

Karakteristik Tekanan pada Daerah *Upstream* dan *Downstream* Pembesaran Pipa Lurus dengan Variasi Panjang Pipa *Re-Entrant*

J-MOVE
JURNAL TEKNIK MESIN



Mahmuddin^{1*}, Agus Wahyudi², Muhammad Syahrir³

^{1,3} Dosen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

² Mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

* Penulis Korespondensi.

Riwayat Artikel

Diterima: 18 Januari 2026

Selesai Revisi: 16 Februari 2026

Disetujui: 11 Maret 2026

Tersedia daring: 15 Maret 2026

Alamat E-mail

¹ mahmuddin@umi.ac.id

² aguswahyudi94@gmail.com

³ muhhammad.syahrir@umi.ac.id

Abstrak

Pipa *reentrant* adalah sebuah struktur pipa yang dirancang untuk memungkinkan aliran fluida dengan cara yang lebih efisien dan mengurangi turbulensi. Ciri khas dari pipa *reentrant* adalah adanya bagian yang menyempit atau melengkung sebelum melebar kembali, yang memungkinkan fluida untuk mengalir kembali ke arah aliran utama. Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh panjang pipa *reentrant* terhadap karakteristik tekanan dan beda tekanan yang ditimbulkan pada sisi *upstream* terhadap sisi *downstream* pressure saat melewati pipa *reentrant*. Dalam penelitian ini menggunakan variasi panjang pipa *reentrant* 0, 0,5 dan 1 cm dengan perbandingan ini rasio diameter (d/D) yang digunakan adalah 0,5625 pada debit aliran air 10 LPM sampai dengan 21 LPM. Penelitian ini dilaksanakan Pusat Laboratorium Riset dan Pengembangan Teknologi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia Makassar. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh Pengaruh panjang pipa *reentrant* sangat berpengaruh terhadap penurunan tekanan yang terjadi. Perbedaan tekanan *upstream* dan tekanan *downstream* tertinggi pada *reentrant* $L=0$ yakni 107207 N/m dengan ΔP sebesar $-156,331 Pa$, Tekanan *downstream* tertinggi pada *reentrant* $L=0,5$ yakni 106914 N/m² dengan ΔP sebesar $-117,249 Pa$ sedangkan Tekanan *downstream* tertinggi pada *reentrant* $L=1$ yakni 106894 N/m² dengan ΔP sebesar $-273,581 Pa$. Pressure drop yang terjadi sebesar 141,901 N/m² sampai 625,785 N/m² sedangkan kerugian yang terjadi sebesar 0,0052 m sampai dengan 0,0228 m sedangkan Beda tekanan yang dihasilkan pada geometri rasio pipa *reentrant* $L=0$: Tekanan *upstream* bisa lebih tinggi karena akumulasi tekanan sebelum fluida mengalami perubahan arah yang tajam dan sedangkan $L=0,5$ dan $L=1$: Dengan geometri yang lebih halus, penurunan tekanan yang terjadi lebih merata, sehingga tekanan *upstream* tidak mengalami akumulasi yang sama seperti pada $L=0$.

Kata kunci: Panjang pipa *re-entrant*, Tekanan *upstream*, Tekanan *downstream*, Beda tekanan, Penurunan tekanan.

Abstract

A *reentrant* pipe is a pipe structure designed to allow fluid flow in a more efficient manner and reduce turbulence. A distinctive feature of *reentrant* pipes is the presence of a narrowed or curved section before widening again, which allows fluid to flow back in the direction of the main stream. The purpose of this study is to determine the effect of the length of the *reentrant* pipe on the pressure characteristics and the difference in pressure caused on the upstream side to the downstream pressure side when passing through the *reentrant* pipe. In this study, a variation in the length of the *reentrant* pipe was used, with values of 0, 0.5, and 1 cm. With this ratio, the diameter (d/D) used was 0.5625 at a water flow discharge of 10 LPM to 21 LPM. This research was carried out by the Center for Technology Research and Development Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Muslim University of Indonesia, Makassar. Based on the results of the research, it was found that the effect of the length of the *reentrant* pipe significantly affects the pressure reduction that occurs. The difference between upstream pressure and the highest downstream pressure in *reentrant* $L=0$ is 107207 N/m with ΔP of $-156.331 Pa$, the highest downstream pressure in *reentrant* $L=0.5$ is 106914 N/m² with ΔP of $-117.249 Pa$, while the highest downstream pressure in *reentrant* $L=1$ is 106894 N/m² with ΔP of $-273.581 Pa$. The pressure drop that occurs is 141.901 N/m² to 625.785 N/m². In contrast, the loss that occurs is 0.0052 m to 0.0228 m while the pressure difference generated in the geometry of the *reentrant* pipe ratio $L=0$: The upstream pressure can be higher due to the accumulation of pressure before the fluid undergoes a sharp change in direction and whereas $L=0.5$ and $L=1$: With a smoother geometry, the pressure drop occurs more evenly, so that the upstream pressure does not accumulate the same as at $L=0$.

