

Perancangan Pompa Seri dan Paralel Terhadap *Headloss*

^{1*}Gesang Bagus Wicaksono, ²Ali Akbar, ³Yasinta Sindy Pramesti

^{1,2,3}Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹gesangbagus3001@gmail.com, ²aliakbar@umsida.ac.id, ³yasintasindy@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondens : Gesang Bagus Wicaksono

Abstrak—Abstrak Sistem perpipaan pada instalasi pompa memiliki peranan penting dalam distribusi fluida, namun kehilangan energi aliran atau *headloss* dapat menurunkan efisiensi sistem. Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan menguji instalasi pompa seri dan paralel guna menganalisis pengaruh perbedaan tekanan terhadap nilai *headloss* pada pipa PVC menggunakan venturi dan *pressure gauge*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode pengembangan yang meliputi studi literatur, perancangan alat, pembuatan alat, pengujian, evaluasi, dan penyusunan laporan. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi diameter venturi untuk memperoleh data tekanan, debit aliran, dan nilai *headloss*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rangkaian seri menghasilkan nilai *headloss* yang lebih besar dibandingkan rangkaian paralel. Nilai *headloss* tertinggi diperoleh pada venturi berdiameter 40 dan 5 milimeter sebesar 33,57 meter, sedangkan nilai terendah pada rangkaian paralel dengan venturi 40 dan 15 milimeter sebesar 3,506 meter. Hasil ini penting sebagai dasar evaluasi dan optimasi desain sistem perpipaan.

Kata Kunci—debit aliran, *headloss*, instalasi perpipaan, pompa paralel, pompa seri.

Abstract—Piping systems in pump installations play an important role in fluid distribution; however, flow energy losses or *headloss* can reduce system efficiency. This study was conducted to design and test series and parallel pump installations to analyze the effect of pressure differences on *headloss* values in PVC pipes using a venturi and pressure gauges. The research employed a development method consisting of literature review, design, fabrication, testing, evaluation, and report preparation. Testing was carried out using several venturi diameter variations to obtain data on pressure, flow rate, and *headloss*. The results showed that the series configuration produced higher *headloss* values than the parallel configuration. The highest *headloss* value was obtained with a venturi diameter of 40 and 5 millimeters, reaching 33.57 meters, while the lowest value was recorded in the parallel configuration with a venturi diameter of 40 and 15 millimeters, reaching 3.506 meters. These findings are important as a basis for evaluating and optimizing piping system design.

Keywords—flow rate, *headloss*, parallel pump, piping installation, series pump

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Pipa umumnya digunakan sebagai alat pengantar air dari bak penampungan ke tempat yang diinginkan membutuhkan instalasi perpipaan dengan berbagai macam ukuran pipa. Dalam kehidupan sehari-hari, sistem perpipaan banyak digunakan pada sektor rumah tangga, industri, pertanian, maupun laboratorium. Penggunaan instalasi perpipaan bertujuan untuk mempermudah proses distribusi fluida secara efektif dan efisien sesuai dengan kebutuhan [1]. Agar sistem distribusi dapat bekerja dengan baik, diperlukan pemilihan jenis dan ukuran pipa yang sesuai dengan kapasitas aliran, tekanan, serta kondisi lingkungan penggunaan. Terkait pada instalasi perpipaan pada dasarnya menggunakan pipa galvanis ataupun besi [2]. Pada instalasi perpipaan perumahan, umumnya pada masa sebelumnya banyak digunakan pipa galvanis sebagai media

penyalur air. Namun, seiring berjalannya waktu, pipa galvanis memiliki kelemahan yaitu dapat mengalami korosi secara perlahan akibat paparan air dan lingkungan, sehingga dapat menurunkan kualitas aliran serta umur pakai instalasi. Kondisi tersebut menyebabkan kebutuhan perawatan menjadi lebih tinggi dan biaya pemeliharaan meningkat [3].

Seiring perkembangan teknologi material, penggunaan pipa PVC (*Polyvinyl Chloride*) semakin banyak digunakan sebagai alternatif pengganti pipa galvanis pada instalasi perpipaan rumah tangga. Pipa PVC memiliki berbagai keunggulan, antara lain bersifat ringan sehingga mudah dalam proses pemasangan, memiliki kekuatan yang cukup baik, tidak mudah terbakar, serta memiliki ketahanan terhadap korosi karena tidak bereaksi dengan air maupun udara lembap. Selain itu, pipa PVC juga memiliki elastisitas yang cukup baik sehingga dapat menyesuaikan kondisi instalasi tertentu. Dengan keunggulan tersebut, pipa PVC menjadi pilihan yang lebih efisien dan ekonomis untuk digunakan dalam sistem distribusi air pada perumahan modern, tanpa mengurangi fungsi utama sebagai media penyalur fluida secara optimal [4].

