

# Pengaruh Variasi Tebal Orifice Lubang Tunggal Terhadap Pressure Drop dan Discharge Coefficient Pada Daerah Entrance dan Fully Developed

Amnur Akhyan<sup>1\*</sup>, Mhd. Arviansyah<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri, Politeknik Caltex Riau,  
Jl. Umbansari No. 1 Rumbai, Pekanbaru, Riau, Indonesia

\*Corresponding author: [akhyan@pcr.ac.id](mailto:akhyan@pcr.ac.id)

## Abstract

The tool used to inhibit the flow of fluid and placed in a pipe flow to cause a pressure drop is called an orifice. With this pressure drop, flow rate measurements can be carried out. In this study, we analyzed the effect of different variations in the thickness of the orifice plate used, starting from 2 - 4 mm thick with variations in increments of 0.5 mm each. The diameter of the orifice hole is 15 mm and the type of orifice plate used is squared edge concentric orifice plate. The orifice is placed in the entry region where the velocity profile is still changing and in the fully developed region. The inner diameter of the pipe used is 25.4 mm (1 inch) and the beta ratio ( $\beta$ ) is 0.6. Then, along the entrance and fully developed areas, 12 piezometer points 85 cm long are installed, with 6 piezometer points placed before the orifice valve and 6 piezometer points after the orifice valve. This experiment used a flow with a Re value of 9800 and was carried out at a temperature of 27 °C. The research results show that the pressure at the 6 points before passing through the orifice in the entrance area is not constant, different from the pressure in the fully developed area which is constant. The lowest irrecoverable pressure drop value is in the entrance area with a plate thickness of 2 mm, namely 538.47 Pa, while the highest value is in the fully developed area with a thickness of 2.5 mm with a value of 763.65 Pa. The discharge coefficient (Cd) value ranges from 0.628 - 0.703 with the value closest to the actual discharge in the fully developed area with a thickness of 4 mm with a value of 0.703.

**Keywords:** orifice, entrance region, fully developed region, pressure drop, discharge coefficient

## Abstrak

Alat yang digunakan untuk menghambat aliran fluida dan diletakkan pada sebuah aliran pipa sehingga menimbulkan *pressure drop* disebut dengan *Orifice*. Dengan adanya *pressure drop* tersebut maka pengukuran laju aliran (*flow rate*) dapat dilakukan. Pada penelitian kali ini menganalisa tentang pengaruh perbedaan variasi tebal plat *orifice* yang digunakan mulai dari tebal 2 – 4 mm dengan variasi kenaikan tiap 0.5 mm. Diameter lubang *orifice* 15 mm dan jenis plat *orifice* yang digunakan yaitu *squared edge concentric orifice plate*. Peletakan *orifice* ditempatkan pada daerah masuk (*entrance region*) yang profil kecepatannya masih berubah-ubah dan pada daerah berkembang penuh (*fully developed region*). Diameter dalam pipa yang digunakan 25.4 mm (1 Inch) dan rasio beta ( $\beta$ ) 0.6. Kemudian disepanjang daerah *entrance* dan *fully developed* masing-masing dipasangkan 12 titik *piezometer* sepanjang 85 cm dengan posisi peletakan 6 titik *piezometer* sebelum katup *orifice* dan 6 titik *piezometer* setelah katup *orifice*. Pada percobaan ini menggunakan aliran dengan nilai Re 9800 dan dilakukan pada temperature 27 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan di 6 titik sebelum melewati *orifice* pada daerah *entrance* tidak konstan berbeda dengan tekanan pada daerah *fully developed* yang konstan. Nilai *irrecoverable pressure drop* terendah yaitu pada daerah *entrance* dengan tebal plat 2 mm yaitu sebesar 538.47 Pa, sedangkan untuk nilai tertingginya yaitu pada daerah *fully developed* dengan tebal 2.5 mm dengan nilai 763.65 Pa. *Discharge coefficient* (Cd) nilainya berkisar antara 0.628 - 0.703 dengan nilai yang paling mendekati debit aktualnya adalah pada daerah *fully developed* tebal 4 mm dengan nilai 0.703.

