

Effect of Aspect Ratio of Sudden contraction Area on Laminar Flow Head Loss

[Pengaruh Aspek Ratio Luasan Sudden contraction Terhadap Head Loss Aliran Laminar]

Satrio Waluyo¹⁾, Ali Akbar ^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: aliakbar@umsida.ac.id

Abstract. *This research aimed to determine the Head Loss in Sudden Contraction pipes using acrylic tubes with diameters of 0.2D, 0.4D, and 0.6D and specimen comparisons of 1, 2, and 3. By analyzing the Head Loss in these three pipes, the pressure loss can be evaluated. A discharge of 0.0005 m³/s was used in the experiment, flowing through the channel. The pressure at the inlet side (D1) and the outlet side (D2) of the Sudden Contraction pipe was measured using a U manometer. Head Loss was calculated based on the pressure difference in each flow for each aspect ratio. The results showed that as the aspect ratio increased, the Head Loss decreased: 0.0043 meters for the 0.2D aspect ratio, 0.0014 meters for the 0.4D aspect ratio, and 0.0003 meters for the 0.6D aspect ratio.*

Keywords - Head Loss; Aspek Ratio; Sudden Contraction.

Abstrak. *Penelitian ini digunakan untuk mengetahui Head Loss aliran yang terjadi pada pipa Sudden Contraction dengan perbandingan spesimen 1, 2, dan 3 pada diameter tabung akrilik 0,2D, 0,4D, dan 0,6D. Dengan mengetahui Head Loss yang terdapat pada tiga pipa akrilik tersebut, maka akan diketahui nilai rugi tekanan yang terjadi. Dalam Penelitian ini digunakan debit 0,0005m³/s, yang mengalir pada saluran. Tekanan yang terjadi pada sisi masuk (D1) dan sisi keluar pipa (D2) Sudden Contraction akan diukur oleh manometer U. Head Loss dihitung dari perbedaan tekanan yang terjadi pada masing-masing aliran disetiap aspek rasio. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa semakin besar aspek rasio, maka semakin kecil Head Loss yang terjadi, yaitu pada aspek rasio 0,2D sebesar 0,0043 meter, aspek rasio 0,4D sebesar 0,0014 meter, aspek rasio 0,6D sebesar 0,0003 meter.*

Kata Kunci - Head Loss; Aspek Ratio; Sudden Contraction.

I. PENDAHULUAN

Energi yaitu suatu konsep dasar pada ilmu fisika, yang berkaitan dengan segala aspek dalam kehidupan. Salah satunya yaitu energi tekanan fluida. Energi fluida berperan penting dalam kehidupan sehari-hari, khususnya pada air yang bilamana banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, contohnya seperti memasak, mandi, cuci pakaian, dan cuci kendaraan.[1] Pendistribusian air melibatkan berbagai sistem, infrastruktur, dan teknologi untuk memastikan pasokan air yang aman, bersih, dan efisien kepada masyarakat. Agar dapat memindahkan air dari tempat satu ke tempat yang lain membutuhkan pompa untuk mendorong fluida.[2] Salah satunya dengan menggunakan kinerja pada pompa sentrifugal untuk pendistribusian air. Dalam penggunaan pompa sangat diperlukan tekanan untuk memenuhi kinerja dari pompa tersebut, yang mengakibatkan tekanan fluida akan terisap masuk dan mengeluarkannya pada sisi tekan ataupun sisi keluar pada tekanan yang lebih tinggi untuk mengatasi head and pressure drop pada sistem perpipaan.[3]