Dalam sistem aliran fluida pada instalasi pompa, analisis kehilangan energi (*headloss*) merupakan aspek penting yang harus diperhitungkan untuk mengetahui efisiensi sistem perpipaan. *Headloss* adalah penurunan energi total fluida akibat adanya gesekan antara fluida dengan dinding pipa, perubahan arah aliran, sambungan pipa, serta komponen seperti valve dan elbow. Besarnya *headloss* sangat berpengaruh terhadap kinerja pompa, baik pada rangkaian seri maupun paralel [5].

Salah satu alat yang banyak digunakan untuk mengukur laju aliran fluida adalah venturi meter. Venturi meter bekerja berdasarkan prinsip Persamaan Bernoulli, yaitu dengan memanfaatkan perbedaan tekanan antara bagian masuk (*inlet*) dan bagian penyempitan (*throat*) [6]. Ketika fluida melewati daerah penyempitan, kecepatan aliran meningkat sehingga tekanan statis menurun. Perbedaan tekanan tersebut dapat diukur menggunakan *pressure gauge* yang dipasang pada titik-titik pengukuran venturi. Nilai tekanan yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung laju aliran sekaligus menganalisis kehilangan tekanan yang terjadi selama fluida mengalir [7].

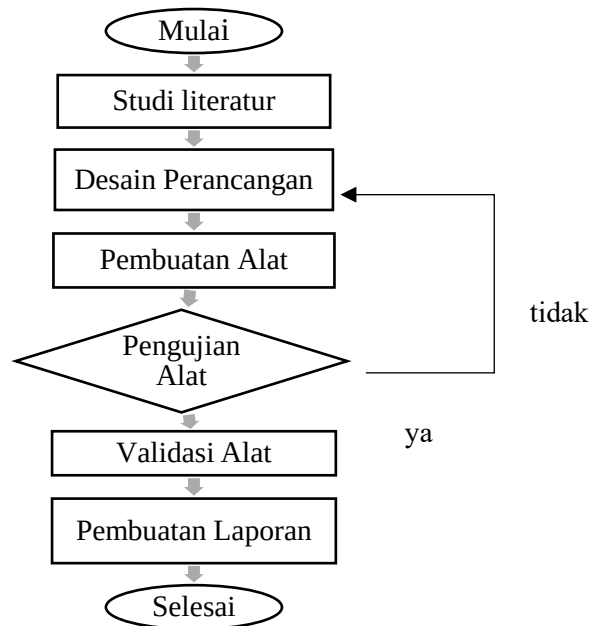
Pengukuran *headloss* menggunakan *pressure gauge* pada venturi penting dilakukan untuk mengetahui karakteristik aliran dan mengevaluasi performa sistem perpipaan. Semakin besar kehilangan tekanan yang terjadi, semakin besar energi yang harus disuplai untuk mempertahankan laju aliran yang diinginkan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perubahan geometri venturi dan variasi laju aliran memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai head loss. Oleh karena itu, analisis kehilangan tekanan melalui pengukuran *pressure gauge* pada venturi menjadi salah satu metode yang efektif untuk memahami fenomena aliran fluida dan mengoptimalkan desain sistem perpipaan. Hasil pengukuran tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan efisiensi aliran serta memvalidasi teori Bernoulli dan persamaan kehilangan energi pada aliran fluida [8].

Pada laboratorium Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri terdapat sebuah alat uji Bernoulli yang bertujuan untuk mengetahui kerugian aliran fluida. Maka dari itu kita membuat sebuah alat uji perpipaan yang terdiri pipa lurus, elbow, katup kran, venturi, dan lain sebagainya, untuk mengetahui *headloss* atau bisa disebut kerugian aliran. [9].

