



PENGUJIAN *ORIFICE PLATE METER* SEBAGAI ALAT UKUR DEBIT AIR DENGAN KAPASITAS 6 LPM PADA PIPA ½ INCH DAN ¾ INCH (RASIO $\beta = d/D = 0,16$)

Alfin Saputra

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia 55183

Email : alfinsaputra22@yahoo.com

INTISARI

Laju aliran fluida dalam sebuah pipa sangat penting untuk diketahui, khususnya pada industri-industri yang memanfaatkan pipa sebagai media penyalur fluida. *flow meter* yang sering digunakan adalah *orifice plate meter*. *Orifice plate meter* adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran volume di dalam saluran pipa berdasarkan prinsip beda tekanan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan orifice plate meter dengan rasio $\beta = d/D = 0,16$ yang sama untuk ukuran pipa yang berbeda terhadap nilai beda tekanan, nilai koefisien curah dan debit air.

Parameter yang divariasikan meliputi ukuran pipa PVC dan debit aktual. Pipa yang digunakan adalah jenis pipa PVC berukuran ½ inch dan ¾ inch. Pengukuran beda tekanan dilakukan setiap 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6 LPM. Untuk rasio orifice yang digunakan yaitu $\beta = d/D = 0,16$. Setelah nilai beda tekanan disetiap varisai didapatkan selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan persamaan Bernoulli guna mengetahui nilai koefisien curah.

Berdasarkan hasil pengujian, Hasil perbandingan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa ½ inch dan ¾ inch mengalami kenaikan konstan. Semakin tinggi bilangan Reynoldnya maka semakin tinggi nilai penyimpangan beda tekanan. Nilai penyimpangan tertinggi mencapai 77,10 % pada angka Reynolds 4100. Untuk nilai koefisien curah tertinggi terdapat pada bilangan Reynolds 1300 dengan nilai deviasi sebesar 4,70 % dan yang terendah terdapat pada bilangan Reynolds 3500 dengan nilai deviasi sebesar 0,25 % mendekati nilai 0 %. Kemudian kembali mengalami kenaikan pada bilangan Reynolds ≥ 4100 . Pada bilangan Reynolds > 1300 nilai koefisien curah memiliki nilai yang hampir sama dengan penyimpangan di bawah $< 5\%$.

Kata kunci : *orifice plate meter, rasio, beda tekanan, koefisien curah, debit air.*

1. PENDAHULUAN

Pada masa sekarang ini, perkembangan industri dan teknologi berkembang dengan sangat pesat, tidak terkecuali pada bidang pengukuran, termasuk pengukuran laju aliran fluida dalam pipa. Laju aliran fluida dalam sebuah pipa penting untuk diketahui, khusus pada industri-industri yang memanfaatkan pipa sebagai media penyalur fluida, sebab dapat mempengaruhi biaya dan proses produksi dari industri-industri tersebut. Dalam pengembangan dan penciptaan teknologi tentu memerlukan suatu sistem yang kompleks. Khususnya teknologi yang berkaitan dengan mekanika fluida seperti parameter laju aliran fluida.

Dalam menentukan laju aliran fluida cairan maupun gas banyak sekali metode yang dapat digunakan sesuai dengan sifat fluida tertentu, salah

satunya adalah dengan menggunakan orifice meter. Ada banyak metode yang dapat digunakan untuk mengukur laju aliran fluida seperti metode pengukuran menggunakan *differential pressure*. *Differential pressure* merupakan *flow meter* yang memanfaatkan perbedaan tekanan. Perbedaan tekanan tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan Bernoulli sehingga laju aliran dari fluida yang melewati sebuah pipa dapat diketahui

Dalam industri industri yang memanfaatkan pipa sebagai media penyalur fluida, *flow meter* yang sering digunakan adalah *orifice plat meter*. Penggunaan orifice meter dalam menentukan laju alir didasarkan pada beda tekanan. Pengukuran ini menggunakan orifice plat yaitu sebuah perangkat yang digunakan untuk mengatur laju aliran suatu fluida berupa plat tipis dengan lubang ditengah yang

ditempatkan dalam pipa aliran fluida. Dalam industri perpipaan yang memanfaatkan pipa sebagai media penyalur fluida, laju aliran sangat penting untuk diketahui sebab dapat mempengaruhi biaya dan proses produksi pada industri tersebut. *Orifice plat meter* flow meter sering digunakan karena memerlukan sedikit perawatan, konstruksi sederhana dan mudah diinstalasikan serta mampu digunakan baik untuk fluida kompresibel maupun inkompresibel.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis melakukan penelitian mengenai debit air menggunakan orifice pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch dengan rasio ($\beta = d/D = 0,16$ mm) guna untuk memprediksi debit air dengan ukuran pipa yang berbeda, sehingga pada penelitian ini dengan rasio orifice yang sama dan dengan rasio orifice yang berbeda tetapi konstan juga dapat digunakan untuk ukuran pipa yang berbeda. Rasio orifice didapat dari penelitian Kabul dkk (2017). Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk memprediksi debit air pada pipa yang berbeda setelah mengetahui kalibrasi *orifice*, agar memperoleh hasil pengukuran yang ideal.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat Pengujian

Alat pengujian yang digunakan dalam Penelitian :

