

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan pembahasan mengenai hasil penelitian dengan berbagai variasi yang telah dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh rasio  $\beta = d/D = 0,19$  pada plat orifice ukuran pipa yang berbeda. Penelitian ini dilakukan dengan mengatur debit yang masuk melewati plat orifice menggunakan rotameter, lalu mengamati perubahan tekanan yang terjadi pada setiap pipa. Hasil pengamatan beda tekanan yang berbeda tiap pipa digunakan untuk mencari nilai  $\Delta P$ ,  $\dot{V}_{ideal}$ ,  $\dot{V}_{aktual}$  kemudian dihitung dengan persamaan-persamaan tertentu untuk mendapatkan nilai *coefficient of discharge* (Cd). Hasil perhitungan dengan berbagai variasi dibuat dalam bentuk tabel dan grafik untuk selanjutnya dianalisa.

### 4.1 Perhitungan *Fully Developed*

Aliran berkembang penuh (*Fully Developed Flow*) adalah aliran di dalam pipa yang profil kecepatan tetap, tidak berubah karena perubahan jarak. Perhitungan *fully developed* ini dilakukan saat perancangan alat uji untuk menentukan penempatan posisi *flange* orifice disaluran pipa ½ inch dan ¾ inch. Menggunakan bilangan Reynold 2100, karena diasumsikan terjadi pada aliran laminar.

Diketahui :  $D_1$  ( Diameter dalam pipa PVC ½ ) : 18,2 mm = 0,0182 m  
 $D_2$  ( Diameter dalam pipa PVC ¾ ) : 21,6 mm = 0,0216 m  
Re : 2100

Perhitungan *fully developed* pada pipa ½ inch :

$$\frac{l_l}{D} = 0,06 \cdot Re$$

$$\frac{l_l}{0,0182} = 0,06 \cdot 2100$$

$$l_l = 0,06 \cdot 2100 \cdot 0,0182 \text{ m}$$

$$l_l = 2,3 \text{ m}$$

Perhitungan *fully developed* pada pipa  $\frac{3}{4}$  inch :

$$\frac{l_l}{D} = 0,06 \cdot Re$$

$$\frac{l_l}{0,0216} = 0,06 \cdot 2100$$

$$l_l = 0,06 \cdot 2100 \cdot 0,0216 \text{ m}$$

$$l_l = 2,7 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diatas, pada pipa PVC  $\frac{1}{2}$  inch *flange orifice* dipasang pada jarak 2,3 m dan pada pipa PVC  $\frac{3}{4}$  *flange orifice* dipasang pada jarak adalah 2,7 m.

## 4.2 Hasil Penelitian

### 4.2.1 Data hasil penelitian pada Pipa PVC $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ Inch

Berikut adalah hasil dari pengambilan data pada saat pengujian dengan memvariasikan debit air. Hasil pengambilan data dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2 :

**Tabel 4. 1** Data pada pipa PVC  $\frac{1}{2}$  inch

Percobaan	$\dot{V}_{air}$ (LPM)	$\dot{V}_{air}$ ( $m^3/s$ )	$\Delta p$ ( $kN/m^2$ )										$\Delta P_{rata-rata}$ ( $N/m^2$ )
			Exp.1	Exp.2	Exp.3	Exp.4	Exp.5	Exp.6	Exp.7	Exp.8	Exp.9	Exp.10	
1	1	1,667E-05	8,2	9,1	8,5	8	7,7	7,4	7,3	7,1	8,5	7,5	7930
2	1,5	2,500E-05	9,1	10,9	10	9,2	9,1	9	8,8	8,8	8,7	8,9	9250
3	2	3,333E-05	11,7	13,1	11,7	11,9	11,6	11,4	11,2	11	11,3	11	11590
4	2,5	4,167E-05	15,9	17,1	15,4	15,4	15,2	14,9	14,8	15,1	14,6	14,3	15270
5	3	5,000E-05	21	21,5	21,1	21,3	20,1	20	20,4	19,8	20	21,2	20640
6	3,5	5,833E-05	25,6	27,5	25,9	26	25,3	24,4	24,3	25,1	24,6	26,1	25480
7	4	6,667E-05	32	32,7	32,8	32,4	31,4	30,8	31,1	30,7	30,8	32,5	31720
8	4,5	7,500E-05	38,5	39,7	39,1	38,8	38,6	38	39	38,7	37,8	38,7	38690
9	5	8,333E-05	46,3	48,4	47,9	47,6	46,6	46,6	47,1	46,2	46,1	47,1	46990
10	5,5	9,167E-05	54,4	54,1	53,1	54,7	55,4	55,8	53,1	53,2	53,8	54,9	54250

