

Pengaruh Variasi Tebal Orifice dan Bilangan Reynolds (Re) terhadap Penurunan Tekanan (Pressure Drop) pada Entrance Region

Amnur Akhyan*, Fadhli

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Caltex Riau,
Jl. Umban Sari No.13, Umban Sari, Kec. Rumbai, Kota Pekanbaru, Riau.

*Penulis korespondensi: akhyan@pcr.ac.id

Histori artikel: diserahkan 12 September 2022, direviu 30 Desember 2022, direvisi 5 April 2023

ABSTRACT

Orifice is a device that is placed in a pipe flow to inhibit the flow of fluid and cause a pressure drop. The measurement of the flow rate (flow rate) is obtained from the difference in pressure due to the pressure drop. In this study, it analyzed the influence of differences in plate orifice thickness variations used ranging from 2 mm to 4 mm thick with variations in increments every 0.5 mm with an orifice center hole diameter of 1.5 cm. Orifice placement is placed in an area whose speed profile is still changing or called the entrance region with a pipe diameter used 2.54 cm (1 Inch) diameter in the pipe. Then along the entrance area are paired 12 piezometer points along 75 cm with a position of laying 6 piezometer points before the orifice valve and 6 piezometer points after the orifice valve and in this experiment set the Re value to 3 Variations of Re, namely Re 1: 9784.5; Re2: 14647.5; Re 3: 19510.45 and this experiment was carried out at a temperature of 27 °C. In this study, the results were obtained for the highest irrecoverable pressure drop value located in the flow discharge with Re 19510.45 and at the thickness of the plate orifice 4 mm with an irrecoverable pressure drop value of 3033.01 Pa and while for the lowest irrecoverable pressure drop value, it was located in the flow discharge with a value of Re 9784.5 at an orifice plate thickness of 2 mm with an irrecoverable pressure drop value of 548.26 Pa. The highest discharge of coefficient (Cd) value lies in the flow discharge with a value of Re 14647.5 at the plate orifice thickness of 3.5 with a Cd value of 0.718 and while for the lowest discharge of coefficient (Cd) value lies in the flow discharge with Re 14647.5 with an orifice plate thickness of 2 mm with a Cd value of 0.609.

Keywords: Orifice, Reynolds number, Pressure drop, Coefficient of discharge

DOI : <https://10.18196/jqt.v4i2.16154>

WEB : <https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/article/view/16154>

PENDAHULUAN

Mengukur laju aliran melalui sebuah pipa yang paling efektif adalah dengan menempatkan sejenis hambatan didalam pipa. Hal itu bertujuan untuk mengukur perbedaan tekanan antara bagian hulu yang berkecepatan rendah dan berkecepatan tinggi dan bagian hilir yang berkecepatan rendah dan berkecepatan tinggi. Peralatan yang paling umum digunakan untuk mengukur laju aliran pipa seperti venturi meter, nozzle meter, dan orifice meter. Untuk mengukur laju aliran dengan prinsip mengubah kecepatan alirannya yaitu dengan mengubah luasan yang dilalui suatu fluida disebut orifice (Gerhart, 2013).

Aliran fluida didalam pipa Sebelum mengalami kontak dengan permukaan memiliki kecepatan yang seragam. Setelah fluida menyentuh

dinding saluran maka akan terbentuk boundary layer akibat adanya efek viscous dan gesekan fluida dengan pipa, sehingga akan terjadi perubahan profil kecepatan fluida ke arah hilir aliran. Pada jarak tertentu dari titik awal fluida masuk profil kecepatan aliran akan menjadi tetap. Fluida dalam keadaan demikian dikatakan telah berkembang penuh (*fully developed*), sedangkan daerah pada arah hilir dimana fluida telah berkembang penuh disebut *fully developed region*. Panjang sisi masuk sesuai arah aliran sampai *fully developed region* disebut *entrance region*.