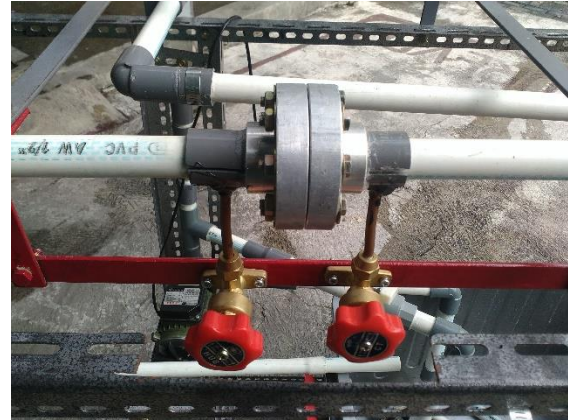


Gambar 1 Alat pengujian

1. Flange orifice

Flange orifice digunakan untuk menjepit plat orifice yang dihubungkan dengan pipa PVC. *Flange* ini tersebut dari aluminium yang sudah difabrikasi sesuai dengan ukuran dari plat *orifice* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Bahan : Aluminium



Gambar 2 Flange orifice

2. Pipa PVC

Pipa PVC digunakan untuk mengalirkan air dari tangki menuju ke plat *orifice* yang di atur menggunakan rotameter air. Pipa yang digunakan yaitu merek mavin berukuran $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch.

Pipa $\frac{1}{2}$ inch

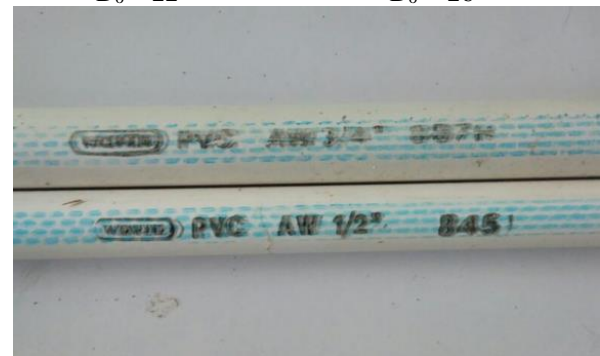
$D_i = 18,2$

$D_o = 22$

Pipa $\frac{3}{4}$ inch

$D_i = 21,6$

$D_o = 26$



Gambar 3 Pipa PVC $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch

3. Gate valve

Gate valve digunakan untuk membuka dan menutup aliran dengan cara mengangkat gerbang penutupnya yang berbentuk bulat atau persegi panjang. *Gate valve* ini digunakan pada bagian instalasi pengujian, seperti *gate valve* sebelum aliran menuju *orifice* maupun sesudah *orifice* ditunjukkan pada gambar 3, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk : Starmec

Tipe : *Hand Valve*

Ukuran : $1/4''$



Gambar 4 Gate valve



Gambar 6 Pompa air

4. Rotameter air

Rotameter air digunakan untuk mengukur debit aliran air yang masuk ke plat *orifice*. Rotameter yang digunakan pada pengujian ini berkapasitas maksimal 11 LPM atau 3 GPM ditunjukkan pada gambar 4, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk : Wiebrock
 Jenis fluida : Fluida cair
 Kapasitas : 11 LPM / 3 GPM



Gambar 5 Rotameter air

5. Pompa air

Pompa air digunakan untuk memompa air dan mengalirkannya ke rotameter dan diteruskan ke *orifice* plat. Air yang dialirkan oleh pompa tersebut terkait dengan pengujian plat *orifice* yang di lewatinya. Pompa air yang digunakan ditunjukkan pada gambar 5 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Merk/Tipe : EFOS DB-125B
 Tegangan : 220 V
 Frekuensi : 50 Hz
 Daya keluaran : 125 W
 Tinggi hisap maksimal : 9 m
 Tinggi dorong : 24 m
 Tinggi total maksimal : 33 m
 Suhu cairan maksimal : 35° C
 Kapasitas maksimal : 30 l/menit
 Pipa : 25 mm (1") x 1"

6. Tangki air

Tangki air berfungsi untuk menampung air yang digunakan sebagai pengujian *orifice* selama bersirkulasi. Tangki air ini terbuat dari plastik dan dapat menampung air sebanyak 50 liter ditunjukkan pada gambar 6.

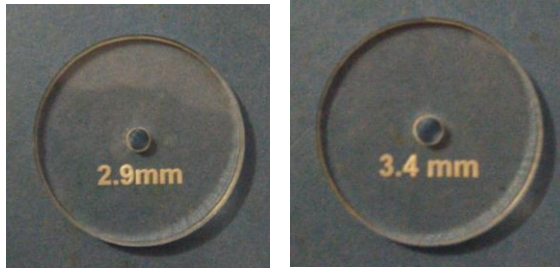


Gambar 7 Tangki air

7. Plat *orifice*

Plat *orifice* adalah komponen utama dalam pengujian ini yang berfungsi sebagai penghambat laju aliran fluida dalam pipa. Plat *orifice* dalam pengujian ini menggunakan 2 plat yaitu untuk pipa PVC 1/2 dan 3/4 inch yang ditunjukkan pada gambar 7, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Bahan : Akrilik
 Tebal : 3 mm
 Diameter luar : 30 mm
 Diameter dalam : (a) 2,9 mm
 (b) 3,4 mm



Gambar 8 (a) Plat orifice pipa 1/2 inch
(b) Plat orifice pipa 3/4 inch

8. Pressure Differential

Pressure differential adalah jenis manometer yang digunakan untuk mengukur beda tekanan pada aliran sebelum dan sesudah melewati plat orifice. *Pressure differential* yang digunakan ditunjukkan pada gambar 8, dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk : HT-1890 Digital Pressure Manometer
- Measuring range : $\pm 13,79$ kPa / 2 psi / 55,4 H₂O
- Satuan : kPa, bar, mmHg, psi, inH₂O, inHg, oz/in², FtH₂O, cmH₂O, kgcm²
- Error : 0,3 % (25°)



Gambar 3.9 Pressure differential

9. Ball Valve

Ball Valve adalah sebuah katup pengontrol aliran yang berbentuk disc bulat seperti bola. Disc bola tersebut memiliki lubang yang berada di tengahnya. *Ball valve* ini digunakan pada bagian instalasi pengujian seperti *gate valve* sebelum aliran menuju *orifice* maupun sesudah *orifice* ditunjukkan pada gambar 3.9.

