

ANALISA HEADLOSS ALIRAN FLUIDA PADA PIPA LURUS DENGAN VARIASI DEBIT ALIRAN DAN VARIASI DIAMETER PIPA

Sudirman*¹, Harves²

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Universitas Borneo Tarakan

e-mail: *sudirman_dhuha@borneo.ac.id, ² harvesneymar@gmail.com,

Abstrak

Fluida adalah segala jenis zat yang dapat mengalir dan menyesuaikan bentuk sesuai dengan wadah yang ditempatinya seperti zat cair, dalam memindahkan zat cair tidak terlepas dari sistem perpipaan. Di mana pipa merupakan sarana alat distribusi fluida yang banyak diterapkan pada rumah tangga maupun industri dari tempat penampungan ke tempat pemakaian yang memerlukan instalasi perpipaan dengan berbagai ukuran diameter dan setiap instalasi pipa terdapat rugi aliran. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan analisis pengambilan data dengan mengukur headloss serta perbedaan tekanan pada manometer U dan digital pada pipa ½, ¾, dan 1 inch dengan variasi debit aliran 5, 10, 15 lpm. Hal tersebut menunjukkan semakin kecil diameter pipa maka rugi aliran dan pressure drop yang terjadi akan semakin besar. Dimana pada diameter ½ in headloss sebesar 0,063 m, sedangkan pada diameter ¾ in yaitu 0,024 m, sedangkan untuk diameter 1 in, headloss yang dihasilkan yaitu 0,009 m.

Kata kunci—headloss, fluida, manometer, pipa lurus

Abstract

Fluids are all kinds of substances that can flow and adjust their shape according to the container they occupy, such as liquids, in moving liquids they cannot be separated from the piping system. Where the pipe is a means of fluid distribution tools that are widely applied to households and industries from shelters to places of use that require piping installations with various diameter sizes and each pipe installation has a flow loss. This study uses experimental methods and data collection analysis by measuring headloss and pressure differences on U and digital manometers on , , and 1 inch pipes with variations in flow rate of 5, 10, 15 lpm. This shows that the smaller the pipe diameter, the greater the flow loss and pressure drop. Where the diameter of in headloss is 0.063 m, while the diameter of in is 0.024 m, while for a diameter of 1 in, the resulting headloss is 0.009 m.

Keywords— headloss, fluid, manometer, straight pipe

1. PENDAHULUAN

Pipa merupakan sarana transportasi fluida seperti air maupun gas dari satu wadah penampungan ke tempat pemakaian yang membutuhkan sistem instalasi perpipaan dengan beragam variasi pipa [1,2]. Dalam perpipaan terdapat beberapa variasi seperti pada sistem pipa tunggal dan pada pipa bercabang. Pada dasarnya fluida yang mengalir pada pipa mengalami ketidakstabilan akibat sistem perpipaan yang ada dan menimbulkan *headloss*. *Headloss* terjadi pada pipa lurus maupun pada sambungan yang dapat mengakibatkan penurunan tekanan karena adanya turbulensi dan mengakibatkan gesekan besar pada bagian permukaan pipa.

Headloss dibagi menjadi 2 jenis yaitu, *major losses* serta *minor losses*. *Major losses* terjadi akibat adanya kerugian pada sistem perpipaan akibat gesekan fluida dengan dinding pipa yang memanjang. Sedangkan *minor losses* merupakan kerugian yang dikarenakan adanya percabangan pada pipa [3]. Salah satu penyebab terjadinya *headloss* yaitu konstruksi pada sistem perpipaan tersebut. Jika konstruksi pipa mempunyai percabangan yang banyak maka rugi alirannya akan semakin besar, ada pula penyebab aliran yang pada awalnya dalam keadaan laminar pada saat melalui pipa lurus yang koefisien geseknya besar akan berubah sebagai aliran turbulen, kondisi aliran turbulen inilah yang bisa menyebabkan kerugian pada instalasi perpipaan tersebut, dan bisa saja menyebabkan adanya getaran serta pengelupasan pada dinding pipa [4].

