



**PENGUJIAN *ORIFICE PLATE METER* SEBAGAI ALAT UKUR DEBIT AIR
DENGAN KAPASITAS 11 LPM PADA PIPA ½ INCH DAN ¾ INCH (RASIO $\beta =$
 $d/D = 0,4$)**

Ekwin Desta Pratama

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183

Email : ekwin14@gmail.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 $\beta = d/D = 0,4$ pada pipa ½ inch dan ¾ inch terhadap tekanan, nilai koefisien curah dan debit air. Dengan menggunakan rasio $\beta = d/D = 0,4$ diharapkan dapat memprediksi debit air pada pipa ½ inch dan ¾ inch.

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 hingga 11 LPM dengan kenaikan 0,5 LPM. Untuk rasio *orifice* yang digunakan yaitu 0,4. Setelah nilai beda tekanan disetiap variasi didapatkan selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan persamaan Bernoulli guna mengetahui nilai *coefficient of discharge*.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh penulis, perbandingan antara debit *orifice* dengan debit aktual menghasilkan nilai penyimpangan yang rendah, baik pada pipa 1/2 inch maupun pada pipa 3/4 inch, dengan penyimpangan tertinggi sebesar 1,394 LPM. Untuk Penyimpangan beda tekanan, semakin tinggi bilangan Reynoldnya maka semakin rendah nilai penyimpangan beda tekanan. Nilai penyimpangan tertinggi mencapai 86,44 % pada angka Reynolds 1500. Untuk nilai penyimpangan terendah yaitu 28,61 % pada angka Reynolds 10500. Penyimpangan *coefficient of discharge* terendah terjadi pada angka Reynolds 8500 dengan penyimpangan sebesar 0,08 %. Untuk nilai penyimpangan koefisien tertinggi sebesar 56,5%. Pada angka Reynolds > 5500 nilai koefisien curah memiliki nilai yang hampir sama dengan penyimpangan dibawah 15%.

Kata kunci : *orifice plate meter*, Rasio, beda tekanan, *Coefficient of discharge*, debit air

1. Pendahuluan

Pada masa sekarang ini, perkembangan industri dan teknologi berkembang dengan sangat pesat. Kian hari semakin banyak teknologi yang dikembangkan maupun diciptakan, bahkan perkembangan dari teknologi tersebut telah menjadi suatu hal yang biasa di masyarakat. Dalam pengembangan dan penciptaan teknologi tentu memerlukan suatu sistem yang kompleks. Khususnya teknologi yang berkaitan dengan mekanika fluida seperti parameter laju aliran fluida.

Dalam industri yang memanfaatkan pipa sebagai media penyalur fluida sendiri, *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. *Orifice plate meter* termasuk alat ukur laju aliran dengan metode rintangan aliran (*Obstruction Device*). Pada industri-industri yang memanfaatkan pipa sebagai media penyalur fluida, laju aliran sangat penting untuk diketahui sebab dapat mempengaruhi biaya dan proses produksi dari

industri-industri tersebut. Semakin besar laju aliran massa, maka semakin besar juga kapasitas *flow meter* yang diperlukan. Semakin besar kapasitas *flow meter*, maka semakin mahal harga *flow meter*. Oleh karena itu digunakan *orifice plate meter* sebagai alat ukur debit. *Orifice plate meter* sendiri merupakan peralatan pengukur aliran yang paling banyak digunakan karena hanya memerlukan sedikit perawatan, konstruksi yang sederhana, murah dan mudah di instalasikan serta mampu digunakan untuk fluida kompresibel maupun inkompresibel.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis melakukan penelitian mengenai debit air menggunakan orifice pada pipa ½ inch dan ¾ inch dengan rasio $\beta = d/D = 0,4$. Rasio $\beta = d/D = 0,4$ diperoleh dari penelitian Kabul dkk (2017). Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengukuran debit air pada pipa ½ inch dan ¾ inch menggunakan rasio beta $d/D = 0,4$ terhadap nilai ΔP dan nilai Cd. Nilai tersebut digunakan untuk memprediksi debit air pada pipa ½ inch dan ¾ inch. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu perancangan plat *orifice* guna memperoleh hasil pengukuran yang ideal.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat pengujian