**Tabel 4. 2** Data pada pipa PVC ¾ inch

Percobaan	$\dot{V}_{air}$ (LPM)	$\dot{V}_{air}$ ( $m^3/s$ )	$\Delta p$ ( $kN/m^2$ )										$\Delta P_{rata-rata}$ ( $N/m^2$ )
			Exp.1	Exp.2	Exp.3	Exp.4	Exp.5	Exp.6	Exp.7	Exp.8	Exp.9	Exp.10	
1	1	1,667E-05	2	2,1	2,5	2,4	2,9	2,8	3,1	3,4	3,3	3,6	2810
2	1,5	2,500E-05	2,8	2,9	3,4	3,2	3,9	3,7	3,8	4,6	4,3	4,5	3710
3	2	3,333E-05	4	4,9	4,3	4,4	5,1	4,6	4,8	6,4	5,5	5,6	4960
4	2,5	4,167E-05	6	8,2	6,2	6,2	6,4	7	7	8,9	7,3	7,6	7080
5	3	5,000E-05	8,6	11,2	8,4	8,8	9,3	9,5	9,1	9,6	10,3	10	9480
6	3,5	5,833E-05	11,2	15,4	13,4	11,2	12,7	12,4	12,4	12,6	12,7	13	12700
7	4	6,667E-05	14,4	16,3	16,1	17,8	14,9	15,1	15,3	15,6	16,1	16,8	15840
8	4,5	7,500E-05	17,6	18,1	17,6	18,3	19,3	19	19,1	19,2	20,3	20,7	18920
9	5	8,333E-05	22,1	22,5	22,4	22,5	23,5	23,6	23,8	23,5	23,3	24,3	23150
10	5,5	9,167E-05	27	26,5	26,2	27,1	27,4	27	27,2	27,4	27,8	27,7	27130
11	6	1,000E-04	30,7	30	30,9	29,8	32,5	31,9	32,4	32,2	32,6	32,3	31530
12	6,5	1,083E-04	35,3	34,7	35,7	35,4	35,9	35,4	37	36,6	37	37,4	36040
13	7	1,167E-04	41	39,2	40,2	41,1	41,6	42,3	42,8	41,9	42,5	42,6	41520
14	7,5	1,250E-04	46	46,6	46,7	46,8	46,1	46,3	48	46,4	48,3	47,9	46910
15	8	1,333E-04	52,7	51,8	52,5	53,3	52	50,4	53,2	53,6	53,7	53,2	52640

Dari tabel 4.1 dapat diketahui bahwa setiap pengambilan data dengan variasi debit air yang terbaca di rotameter yaitu 1 sampai 5,5 LPM dan dari tabel 4.2 pengambilan data dengan variasi debit air yang terbaca di rotameter yaitu 1 sampai 8 LPM, dilakukan sebanyak 10 kali pengambilan data yang selanjutnya diambil rata-rata. Hasil pengambilan data tersebut lalu dimasukkan dalam perhitungan untuk mencari koefisien curah (Cd) yang selanjutnya dapat dianalisa.

Keterangan :

$\dot{V}_{air}$  = Debit aliran air yang masuk plat *orifice* (LPM)

$\Delta P$  = Beda tekanan air masuk dan keluar *orifice* ( $N/m^2$ )

#### 4.2.2 Perhitungan *Coefficient of Discharge* (Cd) Pada Pipa PVC ½ inch

Sebagai contoh penulis mengambil salah satu data dari tabel 4.1 yaitu pada percobaan satu dengan  $V_{\text{air}}$  1 LPM dengan data sebagai berikut :

Diketahui :	$D_1$	: 18,2 mm = 0,0182 m
	$d_2$	: 3,6 mm = 0,0036 m
	$\mu_{\text{Air}}$	: 0,001 N.s/m <sup>2</sup>
	$\rho_{\text{Air}}$	: 1000 kg/m <sup>3</sup>
	$A_1$	: 0,000260155 m <sup>2</sup>
	$A_2$	: 1,017 x 10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup>
	$\Delta P$	: 7930 N/m <sup>2</sup>

Satuan yang digunakan dalam perhitungan adalah SI, maka satuan debit perlu di konversi dulu menjadi satuan SI, dimana 1 LPM setara dengan 1,667 x 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s.

Maka:

$$v = \frac{(1,667 \times 10^{-5}) \text{ m}^3/\text{s}}{A_1}$$

$$v = \frac{(1,667 \times 10^{-5}) \text{ m}^3/\text{s}}{0,000260155 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,064 \text{ m/s}$$

Setelah nilai  $v$  didapatkan, selanjutnya adalah menentukan bilangan Reynolds dengan menggunakan persamaan (2.23):

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$

$$Re = \frac{(1000 \text{ Kg/m}^3 \times 0,06406 \text{ m/s} \times 0,0182 \text{ m})}{0,001 \text{ N.s/m}^2}$$

$$Re = 1165,97$$

Untuk mendapatkan nilai  $\dot{V}_{\text{ideal}}$  dapat diketahui dengan persamaan (2.14) yaitu :

$$\dot{V}_{\text{ideal}} = A_2 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2}{\rho_{\text{wtr}}} \cdot \sqrt{P_1 - P_2}}}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$$

$$\dot{V}_{ideal} = 1,017 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2}{1000 \text{ kg/m}^3} \cdot \sqrt{7930 \text{ N/m}^2}}}{\sqrt{1 - \left(\frac{1,017 \times 10^{-5} \text{ m}^2}{0,000260155 \text{ m}^2}\right)^2}}$$

$$\dot{V}_{ideal} = 4,057 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Setelah mengetahui nilai  $\dot{V}_{ideal}$  maka selanjutnya menentukan nilai *coefficient of discharge* (Cd), dengan  $\dot{V}_{aktual}$  adalah ditentukan langsung dari pembacaan rotameter. Menggunakan persamaan (2.15) yaitu :

$$\dot{V}_{aktual} = Cd \cdot \dot{V}_{ideal}$$

$$Cd = \frac{\dot{V}_{aktual}}{\dot{V}_{ideal}}$$

$$Cd = \frac{1,667 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{4,057 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Cd = 0,411$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $v$ , Re,  $\dot{V}_{ideal}$ ,  $\dot{V}_{aktual}$  dan *coefficient of discharge* (Cd) untuk pipa ½ inch dapat digunakan untuk membangun grafik Re terhadap  $\Delta P$  rata-rata dan grafik Re terhadap Cd.

