

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Dalam penelitian ini, pengambilan data nilai tekanan dilakukan pada sisi masuk dan keluar *orifice* untuk tiap variasi debit dan diameter lubang *orifice plate*. Pengambilan data nilai tekanan dilakukan dengan bantuan alat ukur *manometer* pipa U raksa.

Tabel 4.1 Hasil pengujian

No	Debit (Liter/ Jam)	Diameter Lubang											
		7		8		9		10		11		12	
		H ₁ (mm Hg)	H ₂ (mm Hg)	H ₁ (mm Hg)	H ₂ (mm Hg)	H ₁ (mm Hg)	H ₂ (mm Hg)	H ₁ (mm Hg)	H ₂ (mm Hg)	H ₁ (mm Hg)	H ₂ (mm Hg)	H ₁ (mm Hg)	H ₂ (mm Hg)
1	1200	70	20	62	28	55	35	49	41	47	43	46	44
2	1300	75	15	65	25	58	32	50	40	48	42	47	43
3	1400	78	18	67	23	61	29	51	39	48	42	48	42
4	1500	80	10	72	18	64	26	53	37	49	41	48	42
5	1600	85	5	74	16	65	25	54	36	50	40	49	41
6	1700	90	0	78	12	67	23	55	35	51	39	49	41
7	1800	95	-5	79	11	69	21	57	33	52	38	50	40

Catatan: Titik setimbang raksa pada tabel di atas adalah 45 mm.

4.2 Pengolahan Data Hasil Penelitian

4.2.1 Perhitungan Faktor Koreksi *Orifice meter*

Perhitungan data dibutuhkan untuk mendapatkan nilai *pressure drop* (ΔH), debit aliran *orifice meter*/debit teoritis (Q_0), dan faktor koreksi *orifice meter* (C_{Q0}), menggunakan data yang diperoleh saat penelitian, sebagai berikut:

- Diameter dalam pipa (D): 50,8 mm = $50,8 \cdot 10^{-3}$ m
- Debit aliran (Q), dengan variasi: 1200-1800 liter/jam
- Suhu air (T): 27 °C

Dari temperatur air pada 27 °C, dengan menggunakan tabel dapat diketahui nilai densitas sebagai berikut (berdasarkan *table of water properties* oleh White, 1998):

Tabel 4.2 *Water properties* pada tekanan 1 atm

$T, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$	$\mu, \text{N} \cdot \text{s/m}^2$	$\nu, \text{m}^2/\text{s}$	$T, ^\circ\text{F}$	$\rho, \text{slug/ft}^3$	$\mu, \text{lb} \cdot \text{s/ft}^2$	$\nu, \text{ft}^2/\text{s}$
0	1000	1.788 E-3	1.788 E-6	32	1.940	3.73 E-5	1.925 E-5
10	1000	1.307 E-3	1.307 E-6	50	1.940	2.73 E-5	1.407 E-5
20	998	1.003 E-3	1.005 E-6	68	1.937	2.09 E-5	1.082 E-5
30	996	0.799 E-3	0.802 E-6	86	1.932	1.67 E-5	0.864 E-5
40	992	0.657 E-3	0.662 E-6	104	1.925	1.37 E-5	0.713 E-5
50	988	0.548 E-3	0.555 E-6	122	1.917	1.14 E-5	0.597 E-5
60	983	0.467 E-3	0.475 E-6	140	1.908	0.975 E-5	0.511 E-5
70	978	0.405 E-3	0.414 E-6	158	1.897	0.846 E-5	0.446 E-5
80	972	0.355 E-3	0.365 E-6	176	1.886	0.741 E-5	0.393 E-5
90	965	0.316 E-3	0.327 E-6	194	1.873	0.660 E-5	0.352 E-5
100	958	0.283 E-3	0.295 E-6	212	1.859	0.591 E-5	0.318 E-5

- Densitas (ρ): 996,6 kg/m³

- ✓ Contoh perhitungan data *pressure drop*:

Perhitungan *pressure drop* pada *orifice meter* menggunakan data pertama (diameter lubang 7 mm) pada Tabel 4.1. Data *pressure drop* (ΔH) yang terlihat pada *manometer* pipa U dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\Delta H = H_1 - H_2$$