- Merk : Jir rond
- Tipe : ball valve
- Ukuran : 3/4 inch



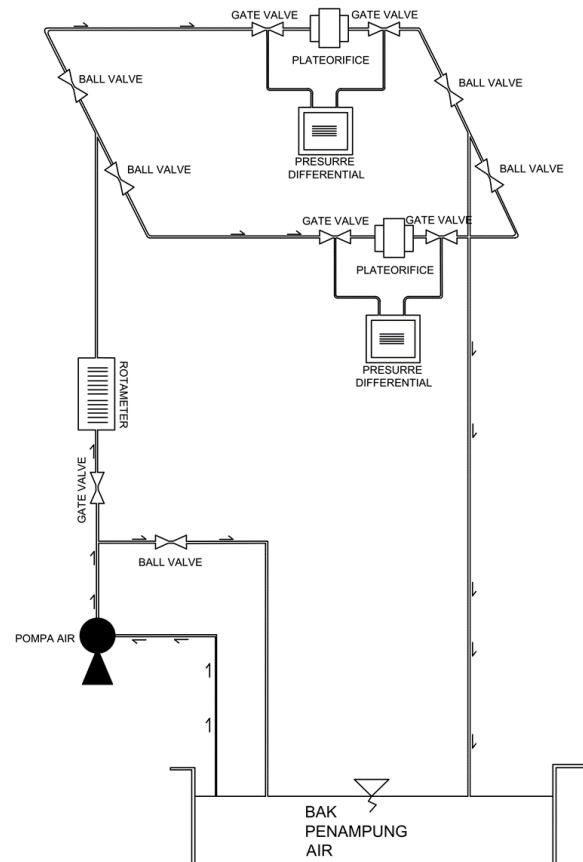
Gambar 3.10 Ball Valve

2.2 Bahan Pengujian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah fluida cair yaitu air. Dalam hal ini air berfungsi sebagai media pengukuran yang melewati plat orifice.

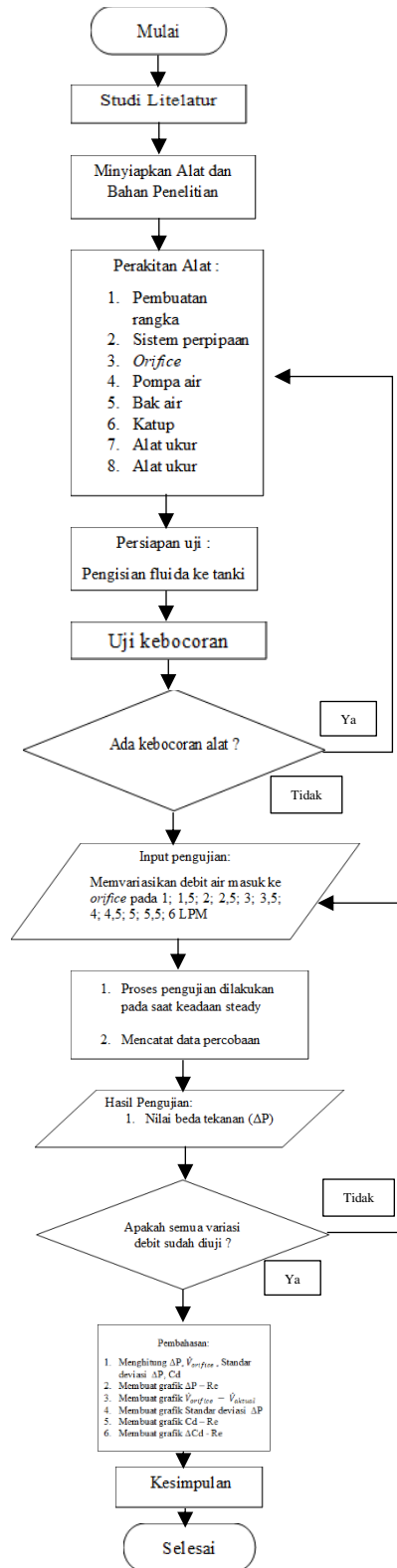
2.3 Skema Alat Uji

Pengujian *orifice* ini menggunakan alat berupa instalasi perpipaan sederhana yang terdiri dari berbagai macam komponen. Dalam alat ini pada seksi uji yaitu pipa PVC yang dipasang *orifice* dengan ukuran pipa 1/2 dan 3/4 inch. Pengambilan data koefisien curah (C) dilakukan dengan mengambil data rotameter dan data yang terbaca pada manometer yang selanjutnya diolah. Skema alat uji dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Skema alat

2.4 Prosedur Penelitian



Gambar 10 diagram alir

Tahap pelaksanaan penelitian ini yaitu meliputi sebagai berikut:

- Memastikan variabel yang akan digunakan dalam pengujian dan menyiapkan tabel pengamatan.
- Variabel yang digunakan adalah debit air yaitu 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6 LPM
- Melakukan persiapan alat uji meliputi: mengisi air pada tangki air
- Memastikan alat uji tidak terjadi kebocoran pada instalasi perpipaan dan *orifice*.
- Apabila pada instalasi perpipaan atau *orifice* terdapat kebocoran kembali lagi pada langkah persiapan alat dan bahan.
- Menyalakan pompa air dan air bersirkulasi dengan baik.
- Pasang alat ukur manometer digital dan diaktifkan.
- Buka katup untuk mengalirkan air ke plat *orifice* yang akan diuji pada pipa PVC berukuran $\frac{1}{2}$ inch atau $\frac{3}{4}$ inch.

2. Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menyetel rotameter pada 1 LPM selama 1 menit.
- Buka katup pipa PVC berukuran $\frac{1}{2}$ inch atau $\frac{3}{4}$ inch sesuai dengan *orifice* pada pipa yang diuji, lalu buka katup pembaca tekanan pada *orifice*.
- Setelah alat uji beroperasi catat data Δp pada manometer digital.
- Penyetelan rotameter dilakukan sampai 6 LPM sesuai dengan tahapan pelaksanaan.
- Terus mengulangi langkah diatas sehingga semua variable terpenuhi.

3. Prosedur Analisis Data

- Melakukan perhitungan yang meliputi; V_{ideal} , V_{aktual} dan C_d (*discharge coefficient*);
- Data yang perlu diolah dan dianalisis yaitu meliputi; mengolah data dengan memplot grafik $Re - \Delta p$ dan $Re - koefisien C_d$;
- Plot Grafik perbandingan pada pipa PVC berukuran $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch



Hasil perhitungan bilangan Re, Δp dan Cd pada pipa 1/2 inch dan 3/4 inch dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

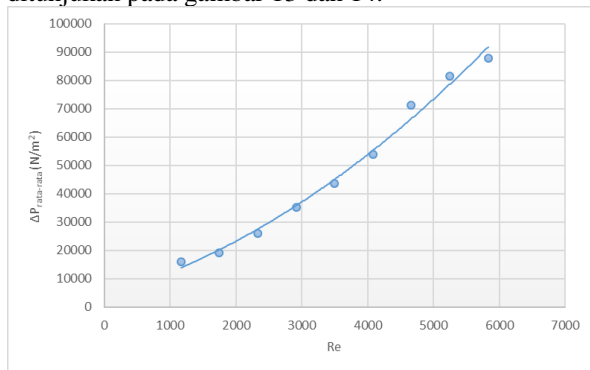
Tabel 1 Hasil perhitungan bilangan Reynolds (Re), Δp dan Koefisien curah (Cd) pada pipa 1/2 inch

percobaan	\dot{V}_{air} (LPM)	Re	$\Delta P_{rata-rata}$ (N/m ²)	Cd
1	1	1165,97	15970	0,45
2	1,5	1748,96	19100	0,61
3	2	2331,94	25850	0,70
4	2,5	2914,93	35310	0,75
5	3	3497,91	43610	0,81
6	3,5	4080,90	53940	0,85
7	4	4663,88	71300	0,84
8	4,5	5246,87	81490	0,89
9	5	5829,85	87966,667	0,95

Tabel 2 Hasil perhitungan bilangan Reynolds (Re), Δp dan Koefisien curah (Cd) pada pipa 1/2 inch

percobaan	\dot{V}_{air} (LPM)	Re	$\Delta P_{rata-rata}$ (N/m ²)	Cd
1	1	982,44	10100	0,41
2	1,5	1473,66	11950	0,56
3	2	1964,88	14810	0,67
4	2,5	2456,09	19440	0,74
5	3	2947,31	25880	0,77
6	3,5	3438,53	31600	0,81
7	4	3929,75	37800	0,84
8	4,5	4420,97	45060	0,87
9	5	4912,19	59110	0,84
10	5,5	5403,41	68010	0,87
11	6	5894,63	77560	0,88

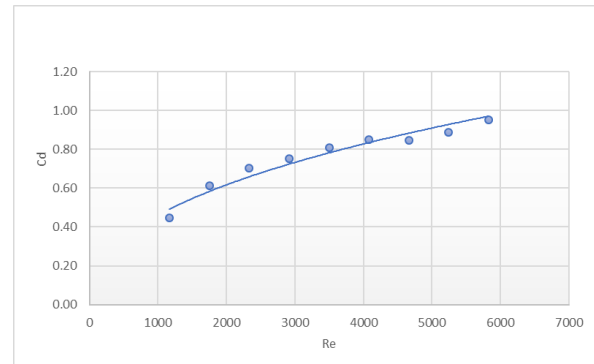
Dari tabel 1 dan 2 diperoleh data Hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap Δp rata-rata dan hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap koefisien curah (C) pada pipa 1/2 inch disajikan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan ada gambar 11 dan 12. Untuk pipa 3/4 inch disajikan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar 13 dan 14.



