



PENGUJIAN *ORIFICE PLATE METER* SEBAGAI ALAT UKUR DEBIT AIR DENGAN KAPASITAS 8 LPM PADA PIPA PVC ½ INCH DAN ¾ INCH (RASIO $\beta = d/D = 0,19$)

Dede Dian Rosadi

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

Email : dededianr@gmail.com

INTISARI

Diantara sekian banyak metode pengukuran laju aliran yang digunakan dalam mekanika fluida pada saluran tertutup, jenis alat ukur yang menggunakan metode beda tekanan adalah *orifice plate meter* yang sering digunakan. Pipa PVC umumnya digunakan sebagai saluran air dalam suatu proyek perumahan, gedung, dll. Pipa PVC ini sifatnya keras, ringan, dan kuat. Karena penginstalannya mudah, maka sangatlah ideal jika digunakan untuk instalasi perpipaan rumah tangga. Bahkan penggunaan pipa PVC ini dapat bekerja lebih baik daripada menggunakan pipa besi yang perlu disolder, juga tahan terhadap hampir semua alkalin atau zat beracun serta mudah dipasang. Pemilihan pipa PVC dengan ukuran ½ inch dan ¾ inch pada penelitian ini mempertimbangkan beberapa hal. Pertama, ukuran pipa PVC ½ inch dan ¾ inch sangat mudah didapatkan. Kedua, konstruksi dari alat penelitian tidak terlalu besar. Karena menurut perhitungan *fully developed*, semakin besar diameter pipa PVC yang digunakan maka memerlukan lebih panjang pipa untuk menentukan *fully developed*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *orifice plate meter* dengan rasio $\beta = d/D = 0,19$ untuk ukuran pipa PVC ½ inch dan ¾ inch terhadap nilai ΔP , $\dot{V}_{orifice}$ dan nilai *coefficient of discharge*. Dengan rasio $\beta = d/D = 0,19$ nantinya penelitian ini diharapkan dapat membantu memprediksi debit air pada ukuran pipa yang lain.

Penelitian ini dilakukan pada pipa PVC ukuran ½ inch dan ¾ inch menggunakan rasio $\beta = d/D = 0,19$ dengan menggunakan air sebagai fluida. Menentukan *fully developed* untuk meletakkan digital *pressure manometer* sebagai alat ukur beda tekanan. Parameter yang divariasikan yaitu debit aktual yang tertera pada rotameter, pengukuran beda tekanan dilakukan mulai 1 hingga 8 LPM dengan kenaikan 0,5 LPM. Setelah nilai beda tekanan diperoleh, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai debit orifice dan *coefficient of discharge* pada pipa PVC dengan ukuran ½ inch dan ¾ inch.

Data hasil percobaan didapat bahwa nilai ΔP pada pipa PVC ½ inch dan ¾ inch berbanding lurus dengan nilai $\dot{V}_{aktual\ rotameter}$. Terdapat penyimpangan nilai pada $\dot{V}_{aktual\ rotameter}$ dengan hasil perhitungan $\dot{V}_{orifice}$. Pada pipa PVC ½ inch, penyimpangan terbesar terjadi pada nilai $\dot{V}_{aktual\ rotameter}$ 5,5 LPM dengan 24%. Pada pipa PVC ¾ inch, penyimpangan terbesar terjadi pada nilai $\dot{V}_{aktual\ rotameter}$ 8 LPM dengan 33%. Dengan menginterpolasi nilai C_d ¾ inch dengan C_d ½ inch, didapatkan nilai ΔC_d , penyimpangan terbesar dengan nilai 26,88% terjadi pada bilangan Reynolds 1360 dan penyimpangan terkecil terjadi pada bilangan Reynolds 3860 dengan nilai 0,25%. Nilai $\Delta C_d \leq 15\%$ maka diasumsikan $C_{d1} = C_{d2}$ 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 ($\beta = d/D = 0,19$).