1. *Pressure drop* pada debit aliran 1200 liter/jam

$$H_1 = 70 - 45 = 25 \text{ mmHg}$$

$$H_2 = 20 - 45 = -25 \text{ mmHg}$$

$$\Delta H = 25 - (-25) = 50 \text{ mmHg}$$

$$\Delta H = 6666 \text{ Pa}$$

2. *Pressure drop* pada debit aliran 1300 liter/jam

$$H_1 = 75 - 45 = 30 \text{ mmHg}$$

$$H_2 = 15 - 45 = -30 \text{ mmHg}$$

$$\Delta H = 30 - (-30) = 60 \text{ mmHg}$$

$$\Delta H = 7999,2 \text{ Pa}$$

3. *Pressure drop* pada debit aliran 1800 liter/jam

$$H_1 = 95 - 45 = 50 \text{ mmHg}$$

$$H_2 = -5 - 45 = -50 \text{ mmHg}$$

$$\Delta H = 50 - (-50) = 100 \text{ mmHg}$$

$$\Delta H = 13332 \text{ Pa}$$

Data *pressure drop* pada *orifice meter* dengan *orifice plate* berdiameter 7 mm selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4.3 Perbedaan tekanan pada *orifice meter* dengan diameter lubang *orifice plate* 7 mm

No	Debit (liter/jam)	Debit (m ³ /s)	H ₁ (mmHg)	H ₂ (mmHg)	ΔH (mmHg)	ΔH (Pa)
1	1200	0,00033	25	-25	50	6666
2	1300	0,00036	30	-30	60	7999,2
3	1400	0,00039	33	-33	66	7999,2
4	1500	0,00042	35	-35	70	9332,4
5	1600	0,00044	40	-40	80	10665,6
6	1700	0,00047	45	-45	90	11998,8
7	1800	0,0005	50	-50	100	13332

- ✓ Contoh perhitungan data debit teoritis (Q_0):

Perhitungan debit teoritis pada *orifice meter* menggunakan data pertama (diameter lubang 7 mm) pada Tabel 4.1. Untuk mendapatkan nilai debit teoritis, data *pressure drop* (ΔH) yang terlihat pada *manometer* pipa U dimasukkan ke dalam persamaan (2-19) di bawah ini:

$$Q_0 = \frac{\pi}{4} \cdot D_e^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta H}{\rho \cdot (1 - \beta^4)}} \quad (\text{Waluyo, 2013})$$

Untuk:

$$\frac{\pi}{4} \cdot D_e^2 = \frac{\pi}{4} \cdot N \cdot D_2^2 \quad (\text{Waluyo, 2013})$$

1. Debit teoritis pada debit aliran 1200 liter/jam

$$Q_0 = \frac{\pi}{4} \cdot N \cdot D_2^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta H}{\rho \cdot (1 - \beta^4)}}$$

$$Q_0 = \frac{3,14}{4} \cdot 4 \cdot 0,007^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 6666}{996,6 \cdot \left(1 - \left(\frac{0,007}{0,0508}\right)^4\right)}}$$

$$Q_0 = 0,00056 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Debit teoritis pada debit aliran 1300 liter/jam

$$Q_0 = \frac{\pi}{4} \cdot N \cdot D_2^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta H}{\rho \cdot (1 - \beta^4)}}$$

$$Q_0 = \frac{3,14}{4} \cdot 4 \cdot 0,007^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 7999,2}{996,6 \cdot \left(1 - \left(\frac{0,007}{0,0508}\right)^4\right)}}$$

$$Q_0 = 0,00062 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Debit teoritis pada debit aliran 1800 liter/jam

$$Q_0 = \frac{\pi}{4} \cdot N \cdot D_2^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta H}{\rho \cdot (1 - \beta^4)}}$$

$$Q_0 = \frac{3,14}{4} \cdot 4 \cdot 0,007^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 13332}{996,6 \cdot \left(1 - \left(\frac{0,007}{0,0508}\right)^4\right)}}$$