Keywords: *Re-entrant* pipe length, Upstream pressure, Downstream pressure, Pressure difference, Pressure drop.

1. PENDAHULUAN

Lingkungan di sekitar kita tidak akan jauh dari fluida untuk memenuhi kebutuhan hidup. Fluida merupakan zat yang dapat dengan mudah di jumpai, seperti udara sebagai sumber pernafasan makhluk hidup dan air sebagai sumber mineral makhluk hidup. Kegunaan fluida yang sudah begitu penting membuat hal tersebut perlu di kaji lebih dalam, dimana fluida dalam pipa memiliki kerugian yang mengakibatkan aliran fluida tersebut kurang maksimal. Bentuk kerugian energi adalah kerugian head tekanan pada aliran fluida dapat dijumpai pada aliran dalam pipa. Kerugian tersebut diakibatkan oleh gesekan fluida dengan dinding pipa dan juga komponen-komponen lain yang terdapat pada sistem perpipaan tersebut. Komponen pada sistem perpipaan tersebut seperti percabangan, belokan pipa, sambungan pipa, katup-katup, sambungan pembesaran dan pengecilan pipa. Untuk mengurangi kerugian ini biasanya digunakan pipa yang lebih panjang, agar terjadi aliran fluida yang berkembang penuh (fully developed flow). Tetapi, faktor dimensi pipa yang semakin panjang dapat meningkatkan kerugian energi aliran karena gesekan fluida dan dinding pipa. Disamping itu secara ekonomis semakin panjang suatu pipa tentu akan menambah beban energi untuk mentransfer fluida dan efisiensi pemakaian pipa. Pada penelitian ini dilakukan eksperimen untuk mempelajari jarak minimum pada pipa masuk pada sambungan agar dalam perhitungan bisa menggunakan formula Navier-Stokes.

Fluktuasi tekanan dan vorteks sering terjadi pada aliran yang melewati sambungan pipa dengan pembesaran luas penampang tiba-tiba, yang secara signifikan akan berdampak terhadap karakteristik aliran. Fluktuasi tekanan dan vorteks ini tidak diharapkan dalam pengaliran fluida karena akan mengkonsumsi energi aliran. Oleh sebab itu, dicari suatu metode bagaimana mengurangi dampak dari fluktuasi tekanan (intensitas turbulensi) pada aliran dalam pipa. Metode yang digunakan untuk mengurangi fluktuasi tekanan pada sambungan pembesaran adalah dengan menempatkan ring pada daerah pembesaran tersebut Voutsinas (2008). Hasil penelitian Voutsinas (2008), ring tersebut secara efektif dapat meredam vorteks serta mengurangi fluktuasi tekanan (pressure fluctuations) yang terjadi pada daerah sambungan tersebut.

Pipa *reentrant* adalah komponen penting dalam sistem aliran fluida yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi aliran serta mengurangi turbulensi. Struktur pipa ini ditandai oleh adanya bagian yang menyempit sebelum melebar kembali, yang memfasilitasi perubahan arah aliran fluida. Salah satu fenomena yang sering diamati dalam pipa *reentrant* adalah penurunan tekanan yang terjadi antara sisi *upstream* (hulu) dan *downstream* (hilir). Penurunan tekanan ini sangat dipengaruhi oleh geometri pipa, khususnya panjang pipa *reentrant*. Dalam konteks ini, panjang pipa *reentrant* berperan penting dalam menentukan karakteristik aliran fluida, yang pada gilirannya mempengaruhi perbedaan tekanan yang terjadi. Dengan panjang pipa yang berbeda, aliran fluida akan mengalami variasi dalam interaksi dengan dinding pipa, yang dapat menghasilkan perubahan signifikan pada tekanan.

Panjang pipa *reentrant* pada sambungan pembesaran tiba-tiba memiliki pengaruh yang signifikan terhadap distribusi tekanan *upstream* dan *downstream* terutama pada karakteristik tekanan fluida. Oleh karena itu, maka perlu melakukan penelitian dan mempelajari lebih mendalam bagaimana fenomena tekanan *upstream* dan *downstream* dan pemulihan tekanan. Pipa *reentrant* memiliki bagian yang menyempit (converging) dan kemudian melebar (diverging). Desain ini memungkinkan aliran fluida untuk mengalami perubahan arah yang lebih halus, mengurangi turbulensi dan meningkatkan efisiensi aliran. Saat fluida mengalir melalui pipa *reentrant*, kecepatan aliran akan meningkat di bagian yang menyempit, sesuai dengan prinsip kontinuitas. Hal ini menyebabkan penurunan tekanan yang signifikan di bagian tersebut. Setelah melewati bagian menyempit, fluida akan mengalami penurunan kecepatan dan peningkatan tekanan saat memasuki bagian yang melebar.