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

1. PENDAHULUAN

Laju aliran fluida dalam sebuah pipa penting untuk diketahui, khususnya pada industri-industri yang memanfaatkan pipa sebagai media penyalur fluida. *Differential pressure meter* merupakan salah satu macam *flow meter* yang memanfaatkan perbedaan tekanan. Perbedaan tekanan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan Bernoulli sehingga laju aliran dari fluida yang melewati sebuah pipa dapat diketahui. Ada banyak *flow*

meter yang memanfaatkan prinsip perbedaan tekanan antara lain :

- venturi meter
- flow nozzle*
- orifice plate meter*

Dalam industri 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 hambatan 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. *Orifice plate meter* sendiri merupakan peralatan pengukur aliran yang paling banyak digunakan karena hanya memerlukan sedikit perawatan, konstruksi yang sederhana, murah dan mudah diinstalasikan serta mampu digunakan untuk fluida kompresibel maupun inkompresibel.

Pipa PVC (Poly Vinyl Chloride) merupakan polimer termoplastik urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian di dunia, setelah polietilena dan polipropilena. Pipa PVC pada umumnya digunakan sebagai saluran air dalam suatu proyek perumahan atau gedung atau jalan dll. Pipa PVC ini sifatnya keras, ringan, dan kuat. Karena penginstalannya mudah, maka sangatlah ideal jika digunakan untuk instalasi perpipaan rumah tangga. Bahkan penggunaan pipa PVC ini dapat bekerja lebih baik daripada menggunakan pipa besi yang perlu disolder, juga tahan terhadap hampir semua alkalin atau zat beracun serta mudah dipasang.

Pemilihan pipa PVC dengan ukuran $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch pada penelitian ini mempertimbangkan beberapa hal. Pertama, ukuran pipa PVC $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch sangat mudah didapatkan. Kedua, konstruksi dari alat penelitian tidak terlalu besar. Karena menurut perhitungan *fully developed*, semakin besar diameter pipa PVC yang digunakan maka memerlukan lebih panjang pipa untuk menentukan *fully developed*.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis melakukan penelitian mengenai debit air

menggunakan orifice pada pipa PVC $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch dengan rasio $d/D = 0,19$ mm. Rasio 0,19 didapat dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kabul (2017) pada pipa tembaga berukuran $\frac{1}{2}$ inch, dengan D (diameter dalam pipa) = 0,0127 m dan d (diameter orifice) = 0,0025 m.

Penelitian ini dilakukan guna mempelajari karakteristik terhadap ΔP , debit orifice, dan *coefficient of discharge* pada pipa PVC $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch menggunakan rasio d/D yang sama.

2. METODE PENELITIAN

2.1 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.

2.2 Alat Pengujian

Alat pengujian yang digunakan dalam Penelitian :



Gambar 1 Alat pengujian

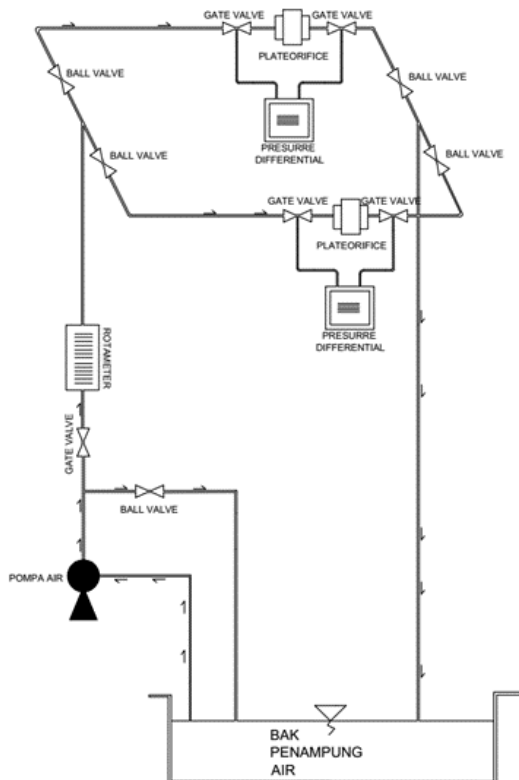
Komponen alat pengujian yang digunakan dalam penelitian:

1. *Flange orifice*
2. Pipa PVC $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ inch
3. *Gate valve*
4. Rotameter air
5. Pompa air
6. Tangki air
7. *Ball valve*
8. Plat *orifice*