II. METODE

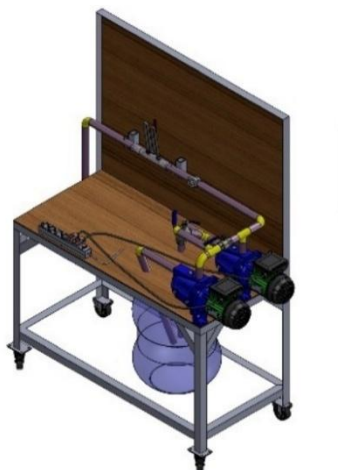
A. Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode pengembangan yang diawali dengan studi literatur guna mengumpulkan data yang relevan, langkah berikutnya adalah desain perancangan untuk merancang sebuah alat sebelum tahap pembuatan, tahap berikutnya adalah pembuatan alat setelah pembuatan alat berhasil diwujudkan, dilakukan proses pengujian alat untuk menguji fungsional alatnya, selanjutnya adalah evaluasi alat guna memastikan alat sudah bekerja dengan baik sesuai yang diharapkan atau belum. Tahap terakhir adalah pembuatan laporan sebagai bentuk pertanggung jawaban dan dokumentasi dari hasil perancangan yang diselesaikan [10].



Gambar 1 Diagram Alir

B. Desain Perancangan



Gambar 2 Desain Alat Uji Pompa Seri Dan Paralel

Tabel 1 Tabel Hasil Pengujian Tekanan

Perbedaan Tekanan	40:15 mm	40:10 mm	40:5 mm
Perbedaan Tekanan Venturi Seri	10 psi	30 psi	52 psi
Perbedaan Tekanan Venturi Paralel	6 psi	16,6 psi	28 psi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan

Hasil perancangan berupa alat uji pompa seri dan paralel. Alat uji ini terdiri atas Rangka, pompa air, pipa PVC 1 inch, *elbow* 90°, tee, katub kran, venturi, *pressure gauge*, flowmeter bak penampung.



Gambar 3 Hasil Perancangan Pompa Seri Dan Paralel Dari Depan



Gambar 4 Hasil Perancangan Pompa Seri Dan Paralel Dari Samping

Tabel 2 Nama Dan Jumlah Komponen Pada Alat Uji Pompa Seri Dan Paralel

No	Komponen	Jumlah Komponen
1	Rangka	1 komponen
2	Pompa air	2 komponen
3	Pipa PVC 1 inch	1 komponen
4	<i>Elbow</i> 90°	8 komponen
5	Tee	3 komponen
6	Katub Kran	3 komponen
7	Venturi	1 komponen
8	<i>Pressure gauge</i>	2 komponen
9	Flowmeter	1 komponn
10	Bak penampung	1 komponen

Fungsi dan cara kerja alat:

Dalam proses perancangan pompa seri dan paralel terhadap headloss ini terdapat berbagai pembahasan yang berupa fungsi dan cara kerja alat ini:

Fungsi alat uji *headloss*:

Fungsi dari perancangan pompa seri dan paralel terhadap headloss yaitu untuk menilai jumlah kehilangan tekanan pada instalasi pompa .Oleh karena itu,kehilangan tekanan yang terjadi (*headloss*) saat fluida mngalir dalam pipa memiliki ukuran yang bervariasi.

Cara kerja alat uji headloss:

Cara kerja alat dan teknik pengujian harus dilakukan pada alat uji ini, menggunakan alat uji pompa seri dan paralel terhadap *headloss* sebagai berikut:

1. Rangkai semua komponen sesuai desain
2. Pastikan alat uji *headloss* sudah terpasang semua
3. Atur dan pastikan venturi serta prsure gauge sudah terpasang dengan baik
4. Hidupkan pompa air untuk mengalirkan tekanan fluida ke dalam pipa
5. Pengambilan data ketika fluida sudah mengalir melewati venturi
6. Amati tekanannya pada *pressure gauge*, dan catat hasil pengamatan

B. Hasil Perhitungan

Rangkaian Seri: $D_1=40$ mm, $D_2=15$ mm, $P_1=7$ psi, $P_2=-3$ psi, $Q=45$ L/m=0,00075 m³/s

Kecepatan Aliran:

Luas penampang pipa:

$$A_1 = \frac{\pi(0,04)^2}{4} = 0,001257 \text{ m}^2$$

$$V^1 = \frac{0,00075}{0,001767} = 0,597 \text{ m/s}$$

Luas *Throat*:

$$A_2 = \frac{\pi(0,015)^2}{4} = 0,0001767 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{0,00075}{0,0001767} = 4,244 \text{ m/s}$$

Selisih Tekanan:

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 7 - (-3) = 10 \text{ psi}$$

Konversi *Head* ke Tekanan:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{10 \times 6894,76}{1000 \times 9,81} = 7,03 \text{ m}$$