Headloss minor terjadi karena adanya perubahan arah aliran, perubahan penampang aliran serta perubahan gesekan dikarenakan adanya fitting (belokan, percabangan, katup) [5]. *Headloss minor* dapat ditentukan dengan dengan metode *equivalent length method*. Metode ini mengasumsikan semua variasi aliran berupa fitting dinyatakan dengan nilai ekuivalen yang sama dengan besarnya *losses* yang dihasilkan oleh pipa lurus. Metode lain menentukan *headloss minor* yaitu dengan menggunakan koefisien *Losses*. Faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya *head loss minor* yaitu jenis-jenis penghubung pipa seperti katup, belokan, percabangan, *losses* pada bagian *entrance*, *losses* pada bagian *exit*, pengecilan pipa, dan pembesaran pipa.

Pada penelitian ini perancangan alat pengujian *headloss* aliran fluida dengan variasi debit aliran pada pipa lurus dan perubahan diameter pipa. Dengan pipa PVC berdiameter 1/2, 3/4, dan 1 inch dengan mencari nilai kecepatan fluida V dan menentukan nilai *headloss major* pada pipa lurus dengan panjang 1 meter untuk mencari nilai h_f . Sebuah zat yang tidak dapat menahan perubahan bentuk secara permanen pada keadaan setimbang dan tidak dapat menahan gaya atau tegangan geser atau biasa dikenal dengan (*shear force*) disebut dengan fluida. Sebuah fluida didefinisikan sebagai zat yang dapat mengalir bila terdapat sebuah perbedaan tekanan [6]

Suatu sifat dasar fluida kongkrit adalah tahanan terhadap sebuah aliran yang diukur sebagai tegangan geser dan terjadi pada bidang geser yang dikenai oleh tegangan tersebut yaitu viskositas atau kekentalan zat fluida. Pada suhu serta tekanan tertentu, setiap fluida memiliki densitasnya masing-masing, bila densitasnya sedikit maka akan terpengaruh oleh perubahan suhu dan tekanan yang cukup besar, dikarenakan fluida tersebut bersifat *incompressible*. Namun bila densitasnya peka terhadap perubahan variabel temperatur dan tekanan, berarti fluida itu digolongkan *compressible* [7].

Selain berdasarkan pengaruh dari tekanan terhadap volume, fluida juga dapat dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan pola alirannya yaitu aliran turbulen, aliran laminar, dan aliran transisi.

- 1 Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak secara beraturan dimana Aliran laminar mempunyai bilangan *Reynolds* yang kurang dari 2300 ($Re < 2300$).
- 2 Aliran transisi merupakan aliran fluida yang terjadi ketika aliran fluida berubah dari aliran laminar ke aliran turbulen, Aliran ini mempunyai bilangan *Reynolds* yang berada diantara 2300 sampai dengan 4000 ($2300 < Re < 4000$).
- 3 Aliran turbulen merupakan fluida bergerak dengan lintasan tidak teratur yang menyebabkan pergantian momentum pada suatu fluida ke bagian fluida yang lainnya. Aliran turbulen dengan skala kecil terdiri dari beberapa pusaran kecil yang bergerak dengan cepat sehingga mengubah energi dari energi mekanik menjadi energi tak mampu balik, aliran turbulen juga dapat berskala besar dimana aliran ini terdiri dari beberapa pusaran besar. Intensitas turbulensi sangat dipengaruhi oleh Bilangan *Reynolds*. Bilangan *Reynolds* pada aliran turbulen lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$)

Untuk menentukan jenis aliran fluida dapat diketahui melalui bilangan *Reynolds* (Re). Bilangan *Reynolds* tidak memiliki dimensi. dan sangat berpengaruh pada aliran fluida.

$$Re = \rho \frac{D \cdot V}{\mu} \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan Darcy-Weisbach