Komponen alat pengujian yang digunakan dalam penelitian:

1. Flange orifice
2. Pipa PVC ½ dan ¾ inch
3. Gate valve
4. Rotameter air
5. Pompa air
6. Tangki air
7. Ball valve
8. Plat orifice
9. Pressure Differential

Alat pengujian yang digunakan dalam penelitian :



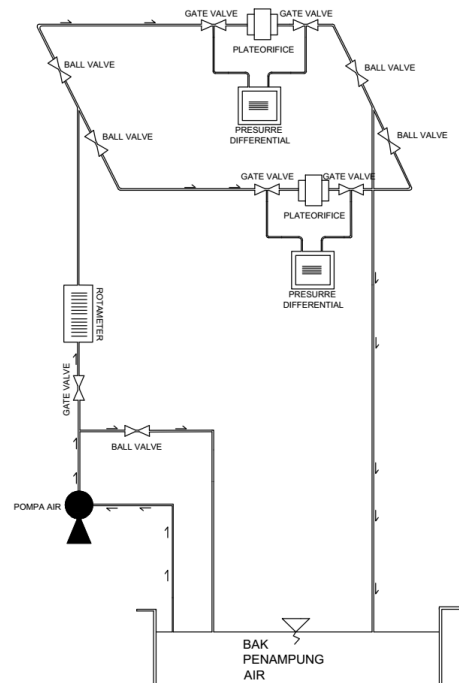
Gambar 1 Alat Pengujian

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.

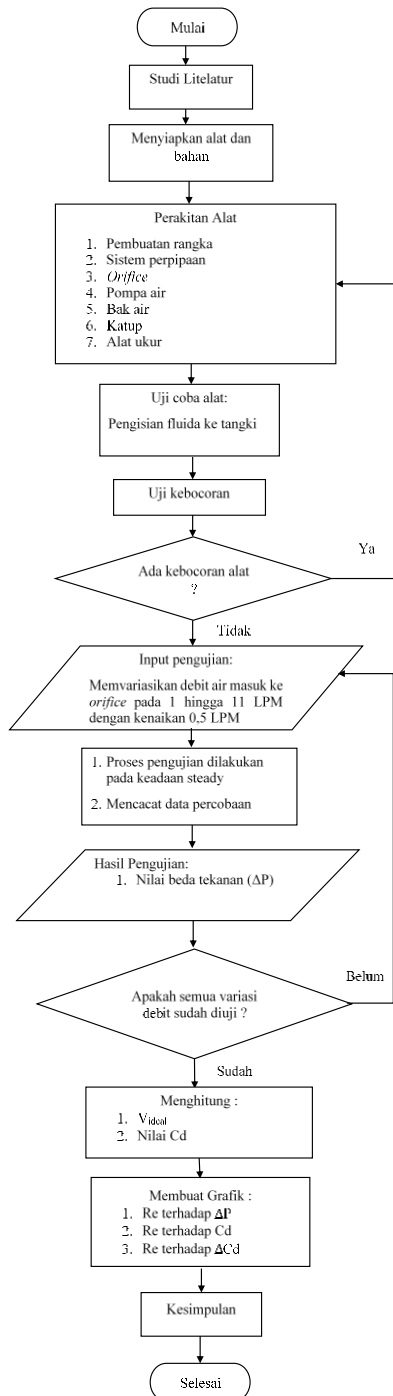
2.3 Skema Alat Uji

Skema alat uji dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Skema alat

2.4 Prosedur Penelitian



Gambar 3 diagram alir

1. Tahap Pelaksanaan

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, hingga 11 LPM dengan kenaikan 0,5 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* terjadi kebocoran kerbali kelangkah persiapa alat & 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 *pressure differential*.
- Penyetelan rotameter dilakukan sampai 11 LPM sesuai dengan tahapan pelaksanaan.
- Terus mengulangi langkah diatas sehingga semua variable terpenuhi.