**Kata kunci:** orifice, daerah masuk, daerah berkembang penuh, penurunan tekanan, koefisien debit.

## 1. Pendahuluan

*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*) [1], [2]. *Orifice plate*, *flow nozzles*, *v-cone* dan *segmental wedge* bekerja bersarkan prinsip ini [3]. *Orifice flow*

meter digunakan dalam bidang kesehatan seperti memantau pernapasan pasien saat pernapasan buatan [4], dalam bidang pertanian seperti pengukuran debit air dari sumur untuk tujuan irigasi [5], *orifice* juga digunakan untuk industri lainnya seperti farmasi, pengolahan makanan, pembangkit listrik, pengolahan air limbah dan sebagainya. *Orifice* merupakan alat yang akurat untuk mengukur debit dan laju aliran [6] dan gabungan *orifice-weir* merupakan model yang efektif memperkirakan koefisien debit aliran [7].

Daerah liran fluida dibagi menjadi dua jenis daerah yaitu *entrance region* dan *fully developed region*, *Fully developed region* merupakan daerah saat profil kecepatan tidak lagi berubah seiring dengan bertambahnya jarak. *Entrance region* adalah jarak dari saluran masuk fluida hingga mencapai daerah *fully developed* [8].

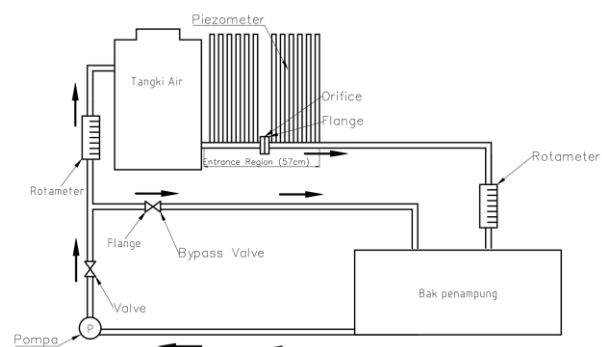
*Orifice* meter memiliki biaya konstruksi yang rendah tetapi menjadi mahal karena *pressure drop* yang lebih tinggi dibanding *Flow Nozzle* dan *Venturi* [9]. *Pressure drop* pada *orifice* dipengaruhi berbagai macam parameter seperti ketebalan *orifice*, jenis plat *orifice* dan rasio beta ( $\beta$ ). Jenis plat *orifice* ada berbagai macam seperti *Squared edge concentric*, *Squared edge eccentric*, *Squared edge segmental*, dan *Quadrant edge* [10]. Bilangan *reynolds* aliran menurun nilai *discharge coefficient* ( $C_d$ ) meningkat seiring naiknya rasio diameter ( $\beta$ ) sedangkan pada saat  $Re$  meningkat nilai  $C_d$  menurun seiring naiknya  $\beta$  [11]–[14]. Nilai *pressure drop* pada *orifice* tebal 20 mm lebih kecil jika dibandingkan pada tebal 10 mm tetapi dengan persentasi *irrecoverable pressure drop* yang kurang lebih sama [15]. Pengujian *Orifice flow meter* juga sudah dilakukan oleh Ainul Ghurri [16] nilai *discharge coefficient* ( $C_d$ ) paling rendah ada pada  $\beta = 0.8$  di titik  $h_{down-1}$  sedangkan nilai  $C_d$  tertinggi terletak di titik  $h_{down-5}$  berdasarkan nilai  $C_d$  letak *pressure tap* terbaik ada pada  $\beta = 0.8$  titik  $h_{down-2}$ . Koefisien kehilangan tekanan dan penurunan tekanan (*pressure drop*) lubang tunggal (SHO) lebih baik dari lubang banyak (MHO) [17].

Untuk lebih meminimalkan *pressure drop* dan meningkatkan akurasi pada *orifice* maka penempatan *orifice* menjadi bagian yang penting akan dilakukan. Pada penelitian ini akan diteliti pengaruh tebal *orifice plate* lubang tunggal serta pengaruh peletakan *orifice* meter di *entrance region* (ER) dan *fully developed region* (FDR) terhadap *pressure drop* dan *discharge coefficient*.