Gambar 11 Grafik hubungan Re terhadap $\Delta P_{rata-rata}$ pipa 1/2 inch
Keterangan :
 $\Delta P = 0,0014Re^2 + 6,7419Re + 4026,1$

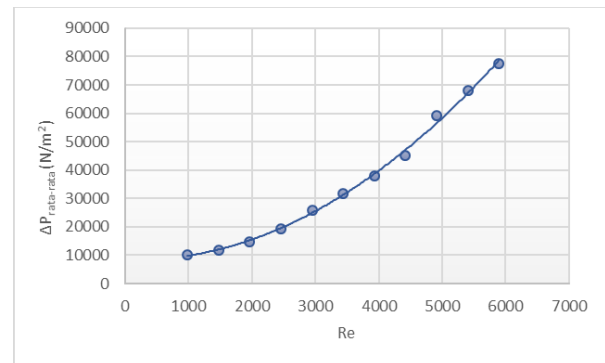
$$R^2 = 0,99$$

Berdasarkan dari hasil grafik pengujian hubungan Re terhadap ΔP yang ditunjukkan pada gambar 11 menunjukkan bahwa nilai angka Reynolds berbanding lurus terhadap nilai angka ΔP . Semakin besar nilai angka Reynolds, maka nilai ΔP juga cenderung naik. Kenaikan yang terjadi tidak selalu konstan akan tetapi tetap berada di area garis regresi linier. Berdasarkan nilai dari data tersebut didapatkan nilai ΔP tertinggi yaitu 87,96 N/m² pada angka Reynolds 5829,85 dengan debit actual yang terbaca di rotameter sebesar 5 LPM.



Gambar 12 Grafik hubungan Re terhadap Cd 1/2 inch
Keterangan :
 $\Delta P = 0,0246Re^{0,4237}$
 $R^2 = 0,948$

Untuk grafik Re terhadap nilai koefisien curah dapat dilihat pada gambar 12. Dari grafik hasil pengujian Re terhadap nilai koefisien curah tersebut menunjukkan kenaikan grafik yang konstan, dimana nilai koefisien curah naik konstan seiring kenaikan angka Reynolds. Dari data tersebut didapatkan nilai koefisien curah tertinggi yaitu 0,95 pada angka Reynolds 5829,85.

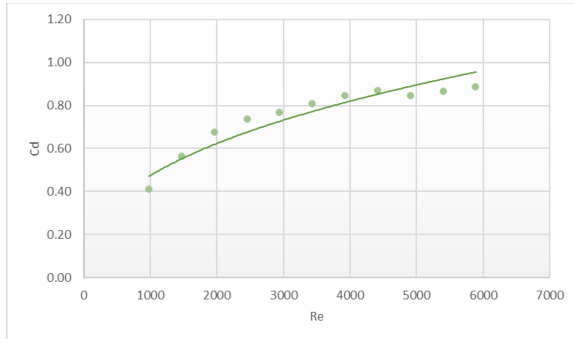


Gambar 13 Grafik hubungan Re terhadap Δp rata-rata pada pipa 3/4 inch
Keterangan :
 $\Delta P = 0,0021Re^2 - 0,7483Re + 8482,7$



$$R^2 = 0,9973$$

Berdasarkan dari hasil grafik pengujian hubungan Re terhadap ΔP yang ditunjukkan pada gambar 13 menunjukkan bahwa nilai angka Reynolds berbanding lurus terhadap nilai angka ΔP . Semakin besar nilai angka Reynolds, maka nilai ΔP juga cenderung naik. Kenaikan yang terjadi tidak selalu konstan akan tetapi tetap berada di area garis regresi linier. Berdasarkan nilai dari data tersebut didapatkan nilai ΔP tertinggi yaitu 77560 N/m^2 pada angka Reynolds $5894,62$.



Gambar 14 Grafik hubungan Re terhadap C_d pada pipa $\frac{3}{4}$ inch

Keterangan :

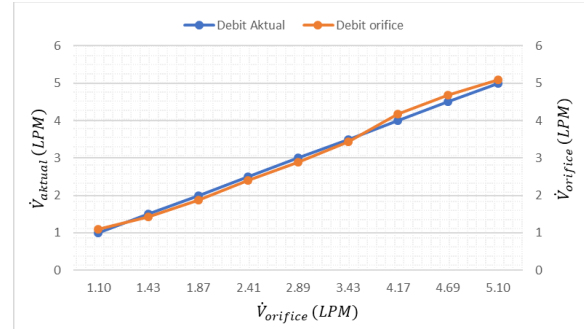
$$\Delta P = 0,0311Re^{0,3947}$$

$$R^2 = 0,9031$$

Untuk grafik Re terhadap nilai koefisien curah dapat dilihat pada gambar 4.2. Dari grafik hasil pengujian Re terhadap nilai koefisien curah tersebut menunjukkan kenaikan grafik yang konstan, dimana nilai koefisien curah terus naik seiring kenaikan angka Reynolds. Dari data tersebut didapatkan nilai koefisien curah tertinggi yaitu $0,84$ pada angka Reynolds $5894,62$.

Tabel 3 Hasil perhitungan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa $\frac{1}{2}$ inch

$\dot{V}_{aktual} (LPM)$	$\dot{V}_{air} (m^3/s)$	$\dot{V}_{orifice} (LPM)$	$\Delta \dot{V}$
1	1,67E-05	1,10	0,10
1,5	2,50E-05	1,43	0,07
2	3,33E-05	1,87	0,13
2,5	4,17E-05	2,41	0,09
3	5,00E-05	2,89	0,11
3,5	5,83E-05	3,43	0,07
4	6,67E-05	4,17	0,17
4,5	7,50E-05	4,69	0,19
5	8,33E-05	5,10	0,10

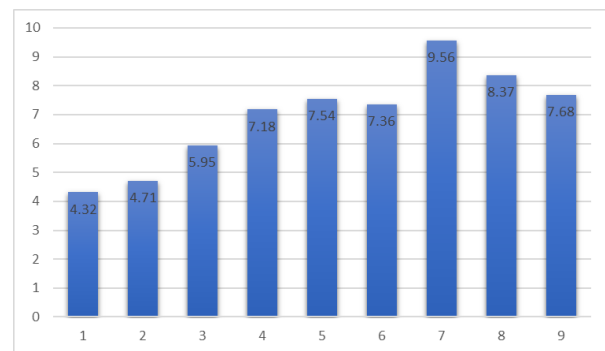


Gambar 15 Grafik perbandingan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual}