#### 4.2.3 Perhitungan Debit Orifice ( $\dot{V}_{orifice}$ ) Pada Pipa PVC ½ inch

Sebagai contoh penulis mengambil salah satu data dari lampiran 3 yaitu pada percobaan satu dengan  $\dot{V}_{air}$  1 LPM dengan data sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } \dot{V}_{air} \quad : 1 \text{ LPM} = 1,667 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{V}_{ideal} \quad : 4,057 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta P_{rata-rata} \quad : 7930 \text{ N/m}^2$$

Untuk nilai Re dihitung dengan menggunakan persamaan regresi pada grafik Re terhadap  $\Delta P_{rata-rata}$  pada pipa 1/2 inch yang dapat dilihat pada gambar 4.1.

$$\Delta P = 0,0012Re^2 - 0,2247Re + 6023,5$$

$$7930 = 0,0012Re^2 - 0,2247Re + 6023,5$$

$$Re = 1357,6$$

Setelah mendapatkan nilai  $Re$ , kemudian menghitung nilai  $Cd$  dari persamaan regresi pada grafik  $Re$  terhadap  $Cd$  pada pipa 1/2 inch yang dapat dilihat pada gambar 4.2.

$$Cd = -2E - 08Re^2 + 0,0002Re + 0,1991$$

$$Cd = -2E - 08(1357,60)^2 + 0,0002(1357,60) + 0,1991$$

$$Cd = 0,434$$

Setelah mengetahui nilai *coefficient of discharge* ( $Cd$ ) maka selanjutnya menentukan debit orifice ( $\dot{V}_{orifice}$ ). Menggunakan persamaan 2.15.

$$\dot{V}_{orifice} = Cd \cdot \dot{V}_{ideal}$$

$$\dot{V}_{orifice} = 0,434 \times 4,057 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{V}_{orifice} = 1,760 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $\dot{V}_{orifice}$ . Hasil lengkap dari perhitungan pada pipa PVC 1/2 inch ditampilkan dalam lampiran.

#### 4.2.4 Perhitungan *Coefficient of Discharge* ( $Cd$ ) Pada Pipa PVC 3/4 inch

Sebagai contoh penulis mengambil salah satu data dari table 4.1 yaitu pada percobaan satu dengan  $V_{air}$  1 LPM dengan data sebagai berikut :

Diketahui :	$D_1$	: 21,6 mm = 0,0216 m
	$d_2$	: 4,3 mm = 0,0043 m
	$\mu_{Air}$	: 0,001 N.s/m <sup>2</sup>
	$\rho_{Air}$	: 1000 kg/m <sup>3</sup>
	$A_1$	: 0,000366435 m <sup>2</sup>
	$A_2$	: 1,452 x 10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup>
	$\Delta P$	: 2810 N/m <sup>2</sup>

Satuan yang digunakan dalam perhitungan adalah SI, maka satuan debit perlu di konversi dulu menjadi satuan SI, dimana 1 LPM setara dengan 1,667 x 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s.

Maka:

$$v = \frac{(1,667 \times 10^{-5}) \text{ m}^3/\text{s}}{A_1}$$

$$v = \frac{(1,667 \times 10^{-5}) \text{ m}^3/\text{s}}{0,000366435 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,045 \text{ m/s}$$

Setelah nilai  $v$  didapatkan, selanjutnya adalah menentukan bilangan Reynolds dengan menggunakan persamaan (2.23):

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$

$$Re = \frac{(1000 \text{ Kg/m}^3 \times 0,045 \text{ m/s} \times 0,0216 \text{ m})}{0,001 \text{ N.s/m}^2}$$

$$Re = 982,44$$

Untuk mendapatkan nilai  $\dot{V}_{ideal}$  dapat diketahui dengan persamaan (2.14) yaitu :

$$\dot{V}_{ideal} = A_2 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2}{\rho_{wtr}} \cdot \sqrt{P_1 - P_2}}}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$$

$$\dot{V}_{ideal} = 1,452 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2}{1000 \text{ kg/m}^3} \cdot \sqrt{2810 \text{ N/m}^2}}}{\sqrt{1 - \left(\frac{1,452 \times 10^{-5} \text{ m}^2}{0,000366435 \text{ m}^2}\right)^2}}$$

$$\dot{V}_{ideal} = 3,445 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Setelah mengetahui nilai  $\dot{V}_{ideal}$  maka selanjutnya menentukan nilai *coefficient of discharge* (Cd), dengan  $\dot{V}_{aktual}$  adalah ditentukan langsung dari pembacaan rotameter. Menggunakan persamaan (2.15) yaitu :

$$\dot{V}_{aktual} = Cd \cdot \dot{V}_{ideal}$$

$$Cd = \frac{\dot{V}_{aktual}}{\dot{V}_{ideal}}$$

$$Cd = \frac{1,667 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,445 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Cd = 0,484$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $v$ ,  $Re$ ,  $\dot{V}_{ideal}$ ,  $\dot{V}_{aktual}$  dan *coefficient of discharge* (Cd) untuk pipa  $\frac{3}{4}$  inch.

#### 4.2.5 Perhitungan Debit Orifice ( $\dot{V}_{orifice}$ ) Pada Pipa PVC $\frac{3}{4}$ inch

Sebagai contoh penulis mengambil salah satu data dari lampiran 3 yaitu pada percobaan satu dengan  $\dot{V}_{air}$  1 LPM dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \dot{V}_{air} & : 1 \text{ LPM} = 1,667 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \\ \dot{V}_{ideal} & : 3,445 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \\ \Delta P_{rata-rata} & : 2810 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk nilai Re dihitung dengan menggunakan persamaan regresi pada grafik Re terhadap  $\Delta P_{rata-rata}$  pada pipa  $\frac{3}{4}$  inch yang dapat dilihat pada gambar 4.3.

$$\begin{aligned} \Delta P & = 0,0007Re^2 + 0,9742Re + 684,94 \\ 2810 & = 0,0007Re^2 + 0,9742Re + 684,94 \\ Re & = 1180,3 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai Re, kemudian menghitung nilai Cd dari persamaan regresi pada grafik Re terhadap Cd pada pipa  $\frac{3}{4}$  inch yang dapat dilihat pada gambar 4.4.