2. KAJIAN PUSTAKA

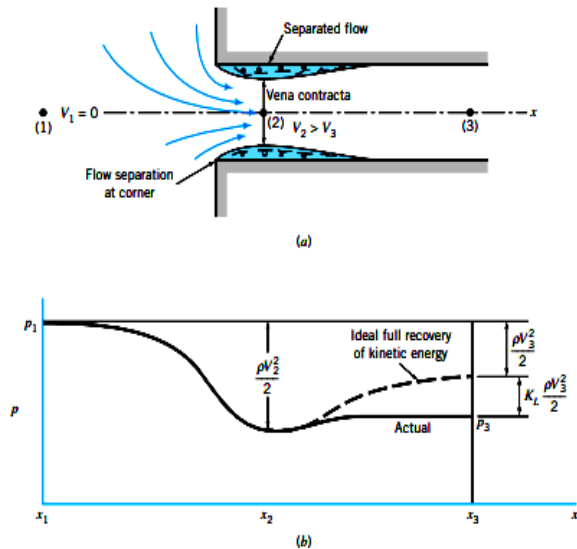
Pipa *reentrant* adalah jenis pipa yang memiliki bagian yang menyempit atau melengkung ke dalam pada suatu titik tertentu. Desain ini sering digunakan untuk mengoptimalkan aliran fluida, mengurangi turbulensi, dan meningkatkan efisiensi sistem pipa. Aliran dalam pipa *reentrant* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk:

- Kecepatan Aliran: Perubahan diameter dapat mempengaruhi kecepatan fluida, yang pada gilirannya memengaruhi tekanan di dalam pipa.
- Turbulensi: Pipa *reentrant* dapat menciptakan area turbulensi yang berbeda, yang penting untuk memahami distribusi tekanan dan aliran.

Pengaruh Pembesaran pada pipa *reentrant* dimana Ketika aliran memasuki bagian yang lebih besar, terjadi penurunan kecepatan dan perubahan tekanan yang signifikan. Hal ini dapat menyebabkan efek seperti pemisahan aliran dan turbulensi. Sedangkan Tekanan *Upstream* dan *Downstream*: Perbedaan tekanan di kedua sisi pembesaran akan mempengaruhi efisiensi aliran dan gaya gesek.

2.1. Penurunan Tekanan (*Pressure Drop*)

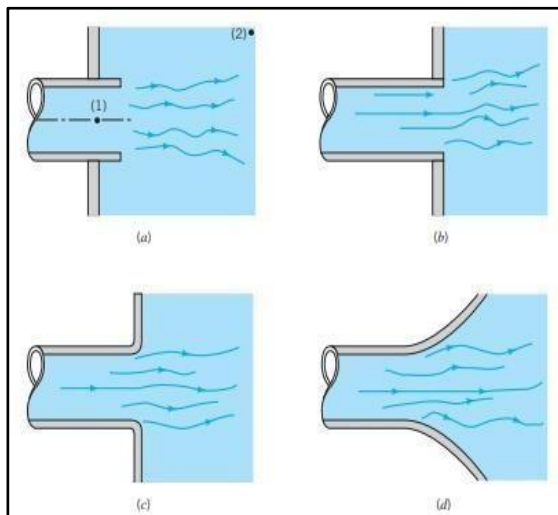
Penurunan Tekanan (ΔP) merupakan salah satu prinsip persamaan Bernoulli dengan memanfaatkan laju volumetrik aliran fluida, dan umumnya dapat digunakan pada banyak aplikasi teknik. Penurunan Tekanan dapat diketahui dengan mengukur differential pressure yang terjadi pada daerah *upstream* pada jarak D dan *downstream* pada jarak $0.5D$ dari titik sambungan. Daerah *upstream* merupakan daerah ketika aliran fluida belum memasuki daerah dimana terjadi perubahan kondisi aliran yang disebabkan perubahan dimensi pipa. Pengukuran tekanan menggunakan pressure tap ditempatkan sepanjang daerah *upstream* dan *downstream* yang dapat terlihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Pola aliran melalui pengecilan tiba-tiba (a) distribusi aliran dan (b) distribusi tekanan

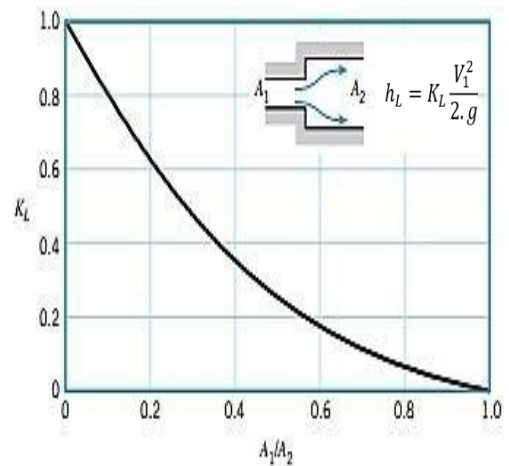
2.2. Pembesaran (Expansion)