Kehilangan akibat longitudinal terjadi karena gesekan disepanjang lingkaran pipa. Ada beberapa persamaan yang bisa dipakai untuk menentukan kehilangan longitudinal h_f .

$$H_f = f \times \frac{L}{d} \times \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2)$$

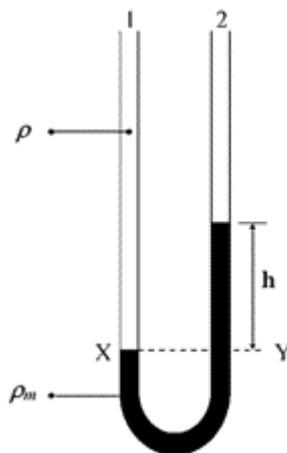
Persamaan Hazen Williams

Rumus dari perhitungan ini umum digunakan untuk menghitung/ mencari nilai kerugian *headloss* pada pipa lurus yang relatif panjang ataupun pendek. Nilai C pada persamaan 3 ditentukan berdasarkan jenis pipa pada Tabel 1.

$$h_f = \frac{10,666.Q^{1,85}}{C^{1,85}.D^{4,85}} \times L \dots\dots\dots(3)$$

Tabel 1 Nilai kekasaran Hazen-Williams [8]

Jenis pipa	C	
<i>Uncoated, new cast iron</i>	120	0.2781
<i>Uncoated, new cast iron</i>	129	0.1643
<i>Uncoated, new cast iron</i>	121	0.3007
<i>Coated, very straight, no specials</i>	144	0.0579
<i>Coated, Bonn service main, new</i>	114	0.8534
<i>Coated, Bonn service main, new</i>	111	1.0363
<i>Coated, well laid, new cast iron</i>	146	0.0488
<i>Coated, well laid, new cast iron</i>	145	0.0570
<i>Coated, Danzing main, new cast iron</i>	131	0.2846
<i>Pipe PVC</i>	150	0.0015