$$\begin{aligned} Cd & = -1E - 08Re^2 + 0,0001Re + 0,4335 \\ Cd & = -1E - 08(1180,3)^2 + 0,0001(1180,3) + 0,4335 \\ Cd & = 0,538 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui nilai *coefficient of discharge* (Cd) maka selanjutnya menentukan debit orifice ( $\dot{V}_{orifice}$ ). Menggunakan persamaan 2.15.

$$\begin{aligned} \dot{V}_{orifice} & = Cd \cdot \dot{V}_{ideal} \\ \dot{V}_{orifice} & = 0,538 \times 3,445 \times 10^{-5} \\ \dot{V}_{orifice} & = 1,852 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $\dot{V}_{orifice}$ . Hasil lengkap dari perhitungan pada pipa PVC  $\frac{3}{4}$  inch ditampilkan dalam lampiran.

### 4.3 Pembahasan

Perhitungan dan pencatatan hasil perhitungan yang sudah dilakukan kemudian disajikan dalam bentuk grafik. Hasil perhitungan Re,  $\Delta P$  dan Cd pada lampiran akan digabungkan dapat dilihat pada tabel 4.3.

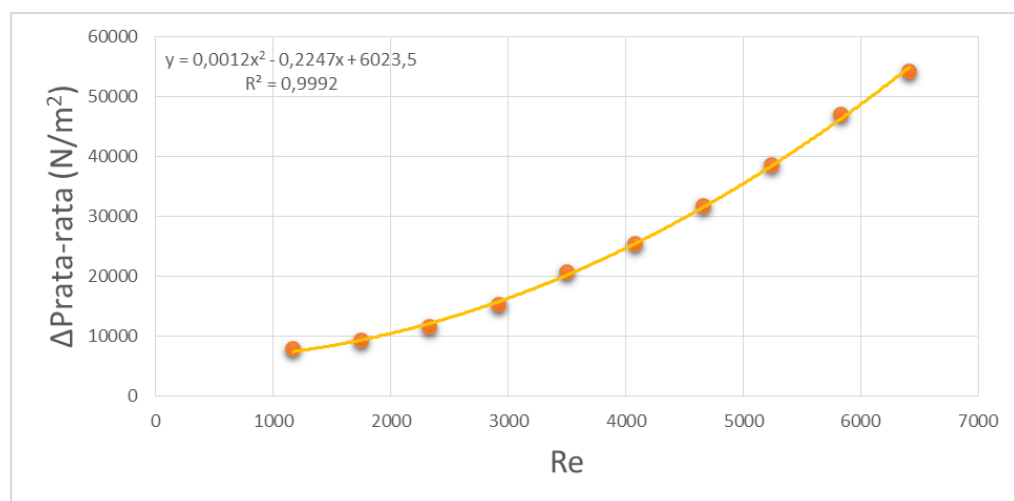


### 4.3.1 Pipa ½ Inch

**Tabel 4. 3** Hasil perhitungan *Reynolds* (Re),  $\Delta P$  dan *coefficient of discharge* (Cd) pada pipa ½ inch

Percobaan	$\dot{V}_{\text{aktual Rotameter}}$ LPM	$\Delta P_{\text{rata-rata}}$ (N/m <sup>2</sup> )	Re	Cd
1	1	7930	1165,97	0,411
2	1,5	9250	1748,96	0,571
3	2	11590	2331,94	0,680
4	2,5	15270	2914,93	0,740
5	3	20640	3497,91	0,764
6	3,5	25480	4080,90	0,802
7	4	31720	4663,88	0,822
8	4,5	38690	5246,87	0,837
9	5	46990	5829,85	0,844
10	5,5	54250	6412,84	0,864

Dari tabel di atas, data Hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap  $\Delta P$  rata-rata dan hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap *coefficient of discharge* (Cd) pada pipa ½ inch disajikan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.

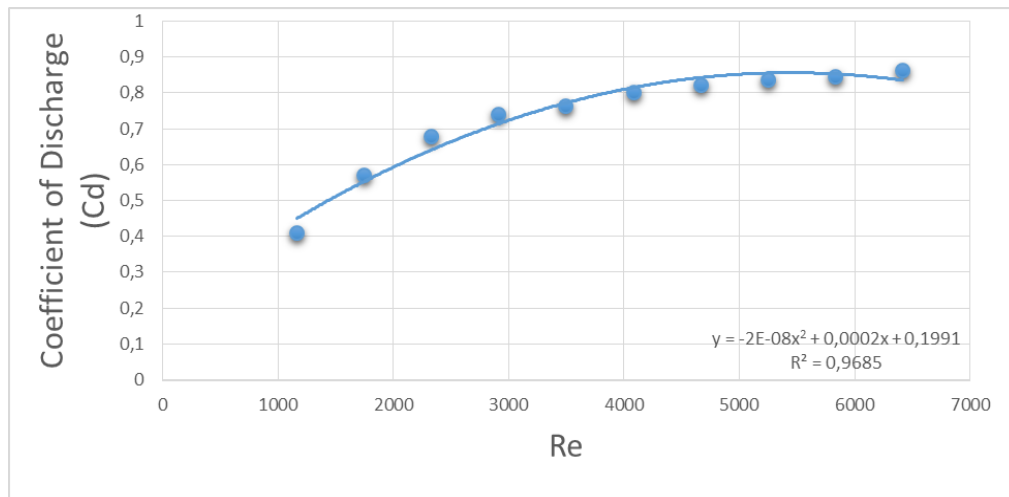


**Gambar 4. 1** Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap  $\Delta P_{\text{rata-rata}}$  Orifice pada pipa ½ inch