Berdasarkan hasil dari grafik diatas hubungan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa $\frac{1}{2}$ inch yang ditunjukkan pada gambar 15 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara $\dot{V}_{orifice}$ (hasil perhitungan) dengan \dot{V}_{aktual} (yang terbaca di rotameter). Untuk $\dot{V}_{orifice}$ nilainya terus mengalami kenaikan. Nilai penyimpangan terkecil terdapat pada percobaan ke 1 dengan nilai $\dot{V}_{orifice}$ sebesar $1,10 \text{ LPM}$ dan nilai penyimpangan tertinggi terdapat pada percobaan ke 9 dengan nilai $\dot{V}_{orifice}$ sebesar $5,10 \text{ LPM}$.

Tabel 4 Hasil perhitungan standar deviasi terhadap ΔP pada pipa $\frac{1}{2}$ inch.

percobaan	$\Delta P (kN/m^2)$										Δ Prata-rata (kN/m^2)	Standar Deviasi ΔP
	Exp.1	Exp.2	Exp.3	Exp.4	Exp.5	Exp.6	Exp.7	Exp.8	Exp.9	Exp.10		
1	18,6	22,9	24,1	12,7	13,4	13	13,7	14,4	13,1	13,8	15,9	4,32
2	22,6	26,4	27,7	16,6	17,3	14,7	16,5	17,3	15	16,9	19,1	4,71
3	27,8	31,4	37,4	23	22,2	19,7	22	23,1	20,1	31,8	25,8	5,95
4	35,5	43,2	50,2	30,1	34,8	25,7	33,7	30,8	38,8	30,3	35,3	7,18
5	45,2	50,4	62,2	37,7	41,4	37,6	40,2	40,6	40,8	40	43,6	7,54
6	56,9	58,2	71,9	49,3	50,4	45,9	50,8	52	55	49	53,9	7,36
7	70,8	85,2	89,3	77,9	63,6	64,4	63,3	63,9	65,9	68,7	71,3	9,56
8	85,1	95,3	95,2	78	81,9	70,3	79,6	78,4	72,6	78,5	81,4	8,37
9	94,2	97,1	99,3	85,1	84	78	87,4	88,5	78,1	86,1	87,9	7,68



Gambar 16 Grafik standar deviasi ΔP pada pipa $\frac{1}{2}$ inch

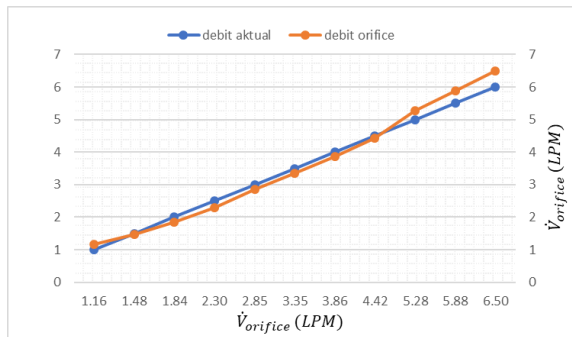
Berdasarkan hasil dari grafik standar deviasi ΔP pada pipa $\frac{1}{2}$ inch yang ditunjukkan pada gambar 16 menunjukkan bahwa nilai deviasi ΔP tertinggi terdapat pada percobaan ke 7 dengan nilai sebesar $9,56$



dan nilai deviasi ΔP terendah terdapat pada percobaan ke 1 dengan nilai deviasi sebesar 4,32.

Tabel 5 Hasil perhitungan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa 1/2 inch

\dot{V}_{aktual} (LPM)	\dot{V}_{air} (m ³ /s)	$\dot{V}_{orifice}$ (LPM)	$\Delta \dot{V}$
1	1,67E-05	1,16	0,16
1,5	2,50E-05	1,48	0,02
2	3,33E-05	1,84	0,16
2,5	4,17E-05	2,30	0,20
3	5,00E-05	2,85	0,15
3,5	5,83E-05	3,35	0,15
4	6,67E-05	3,86	0,14
4,5	7,50E-05	4,42	0,08
5	8,33E-05	5,28	0,28
5,5	9,17E-05	5,88	0,38
6	1,00E-04	6,50	0,50

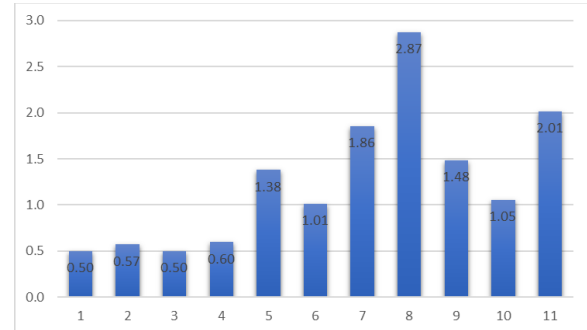


Gambar 17 Grafik perbandingan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual}

Berdasarkan hasil dari grafik diatas hubungan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa 3/4 inch yang ditunjukkan pada gambar 17 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara $\dot{V}_{orifice}$ (hasil perhitungan) dengan \dot{V}_{aktual} (yang terbaca di rotameter). Untuk $\dot{V}_{orifice}$ nilainya terus mengalami kenaikan. Nilai penyimpangan terkecil terdapat pada percobaan ke 1 dengan nilai $\dot{V}_{orifice}$ sebesar 1,16 LPM dan nilai penyimpangan tertinggi terdapat pada percobaan ke 9 dengan nilai $\dot{V}_{orifice}$ sebesar 6,50 LPM.