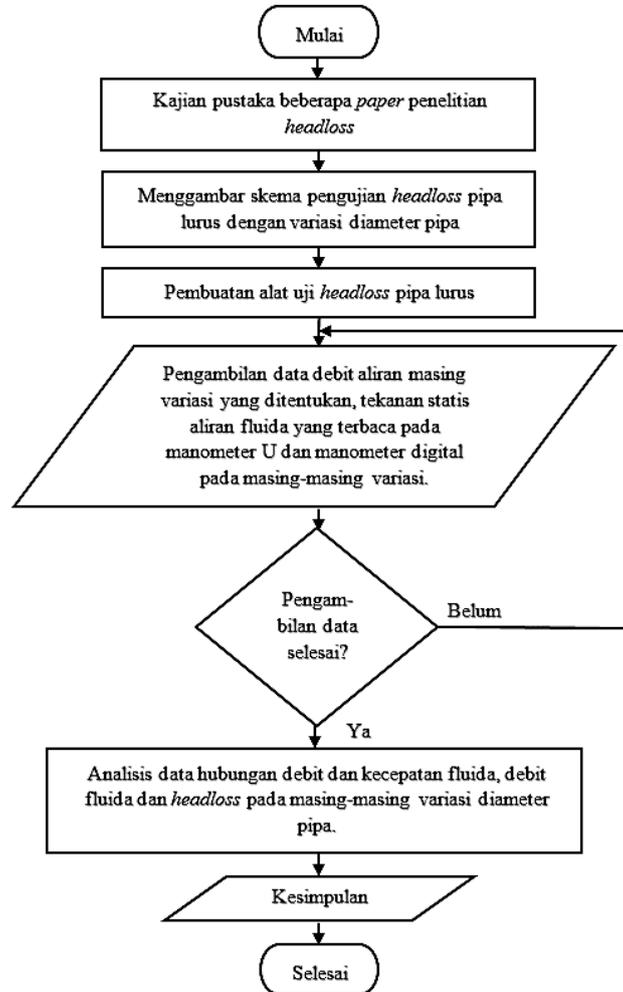
Gambar 1 Manometer U sederhana

Ilustrasi pengukuran selisih tekanan antara dua titik yang berbeda menggunakan manometer U sederhana ditampilkan pada Gambar 1. Pada penelitian ini P_1 dan P_2 masing-masing adalah tekanan pada sisi masuk dan tekanan pada sisi keluar. Selisih tekanan P_1 dan P_2 ditentukan dengan menggunakan persamaan (4), dimana ρ_m adalah massa jenis air raksa ρ adalah massa jenis air yang mengalir pada pipa lurus dan h adalah selisih tinggi permukaan air raksa pada tabung manometer U.

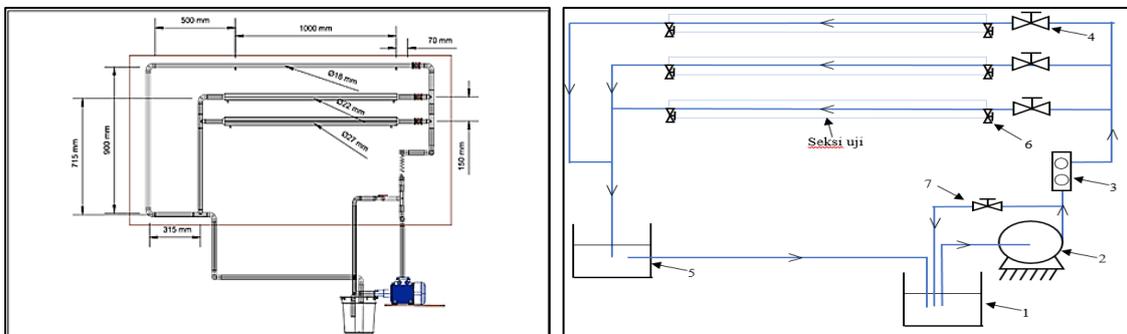
$$P_1 - P_2 = (\rho_m - \rho)gh \dots\dots\dots(4)$$

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan alur penelitian ditampilkan pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2 Alur Penelitian



Gambar 3 Skema pengujian *headloss* pada pipa lurus

Pengujian *headloss* menggunakan pipa lurus jenis PVC dengan diameter $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ dan 1 inch dengan panjang seksi uji 1 meter yang dialiri air menggunakan pompa dengan mengatur debit

aliran fluida sesuai dengan variasi yang ditentukan yaitu, 5 lpm, 10 lpm, dan 15 lpm. Pengambilan data perbedaan tekanan pada masing-masing diameter pipa pada sisi masuk dan sisi keluar menggunakan manometer U dan manometer digital. Pada Gambar 3 ditampilkan skema alat pengujian *headloss* pada pipa lurus. Berikut keterangan dari rangkaian skema tersebut:

Keterangan :

1. Wadah penampungan air
2. Pompa air listrik
3. Rotameter 11 sampai 35 lpm
4. Katub globe
5. Wadah penampung air
6. Katub penghubung manometer dan *differential pressure*
7. Katub pengatur debit aliran.

Tahap pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan, untuk mengetahui bahwa seluruh bagian dari komponen alat uji berfungsi dengan baik. Selanjutnya pengujian *headloss* pada pipa lurus dilakukan dengan urutan proses sebagai berikut:

1. Menyalakan pompa untuk mengisi aliran fluida pada pipa.
2. Atur debit aliran yang akan diuji terlebih dahulu dengan menyesuaikan katub buang pada rotameter.
3. Mengamati rotameter dan memastikan bahwa fluida yang mengalir stabil pada debit aliran yang sudah ditentukan yaitu; 5 lpm, 10 lpm, dan 15 lpm.
4. Membuka katub pada pipa $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, dan 1 inch secara bergantian untuk memastikan tidak adanya hambatan atau kendala.
5. Biarkan alat beroperasi dan pastikan semua komponen dapat bekerja dengan baik.
6. Memasang alat ukur manometer U sederhana maupun manometer digital atau *differential pressure meter* yang dihubungkan pada titik pengambilan data, dimulai dari diameter $\frac{1}{2}$ in.
7. Selanjutnya amati alat ukur manometer U sederhana maupun manometer digital untuk mengambil data perbedaan tekanan manometer P_1 dan P_2 .
8. Matikan pompa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perakitan dari perancangan alat uji *headloss* aliran fluida pada pipa lurus dengan variasi debit aliran dan variasi diameter pipa ditampilkan pada Gambar 4 sebagai berikut:



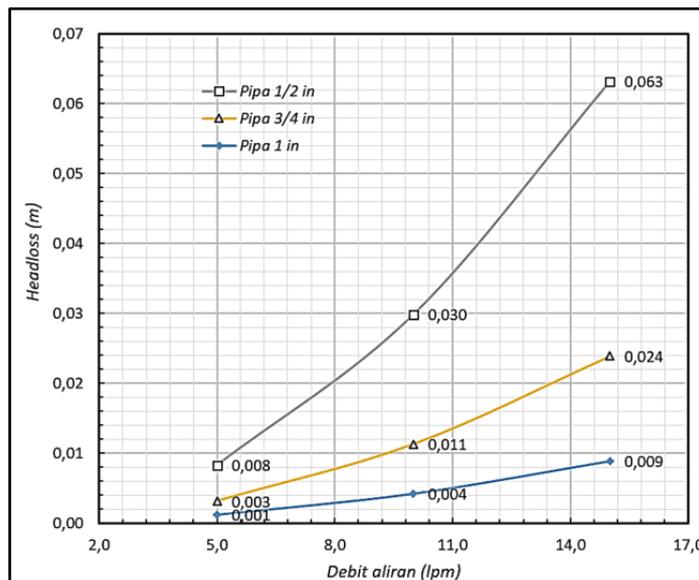
Gambar 4 Alat uji *headloss* pada pipa lurus dengan variasi debit aliran fluida dan diameter pipa

Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan. Data yang diperoleh dari hasil pengujian alat yaitu debit aliran (*lpm*), diameter pipa (*mm*), selisih tekanan pada manometer U sederhana dan selisih pada manometer digital sebagaimana disebutkan dalam Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil pengujian *headloss* dan *pressure drop* pada pipa lurus dengan variasi diameter dan debit aliran

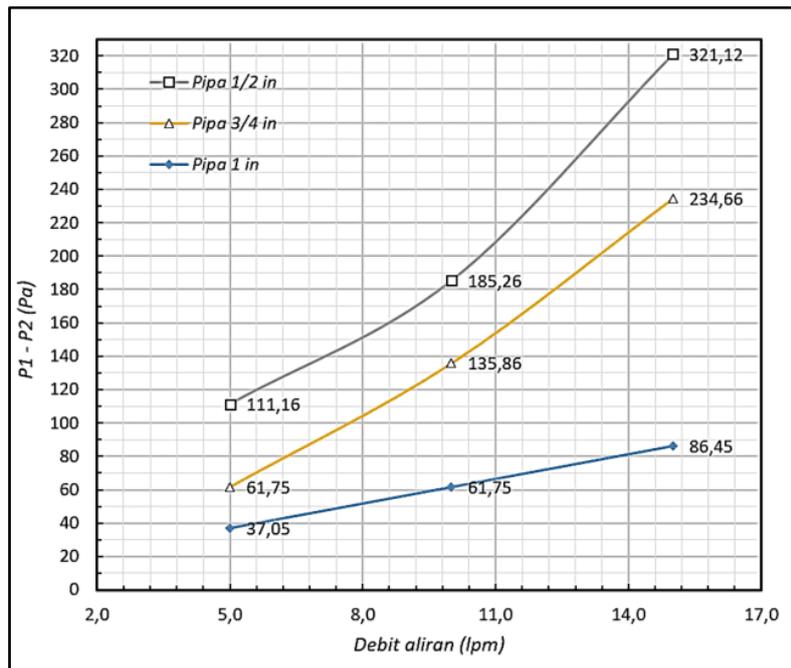
Diameter Pipa		Debit (<i>lpm</i>)	<i>h</i> pada manometer U (<i>mm</i>)	<i>h</i> pada manometer digital (<i>mm</i>)	<i>Headloss</i> (<i>m</i>)	$P_1 - P_2$ pada manometer U (<i>Pa</i>)	$P_1 - P_2$ pada manometer digital (<i>Pa</i>)
Luar (<i>in</i>)	Dalam (<i>mm</i>)						
½	18	5	1	0.9	0,008273243	123,5065	111,15581
		10	1.5	1.5	0,029825057	185,2597	185,25969
		15	2.5	2.6	0,063146621	308,7662	321,1168
¾	22	5	0	0.5	0,003126061	0	61,75323
		10	1	1.1	0,011269456	123,5065	135,85711
		15	2	1.9	0,023860073	247,0129	234,66227
1	27	5	0	0.3	0,001157799	0	37,051938
		10	0.5	0.5	0,004173868	61,75323	61,75323
		15	0.5	0.7	0,008837054	61,75323	86,454522