Keterangan :

$$\Delta P = 0,0012Re^2 - 0,2247Re + 6023,5$$

$$R^2 = 0,9992$$



**Gambar 4. 2** Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap *coefficient of discharge* Cd pada pipa ½ inch

Keterangan :

$$Cd = -2E-08Re^2 + 0,0002Re + 0,1991$$

$$R^2 = 0,9685$$

Dari grafik pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan perbedaan tekanan ( $\Delta P$ ) dari hulu ke hilir plat orifice pada saat variasi pertama 1 LPM  $\Delta P$  7930 N/m<sup>2</sup> sampai dengan 5,5 LPM  $\Delta P$  54250 N/m<sup>2</sup>. Kenaikan  $\Delta P$  dipengaruhi oleh besarnya debit aktual yang terbaca di rotameter, semakin naik debit aliran yang melewati orifice maka bilangan Reynolds meningkat. Maka hal ini berpengaruh terhadap nilai perbedaan tekanan ( $\Delta P$ ).

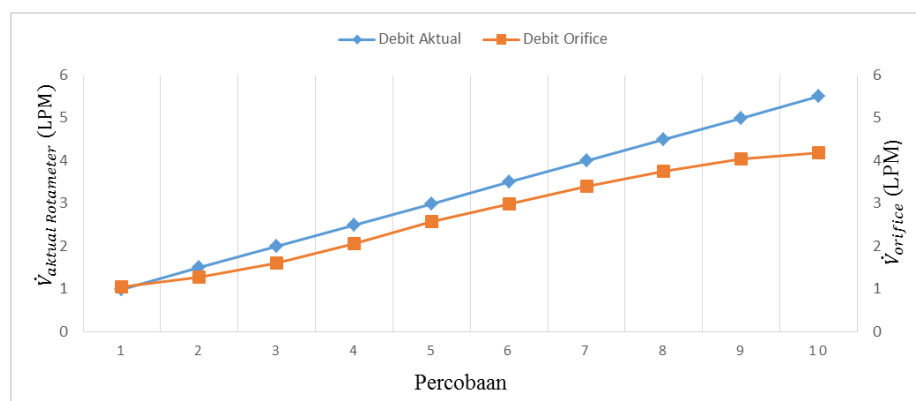
Dari nilai  $\dot{V}_{ideal}$  dan  $\dot{V}_{aktual}$  yang menggunakan pengukuran beda tekanan antara *pressure tap* pada hulu dan pada plat orifice maka nilai Cd dapat dihitung dengan persamaan (2.20). Hasil perhitungan nilai Cd dapat diplotkan dalam grafik pada gambar 4.2 di atas. Tampak bahwa nilai Cd pada masing-masing variasi terus meningkat pada Reynolds 1165,97 sampai 6412,84. Nilai Cd disini berkisar antara 0,411 sampai 0,864 ada peningkatan hal ini dikarenakan pengaruh dari besarnya nilai perbedaan tekanan ( $\Delta P$ ) yang mempengaruhi nilai  $\dot{V}_{ideal}$ .

### 4.3.2 Debit Orifice ( $\dot{V}_{orifice}$ ) Pada Pipa PVC $\frac{1}{2}$ inch

**Tabel 4. 4** Hasil perhitungan debit orifice ( $\dot{V}_{orifice}$ ) Pada Pipa PVC  $\frac{1}{2}$  inch

Percobaan	$\dot{V}_{air}$ (LPM)	$\dot{V}_{orifice}$ (LPM)	$\Delta\dot{V}$ (LPM)	$\Delta\dot{V}$ (%)
1	1	1.056	0.056	5.579%
2	1.5	1.278	0.222	14.821%
3	2	1.612	0.388	19.404%
4	2.5	2.055	0.445	17.794%
5	3	2.588	0.412	13.733%
6	3.5	2.983	0.517	14.776%
7	4	3.396	0.604	15.106%
8	4.5	3.748	0.752	16.707%
9	5	4.038	0.962	19.237%
10	5.5	4.189	1.311	23.837%

Dari tabel 4.4 di atas, data perbandingan debit orifice  $\dot{V}_{orifice}$  (LPM) terhadap  $\dot{V}_{aktual}$  (LPM) pada pipa  $\frac{1}{2}$  inch disajikan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.3.



**Gambar 4. 3** Grafik perbandingan  $\dot{V}_{orifice}$  (LPM) terhadap  $\dot{V}_{aktual}$  Rotameter (LPM) pada pipa  $\frac{1}{2}$  Inch

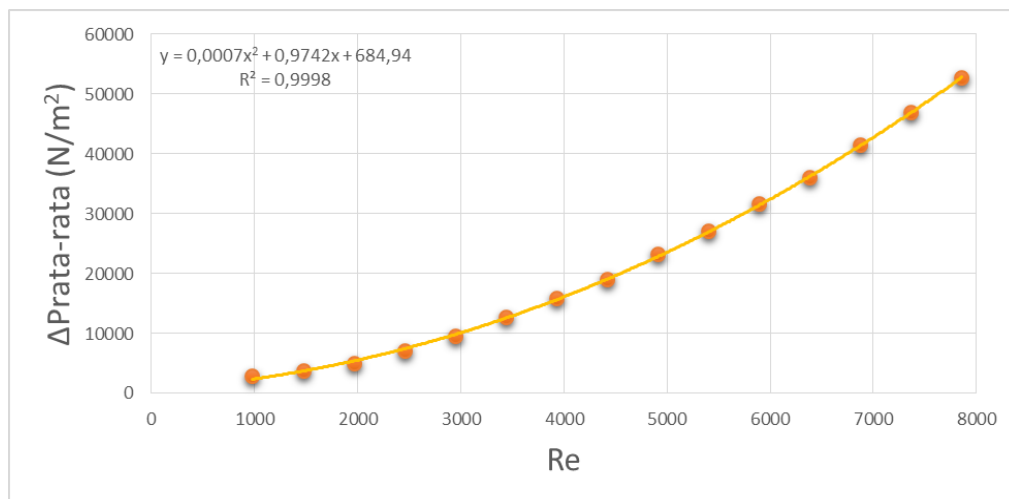
Dari grafik perbandingan  $\dot{V}_{orifice}$  terhadap  $\dot{V}_{air}$  (LPM) pada pipa  $\frac{1}{2}$  inch gambar 4.3 terlihat bahwa ada perbedaan pengukuran pada debit aktual rotameter dengan debit perhitungan *orifice plate meter*. Kenaikan debit sama-sama mengalami peningkatan yang berfluktuasi. Untuk nilai  $\Delta\dot{V}$  orifice tertinggi terjadi pada percobaan 10 yaitu pada debit aktual 5,5 LPM dengan nilai debit orifice 4,189 LPM.