Pembesaran dalam suatu perpipaan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu pembesaran mendadak atau pembesaran secara tiba-tiba (sudden ekspansion) atau gradual ekspansion. Perpindahan aliran fluida dalam pipa dari pipa menuju reservoir. Berdasarkan jenisnya, entrance dapat dibedakan menjadi 4 (empat) macam yaitu *reentrant*, *square edge*, *slightly rounded* dan *well rounded*, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi aliran sisi keluar dan koefisien kerugian (a) *Reentrant*, (b) *Tepi-tajam (square edge)*, (c) *Sedikit dibulatkan (slightly rounded)* dan (d) *Dibulatkan dengan baik (well rounded)*.

Perbedaan tekanan dapat terjadi maka, dibuat sengaja dengan merubah luas penampang pipa sehingga terjadi perubahan kecepatan pada sisi *upstream* dan *downstream*. Persamaan Bernoulli menjadi acuan dalam menghitung penurunan tekanan (ΔP) yang menyebutkan bahwa besaran kecepatan dan besaran tekanan pada aliran fluida berbanding terbalik nilainya dengan elevasi ketinggian ($\Delta z = 0$).

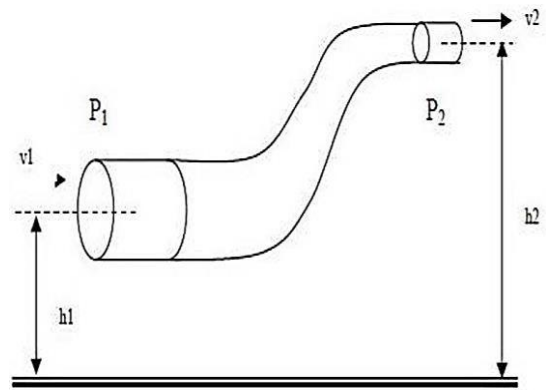


Gambar 3. Koefisien kerugian untuk pembesaran mendadak

2.3. Persamaan Bernoulli

Pada mekanika fluida terdapat persamaan yang menyatakan bahwa kecepatan pada aliran fluida akan berpengaruh pada tekanan, jika kecepatan pada aliran fluida meningkat maka akan terjadi penurunan tekanan pada aliran itu, persamaan ini disebut dengan persamaan Bernoulli. Persamaan Bernoulli juga menyatakan bahwa pada aliran tertutup jumlah energi disetiap titik yang berbeda akan memiliki besar yang sama saat aliran tersebut mengalir pada lintasan yang sama. Fluida akan memiliki tekanan yang besar di suatu titik ketika kelajuan aliran yang terjadi kecil, sebaliknya fluida akan memiliki tekanan yang kecil disuatu titik ketika kelajuan aliran yang terjadi besar.

Persamaan Bernoulli telah disederhanakan menjadi dua bentuk yaitu persamaan yang digunakan untuk aliran tak termampatkan (*Incompressible Flow*) dan persamaan yang digunakan untuk fluida termampatkan (*Compressible Flow*). Aliran tak termampatkan (*Incompressible Flow*) akan memenuhi persamaan Bernoulli apabila aliran tersebut mengalir dengan steady state dan tidak mengalami gesekan. Aliran fluida yang mengalir pada ketinggian yang berbeda dapat dilihat gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Perbedaan ketinggian pada tabung Aliran fluida

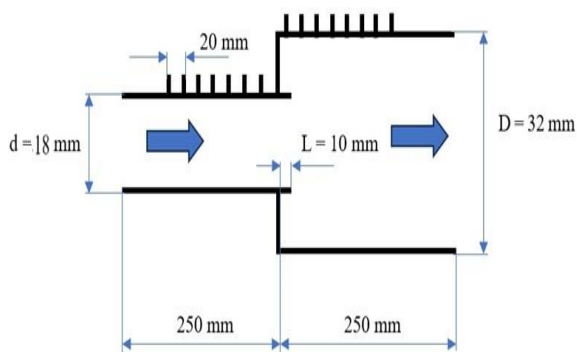
Head ketinggian adalah faktor yang menentukan besar energi potensial yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida ke ketinggian tertentu. Head kecepatan adalah faktor yang menentukan besar energi kinetik yang

dibutuhkan untuk mengalirkan fluida ke ketinggian tertentu. Head tekanan adalah energi aliran yang mempunyai besar yang sama dengan tekanan dari fluida akibat perbedaan ketinggian. Jika permukaan yang ada pada penampang pipa tidak sempurna maka akan muncul gesekan antara permukaan pipa dengan fluida yang sedang mengalir melewatinya sehingga persamaan energi menjadi persamaan (1) berikut:

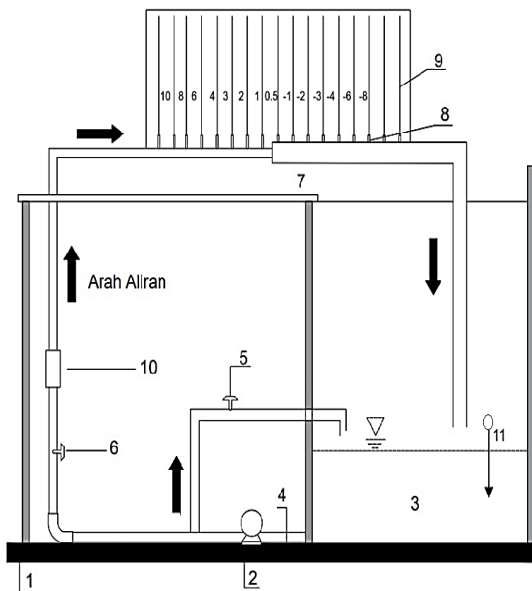
$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 \quad (1)$$

3. METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan difokuskan pada karakteristik tekanan pada sambungan pembeesaran pipa type *reentrant* seperti pada gambar 5 dan 6 di bawah ini:



Gambar 5. Geometri sambungan Pipa Tipe *Reentrant*



Gambar 6. Skema penelitian

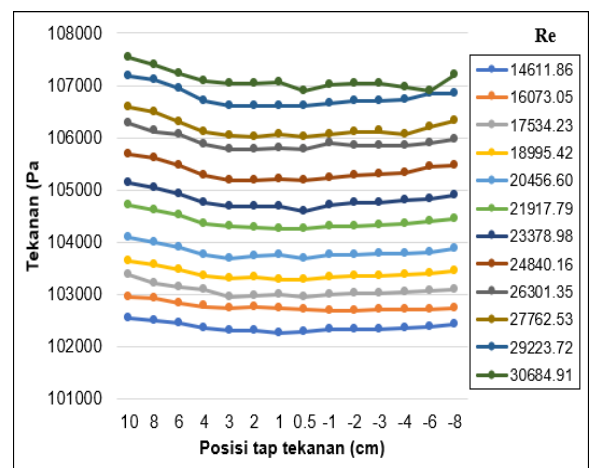
Keterangan gambar:

1. Meja alat uji
2. Pompa
3. Bak air
4. Pipa hisap dari pompa (*suction pump*)
5. Katup pada pipa (*By pass line*)
6. Katup pada pipa alir (*Discharge line*)
7. Seksi uji
8. Papan manometer
9. *Flowmeter*
10. *Thermometer*

4. HASI DAN PEMBAHASAN

4.1. Distribusi Tekanan pada Panjang Pipa Aliran *Reentrant* ($L=0$)

Gambar 7 tekanan *upstream* dan *downstream* sepanjang aliran *reentrant* ($L=0$) pada berbagai debit aliran air. Dalam konteks pipa *reentrant* dengan rasio geometri $L=0$, di mana pipa memiliki belokan tajam atau sudut yang sangat curam, hal ini dapat menyebabkan aliran air berbalik arah dengan cepat. Hukum Bernoulli ini menyatakan bahwa dalam aliran fluida yang stabil, jika kecepatan fluida meningkat, tekanan akan menurun. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Affudin, dkk. 2020) Penurunan tekanan dapat dipengaruhi oleh debit aliran fluida dan besarnya perubahan pipa tersebut, debit memiliki aliran fluida yang mengakibatkan tekanan pada dinding pipa. Penelitian ini bersifat kuantitatif yang akan membahas tentang penurunan tekanan pada perubahan penampang mendadak yang memiliki diameter 1 inci ke $\frac{3}{4}$ inci dan 1 inci ke $\frac{1}{4}$ inci ini dengan variasi bukaan katup 100%, 75% dan 50%. Hasil Penelitian penurunan tekanan perubahan penampang pipa 1 inci ke $\frac{3}{4}$ inci pada setiap bukaan katup yaitu 100% sebesar 0,1 bar, 75% sebesar 0,09 bar dan 50% sebesar 0,05 bar, sedangkan penurunan tekanan perubahan penampang $\frac{1}{4}$ inci pada setiap bukaan katup yaitu 100% sebesar 0,03 bar, 75% sebesar 0,03 bar dan 50% sebesar 0,06 bar. Pada kecepatan aliran dapat berkurang di *downstream*, yang menyebabkan penurunan tekanan. Jika kecepatan di *downstream* (v_2) lebih rendah, maka tekanan *downstream* (P_2) akan lebih rendah dibandingkan tekanan *upstream* (P_1). Panjang lurus pada $L=0$ cenderung menyebabkan turbulensi yang lebih tinggi, yang mengurangi tekanan di *downstream* akibat gesekan dan pengaruh *vortex*.