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 ditunjukkan hubungan antara diameter pipa dan nilai kehilangan energi/*headloss* berbanding terbalik, dimana semakin kecil diameter pipa, semakin besar nilai *headloss* (*h_f*). Dapat dilihat pada debit aliran 5 *lpm*, pada pipa ½ inch dengan nilai *headloss* 0,008 m, sedangkan pada pipa ¾ inch diketahui nilai *headloss* 0,003 m dan pipa 1 inch sebesar 0,001 m. Selanjutnya pada Gambar 6, *pressure drop* dari aliran fluida melalui pipa lurus dengan variasi debit dan diameter pipa diukur. Tujuan dari pengukuran manometer U sederhana dan digital adalah memvalidasi atau membandingkan kedua alat ukur, hasil pengukuran manometer U sederhana dan manometer digital didapatkan Δh (selisih tinggi air raksa).



Gambar 5 Grafik hubungan *headloss* dan debit aliran pada pipa masing-masing diameter pipa

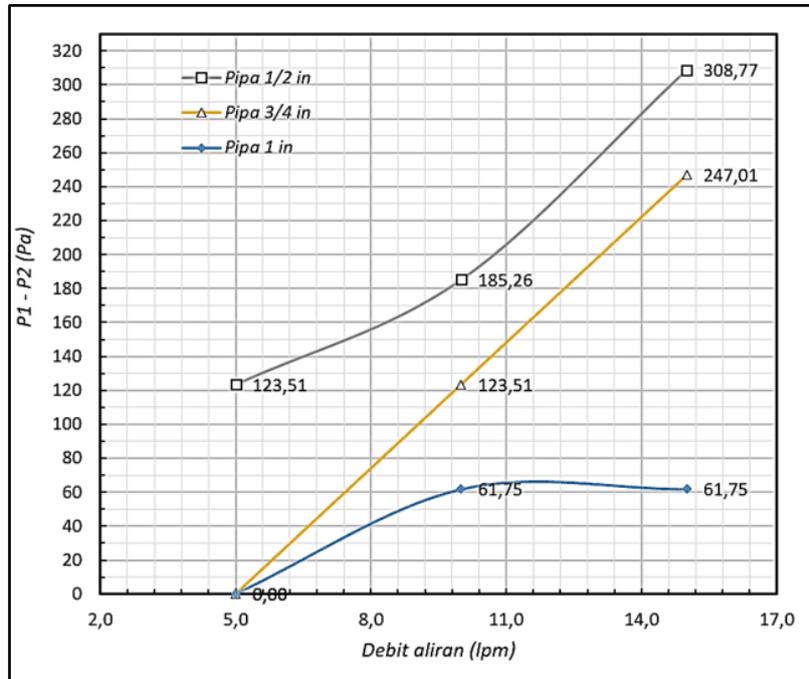
Dari grafik hasil pengukuran *pressure drop* pada pipa lurus dengan menggunakan manometer U sederhana ditunjukkan pada Tabel 2. Semakin besar debit aliran pada pipa lurus, maka selisih tekanan P_1 dan P_2 semakin besar. Demikian pula hubungan diameter pipa dan *pressure drop* dapat diamati dari hasil pengukuran menggunakan manometer U maupun manometer digital pada Tabel 2. Semakin besar diameter pipa, maka selisih tekanan P_1 dan P_2 akan semakin kecil. Tren hubungan masing-masing variasi ini dapat divisualisasikan pada Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6 Grafik hubungan debit aliran pada pipa dan selisih tekanan antara *inlet* dan *oulet* pipa untuk alat ukur manometer U