9. Pressure Differential

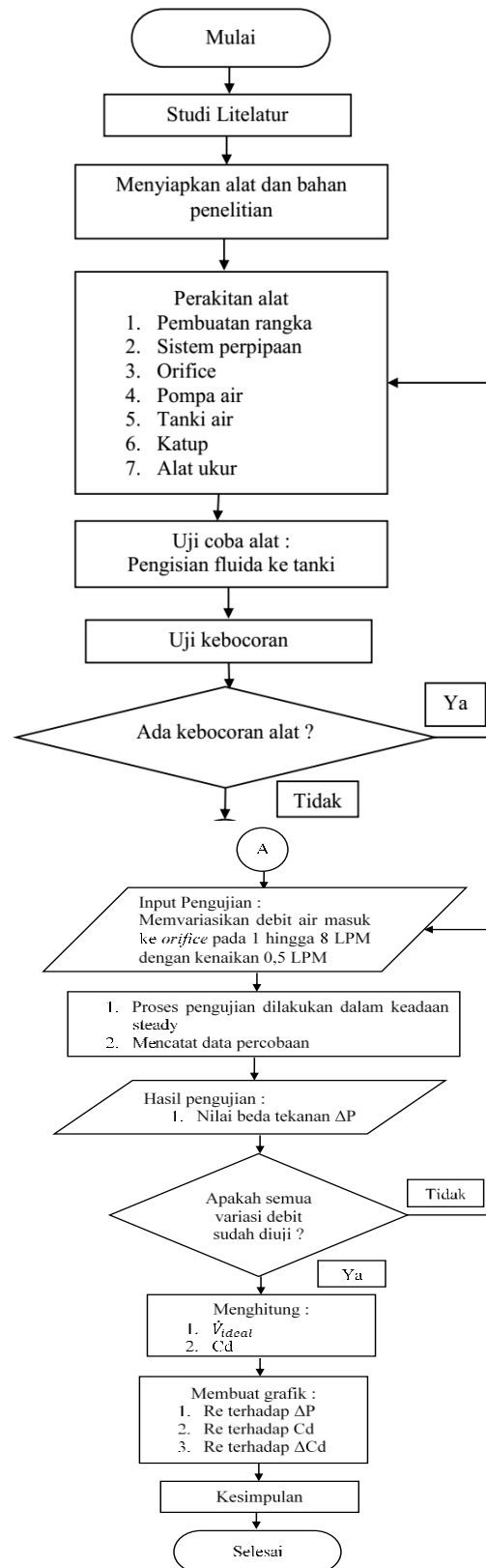
2.3 Skema Alat Uji

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 $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ inch. Skema alat uji dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Skema alat uji

2.4 Prosedur Penelitian



Gambar 4 Diagram alir penelitian

a) Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan penelitian ini yaitu meliputi sebagai berikut:

1. Memastikan variabel yang akan digunakan dalam pengujian dan menyiapkan tabel pengamatan.
2. Variabel yang digunakan adalah debit air yaitu 1 hingga 8 LPM dengan kenaikan 0,5 LPM.
3. Melakukan persiapan alat uji meliputi: mengisi air pada tangki air
4. Memastikan alat uji tidak terjadi kebocoran pada instalasi perpipaan dan *orifice*.
5. Apabila pada instalasi perpipaan atau *orifice* terdapat kebocoran kembali lagi pada langkah persiapan alat dan bahan.
6. Menyalakan pompa air dan air bersirkulasi dengan baik.
7. Pasang alat ukur manometer digital dan diaktifkan.
8. Buka katup untuk mengalirkan air ke plat *orifice* yang akan diuji pada pipa PVC berukuran ½ inch atau ¾ inch.

(b) Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyetel rotameter pada 1 LPM selama 1 menit.
2. Buka katup pipa PVC berukuran ½ inch atau ¾ inch sesuai dengan *orifice* pada pipa yang diuji, lalu buka katup pembaca tekanan pada *orifice*.
3. Setelah alat uji beroperasi catat data ΔP pada *pressure differential*.
4. Penyetelan rotameter dilakukan sampai 7 LPM sesuai dengan tahapan pelaksanaan.
5. Terus mengulangi langkah diatas sehingga semua variable terpenuhi.

c) Prosedur Analisis Data

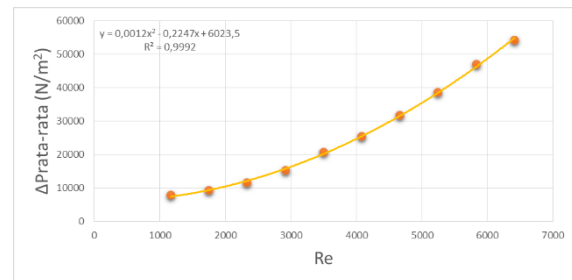
1. Melakukan perhitungan yang meliputi; \dot{V}_{ideal} , \dot{V}_{aktual} dan Cd (*coefficient of discharge*);

2. Data yang perlu diolah dan dianalisis yaitu meliputi; mengolah data dengan memplot grafik Re terhadap ΔP , Re terhadap *coefficient of discharge* (Cd) dan Re terhadap ΔCd ;
3. Plot Grafik perbandingan pada pipa PVC berukuran ½ inch dan ¾ inch.