Gambar 7. Grafik tekanan pada posisi tap dengan debit aliran melalui pipa *reentrant* pada ($L=0$)

Pada pipa *reentrant* dengan $L=0$, tekanan *upstream* lebih besar daripada tekanan *downstream* akibat peningkatan kecepatan aliran, turbulensi, dan rugi-rugi akibat gesekan dan perubahan arah. Semakin besar debit aliran air maka tekanan semakin meningkat. Tekanan *downstream* tertinggi pada reentrant $L=0$ yakni 107207 N/m² terjadi pada kecepatan aliran fluida mencapai 1,376 m/s dengan bilangan Reynolds sebesar 30684,91.

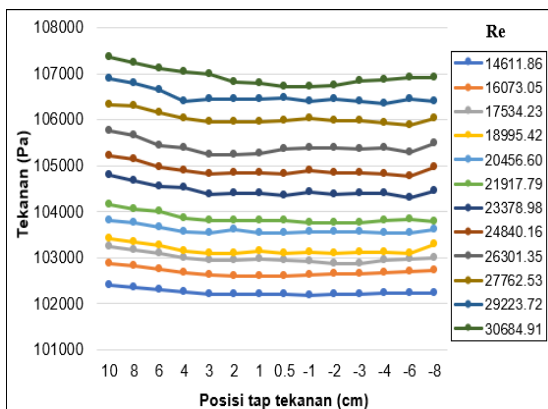
Berdasarkan Gambar 7 maka ΔP yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_{upstream} - P_{downstream} \\ &= 107051 - 107207 \\ &= -156,331 Pa \end{aligned}$$

4.2. Distribusi Tekanan pada Panjang Pipa Aliran Reentrant ($L=0,5$)

Dari Gambar 8 tekanan *upstream* dan *downstream* sepanjang aliran *reentrant* ($L=0,5$) atau terjadi penyempitan menyebabkan peningkatan kecepatan aliran. Ini berkontribusi pada penurunan tekanan *downstream* dengan berbagai debit aliran fluida. tekanan *upstream* memiliki nilai yang lebih besar dari pada tekanan *downstream*. Berdasarkan Hukum Bernoulli menyatakan bahwa dalam aliran fluida yang stabil, peningkatan kecepatan fluida akan diikuti oleh penurunan tekanan. Ketika fluida melewati area *reentrant*, kecepatan aliran meningkat, menyebabkan penurunan tekanan *downstream*. Disamping itu Ketika fluida mengalir melalui pipa, gesekan dengan dinding pipa mengurangi energi aliran dan Di daerah *downstream*, gesekan lebih signifikan akibat turbulensi yang mungkin terjadi. Hal ini menunjukkan pada rasio $R=0,5$ bahwa diameter pipa bagian *reentrant* lebih kecil daripada diameter pipa sebelum dan setelah area *reentrant*. Ini berarti aliran harus menyempit saat memasuki bagian *reentrant* sehingga terjadi peningkatan kecepatan aliran yang melalui pipa tersebut. Semakin besar debit aliran fluida maka tekanan semakin meningkat. Tekanan *downstream* tertinggi pada reentrant $L=0,5$ yakni 106914 N/m^2 terjadi pada kecepatan aliran air mencapai $1,376 \text{ m/s}$ dengan bilangan Reynolds sebesar $30684,91$. Berdasarkan Gambar 8 maka ΔP yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_{upstream} - P_{downstream} \\ &= 106797 - 106914 \\ &= -117,249 Pa \end{aligned}$$

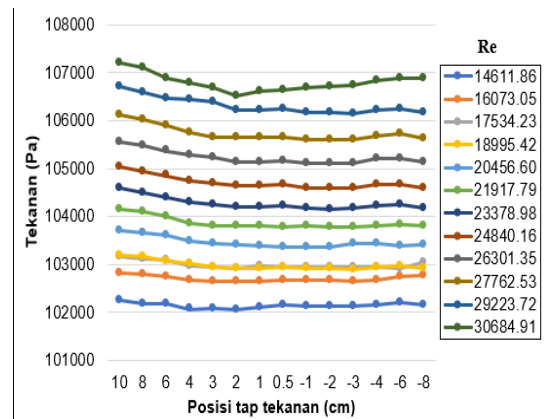


Gambar 8. Grafik tekanan pada posisi tap dengan debit aliran melalui pipa *reentrant* pada ($L=0,5$)

4.3. Distribusi Tekanan pada Panjang Pipa Aliran Reentrant ($L=1$)

Dari Gambar 9 tekanan yang terjadi pada pipa *reentrant* dengan rasio $L=1$ (di mana diameter pipa sebelum dan setelah *reentrant* adalah sama), tekanan *upstream* biasanya masih lebih besar daripada tekanan *downstream*. Rasio geometri $L=1$ menunjukkan bahwa diameter pipa tetap sama sebelum, saat, dan setelah area

reentrant. Ini berarti tidak ada penyempitan yang signifikan saat fluida memasuki atau keluar dari bagian *reentrant*.



