

# RANCANG BANGUN ALAT UJI *HEAD LOSSES* DENGAN VARIASI DEBIT DAN JARAK *ELBOW 90°* UNTUK SISTEM PERPIPAAN YANG EFISIEN

A'rasy Fahrudin<sup>1</sup>, Mulyadi<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo  
Jl. Raya Gelam No. 250, Candi, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia  
[arasy.fahrudin@umsida.ac.id](mailto:arasy.fahrudin@umsida.ac.id)<sup>1</sup>, [mulyadi123@yahoo.com](mailto:mulyadi123@yahoo.com)<sup>2</sup>

## Abstrak

Salah satu masalah sistem perpipaan adalah rugi aliran (*head losses*) akibat penggunaan *reducer* dan *elbow*. Kerugian head (*head loss*) sangat merugikan dalam sistem perpipaan, karena *head loss* yang besar menyebabkan tekanan fluida menjadi lebih rendah dari yang diharapkan sehingga suplai fluida tidak mencukupi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jarak pemasangan *reducer* dan *elbow* yang optimal untuk mencapai *head losses* minimal. Metode yang digunakan adalah *true experiment research* dengan membuat alat uji *head losses* dengan variasi debit air sebesar: 20, 25, dan 30 l/min, serta variasi jarak *elbow*: 6, 12, 18 cm. Hasil pengambilan data secara eksperimen menunjukkan bahwa *pressure drop* dan *head losses* terbesar terjadi pada debit 20 l/min dengan jarak *elbow* 6 cm, yaitu sebesar 0,207 bar dan 2,115 m. Sedangkan *pressure drop* dan *head losses* terendah terjadi pada debit 30 l/min dengan jarak *elbow* 18 cm, yaitu sebesar 0,057 bar dan 0,580 m.

**Kata kunci:** jarak *elbow*, debit air, *pressure drop*.

## PENDAHULUAN

Sistem perpipaan adalah sistem distribusi fluida yang banyak diterapkan pada rumah tangga, industri, dan sistem pembangkit energi. Ada banyak variasi sistem perpipaan mulai dari sistem pipa tunggal sederhana hingga sistem percabangan yang sangat kompleks [1]. Kerugian *head* sangat merugikan dalam aliran fluida dalam sistem perpipaan, karena *head loss* dapat menurunkan tingkat efisiensi aliran fluida berupa penurunan tekanan (*pressure drop*). Penurunan tekanan ini terjadi akibat arus turbulensi yang akan menyebabkan gesekan besar pada dinding pipa [2].

Pratikto dan Wahyudi telah meneliti tentang penggunaan *tube bundle* pada belokan pipa [3]. Belokan pipa dapat menyebabkan hilangnya energi yang cukup besar pada aliran, hal ini dikarenakan pada belokan terjadi pemisahan aliran dan turbulensi membentuk aliran sekunder

(*twin eddy*/pusaran ganda). *Tube bundle* digunakan untuk meredam gangguan aliran yang disebabkan oleh belokan. Semakin jauh jarak peletakan *tube bundle* terhadap sisi keluaran pada belokan pipa maka beda tekanan yang terjadi semakin besar. Akan tetapi pembuatan *tube bundle* ini relatif sulit.

*Reducer* yaitu sambungan pipa yang mengalami pengurangan *cross sectional area* secara mendadak dengan saluran dengan membentuk pinggirannya yang tajam [4]. Tekanan akan besar karena fluida menabrak dinding tegak lurus aliran. Penggunaan dua buah komponen/*fitting* pada perpipaan akan memperbesar *head losses*. Akan tetapi besarnya *head losses* kombinasi dipengaruhi oleh jarak pemasangan keduanya. Selain itu pemasangan *reducer* sebelum belokan (*elbow*) akan membentuk aliran tumpul yang dipercepat yang kemungkinan dapat melawan gaya sentrifugal yang menyebabkan pusaran pada *elbow*.

Kehilangan energi pada aliran fluida dapat ditunjukkan dengan besarnya penurunan tekanan aliran (*pressure drop*). Besarnya *pressure drop* dapat diukur dengan selisih tekanan antara 2 titik pengukuran menggunakan manometer atau *pressure gauge* [2,5], dimana persamaan yang umum digunakan adalah,

$$\Delta p = \rho_f \cdot g \cdot \Delta h$$

Dengan:

- $\Delta p$  = selisih tekanan antara 2 titik (N/m<sup>2</sup>)
- $\rho_f$  = massa jenis fluida pada manometer (kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- $\Delta h$  = selisih tinggi permukaan pada manometer (m)

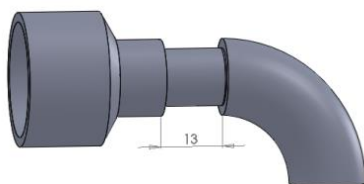
### METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah *true experiment research* dengan membuat alat uji *head losses*. Variabel bebas yang digunakan yaitu debit air sebesar: 20, 25, dan 30 L/min, serta variasi jarak *elbow* sebesar: 6, 12, 18 cm. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah *pressure drop* dan *head losses* kombinasi.