Head Loss:

$$hL = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} - \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

$$hL = 7,03 - \frac{4,344^2 - 0,597^2}{2(9,81)}$$

$$hL = 7,03 - 0,90$$

$$hL = 6,13 \text{ m}$$

Rangkaian Paralel: $D_1=40 \text{ mm}$, $D_2=15 \text{ mm}$, $P_1=4 \text{ psi}$, $P_2=-2 \text{ psi}$, $Q=40 \text{ L/m} = 0,000667 \text{ m}^3/\text{s}$

Kecepatan Aliran:

Luas penampang pipa

$$A_1 = \frac{\pi(0,04)^2}{4} = 0,001257 \text{ m}^2$$

$$V^1 = \frac{0,000667}{0,001257} = 0,531 \text{ m/s}$$

Luas *Throat*:

$$A_2 = \frac{\pi(0,015)^2}{4} = 0,0001767 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{0,000667}{0,0001767} = 3,77 \text{ m/s}$$

Selisih Tekanan:

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 4 - (-2) = 6 \text{ psi}$$

Konversi *Head* ke Tekanan:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{6 \times 6894,76}{1000 \times 9,81} = 4,217 \text{ m}$$

Headloss:

$$hL = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} - \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

$$hL = 4,217 - \frac{3,77^2 - 0,531^2}{2(9,81)}$$

$$hL = 4,217 - 0,711$$

$$hL = 3,506 \text{ m}$$

Rangkaian Seri: $D_1=40 \text{ mm}$, $D_2=10 \text{ mm}$, $P_1=28 \text{ psi}$, $P_2=-2 \text{ psi}$, $Q=36 \text{ L/m}=0,0006 \text{ m}^3/\text{s}$

Kecepatan Aliran:

Luas penampang pipa

$$A_1 = \frac{\pi(0,04)^2}{4} = 0,001257 \text{ m}^2$$

$$V^1 = \frac{0,0006}{0,001257} = 0,477 \text{ m/s}$$

Luas *Throat*:

$$A_2 = \frac{\pi(0,01)^2}{4} = 0,00007854 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{0,0006}{0,00007854} = 7,64 \text{ m/s}$$

Selisih Tekanan:

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 4 - (-2) = 6 \text{ psi}$$

Konversi *Head* ke Tekanan:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{30 \times 6894,76}{1000 \times 9,81} = 21,08 \text{ m}$$

Headloss:

$$hL = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} - \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

$$hL = 21,08 - \frac{7,64^2 - 0,477^2}{2(9,81)}$$

$$hL = 21,08 - 2,96$$

$$hL = 18,12 \text{ m}$$

Rangkaian Paralel: $D_1=40\text{mm}$, $D_2=10\text{mm}$, $P_1=14 \text{ psi}$, $P_2=-2 \text{ psi}$, $Q=28 \text{ L/m}=0,0004667 \text{ m}^3/\text{s}$

Kecepatan Aliran:

Luas penampang pipa

$$A_1 = \frac{\pi(0,04)^2}{4} = 0,001257 \text{ m}^2$$

$$V^1 = \frac{0,0004667}{0,001257} = 0,371 \text{ m/s}$$

Luas *Throat*:

$$A_2 = \frac{\pi(0,01)^2}{4} = 7,854 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{0,0006}{7,854 \times 10^{-5}} = 5,94 \text{ m/s}$$

Konversi Head ke Tekanan:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{16,6 \times 6894,76}{1000 \times 9,81} = 11,7 \text{ m}$$

Headloss:

$$hL = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} - \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

$$hL = 11,7 - \frac{5,94^2 - 0,371^2}{2(9,81)}$$

$$hL = 21,08 - 1,79$$

$$hL = 9,91 \text{ m}$$

Rangkaian Seri: $D_1=40 \text{ mm}$, $D_2=5 \text{ mm}$, $P_1=40 \text{ psi}$, $P_2=-12 \text{ psi}$, $Q=9 \text{ L/m}=0,00015 \text{ m}^3/\text{s}$

Kecepatan Aliran:

Luas penampang pipa

$$A_1 = \frac{\pi(0,04)^2}{4} = 0,001257 \text{ m}^2$$

$$V^1 = \frac{0,00015}{0,001257} = 0,119 \text{ m/s}$$

Luas Throat:

$$A_2 = \frac{\pi(0,005)^2}{4} = 1,963 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{0,00015}{1,963 \times 10^{-5}} = 7,64 \text{ m/s}$$

Selisih Tekanan:

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 40 - (-12) = 52 \text{ psi}$$

Konversi Head ke Tekanan:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{52 \times 6894,76}{1000 \times 9,81} = 36,55 \text{ m}$$

Headloss:

$$hL = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} - \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

$$hL = 36,55 - \frac{7,64^2 - 0,119^2}{2(9,81)}$$

$$hL = 36,55 - 2,98$$

$$hL = 33,57 \text{ m}$$

Rangkaian Paralel $D_1=40 \text{ mm}$, $D_2=5 \text{ mm}$, $P_1=20 \text{ psi}$, $P_2=-8 \text{ psi}$, $Q=7 \text{ L/m}=0,0001167 \text{ m}^3/\text{s}$

Kecepatan Aliran:

Luas penampang pipa

$$A_1 = \frac{\pi(0,04)^2}{4} = 0,001257 \text{ m}^2$$

$$V^1 = \frac{0,0001667}{0,001257} = 0,093 \text{ m/s}$$

Luas *Throat*:

$$A_2 = \frac{\pi(0,005)^2}{4} = 1,963 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{0,0001667}{1,963 \times 10^{-5}} = 5,94 \text{ m/s}$$

Selisih Tekanan:

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 20 - (-8) = 28 \text{ psi}$$

Konversi Head ke Tekanan:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{28 \times 6894,76}{1000 \times 9,81} = 19,68 \text{ m}$$

Headloss:

$$hL = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} - \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

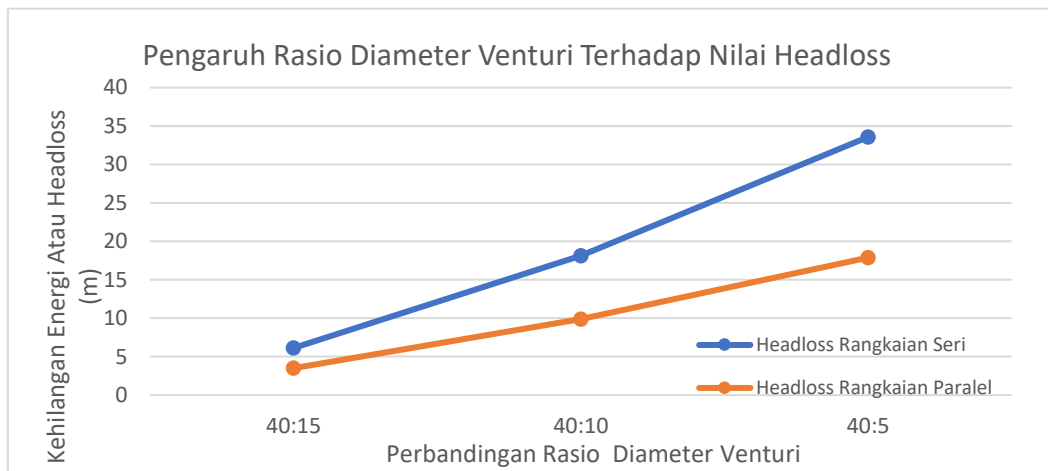
$$hL = 19,68 - \frac{5,94^2 - 0,093^2}{2(9,81)}$$

$$hL = 19,68 - 1,80$$

$$hL = 17,88 \text{ m}$$

Tabel 3 Tabel Hasil Perhitungan

Perbedaan Tekanan	40 : 15 mm, 10 mm, 5 mm				hL (m)	
Perbedaan Tekanan Aliran Seri	10 psi	30 psi	52 psi	6,13 m	18,12 m	33,57 m
Perbedaan Tekanan Aliran Paralel	6 psi	16,6 psi	28 psi	3,506 m	9,91 m	17,88 m



Grafik 1 Hasil Perhitungan Nilai *Headloss*

Berdasarkan data grafik hasil pengujian diketahui bahwa nilai *headloss* pada rangkaian pompa seri lebih besar dibanding rangkaian paralel, dengan nilai tertinggi 33,57 m pada venturi 40:5 mm dan nilai terendah sebesar 3,506 m pada venturi 40:15 mm. Peningkatan *headloss* terjadi seiring dengan semakin kecilnya diameter throat venturi yang menyebabkan kecepatan aliran meningkat dan perbedaan kehilangan energi menjadi lebih besar, dan begitu juga sebaliknya jika diameter throat venturi semakin besar maka aliran kecepatannya akan berkurang dan kehilangan energi menjadi lebih kecil. Hasil ini sesuai dengan teori Bernoulli yang menyatakan bahwa peningkatan kecepatan fluida akan menyebabkan penurunan tekanan statis, sehingga kehilangan energi aliran (*headloss*) semakin besar. Selain itu menurut persamaan Darcy Weisbach *headloss* berbanding lurus dengan kuadrat kecepatan aliran, sehingga semakin tinggi kecepatan fluida maka semakin besar energi yang hilang akibat gesekan dan turbulensi dalam perpipaan. Oleh karena itu, konfigurasi pompa seri dan penggunaan venturi dengan diameter yang kecil menghasilkan kehilangan energi yang lebih tinggi dibandingkan konfigurasi pompa paralel.