Gambar 9. Grafik tekanan pada posisi tap dengan debit aliran yang melalui pipa *reentrant* pada ($L=1$)

Hukum Bernoulli: Meskipun tidak ada perubahan diameter, hukum Bernoulli tetap berlaku. Tekanan *upstream* P_1 tetap lebih besar dibandingkan tekanan *downstream* P_2 karena efek lain seperti gesekan dan turbulensi. Jika kecepatan aliran meningkat di *downstream* (karena perubahan arah), maka P_2 akan lebih rendah. Pengaruh aliran *reentrant* yaitu perubahan arah aliran di area *reentrant* dapat menyebabkan turbulensi, yang mengurangi tekanan *downstream* dan gesekan antara fluida dan dinding pipa tetap ada, yang menyebabkan penurunan tekanan saat fluida bergerak melalui pipa. Dengan adanya pengaruh Perubahan arah aliran akan menyebabkan rugi-rugi dinamis, meskipun tidak ada perubahan diameter. Ini juga berkontribusi pada penurunan tekanan.

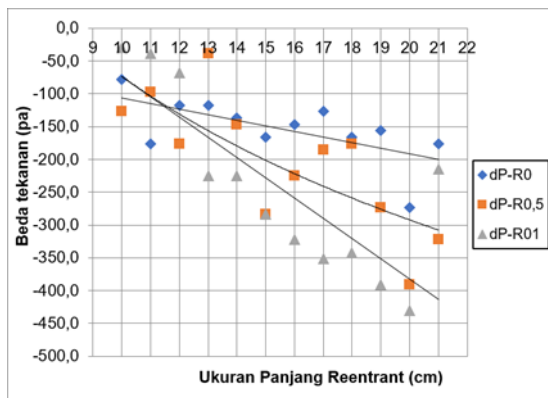
Tekanan *downstream* tertinggi pada reentrant $L=1$ yakni 106894 N/m^2 terjadi pada kecepatan aliran air mencapai $1,376 \text{ m/s}$ dengan bilangan Reynolds sebesar $30684,91$. Berdasarkan Gambar 9 maka ΔP yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_{upstream} - P_{downstream} \\ &= 106221 - 106894 \\ &= -273,81 Pa \end{aligned}$$

4.4. Beda tekanan pada berbagai aliran pipa *reentrant*

Dari Gambar 10 grafik hubungan antara beda tekanan yang dihasilkan pada posisi tap penekanan yang terjadi pada berbagai rasio aliran pipa *reentrant* yaitu $L=0$, $L=0,5$ dan $L=1$. Dimana beda tekanan yang dihasilkan semakin menurun seiring meningkatnya debit aliran air pada posisi tap penekanan. Beda tekanan pada rasio pipa *reentrant* $L=0$ meningkat dibandingkan $L=0,5$ dan $L=1$. Perbedaan nilai tekanan dalam pipa *reentrant* dengan rasio geometri yang berbeda ($L=0$, $L=0,5$, dan $L=1$) disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi aliran fluida yaitu karakteristik geometri $L=0$ yaitu Pipa memiliki belokan tajam (tanpa radius), yang menyebabkan aliran fluida berbalik arah secara mendadak, $L=0,5$ Terdapat kelengkungan, yang membuat perubahan arah lebih halus dibandingkan dengan $L=0$ dan $L=1$ yaitu Pipa tetap dengan diameter

yang sama, sehingga tidak ada penyempitan atau belokan tajam.



Gambar 10. Grafik hubungan antara debit air terhadap beda tekanan pada berbagai Rasio panjang pipa reentrant.

Disamping itu terjadi turbulensi dan gesekan turbulensi tinggi pada $L = 0$: Belokan tajam menciptakan turbulensi yang sangat tinggi, yang menyebabkan gesekan internal di dalam fluida meningkat. Meskipun ini mengarah pada penurunan tekanan *downstream*, tekanan *upstream* tetap relatif tinggi karena fluida dapat terakumulasi sebelum memasuki area *reentrant*. Turbulensi Moderat pada $L = 0,5$: Dengan radius yang lebih besar, turbulensi dan gesekan berkurang, sehingga aliran lebih teratur dan tekanan *upstream* tidak setinggi pada $R = 0$ dan Turbulensi Rendah pada $L = 1$: Di sini, aliran cenderung lebih stabil dengan gesekan yang lebih sedikit, sehingga perbedaan tekanan antara *upstream* dan *downstream* paling kecil. Efek penurunan tekanan yaitu $L = 0$: Tekanan *upstream* bisa lebih tinggi karena akumulasi tekanan sebelum fluida mengalami perubahan arah yang tajam. Meskipun ada penurunan tekanan yang besar *downstream*, tekanan yang lebih tinggi di *upstream* tetap ada sedangkan $L = 0,5$ dan $L = 1$: Dengan geometri yang lebih halus, penurunan tekanan yang terjadi lebih merata, sehingga tekanan *upstream* tidak mengalami akumulasi yang sama seperti pada $L = 0$.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang geometri pipa *reentrant* dapat disimpulkan bahwa :