Orifice flow meter merupakan salah satu flowmeter berbasis beda tekanan (*pressure differential*) yang sangat banyak digunakan. Pengukuran aliran fluida berbasis beda tekanan merupakan salah satu prinsip untuk mengukur laju aliran. Prinsip dasarnya yaitu mengukur

beda tekanan yang terjadi pada sisi hulu aliran (*upstream*) dan sisi hilir aliran (*downstream*). Orifice plate, flow nozzles, *v-cone* dan *segmental wedge* bekerja berdasarkan prinsip ini (LaNasa & Upp, 2014). *Orifice flow meter* digunakan dalam bidang kesehatan seperti memantau pernapasan pasien saat pernapasan buatan (Tardi et al., 2015), dalam bidang pertanian seperti pengukuran debit air dari sumur untuk tujuan irigasi (Gomez-Perez et al., 2015), *orifice* juga digunakan untuk industri lainnya seperti farmasi, pengolahan makanan, pembangkit listrik, pengolahan air limbah dan sebagainya.

Jenis plate orifice ada berbagai macam seperti *Squared edge concentric*, *Squared edge eccentric*, *Squared edge segmental*, dan *Quadrant edge* (Spitzer, 1991). Penelitian mengenai Rasio beta (β) telah dilakukan sebelumnya oleh (Vemulapalli, & Venkata, 2022) dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa rasio beta β 0.6 memiliki discharge coefficient yang lebih tinggi dibanding β 0.4 dan 0.5. Rasio β 0.6 juga memiliki *irrecoverable pressure-drop* yang lebih rendah. Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh (Abd, et al., 2019) menunjukkan bahwa Cd meningkat dengan peningkatan β ketika $Re \leq 9000$ sedangkan koefisien ini menurun dengan peningkatan β saat $Re > 9000$.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai *orifice flow meter* dengan (β) = 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; dan 0.8 menghasilkan Nilai Cd (coefficient discharge) untuk *orifice flow meter* nilainya berkisar 0,3535 - 1,3374 dengan nilai hasil penelitian Cd terendah ada pada posisi pressure tap *hdown-1*, sedangkan nilai Cd tertinggi pada posisi pressure tap *hdown-5*. Berdasarkan nilai Cd untuk meletakkan pressure tap yang baik berada pada *hdown-2* dengan nilai Cd = 1,0073 dan pada $d = 14,4$ mm dengan Qaktual = 6,3 liter/mnt (Ghurri, & Syamsudin, 2016)

Pembahasan nilai Cd (*coefficient discharge*) untuk *orifice flow meter* dengan tebal 10 mm nilainya berkisar $1.17 \div 0.88$ dan sedangkan untuk *orifice flow meter* dengan tebal 20 mm nilainya berkisar $1.048 \div 0.94$ dimana untuk (β) = 0.5 nilai Cd semuanya > 1 . Pada umumnya yaitu semakin tinggi bilangan Reynolds maka nilai Cd (*coefficient discharge*) semakin kecil (Septiadi, 2008)

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Ghurri & Septiadi, 2006) Presentase *irrecoverable pressure drop* terhadap *maximum pressure drop* semakin menurun jika rasio diameter (β) semakin besar. Untuk semua nilai β , presentase *irrecoverable pressure drop* terhadap *maximum pressure drop* semakin turun jika kapasitas aliran semakin besar. Nilai tertinggi Cd (*coefficient of discharge*) *orifice flow meter* pada semua β yang diuji berkisar antara $1.17 \div 1$ lebih menyerupai nilai Cd *nozzle flow meter*, namun kecenderungannya tetap sama dengan *orifice flow meter* pada umumnya yaitu semakin kecil sejalan dengan kenaikan bilangan Reynolds (Re).