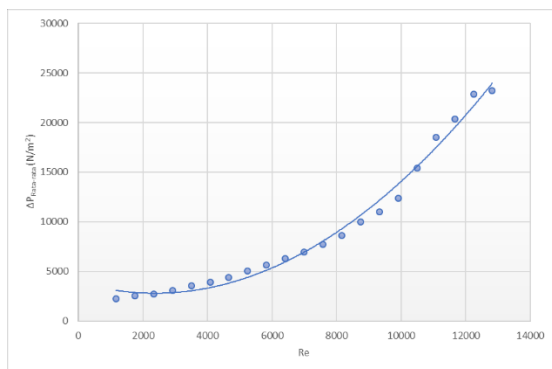
3. Prosedur Analisis Data

- Melakukan perhitungan yang meliputi; V_{ideal} , V_{aktual} dan Cd (*coefficient of discharge*)

- b) Data yang perlu diolah dan dianalisis yaitu meliputi; mengolah data dengan memplot grafik $Re - \Delta p$ dan $Re -$ koefisien Cd
- c) Plot Grafik perbandingan pada pipa PVC berukuran $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch
- d) Plot grafik ΔCd terhadap Re .

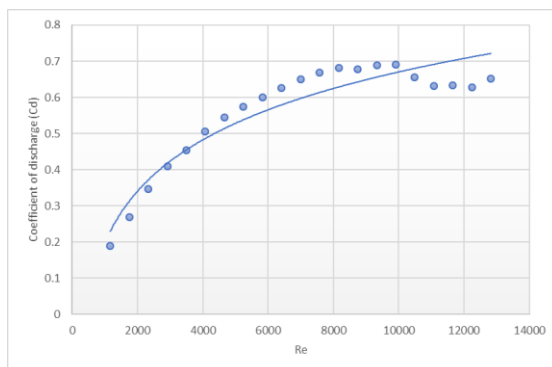
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Perhitungan ΔP & Cd pipa $\frac{1}{2}$ inch



Gambar 4 Grafik hubungan bilangan $Re - Cd$ pada pipa $\frac{1}{2}$ inch

Keterangan :
 $\Delta p = 1690.3e^{0,0002Re}$
 $R^2 = 0,9962$



Gambar 5 Grafik hubungan bilangan $Re - Cd$ pada pipa $\frac{1}{2}$ inch

Keterangan :
 $Cd = 0,205 \times \ln(Re) - 1,2181$
 $R^2 = 0,9987$

Dari grafik hubungan bilangan Re terhadap Δp yang ditunjukkan pada gambar 4 menunjukkan bahwa bilangan Reynolds berbanding lurus dengan nilai beda tekanan. Semakin besar bilangan Reynolds, maka nilai beda tekanan akan cenderung

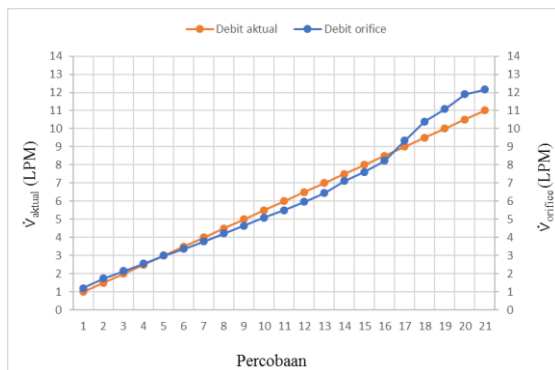
naik. Kenaikan yang terjadi tidak selalu konstan akan tetapi tetap berada di area garis. Dari data tersebut didapatkan nilai Δp terendah yaitu 2260 N/m^2 pada bilangan Reynolds 1165,970 dengan debit aktual yang terbaca di rotameter sebesar 1 LPM. Sedangkan Δp tertinggi yaitu 23212,93 N/m^2 pada bilangan Reynolds 12825,673 dengan debit aktual yang terbaca di rotameter sebesar 7 LPM.