Cara kerja "head" and "pressure drop" dalam sistem perpipaan berkaitan erat dengan bagaimana energi dalam aliran fluida pada pipa faktanya fluida mengalami penurunan pada tekanan, bersamaan pada panjang pipa yang di aliri fluida tersebut. Penurunan tekanan didalam pipa merupakan peran penting untuk mengetahui guna merakit sistem perpipaan. Hilangnya sumber energi paling besar dari aliran air dalam pipa merupakan dampak dari goresan yang terjadi pada air dan dinding dalam pipa. Kekasaran pada permukaan pipa, Panjang, diameter pipa, jenis fluida, kecepatan, sambungan pipa, belokan, katup, dan termasuk pipa belokan 450-900.[4] serta wujud aliran yang sangat berkaitan pada turunnya tekanan energi tersebut.[5]

Pada rugi-rugi aliran yang disebut dengan (*Head Loss*) memiliki beberapa jenis kerugian *Head Loss* terbagi menjadi 2 yaitu, *major losses* and *minor losses*. *Major losses* [6] merupakan kerugian pada sistem perpipaan yang diakibatkan oleh goresan pada fluida dengan dinding pipa memanjang. *Minor losses* [7] merupakan kerugian yang terjadi pada sistem perpipaan yang diakibatkan oleh adanya sambungan pada pipa.

"*Sudden contraction*" adalah istilah yang digunakan dalam rekayasa fluida untuk menggambarkan kondisi di mana diameter pipa semakin kecil. Untuk Penelitian ini metode yang saya terapkan menggunakan material akrilik[8] berbentuk tabung dengan 3 variasi yaitu Kecil (0.204), Sedang (0.396), Besar (0.602).

Hal Ini menciptakan perubahan yang cepat dalam aliran fluida dan seringkali menghasilkan kerugian energi yang disebut sebagai "kerugian tekanan *sudden contraction*". Untuk meningkatkan kepercayaan terkait hasil studi sistem

perpipaan, maka dilakukannya analisa pengaruh aspek ratio *sudden contraction* terhadap *Head Loss* aliran *laminar* yang bereaksi pada kinerja perpipaan.

II. METODE

A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Dalam penelitian dan pengujian ini dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dengan memaksimalkan pemahaman tentang analisa pengaruh aspek ratio *sudden contraction* terhadap *Head Loss* aliran *laminar* yang bereaksi pada kinerja perpipaan sebagaimana riset ini diaplikasikan dengan perancangan instalasi perpipaan dengan variasi aspek rasio *sudden contraction* pada uji perpipaan dengan aliran *laminar*, [9] analisis data akan dilakukan untuk mengidentifikasi tren dan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti.

B. Desain Eksperimen

Pada Proses pembuatan sebuah alat diperlukan desain untuk konsep benda kerja dengan tujuan agar perancangan alat dapat membuat alat dengan mudah untuk menjalankan pekerjaan yang dilakukan oleh perancang. Dibawah ini merupakan rancangan desain tabung akrilik. [10]



Gambar 1. Desain Tabung Akrilik dan Hasil Pembuatan

C. Prinsip Kerja *Sudden contraction*

Sudden contraction adalah kondisi di mana terjadi penyempitan dalam luasan secara tiba-tiba pada aliran fluida. Dalam konteks mekanika fluida, *sudden contraction* menyebabkan perubahan tiba-tiba dalam distribusi kecepatan dan tekanan aliran. Prinsip kerja *sudden contraction* terhadap *Head Loss* pada aliran *laminar* dapat dijelaskan di bawah ini.

1. Debit aliran Flowmeter

Debit aliran dalam konteks flowmeter mengacu pada jumlah atau laju aliran fluida yang diukur atau dipantau oleh flowmeter pada suatu titik dalam sistem perpipaan atau saluran. Flowmeter adalah alat pengukur yang digunakan untuk mengukur debit aliran fluida yang mengalir melalui pipa atau saluran mekanis.