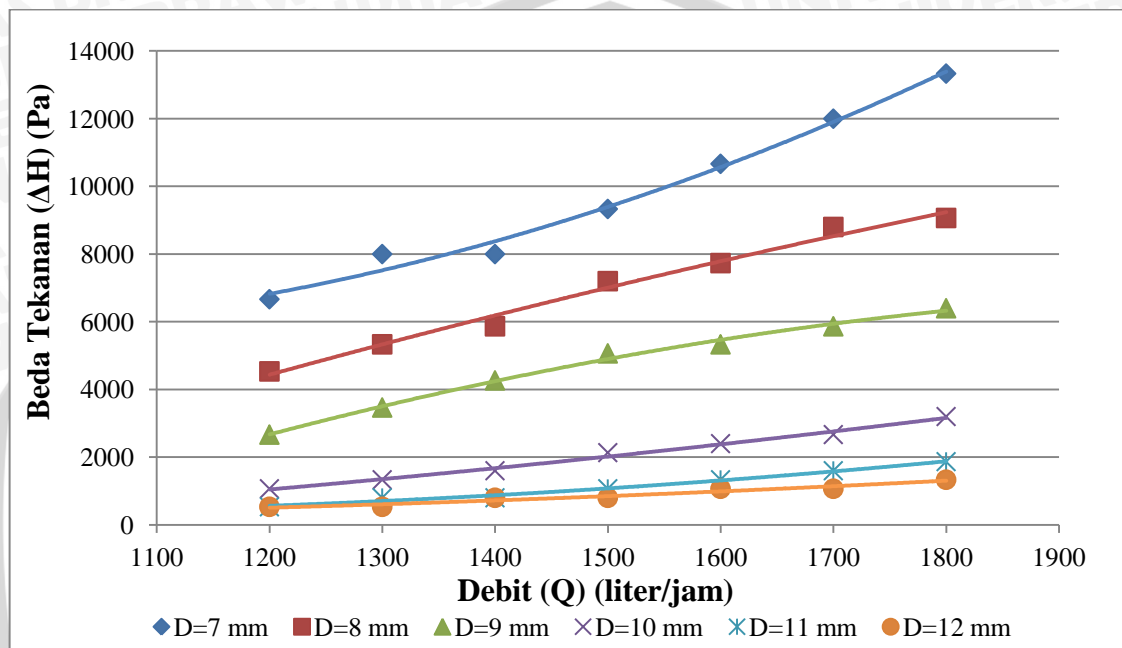
$$Q_0 = 0,0008 \text{ m}^3/\text{s}$$

Data debit teoritis pada *orifice meter* dan faktor koreksi *orifice meter* selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

4.3 Grafik dan Pembahasan

Data perhitungan pada Lampiran 7 dibuat dalam bentuk grafik untuk mempermudah pembahasan dalam penelitian ini.

4.3.1 Analisis Grafik Hubungan antara Debit Aliran terhadap *Pressure Drop*



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara debit aliran terhadap *pressure drop*

Gambar 4.1 menunjukkan grafik hubungan antara debit aliran fluida terhadap *pressure drop* pada variasi diameter lubang *orifice plate* 7 mm, 8 mm, 9 mm, 10 mm, 11 mm, dan 12 mm. Pada diameter lubang *orifice plate* yang sama, semakin tinggi debit aliran fluida, nilai *pressure drop* yang terjadi semakin meningkat.

Pada debit aliran 1200 liter/jam dengan diameter lubang *orifice plate* 7 mm, nilai *pressure drop* yang tercatat adalah 6666 Pa, terus mengalami kenaikan hingga debit aliran maksimum 1800 liter/jam, yaitu sebesar 13332 Pa. Kenaikan tersebut juga terjadi pada diameter lubang *orifice plate* 8 mm, 9 mm, 10 mm, 11 mm, dan 12 mm. Akan tetapi, pada diameter lubang 10 mm, 11 mm, dan 12 mm, peningkatan nilai *pressure drop* yang terjadi tidak signifikan. Kenaikan nilai *pressure drop* tersebut disebabkan oleh kenaikan debit aliran fluida menyebabkan kecepatan aliran fluida semakin meningkat, sehingga menyebabkan nilai *pressure drop* semakin tinggi.