Untuk grafik bilangan Re terhadap nilai *coefficient of discharge* dapat dilihat pada gambar 5. Pada gambar 5 tersebut menunjukkan grafik yang fluktuatif, dimana nilai *coefficient of discharge* terus naik seiring kenaikan bilangan Reynolds. Nilai Cd pada 1 LPM yaitu 0,427 pada bilangan Reynolds 1165,970, sedangkan nilai Cd pada 11 LPM sebesar 0,652 pada bilangan Reynolds 12825,673. Pada bilangan Reynolds 10493,732 nilai *coefficient of discharge* mengalami penurunan, dan pada bilangan Reynolds 1169,702 nilai kembali naik, lalu kembali turun. hingga pada bilangan Reynolds 12825,673 nilai *coefficient of discharge* kembali mengalami kenaikan.

3.2 Hasil Perbandingan \dot{V}_{aktual} terhadap $\dot{V}_{orifice}$ pada Pipa $\frac{1}{2}$ inch

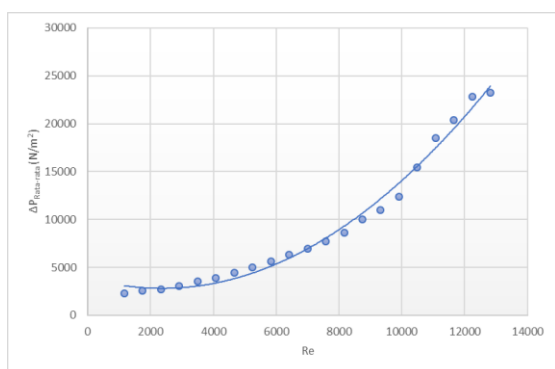
Dari grafik hubungan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa $\frac{1}{2}$ inch yang ditunjukkan pada gambar 6 menunjukkan bahwa adanya perbedaan antara debit orifice hasil perhitungan ($\dot{V}_{orifice}$) dengan debit aktual yang terbaca di rotameter (\dot{V}_{aktual}). Untuk $\dot{V}_{orifice}$ nilainya berfluktuasi namun nilainya terus naik. Nilai penyimpangan terkecil terjadi pada percobaan ke 5 yaitu pada debit aktual 3 LPM dengan nilai debit orifice sebesar 3,005 LPM. Pada percobaan kelima penyimpangan yang terjadi sebesar 0,005 LPM. Untuk nilai penyimpangan tertinggi terjadi pada percobaan ke 20 yaitu pada debit aktual 10,5 LPM dengan nilai debit orifice sebesar 1,89451 LPM. Pada percobaan

dengan debit aktual 10,5 LPM penyimpangan debit yang terjadi sebesar 1,394 LPM.



Gambar 6 Grafik $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa $\frac{1}{2}$ inch

3.3 Hasil Perhitungan ΔP & Cd pipa $\frac{3}{4}$ inch

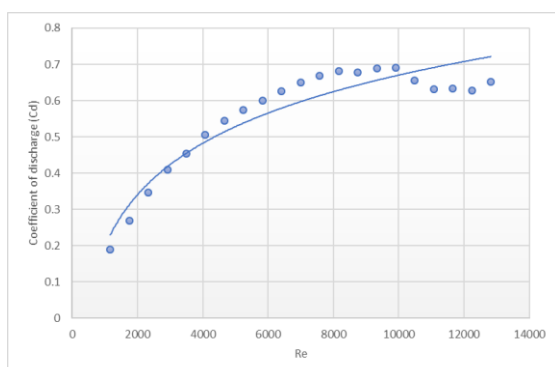


Gambar 7 Grafik hubungan Re - $\Delta P_{rata-rata}$ pada pipa $\frac{3}{4}$ inch