- Pengukuran debit:

- $Q = \frac{V}{T}$

Keterangan:

V = Volume (liter/detik)

Q = Debit (dm³/jam)

t = Waktu (detik)

2. Hasil Luasan masing-masing spesimen

- Pengukuran luasan

- $L = \frac{1}{4} \times \pi \cdot D^2$

Keterangan:

L= Luasan

$$\pi = 3,14 \frac{22}{7}$$

D= Diameter

- Hasil pembulatan

- $\Delta h = A1/A2$

Keterangan:

Δh = Hasil Luasan

A1= luasan penampang 1 (variasi)

A2= luasan penampang 2 (luasan tetap pipa 1 dim)

3. Tekanan manometer U pada setiap spesimen

- Pengukuran tekanan

- $P = \rho \cdot g \cdot h$

Keterangan:

P = adalah tekanan pada titik ukur (N/m^2)

ρ = adalah kerapatan fluida (kg/m^3)

g = adalah percepatan gravitasi (sekitar $9,81 m/s^2$)

h = adalah tinggi kolom fluida pada manometer U (dalam meter)

4. Rugi-rugi aliran *Head Loss*

– Mengacu pada manometer U yang diaman rumus tersebut:

- $\Delta h = \Delta h_1 - \Delta h_2$

Keterangan:

Δh = perbedaan tekanan

Δh_1 = tekanan pada titik penampang 1 (variasi spesimen)

Δh_2 = tekanan pada titik penampang 2 (tetap pipa 1 dim)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

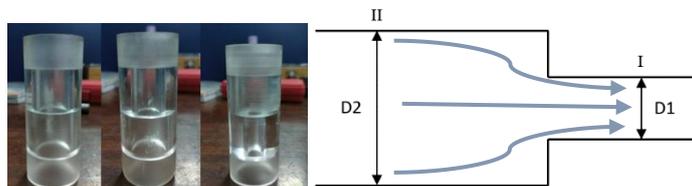
A. Setelah Persiapan Alat

Pada penelitian ini pembuatan alat Ratio Luasan *Sudden contraction* yang terhubung dengan manometer U dan Flowmeter ini harus dipersiapkan terlebih dahulu komponennya agar mendapatkan hasil yang efisien dan maksimal seperti dibawah ini:

1. Material Spesimen

Akrilik model tabung adalah bahan spesimen yang digunakan dalam penelitian ini. Sesuai dengan banyaknya proses dengan tiga kali pengujian pada 3 pasang spesimen sehingga total menjadi 9 kali pengujian pada spesimen dengan variasi:

- Spesimen 1 : $D_1(115 \text{ mm}) \times D_2(2,54\text{mm}) = \text{luasan } (0,2)$
- Spesimen 2 : $D_1(160 \text{ mm}) \times D_2(2,54\text{mm}) = \text{luasan } (0,4)$
- Spesimen 3 : $D_1(200 \text{ mm}) \times D_2(2,54\text{mm}) = \text{luasan } (0,6)$



Gambar 2. Spesimen Akrilik

B. Proses Pengujian *Sudden contraction*

Pengujian spesimen *sudden contraction* kali ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Berikut Spesifikasi alat uji yang dipakai adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Alat uji *sudden contraction*

Pada percobaan tiga benda proses uji *sudden contraction*. Metode ini sesuai dengan percobaan yang telah ditentukan. Langkah-langkah untuk proses uji *sudden contraction* adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukannya tahap pengujian pasang terlebih dahulu pipa akrilik pada sambungan pipa 1dim lalu kencangkan water mur dan pastikan tidak ada kebocoran.



Gambar 4. pemasangan spesimen

2. Pastikan Katup/ kran air kondisi lurus (terbuka) pada saat pengujian berlangsung agar tidak terjadi hambatan. Selain itu fungsi dari katup air sebagai menyumbat aliran air pada saat penggantian spesimen, agar air yang berada didalam pipa tidak tumpah.



Gambar 5. katup/kran air

3. Jika sudah dipastikan semua aman, langkah selanjutnya yaitu menyalakan saklar (ON) dengan cara menggeser ke atas.



Gambar 6. Saklar ON/OFF

4. Jika sudah dipastikan kondisi menyala dan tidak mengalami kebocoran. Lihatlah air yang mengalir dalam pipa akrilik tersebut.