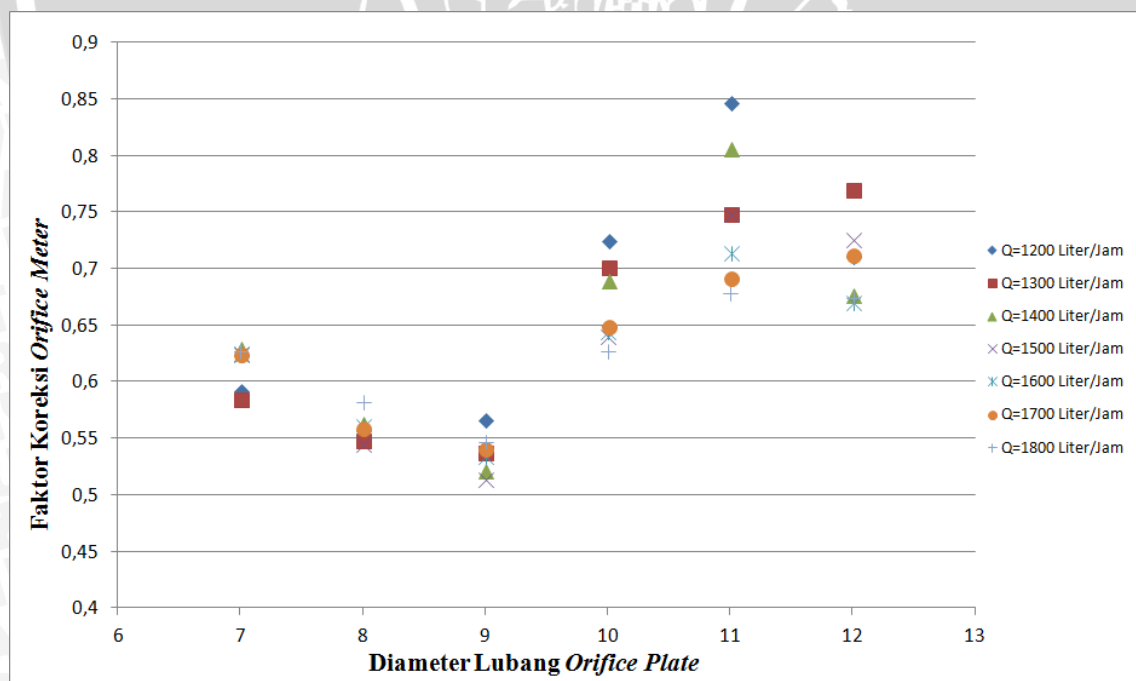
Meningkatnya nilai *pressure drop* yang terjadi disebabkan oleh aliran fluida di dalam pipa semakin turbulen, Bilangan *Reynolds* semakin besar, sehingga partikel-

partikel di dalam air bergerak semakin acak dan tidak beraturan. Keadaan aliran yang semakin acak berpotensi untuk membentuk *vortex*. Semakin bertambah kecepatan aliran fluida, semakin banyak energi yang hilang, sehingga nilai *pressure drop* semakin tinggi.

Pada debit aliran yang sama, nilai *pressure drop* semakin menurun seiring dengan peningkatan diameter lubang *orifice meter*. Pada debit aliran 1200 liter/jam dengan diameter lubang *orifice plate* 7 mm adalah 6666 Pa, terus mengalami penurunan hingga diameter lubang *orifice plate* maksimum yaitu 12 mm dengan nilai *pressure drop* 533,28 Pa.

Penurunan nilai *pressure drop* yang terjadi disebabkan oleh semakin berkurangnya kerugian energi yang terjadi seiring dengan semakin besarnya diameter lubang *orifice plate*. Semakin besar diameter lubang *orifice plate*, hambatan aliran semakin kecil, kerugian energi semakin menurun, sehingga *pressure drop* yang terbaca pada *manometer* pipa U semakin kecil, aliran fluida akan semakin cepat kembali seragam (*fully developed*).

