V)	Diameter Pipa (D)	Viskositas Kinematik	Reynold (Re)	Frode (Fr)	Keterangan	
	m/detik	m	v	-		Re	Fr
1	0,031	0,206	0,802	0,295	0,315	Laminar	Subkritis
2	0,032	0,206	0,802	0,297	0,327	Laminar	Subkritis

3	0,033	0,206	0,802	0,298	0,170	Laminar	Subkritis
4	0,035	0,206	0,802	0,300	0,177	Laminar	Subkritis
5	0,036	0,206	0,802	0,302	0,184	Laminar	Subkritis
6	0,038	0,206	0,802	0,304	0,128	Laminar	Subkritis
7	0,040	0,206	0,802	0,306	0,134	Laminar	Subkritis
8	0,041	0,206	0,802	0,309	0,106	Laminar	Subkritis
9	0,044	0,206	0,802	0,311	0,111	Laminar	Subkritis
10	0,046	0,206	0,802	0,314	0,117	Laminar	Subkritis

Berdasarkan tabel 1, bilangan Reynold terbesar pada percobaan ke-10 yaitu $Re = 0,314$ sehingga alirannya berjenis laminar karena nilai $Re < 2000$. Bilangan Froude terbesar pada percobaan ke-1 yaitu $Fr = 0,315$ sehingga alirannya berjenis subkritis karena nilai $Fr < 1$.

Hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Reynold berbanding lurus karena semakin besar kecepatan aliran maka semakin besar bilangan Reynold yang dihasilkan. Sementara itu hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Froude berbanding terbalik karena semakin besar kecepatan aliran maka semakin kecil bilangan Froude yang dihasilkan.

Tabel 2. Karakteristik Aliran Pada Pipa PVC Maksimal No. 3

No.	Kecepatan Aliran (V)	Diameter Pipa (D)	Viskositas Kinematik	Reynold (Re)	Froude (Fr)	Keterangan	
	m/detik	m	v	-		Re	Fr
1	0,034	0,206	0,802	0,299	0,173	Laminar	Subkritis
2	0,035	0,206	0,802	0,301	0,181	Laminar	Subkritis
3	0,037	0,206	0,802	0,303	0,126	Laminar	Subkritis
4	0,039	0,206	0,802	0,305	0,131	Laminar	Subkritis
5	0,040	0,206	0,802	0,307	0,138	Laminar	Subkritis
6	0,043	0,206	0,802	0,310	0,144	Laminar	Subkritis
7	0,045	0,206	0,802	0,313	0,091	Laminar	Subkritis
8	0,047	0,206	0,802	0,316	0,096	Laminar	Subkritis
9	0,050	0,206	0,802	0,319	0,085	Laminar	Subkritis
10	0,053	0,206	0,802	0,323	0,090	Laminar	Subkritis

Berdasarkan tabel 2, bilangan Reynold terbesar pada percobaan ke-10 yaitu $Re = 0,323$ sehingga alirannya berjenis laminar karena nilai $Re < 2000$ dan bilangan Froude terbesar pada percobaan ke-2 yaitu $Fr = 0,181$ sehingga alirannya berjenis subkritis karena nilai $Fr < 1$.

Hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Reynold berbanding lurus karena semakin besar kecepatan aliran maka semakin besar bilangan Reynold yang dihasilkan. Sementara itu hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Froude berbanding terbalik karena semakin besar kecepatan aliran maka semakin kecil bilangan Froude yang dihasilkan.

Tabel 3. Karakteristik Aliran Pada Pipa PP-R Minimal No. 4

No.	Kecepatan Aliran (V) m/detik	Diameter Pipa (D) m	Viskositas Kinematik v	Reynold (Re) -	Frode (Fr) -	Keterangan	
						Re	Fr
1	0,029	0,206	0,802	0,293	0,297	Laminar	Subkritis
2	0,030	0,206	0,802	0,294	0,154	Laminar	Subkritis
3	0,031	0,206	0,802	0,296	0,106	Laminar	Subkritis
4	0,033	0,206	0,802	0,297	0,110	Laminar	Subkritis
5	0,034	0,206	0,802	0,299	0,086	Laminar	Subkritis
6	0,035	0,206	0,802	0,301	0,090	Laminar	Subkritis
7	0,037	0,206	0,802	0,303	0,094	Laminar	Subkritis
8	0,038	0,206	0,802	0,305	0,098	Laminar	Subkritis
9	0,040	0,206	0,802	0,307	0,082	Laminar	Subkritis
10	0,042	0,206	0,802	0,310	0,086	Laminar	Subkritis

Berdasarkan tabel 3, bilangan Reynold terbesar pada percobaan ke-10 yaitu $Re = 0,310$ sehingga alirannya berjenis laminar karena nilai $Re < 2000$ dan bilangan Froude terbesar pada percobaan ke-1 yaitu $Fr = 0,297$ sehingga alirannya berjenis subkritis karena nilai $Fr < 1$.

Hubungan kecepatan aliran dan bilangan Reynold berbanding lurus karena semakin besar kecepatan aliran maka semakin besar bilangan Reynold yang dihasilkan. Sementara itu hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Froude berbanding terbalik karena semakin besar kecepatan aliran maka semakin kecil bilangan Froude yang dihasilkan.