Pada penelitian kali ini menggunakan *orifice model squared edge concentric orifice plate*, tipe ini dibuat dengan sangat presisi untuk membuat lubang yang lurus tepat di tengah lingkaran. *Orifice plate* tipe ini sering digunakan karena sudah terbukti dan terpercaya di banyak aplikasi industrial dan penelitian yang memanfaatkan tipe ini serta pada penelitian ini ditentukan pada *entrance region* yang merupakan daerah profil kecepatannya masih berubah-ubah terhadap laju alirannya. Pada percobaan ini akan menganalisa pengaruh tebalnya plate *orifice* yang digunakan dengan variasi bilangan Reynolds yang dapat menghasilkan perbedaan tekanan akibat dari laju aliran yang berubah, serta membandingkan nilai *Coefficient of discharge* (Cd) akibat dari variasi bilangan Reynolds (Re).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan di lab fluida Politeknik Caltex Riau dengan menggunakan fluida air dan menggunakan suhu ruangan sekitar 27°C. Eksperimen dilakukan untuk meneliti perubahan *pressure drop* yang diakibatkan variasi tebal plate orifice dan bilangan reynolds (Re) pada *entrance region* dengan bantuan 12 titik tapping yang terletak pada sisi *upstream* sebanyak 6 buah dan sisi *downstream* juga 6 buah. Oleh karena itu standart dari penentuan jarak ini tergantung dari pipa yang digunakan. Ada berbagai macam jenis pressure tap seperti *corner taps*, *flange taps*, dan *radius tap* (Reader-Harris, 2015) pada sisi *upstream* jarak titik *pressure tap* dari plate *orifice* sejauh 1x diameter pipa dan pada sisi *downstream* titik *pressure tap* terletak sejauh $\frac{1}{2}$ x diameter pipa yang berfungsi untuk mencari

nilai perbandingan *irrecoverable pressure drop* dan nilai *Cd*. Panjang daerah *entrance* pada aliran turbulen dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$\frac{le}{D} = 4,4 (Re)^{1/6} \quad (1)$$

Keterangan:

- le = *entrance length* (m)
- Re= Bilangan *Reynolds*
- D = Diameter dalam pipa (m)

Dimana untuk menghitung bilangan *Reynolds* digunakan rumus persamaan (2).

$$Re = \frac{VD}{\nu \text{ (viskositas kinematik)}} \quad (2)$$

Bilangan *Reynolds* merupakan perbandingan antara efek inersia dengan viskos dalam aliran dengan menggunakan persamaan 3.

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{\text{Gaya inersia}}{\text{Viskositas}}$$

Jika $V = \frac{\mu}{\rho}$, maka $\frac{1}{\nu} = \frac{\rho}{\mu}$

maka untuk rumus

$$Re = \frac{VD}{\nu \text{ (viskositas kinematik)}} \quad (3)$$

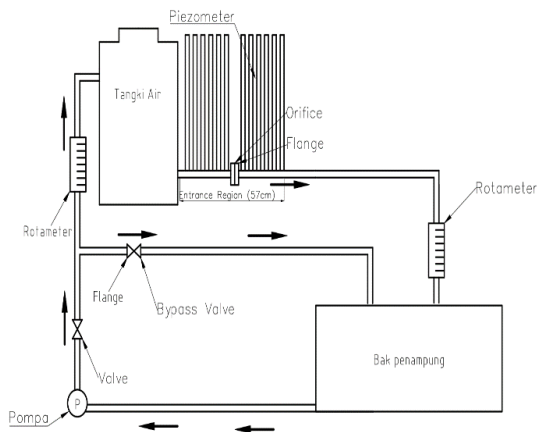
nilai *Cd* dapat dihitung dengan menggunakan rumus (2.3) sebagai berikut:

$$Cd = \frac{Q_{act}}{Q_{th}} \quad (4)$$

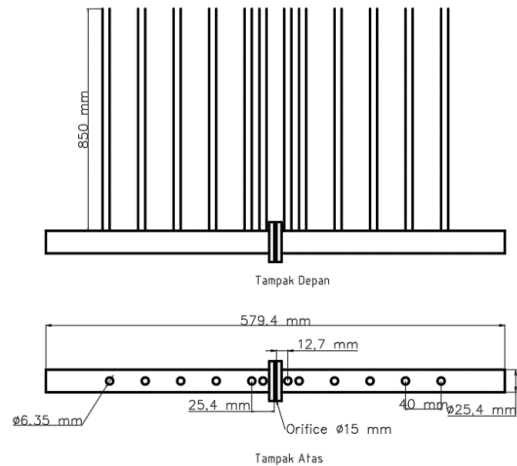
Untuk menghitung *Q_{th}* dihitung menggunakan rumus:

$$Q_{th} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2\rho\Delta P} \frac{1}{\rho} \quad (5)$$

Gambar 1 merupakan desain aparatus alat pada penelitian ini.