Gambar 7. Uji spesimen yang dialiri air

5. langkah selanjutnya yaitu menganalisis data melalui manometer U pada milimeterblok yang telah di siapkan.



Gambar 8. Uji manometer U pada milimeterblok

6. Langkah yang terakhir yaitu melihat rugi-rugi aliran melalui flowmeter yang di sambung pada pertengahan pipa 1 dim dengan jarak waktu selama 1 menit.



Gambar 9. Flowmeter

C. Hasil data pengujian *sudden contraction*

1. Rugi-rugi aliran *Head Loss*

1. Rugi-rugi Aliran *Head Loss*

- Mengacu pada manometer U yang diamana rumus tersebut:

Spesimen 1

Diketahui:

$$\Delta h_1 = 0,086$$

$$\Delta h_2 = 0,0154$$

Δh = Ditanya

$$\text{Jawab: } \Delta h = \Delta h_2 - \Delta h_1$$

$$\Delta h = 0,0154 - 0,086$$

$$= -0,0068 \text{ m}$$

Spesimen 2

Diketahui:

$$\Delta h_1 = 0,0135$$

$$\Delta h_2 = 0,0149$$

Δh = Ditanya

$$\text{Jawab: } \Delta h = \Delta h_2 - \Delta h_1$$

$$\Delta h = 0,0149 - 0,0135$$

$$= 0,0014 \text{ m}$$

Spesimen 3

Diketahui:

$$\Delta h_1 = 0,0144$$

$$\Delta h_2 = 0,0148$$

Δh = Ditanya

$$\text{Jawab: } \Delta h = \Delta h_2 - \Delta h_1$$

$$\Delta h = 0,0148 - 0,0144$$

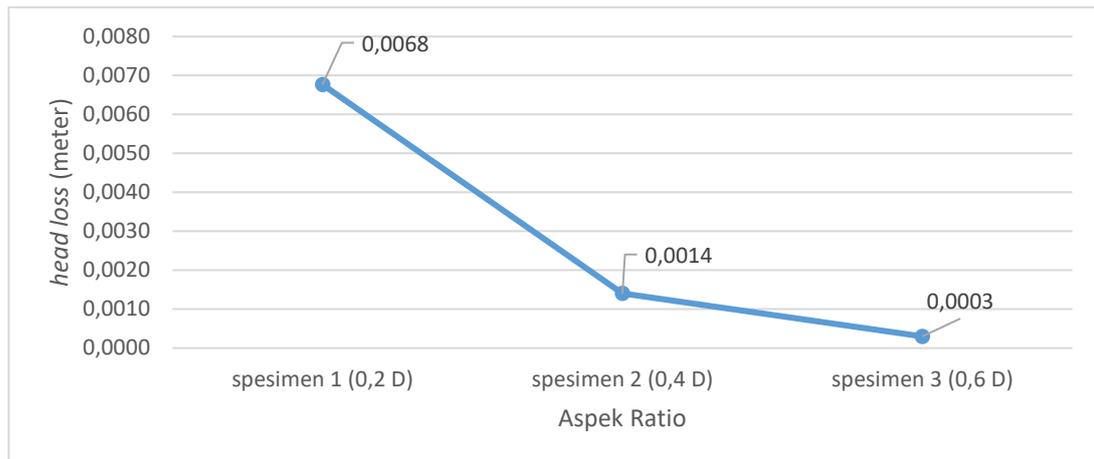
$$= 0,0003 \text{ m}$$

Berikut adalah tabel hasil dari analisis perhitungan

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Manometer U di Setiap Section

No	Spesimen 1		Spesimen 2		Spesimen 3	
	Δh_1	Δh_2	Δh_1	Δh_2	Δh_1	Δh_2
1.	0.0152	0.0083	0.0147	0.0133	0.0145	0.0142
2.	0.0155	0.0088	0.0149	0.0135	0.0147	0.0144
3.	0.0155	0.0088	0.015	0.0136	0.0148	0.0145
Rata-rata	0.0154	0.00863	0.014866	0.013466	0.014667	0.014367
Δh	0,0068		0,0014		0,0003	

Untuk memudahkan pembacaan data hasil rata-rata pengujian masing-masing Spesimen dapat dilihat pada grafik Gambar dibawah ini.