- Pengaruh panjang pipa *reentrant* sangat berpengaruh terhadap penurunan tekanan yang terjadi. Perbedaan tekanan *upstream* dan tekanan *downstream* tertinggi pada reentrant $L=0$ yakni 107207 N/m^2 dengan P sebesar $-156,331 \text{ Pa}$, Tekanan *downstream* tertinggi pada reentrant $L=0,5$ yakni 106914 N/m^2 dengan P sebesar $-117,249 \text{ Pa}$ sedangkan Tekanan *downstream* tertinggi pada reentrant $L=1$ yakni 106894 N/m^2 dengan P sebesar $-273,581 \text{ Pa}$. Pressure drop yang terjadi sebesar $141,901 \text{ N/m}^2$ sampai $625,785 \text{ N/m}^2$ sedangkan kerugian yang terjadi sebesar $0,0052 \text{ m}$ sampai dengan $0,0228 \text{ m}$.
- Beda tekanan yang dihasilkan pada geometri rasio pipa *reentrant* $L=0$: tekanan *upstream* bisa lebih tinggi karena akumulasi tekanan sebelum fluida mengalami perubahan arah yang tajam dan sedangkan $L = 0,5$ dan $L=1$: dengan geometri yang lebih halus, penurunan

tekanan yang terjadi lebih merata, sehingga tekanan *upstream* tidak mengalami akumulasi yang sama seperti pada $L = 0$.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifudin, M. T., et al. (2020). Pengaruh perubahan diameter pipa mendadak 1 inch ke $\frac{3}{4}$ dan $1 \frac{1}{4}$ inch terhadap pressure drop dengan variasi bukaan katup. *Reaktom: Rekayasa Keteknikan dan Optimasi*, 5(1), 22–27.
- Andrew, W., & Williams. (1979). *Applied instrumentation in the process industries* (Vol. 1, 2nd ed., pp. 46–54). Gulf Publishing Co.
- Bohra, L. K. (2004). *Flow and pressure drop of highly viscous fluids in small aperture orifices* (pp. 62–63). Georgia Institute of Technology.
- Chisholm, D. (1985). *Two-phase flow in heat exchangers and pipelines* (pp. 48–57). Glasgow College of Technology.
- Dahmani, Z. S. (2017). *Studi karakteristik pompa sentrifugal dan Cussons friction loss apparatus dengan modifikasi orifice dan ball valve* (pp. 13–26). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fossa, M., & Guglielmini, G. (2002). Pressure drop and void fraction profiles during horizontal flow through thin and thick orifices. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 26, 513–523.
- Ghurri, A., Gunawan, & Syamsudin. (2016). Pengujian orifice flow meter dengan kapasitas aliran rendah. *Jurnal Mechanical*, 7, 61–66.
- Hollingshead, C. L. (2011). *Discharge coefficient performance of Venturi, standard concentric orifice plate, V-cone, and wedge flow meters at small Reynolds numbers*. Utah: Utah State University.
- Leopard, R. (2017). *Studi numerik performa square edge dan quadrant edge orifice flow meter dengan variasi rasio diameter*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Makhsud, A. (2012). *Mekanika fluida: Teori dan aplikasi*. Makassar: Kretakupa Print.
- M, A. P., V, S., & Yogesh, K. (2016). Analysis of compressible effect in the flow metering by orifice plate using CFD. *IJSRSET*, 162420, 170–180.
- Priambudi, H. S. (2002). Studi eksperimental tentang pengaruh perubahan diameter lubang orifice terhadap karakteristik boundary layer aliran hilir. *Jurnal Teknik Mesin*, 4, 32–42.
- Reader, M., & Harris. (2015). *Experimental fluid mechanics: Orifice plates and Venturi tubes*. London: Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.
- Roul, M. (2012). Numerical modeling of pressure drop due to single-phase flow of water and two-phase flow of air–water mixtures through thick orifices. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 544–551.
- Sanghani, C. R. (2016). Comparative analysis of different orifice geometries for pressure drop. *IJSTE – International Journal of Science Technology & Engineering*, 2(10), 494–498.
- Septiadi, W. N. (2008). Studi eksperimental orifice flow

- meter dengan variasi tebal dan posisi pengukuran beda tekanan aliran melintasi orifice plate. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, 2(1), 61–68.
- Singh, R. K., Singh, S. N., & Seshadri, V. (2010). Performance evaluation of orifice plate assemblies under non-standard conditions using CFD. *Indian Journal of Engineering & Material Sciences*, 17, 397–406.
- Vemulapalli, S., & Venkata, S. K. (2022). Parametric analysis of orifice plates on measurement of flow: A review. *Ain Shams Engineering Journal*, 1–23.