### 4.3.3 Pipa ¾ Inch

**Tabel 4. 5** Hasil perhitungan *Reynolds* (Re),  $\Delta P$  dan *coefficient of discharge* (Cd) pada pipa ¾ inch

Percobaan	$\dot{V}_{\text{aktual Rotameter}}$ LPM	$\Delta P_{\text{rata-rata}}$ (N/m <sup>2</sup> )	Re	Cd
1	1	2810	982,44	0,484
2	1,5	3710	1473,66	0,631
3	2	4960	1964,88	0,728
4	2,5	7080	2456,09	0,762
5	3	9480	2947,31	0,790
6	3,5	12700	3438,53	0,796
7	4	15840	3929,75	0,815
8	4,5	18920	4420,97	0,839
9	5	23150	4912,19	0,843
10	5,5	27130	5403,41	0,856
11	6	31530	5894,63	0,866
12	6,5	36040	6385,85	0,878
13	7	41520	6877,07	0,881
14	7,5	46910	7368,28	0,888
15	8	52640	7859,50	0,894

Data Hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap  $\Delta P$  rata-rata dan hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap *coefficient of discharge* (Cd) pada pipa ¾ inch disajikan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.4.

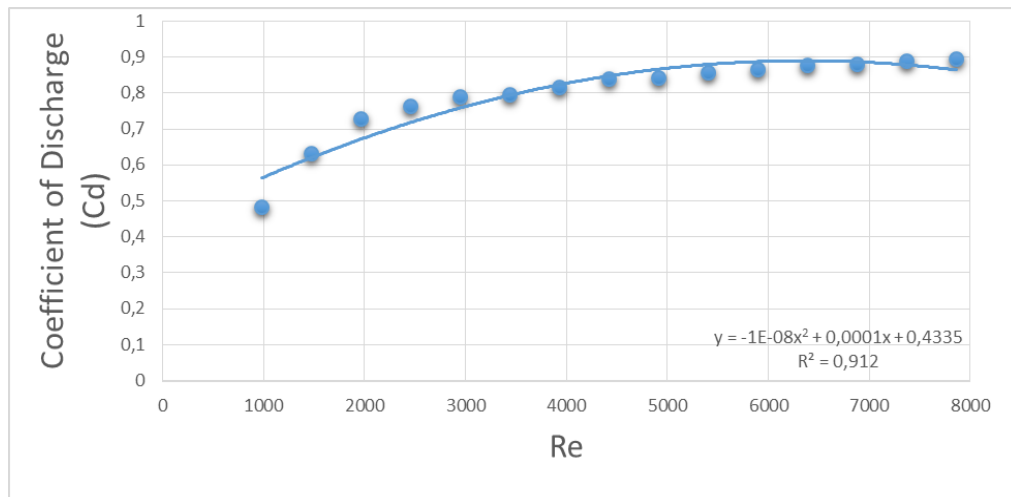


**Gambar 4. 4** Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap  $\Delta P_{\text{rata-rata}}$  pada pipa ¾ inch

Keterangan :

$$\Delta P = 0,0007Re^2 + 0,9742Re + 684,94$$

$$R^2 = 0,9998$$



**Gambar 4.5** Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap *coefficient of discharge* Cd pada pipa  $\frac{3}{4}$  inch

Keterangan :

$$Cd = -1E-08Re^2 + 0,0001Re + 0,4335$$

$$R^2 = 0,912$$

Grafik hubungan antara bilangan Reynolds (Re) dengan  $\Delta P$  rata-rata orifice gambar 4.4 menunjukkan peningkatan yang signifikan dari setiap bertambahnya bilangan Reynolds yang dipengaruhi oleh debit air yang mengalir ke orifice. Pada variasi pertama yaitu 1 LPM debit air yang melewati orifice didapat nilai  $\Delta P$  rata-rata dari setiap pengambilan data sebesar  $2810 \text{ N/m}^2$  dengan bilangan Reynolds 982,44 dan pada percobaan 15 yaitu 8 LPM didapat  $\Delta P$  rata-rata  $52640 \text{ N/m}^2$  dengan bilangan Reynolds 7859,50.