Gambar 1. Desain alat penelitian



Gambar 2. Titik tapping (Piezometer)



Gambar 2. Variasi tebal Plate orifice

Tabel 1. Variasi tebal plate orifice

No	Tebal plate orifice
1	2 mm
2	2.5 mm
3	3 mm
4	3.5 mm
5	4 mm

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan mengamati 12 titik *tapping* yang terletak pada *entrance region* dengan peletakan 6 buah pada sisi *upstream* sebelum *plate orifice* dan 6 buah pada sisi *downstream* setelah *plate orifice*. Berikut ini merupakan langkah – langkah pengambilan data untuk variasi tebal *plate orifice* dan bilangan *Reynolds* (Re) pada *entrance region*.

- 1) Persiapkan alat dan bahan untuk pengujian.
- 2) Pastikan seluruh aliran tidak mengalami kebocoran.
- 3) Pasang *plate orifice* tebal 2 mm diantara *flange* pada *entrance region*.
- 4) Atur aliran untuk bilangan *Reynolds* (*Re*) pertama yaitu 9784.5 untuk debit 10 l/min menggunakan bantuan *valve* dan *bypass valve*.
- 5) Pastikan debit aliran yang masuk kedalam tangki pada *rotameter* sama nilainya dengan debit yang keluar pada pembacaan *flowmeter* di dekat bak penampungan air.
- 6) Mengatur nilai bilangan *reynolds* (*Re*) menjadi 9784.5
- 7) Setelah itu kita mengamati pembacaan angka pada daerah *entrance region* pada titik *tapping piezometer*.
- 8) Pindahkan angka yang terbaca tersebut kedalam tabel praktikum seperti gambar tabel dibawah ini.
- 9) Setelah langkah sudah dijalankan dan sesuai maka langkah diatas diulangi untuk berbagai tebal *plate orifice* mulai dari 2.5 mm, 3 mm, 3.5 mm, dan 4 mm serta variasi bilangan *reynolds* (*Re*) yaitu sebesar 14647.5 dan 19510.45.
- 10) Dan terakhir catat data yang telah diperoleh kedalam tabel yang telah ada.

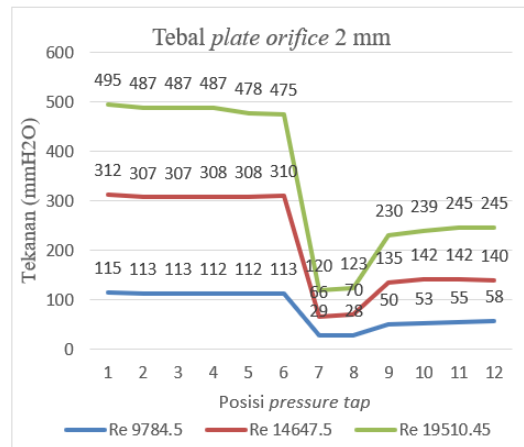
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan hasil data pada titik tapping (*Piezometer*) untuk masing – masing variasi tebal *plate orifice* dan bilangan *reynolds* (*Re*).

Tebal Plate Orifice 2 mm

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi debit aliran yang digunakan maka semakin tinggi penunjukkan juga angka penunjukkan pada *piezometer*. Pada daerah *entrance* untuk debit 10 l/min, 15 l/min, dan 20 l/min gambar pola grafiknya mirip. Data untuk tiap variasi debitnya memiliki pola yang sama yaitu pada P1 sampai P6 tekanan dalam *piezometer* berkurang tidak terlalu signifikan tetapi pada saat telah memasuki P7 tekanan turun cukup drastis dan kemudian akan mengalami kenaikan hingga P12. Berdasarkan grafik untuk data titik tekanan terendah terletak pada debit 10 l/min dengan penunjukkan angka sebesar 28 mm pada

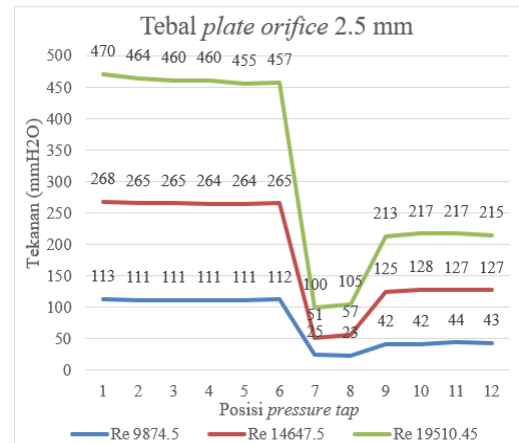
P8 dan sedangkan yang tertinggi terletak pada debit 20 l/min sebesar 495 mm pada P1.