4.3.2 Analisis Grafik Hubungan antara Diameter Lubang *Orifice Plate* terhadap Faktor Koreksi *Orifice Meter*



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara diameter lubang *orifice plate* terhadap faktor koreksi *orifice meter*

Gambar 4.2 menunjukkan grafik hubungan antara diameter lubang *orifice plate* terhadap faktor koreksi *orifice meter* dengan variasi debit aliran fluida 1200 liter/jam, 1300 liter/jam, 1400 liter/jam, 1500 liter/jam, 1600 liter/jam, 1700 liter/jam, dan 1800 liter/jam. Semakin besar diameter lubang *orifice plate*, faktor koreksi *orifice meter* cenderung meningkat. Peningkatan nilai faktor koreksi yang terjadi disebabkan oleh semakin kecil *losses* yang terjadi seiring dengan kenaikan diameter lubang *orifice plate*.

Akan tetapi, semakin meningkat debit aliran fluida, faktor koreksi *orifice meter* cenderung menurun. Peningkatan debit aliran fluida menyebabkan aliran fluida semakin turbulen, sehingga semakin banyak *losses* yang terjadi, menyebabkan faktor koreksi *orifice meter* semakin menurun. Debit aliran yang terukur pada *rotameter* lebih kecil daripada debit *orifice meter*.

Debit pada *orifice meter* (teoritis) dapat dihitung dengan memasukkan angka beda tekanan pada *manometer* ke dalam Persamaan (2-19):

$$Q_0 = \frac{\pi}{4} \cdot D_e^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta H}{\rho \cdot (1 - \beta^4)}} \quad (\text{Waluyo, 2013})$$

Untuk:

$$\frac{\pi}{4} \cdot D_e^2 = \frac{\pi}{4} \cdot N \cdot D_2^2 \quad (\text{Waluyo, 2013})$$

Dengan:

- Q_0 : Debit *orifice meter* (m^3/s)
- D_2 : Diameter lubang dasar *orifice meter* (m)
- D_e : Diameter ekuivalen *orifice meter* (m)
- N : Jumlah lubang *orifice plate*
- ΔH : *Pressure drop orifice meter* (N/m^2) (Pa)
- ρ : Massa jenis fluida (kg/m^3)
- β : Rasio diameter D_e/D_1 , dengan D_1 : diameter pipa (m)

Persamaan untuk menghitung faktor koreksi *orifice meter* ditunjukkan pada Persamaan (2-21):

$$C_{Q_0} = \frac{Q_{\text{aktual}}}{Q_0} \quad (\text{White, 1998})$$

Dengan:

- C_{Q0} : Faktor koreksi *orifice meter*
 Q_0 : Debit *orifice meter* (m^3/s)
 Q_{aktual} : Debit aktual (m^3/s)

Faktor koreksi *orifice meter* adalah perbandingan antara nilai debit aktual pada *rotameter* dengan nilai debit teoritis pada *orifice meter*, digunakan untuk mengetahui akurasi dari *orifice meter*. Debit aktual dapat diukur menggunakan *rotameter*, sedangkan debit teoritis dihitung dengan rumus, menggunakan nilai beda tekanan pada *manometer U*.

Pada debit aliran yang sama, faktor koreksi *orifice meter* cenderung naik seiring dengan meningkatnya diameter lubang *orifice plate*. Nilai faktor koreksi *orifice meter* dengan diameter lubang *orifice plate* 7 mm hingga 12 mm berturut-turut adalah 0,59; 0,55; 0,57; 0,72; 0,85; dan 0,71. Nilai faktor koreksi terendah adalah 0,55 pada *orifice plate* dengan diameter lubang 8 mm dan tertinggi adalah 0,85 pada *orifice plate* dengan diameter 11 mm. Hal ini menunjukkan bahwa diameter lubang *orifice plate* berpengaruh pada faktor koreksi *orifice meter*.

Faktor koreksi *orifice meter* dengan *orifice plate* berdiameter 7 mm, 8 mm, dan 9 mm cenderung mengalami sedikit perubahan seiring dengan kenaikan debit aliran fluida, sedangkan faktor koreksi *orifice meter* dengan *orifice plate* berdiameter lubang 10 mm, 11 mm, dan 12 mm cenderung mengalami perubahan yang signifikan seiring dengan meningkatnya debit aliran fluida.