*Pressure drop* diukur dengan menggunakan *pressure gauge* yang diletakkan pada sisi masuk dan sisi keluar aliran. Sedangkan *head losses* diperoleh dengan rumus perhitungan sebagai berikut,

$$\Delta H_{losses} = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g}$$

Dimana  $\Delta P$  adalah *pressure drop*,  $\rho$  adalah massa jenis air pada tekanan 1 atm dan temperatur 28°C yaitu sebesar 997 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan  $g$  adalah percepatan gravitasi sebesar 9,8 m/s<sup>2</sup>.



Gambar 1. Kombinasi sambungan *reducer* dan *elbow*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

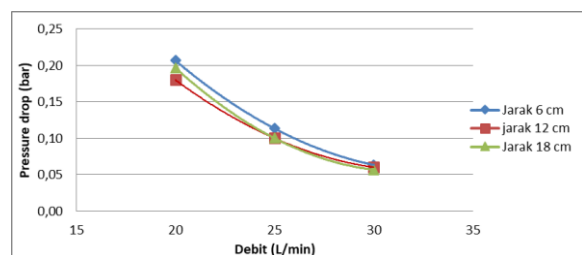
### Hasil Eksperimen

Data yang diambil berupa tekanan masuk dan tekanan *keluar* yang dihasilkan dengan beberapa variasi jarak *elbow* terhadap *reducer* dan debit air.

Tabel 1. Data hasil pengujian

Jarak Elbow (cm)	Variasi Debit (L/min)	Uji ke-	Tekanan masuk (bar)	Tekanan keluar (bar)	Pressure Drop, $\Delta P$ (bar)	Rata-rata $\Delta P$ (bar)	Head Losses (m)
6	20	1	0.55	0.3	0.25	0.207	2.115
		2	0.45	0.26	0.19		
		3	0.46	0.28	0.18		
	25	1	0.3	0.19	0.11	0.113	1.160
		2	0.28	0.17	0.11		
		3	0.28	0.16	0.12		
	30	1	0.18	0.11	0.07	0.063	0.648
		2	0.15	0.09	0.06		
		3	0.16	0.1	0.06		
12	20	1	0.5	0.3	0.2	0.180	1.842
		2	0.45	0.3	0.15		
		3	0.48	0.29	0.19		
	25	1	0.3	0.2	0.1	0.100	1.023
		2	0.26	0.16	0.1		
		3	0.29	0.19	0.1		
	30	1	0.17	0.1	0.07	0.060	0.614
		2	0.16	0.1	0.06		
		3	0.15	0.1	0.05		
18	20	1	0.49	0.29	0.2	0.197	2.013
		2	0.48	0.29	0.19		
		3	0.5	0.3	0.2		
	25	1	0.28	0.19	0.09	0.100	1.023
		2	0.3	0.2	0.1		
		3	0.3	0.19	0.11		
	30	1	0.16	0.1	0.06	0.057	0.580
		2	0.15	0.1	0.05		
		3	0.16	0.1	0.06		

Agar dapat diketahui pengaruh jarak dan debit terhadap *pressure drop* dan *head losses* secara lebih jelas, maka data dalam tabel 1 di atas ditampilkan dalam bentuk grafik dengan garis regresi polinomial sebagai berikut.



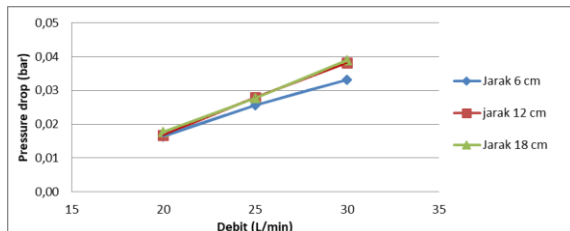
Gambar 2. Grafik pengaruh jarak *elbow* terhadap *pressure drop*

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa jarak *elbow* 6 cm menghasilkan *pressure drop* paling tinggi dibanding jarak 12 cm dan 18 cm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dekat jarak *elbow* terhadap *reducer* maka hambatan alir akan semakin besar. *Pressure drop* yang relatif besar akan menghasilkan kerugian *head* yang lebih besar pula.

Semakin besar debit air semakin kecil *pressure drop*, hal ini terjadi karena *valve* terpasang di sisi keluar saluran. Tekanan masuk dijaga konstan, semakin besar debit maka tekanan statis akan semakin kecil.