Gambar 4. Data titik tapping pada tebal orifice 2 mm

Tebal Plate Orifice 2.5 mm

Gambar 5 merupakan grafik perbandingan pembacaan angka pada papan penunjukan angka sesuai dengan tinggi air yang berada dalam *piezometer* pada tebal plat orifice 2.5 mm.



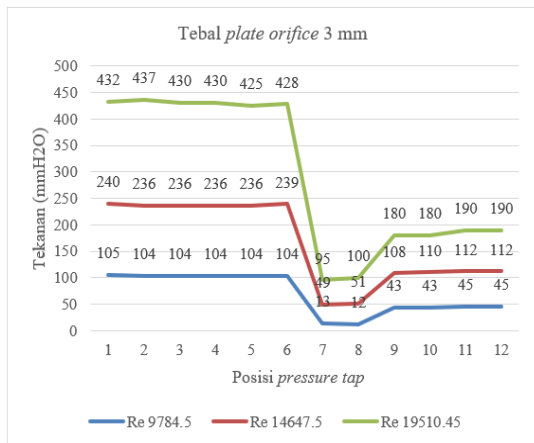
Gambar 5. Data titik tapping tebal orifice 2.5 mm

Berdasarkan grafik yang diatas bahwa dapat kita lihat semakin tinggi debit aliran yang digunakan maka semakin tinggi penunjukkan juga angka penunjukkan pada *piezometer*. Pada daerah *entrance* untuk debit 10 l/min, 15 l/min, dan 20 l/min gambar pola grafiknya mirip. Data untuk tiap variasi debitnya memiliki pola yang sama yaitu pada P1 sampai P6 tekanan dalam *piezometer* berkurang tidak terlalu signifikan tetapi pada saat telah memasuki P7 tekanan turun cukup drastis dan kemudian akan

mengalami kenaikan hingga P12. Berdasarkan grafik untuk data titik tekanan terendah terletak pada debit 10 l/min dengan penunjukkan angka sebesar 23 mm pada P8 dan sedangkan yang tertinggi terletak pada debit 20 l/min sebesar 470 mm pada P1.

Tebal Plate Orifice 3 mm

Gambar 6 merupakan grafik perbandingan pembacaan angka sesuai dengan tinggi air yang berada dalam *piezometer*. Berdasarkan grafik pada Gambar 6, semakin tinggi debit aliran yang digunakan maka semakin tinggi penunjukkan juga angka penunjukkan pada *piezometer*. Pada daerah *entrance* untuk debit 10 l/min, 15 l/min, dan 20 l/min gambar pola grafiknya mirip. Data untuk tiap variasi debitnya memiliki pola yang sama yaitu pada P1 sampai P6 tekanan dalam *piezometer* berkurang tidak terlalu signifikan tetapi pada saat telah memasuki P7 tekanan turun cukup drastis dan kemudian akan mengalami kenaikan hingga P12. Berdasarkan grafik untuk data titik tekanan terendah terletak pada debit 10 l/min dengan penunjukkan angka sebesar 12 mm pada P8 dan sedangkan yang tertinggi terletak pada debit 20 l/min sebesar 437 mm pada P2.

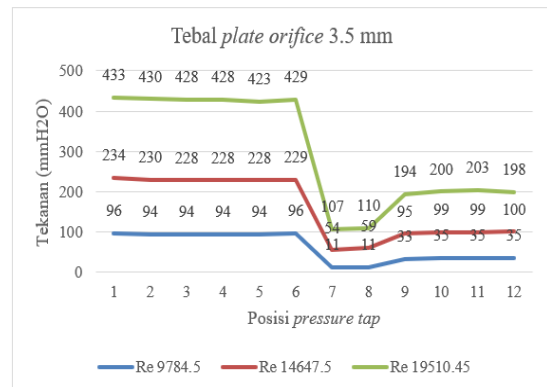


Gambar 6. Data titik tapping pada tebal orifice 3 mm

Tebal plate orifice 3.5 mm

Gambar 7 merupakan grafik perbandingan pembacaan angka pada papan penunjukan angka sesuai dengan tinggi air yang berada dalam *piezometer* tebal plate orifice 3.5 mm. Berdasarkan grafik tersebut, semakin tinggi debit aliran yang digunakan maka semakin tinggi penunjukkan juga angka penunjukkan