Pressure drop terjadi karena adanya rugi aliran akibat gesekan fluida dengan permukaan pipa. Selain itu berdasarkan persamaan (2) *Darcy-Weisbach*, hubungan *headloss* dan diameter pipa serta kecepatan fluida adalah berbanding lurus dengan kecepatan fluida dan berbanding terbalik dengan diameter pipa. Sehingga semakin besar nilai kecepatan aliran akan meningkatkan nilai *headloss*, yang secara langsung berkontribusi terhadap *pressure drop* yang terjadi. Demikian pula dengan diameter pipa yang lebih besar, maka *headloss* akan berkurang dan memberikan kontribusi selisih tekanan P_1 dan P_2 yang lebih kecil. Hal ini dapat diamati pada Gambar 6, *pressure drop* pada pipa 1 in jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan *pressure drop* pada pipa 1/2 in dan 3/4 in. Pada pengujian debit aliran 5 lpm perbandingan kenaikan *pressure drop* dari pipa 1 in dan pipa 3/4 in adalah sebesar 67 % dan dari pipa 1 in dan pipa 1/2 in adalah sebesar 200 % untuk panjang pipa pengujian 1 meter.

Peningkatan *pressure drop* juga dapat diamati pada diameter pipa yang sama dengan debit aliran yang berbeda. Saat debit aliran divariasikan pada 5 lpm, 10 lpm, dan 15 lpm pada diameter pipa 1/2 in peningkatan *pressure drop* dari variasi 5 lpm terjadi sebesar 67 % saat debit aliran ditingkatkan menjadi 10 lpm dan meningkat 189 % saat debit aliran 15 lpm. Sedangkan peningkatan *pressure drop* pada diameter pipa 3/4 in masing-masing 120% dan 280 %. Selanjutnya untuk pipa 1 in peningkatan *pressure drop* masing-masing 67% dan 133 %. Sehingga pipa 1 in adalah diameter pipa yang mengalami peningkatan *pressure drop* paling kecil dari variasi debit aliran dan variasi diameter pipa lainnya pada penelitian ini.



Gambar 7 Grafik hubungan debit aliran pada pipa dan selisih tekanan antara *inlet* dan *oulet* pipa untuk alat ukur manometer digital

Pada Gambar 7 ditampilkan hasil pengukuran *pressure drop* pipa $\frac{1}{2}$ in, $\frac{3}{4}$ in, dan 1 in dengan menggunakan manometer U, dimana sebelumnya pada Gambar 6 pengukuran *pressure drop* pada masing-masing variasi diameter pipa dilakukan dengan menggunakan manometer digital. Dari kedua grafik tersebut baik grafik pada Gambar 6 dan grafik pada Gambar 7 menunjukkan tren yang sama yaitu peningkatan *pressure drop* pada variasi debit aliran dan diameter pipa paling besar adalah pada pipa $\frac{1}{2}$ in, disusul pada pipa $\frac{3}{4}$ in, dan 1 in. Pada Gambar 7 pengujian pada pipa $\frac{3}{4}$ in dan 1 in untuk debit aliran 5 lpm hasil pengukuran *pressure drop* tidak menunjukkan pembacaan yang akurat pada alat ukur manometer U, sehingga pengukuran dilanjutkan dengan menggunakan manometer digital.