Tabel 6 Hasil perhitungan standar deviasi terhadap ΔP pada pipa 3/4 inch.

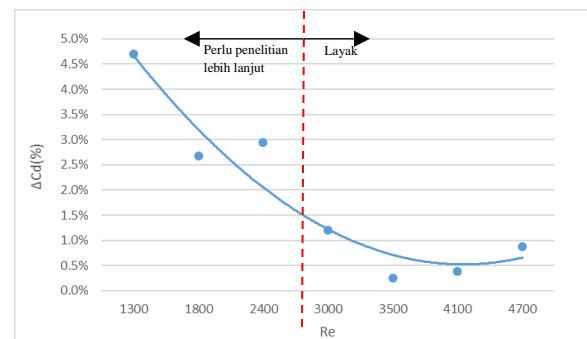
percobaan	ΔP (kN/m ²)										ΔP_{rata} (kN/m ²)	Standart Deviasi ΔP
	Exp.1	Exp.2	Exp.3	Exp.4	Exp.5	Exp.6	Exp.7	Exp.8	Exp.9	Exp.10		
1	9,5	9,7	10,6	9,4	9,7	10,1	10,3	10,3	10,6	10,8	10,1	0,50
2	11,2	11,6	12,6	11,2	11,5	11,7	12,5	12,6	12,4	12,2	11,9	0,57
3	14,3	15	15,6	14,7	14,1	14,2	15,1	15,1	14,7	15,3	14,8	0,50
4	19,5	19,5	20,4	18	19,2	19,5	19,8	19,5	19,5	19,5	19,4	0,60
5	26	25,8	26	23,7	24,7	24,4	26,3	26,6	26,7	28,6	25,8	1,38
6	33,4	30,4	30,6	30,6	31,5	31,8	32,2	30,7	32,6	32,2	31,6	1,01
7	40,2	39,7	39,9	35,2	35,1	38,7	36,3	37,7	37,5	37,7	37,8	1,86
8	48,4	45,2	45	44,4	44	40,3	48,8	48,8	42,1	43,6	45	2,87
9	58,7	55,1	59,7	59,8	59,5	59,4	60,5	59,8	59,3	59,3	59,1	1,48
10	66,4	66,8	68,6	67	69,1	68,5	68,3	67,4	68,4	69,6	68	1,05
11	77,3	74,9	76,9	73,9	77,6	79,3	80,6	79,2	78,3	77,6	77,5	2,01



Gambar 18 Grafik standar deviasi ΔP pada pipa 3/4 inch

Berdasarkan hasil dari grafik standar deviasi ΔP pada pipa 1/2 inch yang ditunjukkan pada gambar 18 menunjukkan bahwa nilai deviasi ΔP tertinggi terdapat pada percobaan ke 8 dengan nilai sebesar 2,87 dan nilai deviasi ΔP terendah terdapat pada percobaan ke 1 dan 2 dengan nilai deviasi sebesar 0,50.

Setelah nilai koefisien curah pada pipa 1/2 inch dan pipa 3/4 inch didapatkan, lalu dilakukan perhitungan interpolasi terhadap nilai Re pada pipa 1/2 inch dan pipa 3/4 inch terhadap nilai koefisien curah. Dari perhitungan interpolasi, lalu dihitung selisih antara Cd_2 dan Cd_1 . Setelah itu dibuat grafik standar deviasi. Grafik standar deviasi dapat dilihat pada gambar 19.





Gambar 19 Grafik Standar Deviasi

Keterangan :

$$\Delta P = 0,0016x^2 - 0,0195x + 0,0646$$

$$R^2 = 0,9156$$

Berdasarkan data dari grafik diatas untuk nilai deviasi koefisien curah jika semakin besar angka Reynolds maka nilai deviasi koefisien curah akan mengalami penurunan hingga mencapai titik tertentu, nilai deviasi koefisien curah berfluktuasi namun tergolong stabil. Pada angka Reynolds 1300 dengan nilai deviasi koefisien curah 4,70% mengalami penurunan hingga angka Reynolds 3500 dengan nilai koefisien curah mencapai titik terendah yaitu 0,25%, kemudian mengalami kenaikan pada angka Reynolds ≥ 4100 . Nilai deviasi koefisien curah terendah terdapat pada angka Reynolds 3500 dengan nilai deviasi koefisien curah 0,25%. Dari grafik standar deviasi diatas jika nilai $\Delta C_d < 5\%$ maka diasumsikan bahwa nilai $C_1 = C_2$ yaitu pada bilangan Reynolds ≥ 1300 . Berdasarkan asumsi tersebut hipotesa ini dapat digunakan untuk memprediksi debit air pada ukuran pipa yang berbeda dengan rasio orifice yang sama ($\beta = d/D = 0,16$) seperti pada persamaan 4.1.

$$\frac{\dot{V}_{aktual\ 2}}{\dot{V}_{ideal\ 2}} = C_2 = C_1 = \frac{\dot{V}_{aktual\ 1}}{\dot{V}_{ideal\ 1}}$$