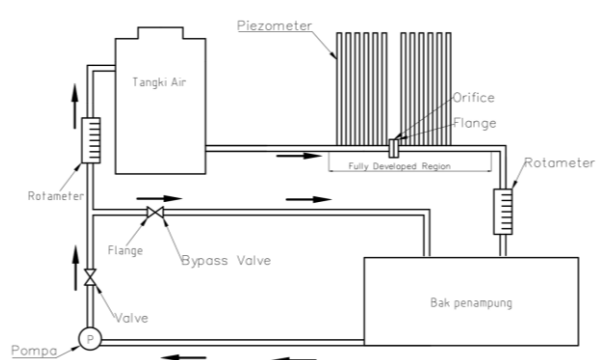
## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian dibangun sebuah alat eksperimental seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Pengambilan data dilakukan di laboratorium fluida Politeknik Caltex Riau (PCR) dengan menggunakan fluida air pada suhu ruang 27°C. Dalam peletakan titik *tapping* menggunakan jenis *radius tap* yaitu titik *tapping* pertama disisi *upstream* diletakkan sejauh 1 kali diameter pipa dan untuk titik pertama disisi *downstream* sejauh ½ kali diameter pipa yang digunakan

### Skema Eksperimental



Gambar 1. Skema Entrance Region



Gambar 2. Skema fully developed region

### Entrance Region Length

Sebelum fluida mengalami kontak dengan dinding pipa fluida memiliki profil

kecepatan yang hampir seragam setelah fluida mengalami kontak dengan dinding pipa maka profil kecepatan akan berubah menurut jarak x sepanjang pipa hal ini terjadi karena efek viskos dan gesekan antara fluida dengan pipa. Pada jarak tertentu dari titik awal fluida masuk profil kecepatan akan menjadi tetap. Fluida dalam keadaan tersebut dikatakan telah berkembang penuh (*fully developed*) [1], [2], [8]. Daerah setelah fluida berkembang penuh disebut *fully developed region*, sedangkan daerah sebelum fluida berkembang penuh disebut *entrance region* Panjang sisi masuk sesuai arah aliran sampai *fully developed region* disebut *entrance length* [18].

Untuk menghitung Panjang daerah entrance pada aliran turbulen dapat dihitung dengan persamaan berikut [1].

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

Keterangan:

$l_e$  = entrance length (m)

Re= Bilangan Reynolds

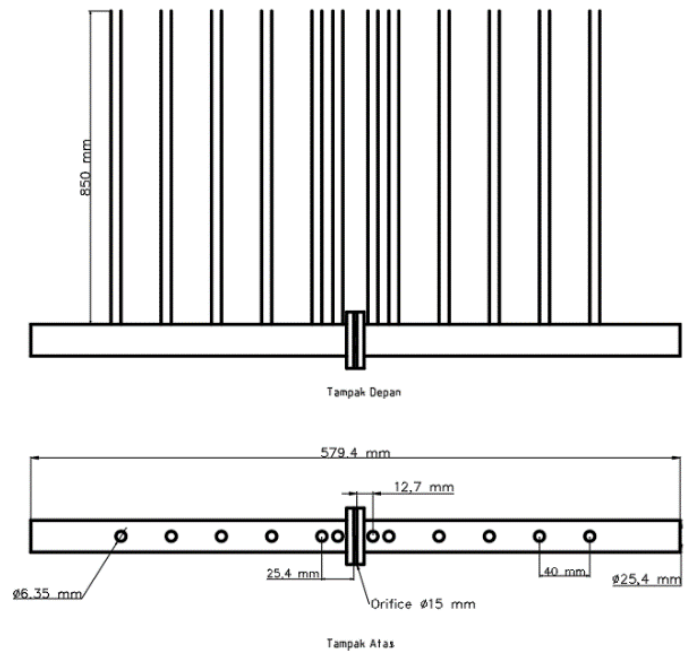
D = Diameter dalam pipa (m)

Di mana untuk menghitung bilangan Reynolds digunakan persamaan berikut:

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

**Peletakan Titik Tapping**

Dalam pengukuran beda tekanan, lokasi titik tapping pengambilan beda tekanan dalam pengukuran aliran fluida sangat penting baik dalam lubang sebelum alat ukur (*upstream*) maupun sesudah alat ukur (*downstream*). Tekanan pada *upstream* dan *downstream* akan sangat berbeda oleh jarak dari plat *orifice*. 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* [19], [20]. Pada penelitian ini menggunakan radius tap yaitu titik *tapping* pertama disisi *upstream* diletakkan sejauh 1 kali diameter pipa dan untuk titik pertama disisi *downstream* sejauh 1/2 kali diameter pipa yang digunakan.