Gambar 10. Head Loss Sudden Contraction

IV. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang eksperimen Pengaruh Aspek Ratio Luasan *Sudden contraction* Terhadap Headlos Aliran *Laminar*. Aliran *laminar* mengalami peningkatan tekanan dan penurunan kecepatan saat memasuki bagian yang lebih sempit pada saluran perpipaan. Dengan menggunakan metode;tekanan pada setiap manometer U, rugi-rugi aliran *Head Loss*, dan yang terakhir perhitungan aliran *laminar* maka dapat disimpulkan sebagai berikut;

- Hasil pengukuran pada tiga spesimen menunjukkan rugi-rugi aliran pada *Head Loss* aliran *laminar* masing-masing sebesar 0,00676m, 0,0014000m, dan 0,0003000m. Ketiga nilai tersebut mengindikasikan adanya kerugian energi dalam aliran fluida yang dapat mempengaruhi kinerja sistem. Oleh karena itu, penting untuk meminimalkan *Head Loss* dalam pengoperasian sistem aliran fluida untuk meningkatkan efisiensi.
- Untuk mendapatkan hasil uji aliran *laminar*, kita mengambil dari hasil perhitungan debit aliran beserta luasan D1 dan D2 di setiap spesimen yang menghasilkan

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta rekan aslab, rekan himpunan, maupun teman teman seperjuangan yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

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
- [2] D. A. Dwi Hersandi and I. M. Arsana, "Pengaruh Jenis Fluida Pendinginan Terhadap Kapasitas Radiator Pada Sistem Pendinginan Mesin Daihatsu Xenia 1300Cc," *J. Pendidik. Tek. Mesin UNESA*, vol. 6, no. 03, pp. 41–52, 2018.
- [3] F. Maulana and T. Rahardjo, "Analisa Variasi Foot Valve Dan Jatuh Air Terhadap Karakteristik Pada Pompa Sentrifugal," vol. 2, no. 2, pp. 20–24, 2021.
- [4] D. G. H. Pardede and A. M. Purba, "Vortex dan Differensial Pressure," pp. 0–4, 2023.
- [5] Z. Mardini, P. Studi, P. Profesi, P. Sarjana, U. Andalas, and K. Tekanan, "PENGARUH LOSSES / PRESSURE DROP PADA SISTEM PERPIPAAN HEADER POMPA DALAM MENENTUKAN," vol. 11, no. 02, pp. 183–192, 2021.
- [6] J. T. Mesin, F. Teknik, and U. Tadulako, "KERUGIAN-KERUGIAN PADA PIPA LURUS," 2003.
- [7] W. S. Damanik, "Simulasi Numerik Kerugian Aliran Udara Pada Susunan Pipa Segitiga," vol. 1, no. 1, pp. 19–29, 2020.
- [8] K. Muhajir, "Karakterisasi aliran fluida gas-cair melalui pipa," *J. Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 176–184, 2009.
- [9] I. E. Putra and A. Galsha, "Analisa Rugi Aliran (*Head Losses*) pada Belokan Pipa PVC," pp. 34–39, 2017, doi: 10.21063/PIMIMD4.2017.34-39.
- [10] R. Restiandi, P. Gearry, H. Ludyati, J. T. Elektro, P. N. Bandung, and K. Kunci, "Implementasi Material Akrilik Termodifikasi pada Antena Mikrostrip Artifisial Persegi untuk BTS Mini," pp. 26–27, 2020.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.