Dengan :

$$\begin{aligned} \dot{V}_{aktual\ 1} &= \dot{V}_{aktual} \text{ pada pipa } \frac{1}{2} \text{ inch (m}^3/\text{s)} \\ \dot{V}_{ideal\ 1} &= \dot{V}_{ideal} \text{ pada pipa } \frac{1}{2} \text{ inch (m}^3/\text{s)} \\ C_1 &= \text{koefisien curah pada pipa } \frac{1}{2} \text{ inch} \\ \dot{V}_{aktual\ 2} &= \dot{V}_{aktual} \text{ pada pipa } \frac{3}{4} \text{ inch (m}^3/\text{s)} \\ \dot{V}_{ideal\ 2} &= \dot{V}_{ideal} \text{ pada pipa } \frac{3}{4} \text{ inch (m}^3/\text{s)} \\ C_2 &= \text{koefisien curah pada pipa } \frac{3}{4} \text{ inch} \end{aligned}$$

Penelitian Kurniawan (2017) melakukan perbandingan hasil pengujian dan penelitian pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch dengan rasio orifice $\beta = d/D = 0,24$ didapatkan nilai $\Delta P < 15\%$ pada bilangan Reynolds ≥ 2600 . Berbeda dengan penelitian Pratama (2017) yang menggunakan orifice dengan rasio $d/D = 0,4$ pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch didapatkan $\Delta C_d < 15\%$ pada bilangan Reynolds ≥ 5500 . Dari hasil data diatas menunjukkan bahwa semakin besar rasio orifice yang digunakan maka semakin besar bilangan Reynolds yang memenuhi asumsi $\Delta C_d < 15\%$.

4. Kesimpulan

Dari uraian dan analisa yang telah dilakukan pada pengujian orifice plat meter pada pipa $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ inch (rasio 0,16 mm) dengan kapasitas rotameter 6 LPM yang merupakan hasil dari pengujian serta pengolahan data dalam bentuk grafik dengan

menggunakan program MS. Exel maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil perbandingan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch mengalami kenaikan konstan.
2. Perbedaan tekanan pada orifice di pipa $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ inch sama-sama mengalami kenaikan tekanan karena debit air yang mengalir semakin tinggi. Nilai ΔP rata-rata yang dihasilkan pada pipa $\frac{1}{2}$ inch lebih besar dibandingkan dengan pipa $\frac{3}{4}$ inch. Nilai penyimpangan tertinggi terjadi pada angka Reynolds 4100 dengan nilai mencapai 77,10%. Untuk nilai penyimpangan terendah terjadi pada angka Reynolds 1300 dengan nilai 32,32%.
3. Hasil Analisa yang didapat untuk rasio orifice yang sama yang digunakan pada pipa $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ inch memiliki nilai koefisien curah yang hampir sama dengan penyimpangan dibawah $< 5\%$. nilai penyimpangan koefisien curah terendah yaitu 0,25% pada angka Reynolds 3500 dan untuk nilai penyimpangan koefisien curah tertinggi yaitu 4,70% pada angka Reynolds 1300. Sesuai dengan asumsi nilai $C_{d1} = C_{d2}$ bila nilai $\Delta C_d < 5\%$ maka persamaan 4.1 bisa digunakan untuk memprediksi debit air pada pipa yang berbeda dengan rasio $d/D = 0,16$.

Daftar Pustaka

Al-Shemmeri, T. (2012) . *Engineering Fluid Mechanics*. Bookboon.com. Diakses pada 20 April 2017, dari Bookboon.com.

Fox, Robert W. McDonald, Alan T. Pritchard, Philip J. (2004). *Introduction to Fluid Mechanics*. Edisi ke 6. JOHN WILEY & SONS, INC : U.S.A

Fox, Robert W. McDonald, Alan T. Pritchard, Philip J. (2011). *Introduction to Fluid Mechanics*. Edisi ke 8. JOHN WILEY & SONS, INC : U.S.A

Hewakandaby, Buddhi N. (2012). *A First Course in Fluid Mechanics for Engineer*. Bookbon.com. Diakses pada 20 April 2017, dari Bookbon.com

Holman, Jack Philip. (2012). *Experimental Methods For Engineer*. Mc Graw Hill. USA Edisi ke-8.

Hollingshead, C.L, M.C Johnson, S.L. Barfuss, R.E. Spall. (2011). *Discharge Coefficient performance of venturi, standard concentric orifice plate, V-cone and wedge flow meters*



- at low Reynolds numbers* : Journal of petroleum science and engineering. Science Direct.
- Munson, Bruce R, dkk. (2009). *Fundamental Of Fluid Mechanics*. John Willey & Sons, Inc, USA. Edisi ke-6.
- Natanael, Ferry. (2015). Flow meter : jenis dan teknologinya part II : orifice. Melalui <http://energy-techno.blogspot.com/2015/10/flow-meter-jenis-dan-teknologinya-part-II-orifice.html>> diakses pada tanggal 1 Juni 2017.
- Pratomo, Hariyo Priambudi. (2002). Studi experimental tentang pengaruh perubahan diameter lubang orifice terhadap karakteristik boundart layer aliran hilir.
- Rahman, M. M, R. Biswas, W. I. Mahfuz. (2009). *Effect of Beta Ratio and Reynold's Number on Coefficient of Discharge of Orifice Meter* : Journal of Agriculture & Rural Development 7 (1&2).
- Santosa, Tito Hadji Agung. (2003). Pengukuran koefisien perpindahan kalor evaporasi refrigerant petrozon rosy 12 di dalam saluran halus horizontal. Tesis. Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Septiadi, Wayan Nata. (2008). Studi experimental *orifice flow meter* dengan variasi tebal dan posisi pengukuran beda tekanan aliran melintasi *orifice plat*.
- White, Frank M. (1998). *Fluid Mechanics*. Edisi ke 4. WCB McGRALL-HILL.