Gambar 3. Peletakan Titik Tapping

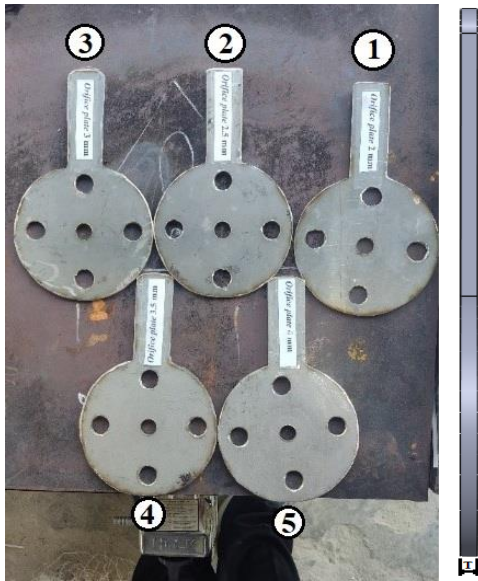
**Coefficient of Discharge (CD)**

*Coefficient of discharge* atau biasa disebut *discharge coefficient* merupakan perbandingan antara *true flow* dengan *theoretical flow*. Nilai  $Q_{act}$  dibaca pada alat rotameter dan nilai *theoretical flow* atau  $Q_{th}$  dihitung dengan menggunakan persamaan (4) dengan membaca beda tekanan antara *pressure tap* pada hulu dan pada plat *orifice*. nilai  $C_d$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [13][15][16].

$$C_d = \frac{Q_{act}}{Q_{th}} \dots\dots\dots (3)$$

Untuk mendapatkan  $Q_{th}$  menggunakan rumus berikut [11][19][20].

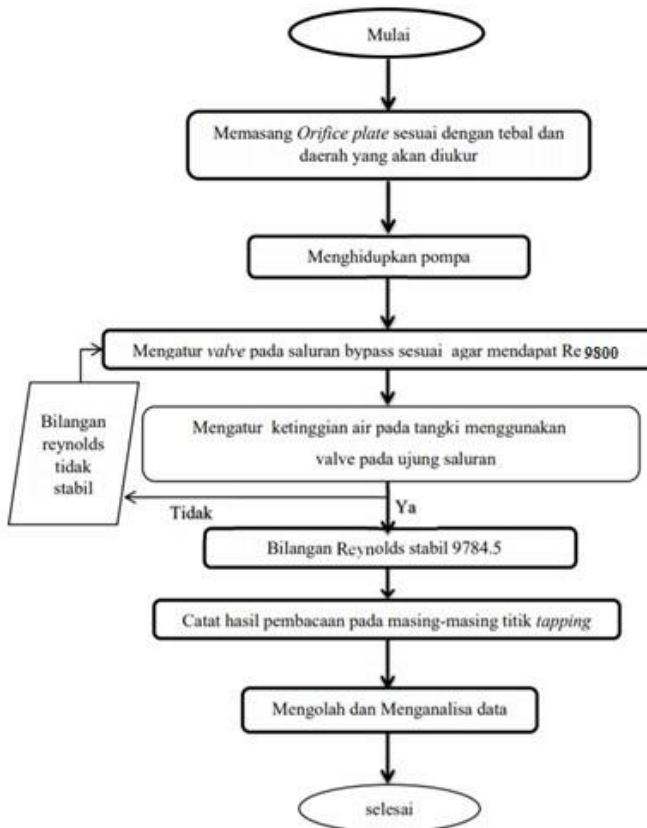
$$Q_{th} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2\rho\Delta P} \frac{1}{\rho} \dots\dots\dots(4)$$



Gambar 4. Plat Orifice (1) 2mm, (2) 2,5mm (3) 3mm, (4) 3,5mm, (5) 4mm.

### Diagram alir

Diagram alir menjelaskan tahapan tahapan proses pengambilan data pada penelitian ini.



Gambar 5. Flowchart Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Entrance Region (ER) vs Fully Developed Region (FDR).

Tabel 1. Data pada Entrance Region.

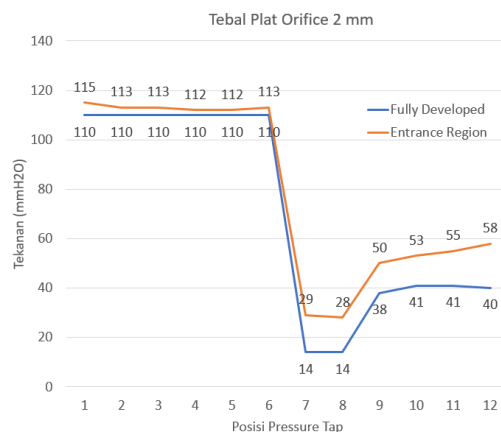
Entrance region				
Tebal orifice plate (mm)	Irrecoverable pressure drop orifice (Pa)	$Q_{th}$ (lpm)	$Q_{act}$ (lpm)	Discharge Coefficient
2	538.47	14.41	10	0.694
2.5	673.54	14.64	10	0.683
3	577.63	15.06	10	0.664
3.5	597.21	14.4	10	0.694

Tabel 2. Data pada daerah fully developed.