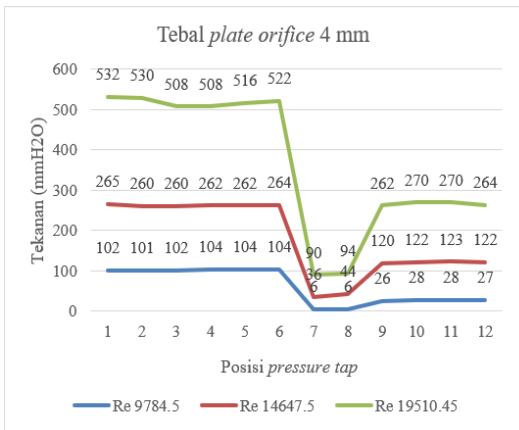
pada *piezometer*. Pada daerah *entrance* untuk debit 10, 15, dan 20 l/min gambar pola grafiknya mirip. Data untuk tiap variasi debitnya memiliki pola yang sama yaitu pada P1 sampai P6 tekanan dalam *piezometer* berkurang tidak terlalu signifikan tetapi pada saat telah memasuki P7 tekanan turun cukup drastis dan kemudian akan mengalami kenaikan hingga P12. Berdasarkan grafik untuk data titik tekanan terendah terletak pada debit 10 l/min dengan penunjukkan angka sebesar 11 mm pada P7 dan sedangkan yang tertinggi terletak pada debit 20 l/min sebesar 433 mm pada P1.



Gambar 7. Data titik tapping tebal orifice 3.5 mm

Tebal plate orifice 4 mm

Gambar 8 merupakan grafik perbandingan pembacaan angka pada papan penunjukan angka sesuai dengan tinggi air yang berada dalam *piezometer* pada tebal plate orifice 4 mm. Berdasarkan grafik yang diatas bahwa dapat kita lihat semakin tinggi debit aliran yang digunakan maka semakin tinggi penunjukkan juga angka penunjukkan pada *piezometer*. Pada daerah *entrance* untuk debit 10 l/min, 15 l/min, dan 20 l/min gambar pola grafiknya mirip. Data untuk tiap variasi debitnya memiliki pola yang sama yaitu pada P1 sampai P6 tekanan dalam *piezometer* berkurang tidak terlalu signifikan tetapi pada saat telah memasuki P7 tekanan turun cukup drastis dan kemudian akan mengalami kenaikan hingga P12. Berdasarkan grafik untuk data titik tekanan terendah terletak pada debit 10 l/min dengan penunjukkan angka sebesar 6 mm pada P7 dan sedangkan yang tertinggi terletak pada debit 20 l/min sebesar 532 mm pada P1.



Gambar 8. Data titik tapping pada tebal orifice 4 mm

Setelah pengambilan data pada titik tapping (*Piezometer*) maka selanjutnya akan melakukan perhitungan untuk nilai *irrecoverable pressure drop* dan nilai *coefficient of discharge (Cd)*, yang dijabarkan pada Tabel 2.

Tabel 2. nilai *irrecoverable pressure drop* dan nilai *coefficient of discharge*