4. KESIMPULAN

Setelah mengamati dan menganalisa data yang diperoleh dari pengolahan data pengukuran maka disimpulkan sebagai berikut:

1. Hubungan antara diameter pipa dan *headloss* yaitu; semakin kecil diameter pipa, semakin besar nilai *headloss*.
2. *Headloss* yang paling besar pada masing-masing diameter pipa terjadi pada saat debit 15 lpm. Dimana pada diameter $\frac{1}{2}$ in *headloss* sebesar 0,063 m, sedangkan pada diameter $\frac{3}{4}$ in yaitu 0,024 m, sedangkan untuk diameter 1 in, *headloss* yang dihasilkan yaitu 0,009 m.
3. Semakin besar kecepatan aliran akan meningkatkan nilai *headloss*, yang secara langsung berkontribusi terhadap *pressure drop* yang terjadi. Demikina pula dengan diameter pipa yang lebih besar, maka *headloss* akan berkurang dan memberikan kontribusi selisih tekanan P_1 dan P_2 yang lebih kecil.

5. SARAN

Berikut saran-saran untuk penelitian lanjutan dalam mengembangkan hasil yang telah dicapai pada penelitian ini yaitu:

1. Pengukuran perbedaan tekanan antara dua titik pengukuran yang menghasilkan selisih tekanan yang kecil dapat menggunakan *inclined manometer*.
2. Perbandingan *headloss* pada jenis pipa yang berbeda dapat dilakukan untuk mengetahui persentase perubahan *pressure drop* dan *headloss* untuk debit aliran yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Borneo Tarakan yang telah memberi dukungan sarana dan prasarana serta financial terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fahrudin, A., Mulyadi, 2018, Rancang Bangun Alat Uji *Head Losses* dengan Variasi Debit dan Jarak Elbow 90° untuk Sistem Perpipaan yang Efisien, *TURBO Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, No. 1, Vol. 7, 32-35, <https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo/article/view/680/pdf>
- [2] Rosmiati, R., Ibrahim, T., & Masykur, M. (2019). ANALISA NPSH KERUSAKAN IMPELLER POMPA CETRIFUGAL CAIRAN CH3OH. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 5(2).
- [3] Ermadi, D., Darmanto, 2017, Perancangan Alat Praktikum Pengujian *Headloss* Aliran Fluida Tak Termampatkan, *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, No.2, Vol.2, 1-7, <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/CE/article/view/2079/2099>
- [4] 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 Ilmiah Teknik Mesin*, No. 2, Vo. 1, 59-64
- [5] Mustakim, M., & Syakura, A. (2015). PENGARUH REYNOLD NUMBER (RE) TERHADAP HEAD LOSSES PADA VARIASI JENIS BELOKAN PIPA (BERJARI-JARI DAN PATAH). *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(2).
- [6] Rasagama, I G., Hadiningrum, K., Muldiani, R.F., 2018, Pengembangan Model Praktikum "Persamaan Bernoulli" Untuk Pembelajaran Konsep Fluida Dinamis Mahasiswa Politeknik Negeri Bandung, *9th Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung, 25 & 26 Juli
- [7] Putra, I.E., Sulaiman, Galsha, A., 2017, Analisis Rugi Aliran (*Head losses*) pada Belokan Pipa PVC, *Seminar Nasional Peranan Ipteks Menuju Industri Masa Depan (PIMIMD-4)*, Padang, 27 Juli
- [8] Niazkari, M., Talebbeydokhti, N., Afzali, S.H., 2017, Relationship between Hazen-William coefficient and Colebrook-White friction factor: Application in water network analysis, *European Water*, No. 58, 513-520, http://www.ewra.net/ew/pdf/EW_2017_58_74.pdf