Fully developed region				
Tebal Orifice plate (mm)	Irrecoverable pressure drop orifice (Pa)	$Q_{th}$ (lpm)	$Q_{act}$ (lpm)	Discharge Coefficient
2	685.33	15.48	10	0.646
2.5	763.65	15.54	10	0.643
3	714.7	15.9	10	0.628
3.5	753.86	15.3	10	0.653

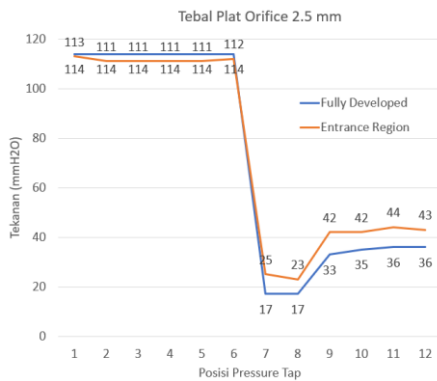
#### a. Irrecoverable Pressure Drop

##### ■ Orifice 2 mm



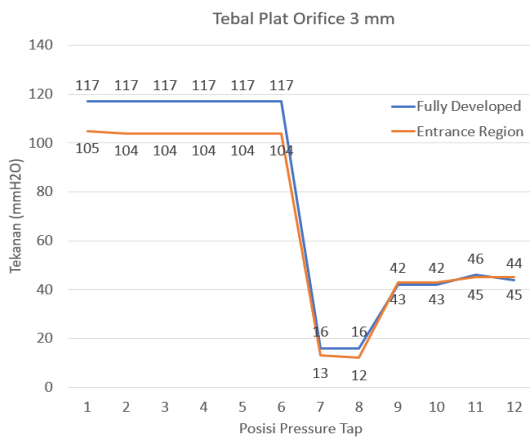
Gambar 6. ER vs FDR orifice 2mm.