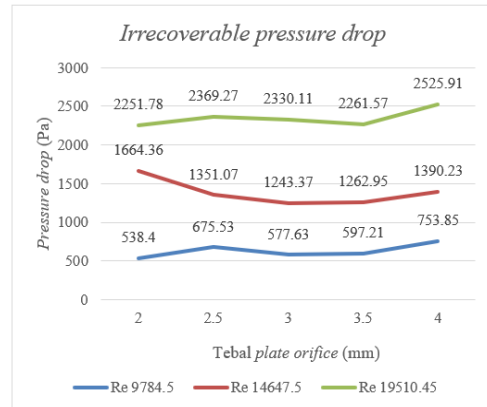
Nilai Re	Tebal plate Orifice (mm)	Tekanan sebelum Orifice (mm)	Tekanan sesudah Orifice (mm)	<i>Irrecoverable Pressure drop</i> akibat tebal Plate Orifice (pa)	Qth (l/min)	Cd
9784.5	2	112	29	538.4	14.4	0.694
	2.5	111	25	675.53	14.67	0.681
	3	104	13	577.63	15.09	0.662
	3.5	94	11	597.21	14.41	0.693
	4	104	6	753.85	15.66	0.638
14647.5	2	308	66	1664.36	24.62	0.609
	2.5	264	51	1351.07	23.09	0.649
	3	236	49	1243.37	21.64	0.693
	3.5	228	54	1262.95	20.87	0.718
	4	262	36	1390.23	23.79	0.63
19510.45	2	478	120	2251.78	29.94	0.668
	2.5	455	100	2369.27	29.82	0.672
	3	425	95	2330.11	28.74	0.695
	3.5	423	107	2261.57	28.08	0.712
	4	516	90	2525.91	32.66	0.612

Untuk melakukan analisa terhadap data yang telah diperoleh maka berikut ini merupakan grafik perbandingan nilai *irrecoverable pressure drop* dan nilai *coefficient of discharge* untuk setiap variasi bilangan Reynolds (Re).

1) Perbandingan data *irrecoverable pressure drop* akibat variasi debit aliran air untuk setiap masing - masing tebal plate orifice

Berdasarkan pada Gambar 9, menunjukkan bahwa untuk debit 10 l/min nilai *irrecoverable pressure drop* terendah terletak pada tebal orifice 2 mm yaitu 587.4 Pa dan sedangkan yang tertinggi pada tebal 4 mm yaitu 753.85 Pa. Untuk debit 15 l/min data *irrecoverable pressure drop* terendah

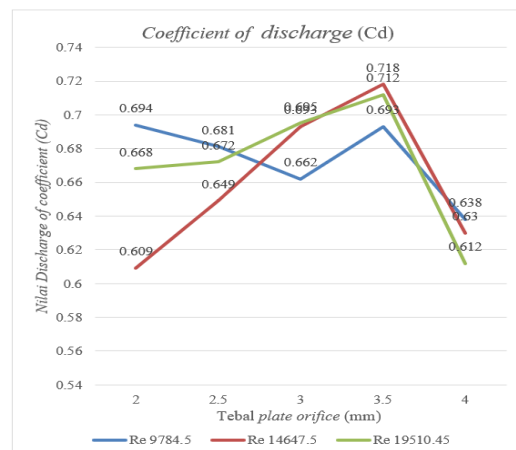
terletak pada tebal *plate orifice* 3 mm dengan nilai 1243.37 Pa dan sedangkan yang tertinggi terletak pada tebal 2 mm yaitu 1664.36 Pa. Dan yang terakhir untuk debit 20 l/min *irrecoverable pressure drop* terendahnya terletak pada tebal *plate orifice* 2 mm yaitu 2251.78 Pa dan sedangkan yang tertingginya terletak pada tebal *plate orifice* 4 mm yaitu 2525.91 Pa.



Gambar 9. Grafik *irrecoverable pressure drop*

2) Perbandingan data *Coefficient of discharge (Cd)* akibat variasi debit aliran air untuk setiap masing - masing tebal plate orifice.

Berdasarkan Gambar 10, menunjukkan bahwa dari ketiga variasi aliran debit nilai Cd tertinggi terletak pada tebal *plate orifice* 3.5 mm dengan nilai 0.718. Untuk debit 10 l/min nilainya 0.694, untuk debit 15 l/min nilainya 0.718 dan sedangkan untuk debit 20 l/min dengan nilai Cd 0.712. Nilai Cd terendah terletak pada debit aliran 10 l/min dengan tebal *plate orifice* 4 mm dengan debit 20 l/min.