Keterangan :

$$\Delta p = 0,0001Re^2 - 0,2049Re + 388,4$$

$$R^2 = 0,9962$$



Gambar 8 Grafik hubungan Re - Cd pada Pipa $\frac{3}{4}$ inch

Keterangan :

$$Cd = 0,205 \times \ln(Re) - 1,2181$$

$$R^2 = 0,9811$$

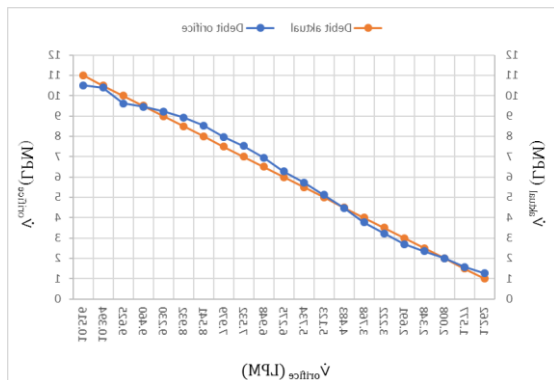
Dari grafik hubungan bilangan Re terhadap Δp yang ditunjukkan pada gambar 7 menunjukkan bahwa bilangan Reynolds berbanding lurus dengan nilai beda tekanan. Semakin besar bilangan Reynolds, maka nilai beda tekanan akan cenderung naik. Kenaikan yang terjadi tidak selalu konstan akan tetapi tetap berada di area garis. Dari data tersebut didapatkan nilai Δp terendah yaitu 2260 N/m² pada bilangan Reynolds 1165,970 dengan debit aktual yang terbaca di rotameter sebesar 1 LPM. Sedangkan Δp tertinggi yaitu 23212,93 N/m² pada bilangan Reynolds 12825,673 dengan debit aktual yang terbaca di rotameter sebesar 7 LPM.

Untuk grafik bilangan Re terhadap nilai *coefficient of discharge* dapat dilihat pada gambar 8. Pada gambar 8 tersebut menunjukkan nilai *coefficient of discharge* terus naik seiring kenaikan bilangan Reynolds hingga pada bilangan Reynolds tertentu nilai koefisien curah cenderung mengalami penurunan, namun penurunannya tidak terlalu signifikan. Berbeda dengan grafik Re terhadap Cd pada pipa $\frac{1}{2}$ inch yang mengalami penurunan nilai *coefficient of discharge* pada bilangan Reynolds yang cukup tinggi yaitu 10493,732. Sedangkan grafik bilangan Re terhadap *coefficient of discharge* pada pipa $\frac{3}{4}$ inch, nilai koefisien curah sudah mengalami penurunan saat bilangan Reynolds mencapai 4420,970. Untuk bilangan Reynolds lebih dari 4420,970 grafik mengalami fluktuasi, namun cenderung mengalami penurunan.

3.4 Hasil Perbandingan \dot{V}_{aktual} terhadap $\dot{V}_{orifice}$ pada Pipa $\frac{3}{4}$ inch

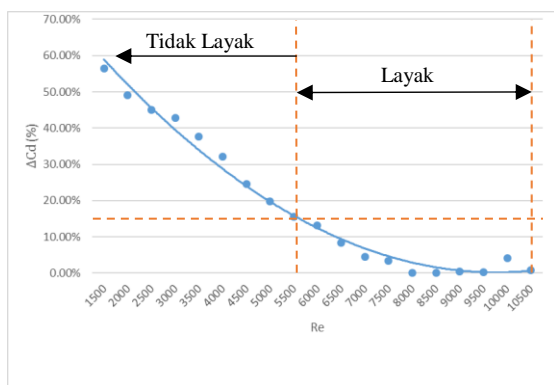
Dari grafik hubungan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa $\frac{3}{4}$ inch yang ditunjukkan pada gambar 9 memiliki tren yang hampir sama dengan pipa $\frac{1}{2}$ inch. Gambar 9 menunjukkan bahwa adanya perbedaan antara debit orifice hasil perhitungan ($\dot{V}_{orifice}$) dengan debit aktual yang terbaca di