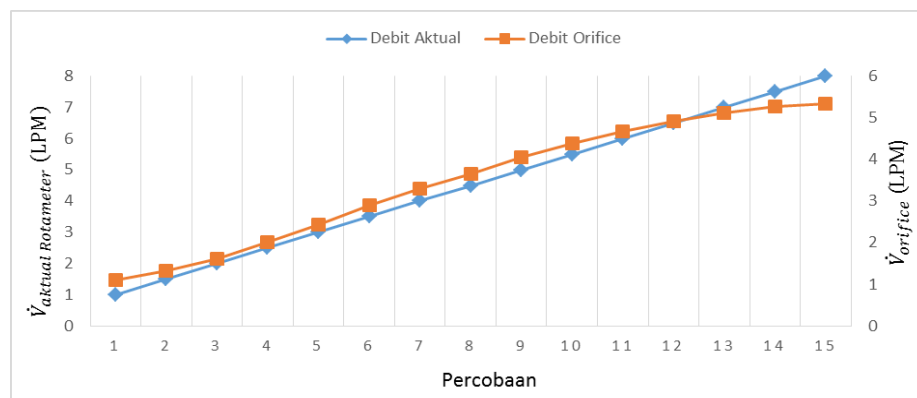
Grafik hubungan antara bilangan Reynolds (Re) terhadap *coefficient of discharge* Cd pada pipa  $\frac{3}{4}$  inch gambar 4.5 menunjukkan peningkatan dari setiap bertambahnya bilangan Reynolds yang dipengaruhi oleh besarnya nilai perbedaan tekanan ( $\Delta P$ ) yang mempengaruhi nilai  $\dot{V}_{ideal}$ . Terlihat nilai koefisien Cd berada pada bilangan Reynolds 3438,53 sampai 7859,50 dan nilai koefisien Cd 0,796 sampai 0,894.

#### 4.3.4 Debit Orifice ( $\dot{V}_{orifice}$ ) Pada Pipa PVC $\frac{3}{4}$ Inch

**Tabel 4. 6** Hasil perhitungan debit orifice ( $\dot{V}_{orifice}$ ) pada pipa PVC  $\frac{3}{4}$  inch

Percobaan	$\dot{V}_{air}$ (LPM)	$\dot{V}_{orifice}$ (LPM)	$\Delta\dot{V}$ (LPM)	$\Delta\dot{V}$ (%)
1	1	1.111	0.111	11.134%
2	1.5	1.332	0.168	11.204%
3	2	1.608	0.392	19.580%
4	2.5	2.022	0.478	19.121%
5	3	2.430	0.570	18.987%
6	3.5	2.906	0.594	16.982%
7	4	3.306	0.694	17.338%
8	4.5	3.650	0.850	18.879%
9	5	4.056	0.944	18.889%
10	5.5	4.375	1.125	20.456%
11	6	4.667	1.333	22.222%
12	6.5	4.906	1.594	24.529%
13	7	5.122	1.878	26.832%
14	7.5	5.262	2.238	29.842%
15	8	5.338	2.662	33.272%

Dari tabel 4.5 di atas, data perbandingan debit orifice  $\dot{V}_{orifice}$  (LPM) terhadap  $\dot{V}_{aktual}$  (LPM) pada pipa  $\frac{3}{4}$  inch disajikan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.6.



**Gambar 4. 6** Grafik perbandingan  $\dot{V}_{orifice}$  (LPM) terhadap  $\dot{V}_{aktual}$  Rotameter (LPM) pada pipa  $\frac{3}{4}$  inch

Dari gambar 4.6 terlihat bahwa ada perbedaan pengukuran pada debit aktual rotameter dengan debit perhitungan orifice plate meter. Kenaikan debit sama-sama mengalami peningkatan. Untuk nilai  $\Delta\dot{V}$  orifice tertinggi terjadi pada

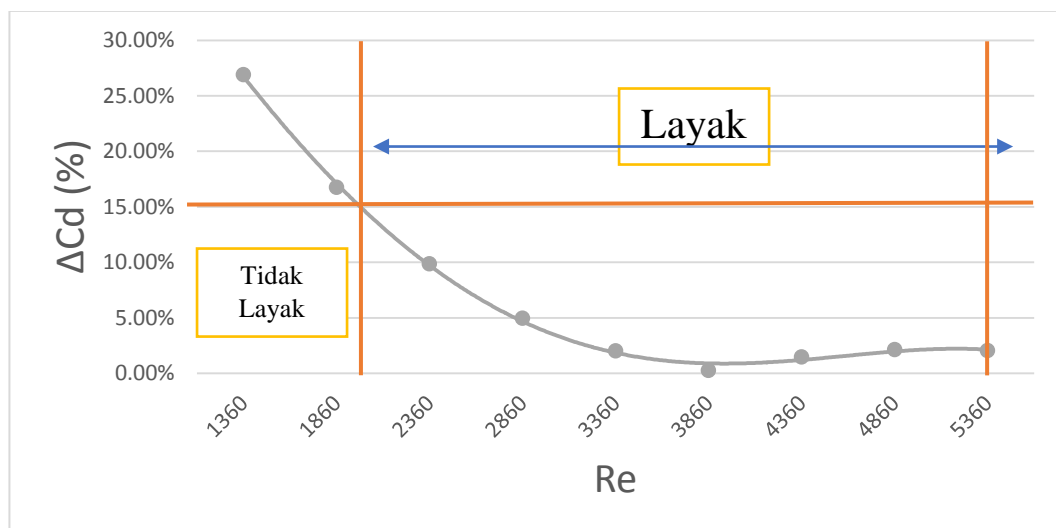
percobaan 15 yaitu pada debit aktual 8 LPM dengan nilai debit orifice 5,338 LPM masih jauh di bawah dari debit aktualnya.

#### 4.3.5 Grafik $\Delta C_d$ Pada Pipa $\frac{1}{2}$ Inch dan Pipa $\frac{3}{4}$ Inch

Setelah nilai  $\Delta P$  rata-rata,  $\dot{V}_{ideal}$  dan *coefficient of discharge*  $C_d$  didapat dari perhitungan sebelumnya, lalu nilai tersebut dibuat grafik deviasi  $\Delta C_d$  seperti pada gambar 4.7.