Gambar 10. Grafik *coefficient of discharge (Cd)*

KESIMPULAN

1. Dari hasil data percobaan untuk nilai *irrecoverable pressure drop* terbesar terletak pada aliran dengan nilai $Re = 19510.45$ dan pada ketebalan 4 mm dengan nilai *irrecoverable pressure drop* sebesar 2525.91 dan nilai terkecil terletak pada aliran dengan nilai $Re = 9784.5$ pada ketebalan 2 mm dengan nilai *irrecoverable pressure drop* sebesar 538.4 Pa.
2. Penelitian untuk nilai Cd tertinggi terletak pada nilai Re 14647.5 dengan tebal plat orifice 3.5 mm dengan nilai Cd sebesar 0.716 dan nilai Cd terendah terletak pada nilai Re 14647.5 dengan tebal *plat orifice* 2 mm dengan nilai Cd sebesar 0.606.
3. Pada daerah *entrance region* untuk penunjukan angka pada *piezometer* setelah *orifice* terjadi fenomena kenaikan dan penurunan dalam waktu yang singkat dikarenakan pada *entrance region* ini profil kecepatan air masih berubah – berubah.
4. Dari data yang diperoleh, perbandingan antara nilai tekanan sebelum *orifice* secara teori dan aktual untuk nilai tertinggi secara teori terletak pada bilangan *Reynolds* (Re) 19510.45 dan sementara untuk secara aktual terletak pada tebal *plate orifice* 4 mm pada bilangan *Reynolds* (Re) 19510.45 dengan nilai 516 mm. Untuk nilai terendah secara teori terletak pada bilangan *Reynolds* (Re) 9784.5 dan secara aktual terletak pada tebal *plate orifice* 3.5 mm pada bilangan *Reynolds* (Re) 9784.5 dengan nilai 94 mm
5. Dari data yang diperoleh, perbandingan antara nilai *irrecoverable pressure drop* secara teori dan aktual untuk nilai tertinggi secara teori terletak pada bilangan *Reynolds* (Re) 19510.45 dan sementara untuk secara aktual terletak pada tebal *plate orifice* 4 mm pada bilangan *Reynolds* (Re) 19510.45 dengan nilai 2525.91 Pa. Untuk nilai terendah secara teori terletak pada bilangan *Reynolds* (Re) 9784.5 dan secara aktual terletak pada tebal *plate orifice* 2 mm pada bilangan *Reynolds* (Re) 9784.5 dengan nilai 538.4 Pa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd, H. M., Alomar, O. R., & Mohamed, I. A. (2019). Effects of varying orifice diameter and Reynolds number on discharge coefficient and wall pressure. *Flow Measurement and Instrumentation*, 65, 219-226.
- Gerhart, P. M., Gerhart, A. L., & Hochstein, J. I. (2016). *Munson, Young and Okiishi's Fundamentals of Fluid Mechanics*. John Wiley & Sons.
- Ghurri, A., & Septiadi, I. W. N. (2006). Studi Eksperimen Orifice Flow Meter dengan Variasi Posisi Pengukuran Beda-Tekanan Aliran melintasi Orifice Plate.
- Ghurri, A., Tisna, S. G., & Syamsudin, S. (2016). Pengujian Orifice Flow Meter dengan Kapasitas Aliran Rendah. *Mechanical*, 7(2)
- Gomez-Perez, Y. A., Carrillo-Garcia, M., Jimenez-Hernandez, E., Valle-Guadarrama, S., & Vazquez-Peña, M. A. (2015). Design, Construction and Operation of Modest Orifice Plate Flow-Meter for Irrigation Wells. In *2015 ASABE Annual International Meeting* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Tardi, G., Massaroni, C., Saccomandi, P., & Schena, E. (2015). Experimental assessment of a variable orifice flowmeter for respiratory monitoring. *Journal of Sensors*, 2015.
- LaNasa, P. J., & Upp, E. L. (2014). *Fluid flow measurement: A practical guide to accurate flow measurement*. Butterworth-Heinemann.
- Reader-Harris, M. (2015). *Orifice plates and venturi tubes* (pp. 13-14). Basel, Switzerland: Springer International Publishing.
- 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 Vol*, 2(1), 61-68.
- Spitzer, D. W. (1991). *Flow Measurement: Partical Guides for Measureent and Control*. North California: Instrument Society of America.
- Vemulapalli, S., & Venkata, S. K. (2022). Parametric analysis of orifice plates on measurement of flow: A review. *Ain*

*Shams Engineering Journal, 13(3),
101639.*