rotameter (\dot{V}_{aktual}). Untuk \dot{V}_{orifice} nilainya berfluktuasi namun nilainya terus naik. Nilai penyimpangan terkecil terjadi pada percobaan ke 8 yaitu pada debit aktual 4,5 LPM dengan nilai debit orifice sebesar 4,483 LPM. Pada percobaan ke 8 penyimpangan yang terjadi sebesar 0,017 LPM. Untuk nilai penyimpangan tertinggi terjadi pada percobaan ke 15 yaitu pada debit aktual 8 LPM dengan nilai debit orifice sebesar 8,541 LPM. Pada percobaan dengan debit aktual 8 LPM penyimpangan debit yang terjadi sebesar 0,541 LPM.



Gambar 9 Grafik \dot{V}_{orifice} terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa $\frac{3}{4}$ inch

3.4 Hasil Perhitungan ΔCd



Gambar 10 Grafik Penyimpangan Cd (ΔCd)

Keterangan :

$$\Delta Cd = 0,0021Re^2 - 0,0752Re + 0,6621$$

$$R^2 = 0,9873$$

Dari grafik Re terhadap ΔCd yang ditunjukkan pada gambar 10 menunjukkan bahwa semakin besar bilangan Reynolds maka semakin kecil nilai *coefficient of discharge*. Nilai deviasi *coefficient of discharge* tertinggi terjadi pada bilangan Reynolds 1500 dengan nilai penyimpangan 56,50 %. Nilai tersebut terus turun hingga pada bilangan Reynolds ≥ 7000 nilai deviasi berfluktuasi namun cenderung stabil dengan range 0,04 % hingga 4,7 %. Nilai deviasi *coefficient of discharge* terendah terjadi pada bilangan Reynolds 8000 dengan nilai 0,08 %. Dari grafik Re terhadap ΔCd yang ditunjukkan pada gambar 4.5, jika nilai $\Delta Cd < 15\%$ maka dapat diasumsikan bahwa nilai $Cd_1 = Cd_2$ yaitu pada $5500 \leq Re \leq 10500$. Untuk Bilangan Reynolds > 10500 perlu dilakukan pengujian kembali. Berdasarkan asumsi tersebut maka hipotesa yang ditunjukkan pada persamaan 1 dapat digunakan sebagai acuan untuk memprediksi debit air pada pipa yang berbeda dengan menggunakan rasio beta yang sama ($d/D = 0,4$).

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

Dengan :

- $\dot{V}_{\text{aktual } 1}$ = \dot{V}_{aktual} pada pipa $\frac{1}{2}$ inch (m^3/s)
- $\dot{V}_{\text{ideal } 1}$ = \dot{V}_{ideal} pada pipa $\frac{1}{2}$ inch (m^3/s)
- Cd_1 = *coefficient of discharge* pada pipa $\frac{1}{2}$ inch
- $\dot{V}_{\text{aktual } 2}$ = \dot{V}_{aktual} pada pipa $\frac{3}{4}$ inch (m^3/s)
- $\dot{V}_{\text{ideal } 2}$ = \dot{V}_{ideal} pada pipa $\frac{3}{4}$ inch (m^3/s)
- Cd_2 = *coefficient of discharge* pada pipa $\frac{3}{4}$ inch

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dari pengujian orifice plat meter dengan kapasitas lpm pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan pipa $\frac{3}{4}$ inch (rasio $\beta = d/D = 0,4$) yang merupakan hasil perhitungan serta pengaplikasian dalam bentuk grafik dengan menggunakan program MS. Excel maka dapat ditarik suatu kesimpulan yaitu sebagai berikut :