Tabel 4. Karakteristik Aliran Pada Pipa PP-R Maksimal No. 4

No.	Kecepatan Aliran (V) m/detik	Diameter Pipa (D) m	Viskositas Kinematik v	Reynold (Re) -	Frode (Fr) -	Keterangan	
						Re	Fr
1	0,030	0,206	0,802	0,294	0,154	Laminar	Subkritis
2	0,031	0,206	0,802	0,296	0,106	Laminar	Subkritis
3	0,033	0,206	0,802	0,297	0,110	Laminar	Subkritis
4	0,034	0,206	0,802	0,299	0,115	Laminar	Subkritis
5	0,035	0,206	0,802	0,301	0,072	Laminar	Subkritis
6	0,037	0,206	0,802	0,303	0,075	Laminar	Subkritis
7	0,038	0,206	0,802	0,305	0,065	Laminar	Subkritis
8	0,040	0,206	0,802	0,307	0,068	Laminar	Subkritis
9	0,042	0,206	0,802	0,310	0,062	Laminar	Subkritis
10	0,044	0,206	0,802	0,312	0,057	Laminar	Subkritis

Berdasarkan tabel 4, bilangan Reynold terbesar pada percobaan ke-10 yaitu $Re = 0,312$ sehingga alirannya berjenis laminar karena nilai $Re < 2000$ dan bilangan Froude terbesar pada percobaan ke-1 yaitu $Fr = 0,154$ sehingga alirannya berjenis subkritis karena nilai $Fr < 1$.

Hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Reynold berbanding lurus karena semakin besar kecepatan aliran maka semakin besar bilangan Reynold yang dihasilkan. Sementara itu hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Froude berbanding terbalik karena semakin besar kecepatan aliran maka semakin kecil bilangan Froude yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik pipa PVC dengan bilangan Froude terbesar yakni 0,315 merupakan aliran subkritis dan bilangan Froude terkecil yakni 0,090 dan merupakan aliran subkritis. Sementara itu pipa PP-R dengan bilangan Froude terbesar yakni 0,297 merupakan aliran subkritis dan bilangan Froude terkecil yakni 0,057 merupakan aliran subkritis.

REFERENSI

- Aisyah, S., Effendi, Z., & Pratama, W. Y. (2021). Analisa Head Losses dengan Penerapan Simulasi pada Diameter Pipa dan Pengaruh Nilai Net Positive Suction Head terhadap Terbentuknya Kavitasasi pada Pompa. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 9(1), 17-22
- Alkindi, H., Santosa, H., & Sutoyo, E., (2023). Analisis Head Losses Pada Circulating Fluida Air Dalam Dua Jenis Pipa, 9(1), 51-56
- Armaja, R. S., & Akbar, A. (2023). Analisa Head losses Aliran Laminar pada Instalasi Perpipaan Laboratorium FDM. *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 7(2), 772–779.
- Chow, V. T. (1992). *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Chanel Hydraulics)*. Jakarta : Erlangga
- Erizal, M. G. (2013). *Buku Ajar Hidraulika*. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Hutagalung, M., & Aritonang, J. W. W. (2023). Besarnya Head Losses Pada Aliran Perpipaan Dari Boiler Feed Water Pump Menuju Boiler Di PT. Z. *JURNAL VOKASI TEKNIK (JUVOTEK)*, 1(3), 19-28
- Mardini, Z. (2022). Pengaruh Losses / Pressure Drop Pada Sistem Perpipaan Header Pompa Dalam Menentukan Spesifikasi Pengadaan Pompa Distribusi. *Jurnal Rekayasa*, 11(2), 183 - 192.
- Narding, Y. C., Kusuma, D., Saidatin, N., & Lillahulhaq, Z. (2021). Pengaruh Variasi Ukuran Pipa terhadap Head loss pada Instalasi Perpipaan di Desa Sumbermanggis. *Senastitan*, 1, 365-369
- Rahayu, P., Putri, D. K., Rosalina, & Indriyani, N. (2021). Pengaruh Diameter Pipa Pada Aliran Fluida Terhadap Nilai Head Loss. *JURNAL AGITASI*, 2(1), 23-32

Rumaherang, E. J., Wattimena, W. M. E., Rawulun, S. M., & Noya, E. (2023). Studi Regim Aliran Fluida Dan Penentuan Head Loss Akibat Gesekan Pada Instalasi Perpipa. *ALE Proceeding*, 6, 154-161.

Sudirman, S., & Harves, H. (2022). Analisa Headloss Aliran Fluida Pada Pipa Lurus Dengan Variasi Debit Aliran Dan Variasi Diameter Pipa. *Jurnal Mekanova*, 8(2), 165-173

Triatmodjo, B. (1996). *Hidraulika I*. Yogyakarta : Beta Offset.

White, M. F., & Hariandja, M. (1988). *Mekanika Fluida* (terjemahan). Jakarta : Erlangga.

Yahya, A. K., Rahayu, P., Ulia, H., & Maulana, A. Y. (2022). Analisa Head Loss Dan Kerja Pompa Dengan Variasi Perubahan Diameter Pada Sistem Pemipaan. *SAINTI: Majalah Ilmiah Teknologi Industri*, 19(2), 51-57

Zulkifli, R. (2012). *Hukum Bernoulli dan penerapannya*. Jakarta : Erlangga.