■ Orifice 2.5 mm



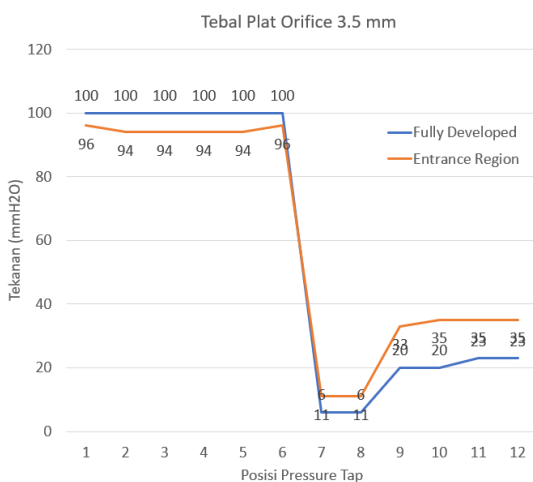
Gambar 7. ER vs FDR orifice 2.5mm

■ Orifice 3 mm



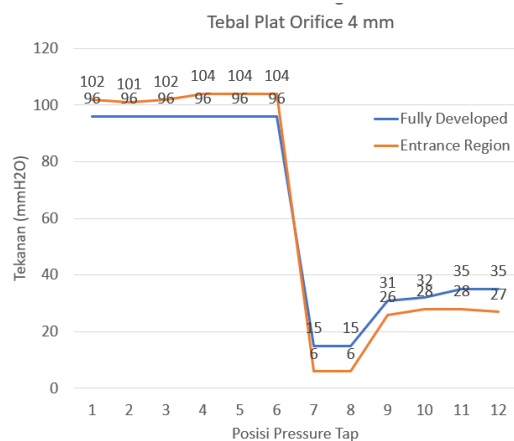
Gambar 8. ER vs FDR orifice 3mm

■ Orifice 3.5 mm



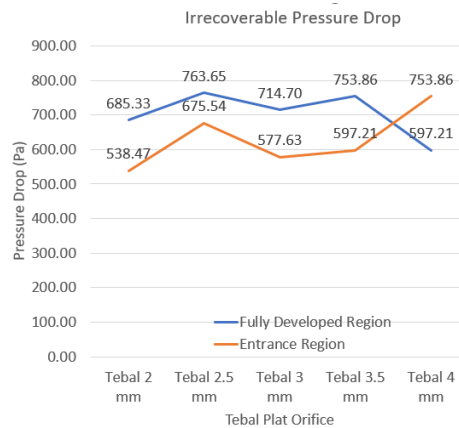
Gambar 9. ER vs FDR orifice 3.5mm

■ Orifice 4 mm



Gambar 10. ER vs FDR orifice 4 mm

Pada grafik Gambar 6 sampai dengan Gambar 10 dapat disimpulkan pada grafik gambar 11 berikut.

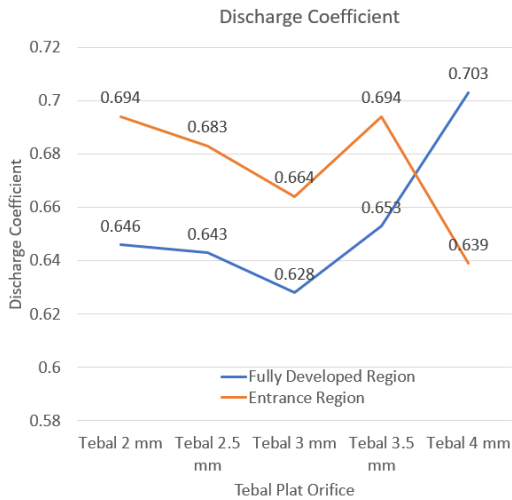


Gambar 11. Grafik perbandingan *irrecoverable pressure drop*.

Dari grafik pada Gambar 11 dapat disimpulkan bahwa pada daerah *entrance pressure drop* paling rendah adalah pada plat *orifice* 2 mm yaitu 538.47 Pa, sedangkan pada daerah *fully developed pressure drop* paling rendah adalah pada tebal 4 mm yaitu 597.21 Pa. *Pressure drop* paling tinggi ada pada daerah *fully developed* tebal 2.5 mm yaitu 763.65 Pa. Bentuk grafik pada tebal plat *orifice* 2 mm; 2.5 mm; 3 mm; 3.5 mm sama. Yaitu *pressure drop* terendah diantara 4 tersebut yaitu pada tebal 2 mm kemudian 3 mm, 3.5 mm, dan 2.5. Sedangkan pada plat *orifice* 4 mm bentuk grafiknya berbeda. Yaitu pada daerah *entrance irrecoverable pressure drop* di tebal 4 mm naik sedangkan pada daerah *fully*

developed irrecoverable pressure drop pada tebal 2 mm turun.

### b. Coefficient of Discharge (CD)



Gambar 12. Grafik perbandingan *Discharge coefficient*

Dari grafik pada Gambar 12 dapat disimpulkan bahwa *Coefficient discharge* paling tinggi yaitu pada daerah *fully developed* dengan tebal 4 mm yaitu 0.703. Sedangkan yang paling rendah yaitu pada daerah *fully developed* dengan tebal plat orifice 3 mm yaitu sebesar 0.628. Bentuk grafik *discharge coefficient* pada tebal 2 mm sampai 3.5 mm cenderung sama, kecuali pada tebal 4 mm yang saling berlawanan.

## 4. Kesimpulan

Tekanan pada daerah *entrance* sebelum melewati plat *orifice* tidak konstan, hal ini terjadi karena profil kecepatan pada daerah *entrance* yang masih berubah-ubah. Sedangkan tekanan pada daerah *fully developed* sebelum melewati plat *orifice* selalu sama pada 6 titik *tapping*.

Nilai *irrecoverable pressure drop* terbesar terletak pada daerah *fully developed* dengan tebal plat 2.5 mm yaitu sebesar 763.65 Pa dan terkecil terletak pada daerah *entrance* dengan tebal plat 2 mm yaitu sebesar 538.47 Pa.

Dari penelitian untuk nilai *discharge coefficient* tertinggi terletak pada daerah *fully developed* dengan tebal plat orifice 4 mm yaitu dengan nilai Cd sebesar 0.703 dan terendah

terletak *fully developed* dengan tebal 3 mm yaitu dengan nilai Cd sebesar 0.628.