- a) Hasil perbandingan debit orifice debit aktual pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan pipa $\frac{3}{4}$ inch menghasilkan nilai debit hampir sama. Untuk pipa $\frac{1}{2}$ inch penyimpangan terendah terjadi pada percobaan ke 5, penyimpangan sebesar 0,005 LPM. Untuk nilai penyimpangan tertinggi terjadi pada percobaan ke 20 yaitu dengan penyimpangan debit sebesar 1,394 LPM. Untuk pipa $\frac{3}{4}$ inch penyimpangan terendah terjadi pada percobaan ke 8, penyimpangan sebesar 0,017 LPM dan yang tertinggi terjadi pada percobaan ke 15 dengan penyimpangan debit sebesar 0,541 LPM.
- b) Penggunaan plat *orifice* dengan rasio d/D yang sama pipa $\frac{1}{2}$ inch dan pipa $\frac{3}{4}$ inch tidak menghasilkan nilai beda tekanan yang sama. Semakin tinggi bilangan Reynoldnya maka semakin rendah nilai penyimpangan beda tekanan. Nilai penyimpangan tertinggi mencapai 86,44 % pada angka Reynolds 1500. Untuk nilai penyimpangan terendah yaitu 28,61 % pada angka Reynolds 10500.
- c) Penggunaan plat *orifice* dengan rasio d/D yang sama pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan pipa $\frac{3}{4}$ inch menghasilkan nilai koefisien curah yang hampir sama pada angka Reynolds > 5500 dengan penyimpangan dibawah $< 15\%$. Diasumsikan bila nilai $\Delta C < 15\%$ maka nilai $Cd_1 = Cd_2$, sehingga persamaan 4.1 bisa digunakan untuk memprediksi debit air pada pipa yang berbeda dengan rasio $\beta = d/D = 0,4$. Namun penggunaan rasio orifice 0,4 hanya dapat digunakan pada bilangan reynolds > 5500 , sehingga akan lebih baik bila menggunakan rasio $< 0,4$ untuk memprediksi debit air pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan pipa $\frac{3}{4}$ inch.

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
- Ghurri, Ainun. Tista, S.P.G. Gunawan. Syamsudin. (2016). Pengujian *Orifice Flow Meter* dengan Kapasitas Aliran Rendah: Jurnal Mechanical, Volume 7, Nomor 2.
- Hewakandamby, Buddhi N. (2012). *A First Course in Fluid Mechanics for Engineers*. Bookboon.com. Diakses pada 20 April 2017, dari Bookboon.com.
- 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.
- Holman, Jack Phillip. (2001). *Experimental Methods For Engineers*. Mc Graw Hill. USA. Edisi ke 8.
- Kurniawan, D. (2017). Pengujian *Orifice Plate Meter* Sebagai alat Ukur Debit Air Dengan kapasitas 6 LPM Pada Pipa $\frac{1}{2}$ Inch Dan $\frac{3}{4}$ Inch (Rasio $\beta = d/D = 0,16$). Skripsi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



- Munson, Bruce R, dkk. (2009). *Fundamental Of Fluid Mechanics*. John Willey & Sons, Inc. USA. Edisi ke 6.
- Nakayama, Y. Boucher, R. F. (2000). *Introduction to Fluid Mechanic*. YOKENDO CO. LTD: Japan.
- 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.
- Saputra, A. (2017). Pengujian *Orifice Plate Meter* Sebagai alat Ukur Debit Air Dengan kapasitas 6 LPM Pada Pipa $\frac{1}{2}$ Inch Dan $\frac{3}{4}$ Inch (Rasio $\beta = d/D = 0,16$). Skripsi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Septiadi, Wayan Nata. (2008). Studi Experimental *Orifice Flow meter* dengan variasi tebal dan posisi pengukuran beda tekanan aliran melintasi *orifice Plate*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM, Vol. 2, No. 1.
- White, Frank M. (1998). *Fluid Mechanics*. Edisi ke 4. WCB McGRALL-HILL.