**Tabel 4. 7** Hasil perhitungan debit  $\Delta C_d$  Pada Pipa  $\frac{1}{2}$  Inch dan Pipa  $\frac{3}{4}$  Inch

Re	$C_{d1}$	$C_{d2}$	$C_{d2} - C_{d1}$	$\Delta C_d$ (%)
1360	0.434	0.551	0.117	26.88%
1860	0.501	0.585	0.084	16.75%
2360	0.559	0.614	0.055	9.85%
2860	0.607	0.637	0.030	4.95%
3360	0.643	0.656	0.013	2.00%
3860	0.672	0.670	-0.002	0.25%
4360	0.689	0.679	-0.010	1.47%
4860	0.697	0.683	-0.015	2.12%
5360	0.696	0.682	-0.014	2.04%



**Gambar 4. 7** Grafik  $\Delta C_d$  pipa  $\frac{1}{2}$  inch dan  $\frac{3}{4}$  inch

Grafik  $\Delta C_d$  gambar 4.7 menunjukkan nilai koefisien  $C_d$  menurun drastis dari nilai awal yaitu 26,88% sampai yang paling rendah 0,25% mendekati nilai 0% kemudian ada kenaikan nilai lagi . Nilai deviasi tertinggi yaitu pada bilangan

Reynolds 1360 dan yang terendah 3860, maka setiap kenaikan dari bilangan Reynolds mempengaruhi nilai  $Cd$  pada kedua pipa yang membuat deviasi menjadi kecil. Dari grafik di atas, nilai  $\Delta Cd \leq 15\%$  maka diasumsikan  $Cd_1 = Cd_2$  yaitu pada bilangan Reynolds 2200 hingga 5360. Berdasarkan asumsi tersebut hipotesa ini dapat digunakan untuk memperkirakan debit air untuk ukuran pipa yang berbeda dengan rasio yang sama pada penelitian ini ( $\beta = d/D = 0,19$ ) seperti pada persamaan 4.1.

$$\frac{\dot{V}_{aktual\ 2}}{\dot{V}_{ideal\ 2}} = Cd_2 = Cd_1 = \frac{\dot{V}_{aktual\ 1}}{\dot{V}_{ideal\ 1}} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dengan :  $\dot{V}_{aktual\ 1}$  =  $\dot{V}_{aktual\ 1}$  pada pipa PVC ½ inch (m<sup>3</sup>/s)  
 $\dot{V}_{ideal\ 1}$  =  $\dot{V}_{ideal\ 1}$  pada pipa PVC ½ inch (m<sup>3</sup>/s)  
 $Cd_1$  = *Coefficient of discharge* pada pipa PVC ½ inch  
 $\dot{V}_{aktual\ 2}$  =  $\dot{V}_{aktual\ 2}$  pada pipa PVC ¾ inch (m<sup>3</sup>/s)  
 $\dot{V}_{ideal\ 2}$  =  $\dot{V}_{ideal\ 2}$  pada pipa PVC ¾ inch (m<sup>3</sup>/s)  
 $Cd_2$  = *Coefficient of discharge* pada pipa PVC ¾ inch

Perbandingan hasil pengujian dengan penelitian Saputra (2017) menggunakan orifice dengan rasio  $\beta = d/D = 0,16$  pada pipa ½ inch dan ¾ inch didapatkan nilai  $\Delta Cd \leq 5\%$  pada bilangan Reynolds  $\geq 1300$ . Berbeda dengan penelitian Kurniawan (2017) yang menggunakan rasio orifice  $\beta = d/D = 0,24$  untuk ukuran pipa ½ inch dan ¾ inch didapatkan nilai  $\Delta Cd \leq 15\%$  pada bilangan Reynolds  $\geq 2600$  dan Pratama (2017) yang menggunakan rasio orifice  $\beta = d/D = 0,4$  untuk ukuran pipa ½ inch dan ¾ inch didapatkan nilai  $\Delta Cd \leq 15\%$  pada bilangan Reynolds  $\geq 5500$ . Dari hasil data tersebut semakin besar rasio yang digunakan pada orifice maka semakin besar batasan dari bilangan Reynolds yang memenuhi asumsi awal yaitu  $\Delta Cd \leq 15\%$  nilai  $Cd_1 = Cd_2$ .

#### 4.3.6 Perhitungan Prediksi $\dot{V}_{aktual}$ pada pipa PVC ¾ inch

Dari persamaan 4.1 dapat ditentukan nilai dari  $\dot{V}_{aktual}$  pada pipa PVC ¾ inch. Dapat diasumsikan nilai  $Cd$  pipa PVC ¾ =  $Cd$  pipa PVC ½.

$$\dot{V}_{aktual\ 2} = Cd_1 * \dot{V}_{ideal\ 2}$$

Dengan :  $Cd_1$  = *Coefficient of discharge* pada pipa PVC ½ inch  
 $\dot{V}_{aktual\ 2}$  =  $\dot{V}_{aktual\ 2}$  pada pipa PVC ¾ inch (m<sup>3</sup>/s)  
 $\dot{V}_{ideal\ 2}$  =  $\dot{V}_{ideal\ 2}$  pada pipa PVC ¾ inch (m<sup>3</sup>/s)



Sebagai contoh penulis mengambil salah satu data yaitu pada percobaan 5 LPM Pada Pipa ½ Inch dan Pipa ¾ Inch dengan data sebagai berikut :

$$Cd_1 = 0,682$$

$$\dot{V}_{ideal\ 2} = 9,889E - 05 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$\dot{V}_{aktual\ 2} = 0,682 * 9,889E - 05 \text{ m}^3\text{/s}$$

$$\dot{V}_{aktual\ 2} = 6,744E-05 \text{ m}^3\text{/s}$$

$$\dot{V}_{aktual\ 2} = 4,046 \text{ LPM}$$