IV. KESIMPULAN

Atas hasil pengujian pompa seri dan paralel terhadap *headloss* ini. Dapat diperoleh kesimpulan bahwa nilai selisih tekanan disetiap percoaan berbeda beda. Debit air dan besarnya tekanan sangat mempengaruhi nilai *headloss* atau kehilangan tekanan, semakin besar nilai rata rata tekanan semakin besar pula nilai *headloss*nya. Nilai *headloss* terbesar berada pada rangkaian seri, dan pada diameter venturi 40:5 mm dengan nilai *headloss* sebesar 33,57 m, sedangkan nilai *headloss* terkecil berada pada rangkaian paralel dengan variasi venturi 40:15mm yang memiliki nilai *headloss* sebesar 3,506 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Shintarahayu and Y. L. Sialla, "Pengaruh Variasi Sambungan dan Katup terhadap Perubahan Kecepatan , Pressure Drop dan Koefisien Gesek pada Aliran Fluida dalam Pipa," vol. 2, pp. 73–77, 2023, doi: 10.25042/jrt2k.122022.05.
- [2] M. Dahlan *et al.*, "Analisis Perbandingan Kerugian Aliran Pada Pipa Jenis PVC dan Galvanis Dengan Menggunakan Elbow 90 Derajat," vol. 6, pp. 149–158, 2024, doi: <https://doi.org/10.36815/majamecha.v6i1.3262>.
- [3] K. Hastuti *et al.*, "Jou r nal Homepage : LAJU KOROSI PIPA GALVANIS THE EFFECT OF

GUAJAVA LEAF EXTRACT INHIBITORS ON CORROSION RATE OF,” 2021.

- [4] M. Persamaan and D. Hazen, “Analisis Kehilangan Energi pada Pipa PVC dan Galvanis dengan,” vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2025, doi: <https://doi.org/10.33096/vt1tfx24>.
- [5] A. R. Yusuf and S. Cangara, “Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi Analisis Kehilangan Energi Pada Pipa PVC Akibat Belokan Dan Perubahan Penampang,” vol. 2, no. 2, pp. 198–203, 2024, doi: [10.56326/jptsk.v2i2.3152](https://doi.org/10.56326/jptsk.v2i2.3152).
- [6] A.-G. Dwi Clarens1), Hamsina2), “UJI SENSITIVITAS VENTURIMETER TERHADAP PERUBAHAN TEKANAN DAN SUHU PADA ALIRAN FLUIDA.”
- [7] Sartika Jaya Ruing, “0 , 60 0 ,” *Stud. Eksp. DAN SIMULASI ALIRAN FLUIDA DALAM Ventur. DENGAN VARIASI Geom. UNTUK PRESISI PENGUKURAN ALIRAN*, vol. 5, no. 2, pp. 223–227, 2024.
- [8] A. Z. S. Husnul Makbul, “UJI PERBANDINGAN PERFORMA VENTURIMETER DAN ORIFICE METER,” vol. 5, no. 2, pp. 234–239, 2024.
- [9] R. S. Armaja and A. Akbar, “Analisa Head losses Aliran Laminar pada Instalasi Perpipaan Laboratorium FDM,” vol. 7, pp. 772–779, 2023, doi: <https://doi.org/10.29407/inotek.v7i2.3496>.
- [10] F. Gea, R. A. Siregar, and M. Y. R. Siahaan, “Pembuatan Alat Uji Tarik Universal Statis Dengan Penggerak Servomotor Berkapasitas Maksimum 1 kN Manufaktur of Static Universal Tensile Test Equipment With Servomotor Drive With A Maximum Capacity of 1 kN,” vol. 6, no. 2, pp. 216–226, 2022, doi: [10.31289/jmemme.v6i2.6173](https://doi.org/10.31289/jmemme.v6i2.6173).