## Referensi

- [1] J. I. Hochstein and A. L. Gerhart, *Young, Munson and Okiishi's A Brief Introduction to Fluid Mechanics*. John Wiley & Sons, 2021.
- [2] Y. Cengel and J. Cimbala, *Ebook: Fluid mechanics fundamentals and applications (si units)*. McGraw Hill, 2013.
- [3] P. J. LaNasa and E. L. Upp, *Fluid flow measurement: A practical guide to accurate flow measurement*. Butterworth-Heinemann, 2014.
- [4] G. Tardi, C. Massaroni, P. Saccomandi, and E. Schena, "Experimental assessment of a variable orifice flowmeter for respiratory monitoring," *J. Sensors*, vol. 2015, 2015.
- [5] Y. A. Gomez-Perez, M. Carrillo-Garcia, E. Jimenez-Hernandez, S. Valle-Guadarrama, and M. A. Vazquez-Peña, "Design, Construction and Operation of Modest Orifice Plate Flow-Meter for Irrigation Wells," in *2015 ASABE Annual International Meeting*, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2015, p. 1.
- [6] I. PRIYADI, F. HADI, R. FAURINA, and I. AGUSTIAN, "Ventilator Non-Invasive berbasis Kontrol Volume dengan Orifice Plate Flow Meter," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 2, p. 259, 2022.
- [7] Z.-F. Fu, Z. Cui, W.-H. Dai, and Y.-J. Chen, "Discharge coefficient of combined orifice-weir flow," *Water*, vol. 10, no. 6, p. 699, 2018.
- [8] P. J. Pritchard and J. W. Mitchell, *Fox and McDonald's introduction to fluid mechanics*. John Wiley & Sons, 2016.
- [9] S. Shaaban, "Optimization of orifice meter's energy consumption," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 92, no. 6, pp. 1005–1015, 2014.
- [10] S. S. Hutagalung, "Effect of Release Coefficient of Orifice Plate on Water

- Fluid Flow Systems,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2019, p. 12086.
- [11] D. W. Spitzer, *Flow Measurement: practical guides for measurement and control*. Instrument Society of America, 1991.
- [12] H. M. Abd, O. R. Alomar, and I. A. Mohamed, “Effects of varying orifice diameter and Reynolds number on discharge coefficient and wall pressure,” *Flow Meas. Instrum.*, vol. 65, pp. 219–226, 2019.
- [13] A. Akhyan and F. Fadhli, “Pengaruh Variasi Tebal Orifice dan Bilangan Reynolds (Re) terhadap Penurunan Tekanan (Pressure Drop) pada Entrance Region,” *Quantum Tek. J. Tek. Mesin Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 75–82, 2023.
- [14] S. Vemulapalli and S. K. Venkata, “Parametric analysis of orifice plates on measurement of flow: A review,” *Ain Shams Eng. J.*, vol. 13, no. 3, p. 101639, 2022.
- [15] W. N. Septiadi, “Studi eksperimental orifice flow meter dengan variasi tebal dan posisi pengukuran beda tekanan aliran melintasi orifice plate,” *J. Ilm. Tek. Mesin CAKRAM Vol*, vol. 2, no. 1, pp. 61–68, 2008.
- [16] A. Ghurri, S. P. G. G. Tisna, and S. Syamsudin, “Pengujian Orifice Flow Meter dengan Kapasitas Aliran Rendah,” *MECHANICAL*, vol. 7, no. 2, 2016.
- [17] S. Bikić, M. Đurđević, M. Bukurov, and S. Tašin, “Comparison of single-hole and multi-hole orifice energy consumption,” *Adv. Mech. Eng.*, vol. 14, no. 1, p. 16878140221075460, 2022.
- [18] Ainul, “Aliran Fluida Internal dan Eksternal,” *Simdos.Unud.Ac.Id*, 2015, [Online]. Available: [https://simdos.unud.ac.id/uploads/file\\_pendidikan\\_1\\_dir/39d7c80c5870c9a22e522c0e43652f18.pdf](https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/39d7c80c5870c9a22e522c0e43652f18.pdf)
- [19] M. Reader-Harris, C. Forsyth, and T. Boussouara, “The calculation of the uncertainty of the orifice-plate discharge coefficient,” *Flow Meas. Instrum.*, vol. 82, p. 102043, 2021.
- [20] M. Reader-Harris, *Orifice plates and venturi tubes*. Springer, 2015.