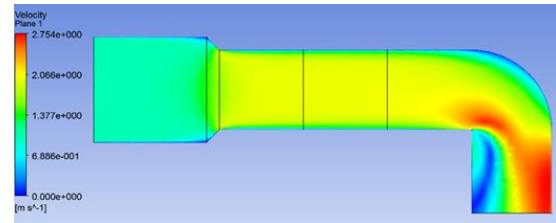
### Hasil Simulasi

Penyebab besarnya *pressure drop* pada jarak *elbow* yang pendek akan lebih jelas dengan pengujian simulasi numerik. Pada pengujian eksperimen data yang diperoleh berupa data makro dengan ketelitian yang kurang tinggi karena keterbatasan alat ukur yang digunakan. Oleh karena itu diperlukan penelitian simulasi lanjutan untuk menganalisa penyebab dari hasil eksperimen yang telah diperoleh.

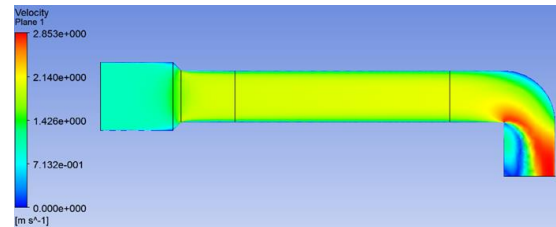


Gambar 3. Grafik pengaruh debit terhadap *pressure drop* pada jarak *elbow* berbeda.

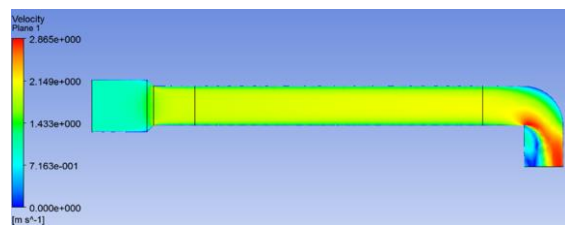
Gambar 3 merupakan grafik dari data yang diambil dari pengujian secara simulasi numerik. Dari gambar 3 kita dapat melihat bahwa semakin besar debit semakin besar *pressure drop* yang terjadi. Hal ini sesuai dengan persamaan head losses dimana *pressure drop* berbanding lurus dengan kecepatan fluida. Jarak *elbow* 6 cm menunjukkan *pressure drop* terendah bila dibanding jarak *elbow* 12 cm dan 18 cm. Hal ini juga sesuai dengan persamaan *head losses* mayor, dimana *losses* pada pipa lurus berbanding lurus dengan panjang pipa. Akan tetapi pada jarak *elbow* 6 cm menunjukkan perbedaan *pressure drop* yang cukup signifikan. Hal ini dikarenakan penggunaan jarak *elbow* yang dekat terhadap reducer akan menyebabkan aliran lebih terpusat di tengah saluran saat melewati *elbow* sehingga aliran balik akan berkurang dan *pressure drop* akan lebih rendah.



Gambar 4. Distribusi kecepatan pada jarak *elbow* 6 cm



Gambar 5. Distribusi kecepatan pada jarak *elbow* 12 cm



Gambar 6. Distribusi kecepatan pada jarak *elbow* 18 cm

Dari gambar 4 terlihat bahwa aliran balik di sudut bagian dalam belokan cukup kecil pada jarak *elbow* 6 cm. Bisa dibandingkan dengan aliran balik pada jarak *elbow* 12 cm (gambar 5) dan aliran balik pada jarak 18 cm (gambar 6). Hal ini dikarenakan pada jarak *elbow* 6 cm tekanan fluida memasuki *elbow* masih cukup kuat sehingga mampu melawan gesekan dinding.

### KESIMPULAN

Hasil pengambilan data secara eksperimen menunjukkan bahwa *pressure drop* dan *head losses* terbesar terjadi pada debit 20 l/min dengan jarak *elbow* 6 cm, yaitu sebesar 0,207 bar dan 2,115 m. Sedangkan *pressure drop* dan *head losses* terendah terjadi pada debit 30 l/min dengan jarak *elbow* 18 cm, yaitu sebesar 0,057 bar dan 0,580 m.

## REFERENSI

- [1]. P. A. Wibowo, “Analisis Penurunan Head Losses Pada Belokan Pipa 180° Dengan Variasi Non Tube Bundle, Tube Bundle 0,25 Inchi, dan Tube Bundle 0,5 Inchi,” Universitas Jember, 2013.
- [2]. Helmizar, “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,” J. Din., vol. 1, no. 2, pp. 59–64, 2010.
- [3]. Pratikto and S. Wahyudi, “Penurunan Kerugian Head pada Belokan Pipa dengan Peletakan Tube Bundle,” J. Tek. Mesin, vol. 12, no. 1, pp. 51–57, 2010.
- [4]. D. Y. Kurniawan, Sumarji, and F. Kristianta, “Simulasi Perancangan Saluran Tuang Pada Pembuatan Pipe Reducer  $\varnothing 12$ ” Ke  $\varnothing 10$ ” FC25 Dengan Perangkat Lunak Solidcast,” Unej J., vol. II, no. 2, pp. 1–5, 2014.
- [5]. S. Rahmat and A. Irawan, “Analisa Kerugian Head Akibat Perluasan dan Penyempitan Penampang Pada Sambungan 90°,” Universitas Hasanuddin, 2010.