3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan dan pencatatan hasil perhitungan yang sudah dilakukan kemudian disajikan dalam bentuk grafik, Grafik hubungan bilangan Re –Cd pada pipa ½ inch dapat dilihat pada gambar 4.

3.1 Hasil perhitungan ΔP & Cd pipa ½ inch

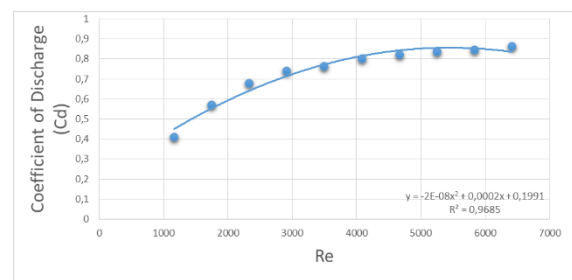


Gambar 5 Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap $\Delta p_{rata-rata}$ Orifice pada pipa ½ inch

Keterangan :

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

$$R^2 = 0,9992$$



Gambar 6 Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap Cd

Keterangan :

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

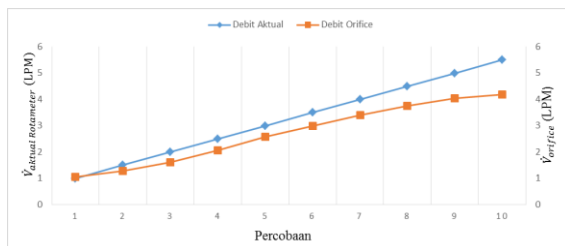
$$R^2 = 0,9685$$

Dari grafik pada gambar 5 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan perbedaan tekanan (ΔP) dari hulu ke hilir plat orifice pada saat variasi pertama 1 LPM ΔP 7930 N/m² sampai dengan 5,5 LPM ΔP 54250 N/m². Kenaikan ΔP 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 (ΔP).

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 6 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 (ΔP) yang mempengaruhi nilai \dot{V}_{ideal} .

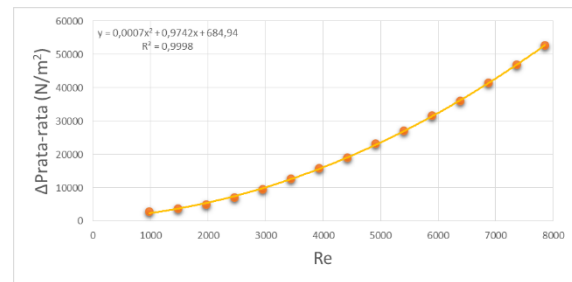
3.2 Hasil Perbandingan \dot{V}_{aktual} terhadap $\dot{V}_{orifice}$ pada Pipa 1/2 inch



Gambar 7 Grafik $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa 1/2 inch

Dari grafik perbandingan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{air} (LPM) pada pipa 1/2 inch gambar 7 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.

3.3 Hasil Perhitungan ΔP & Cd pipa 3/4 inch

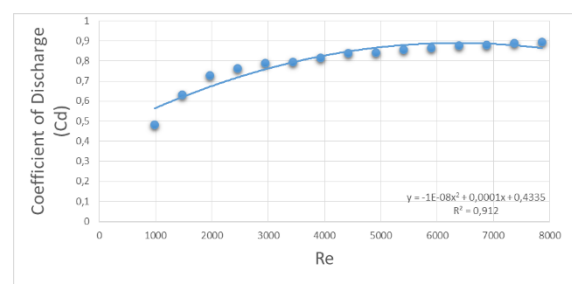


Gambar 8 Grafik hubungan Re - $\Delta P_{rata-rata}$ pada pipa 3/4 inch

Keterangan :

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

$$R^2 = 0,9998$$



Gambar 9 Grafik hubungan Re - Cd pada Pipa 3/4 Inch

Keterangan :

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

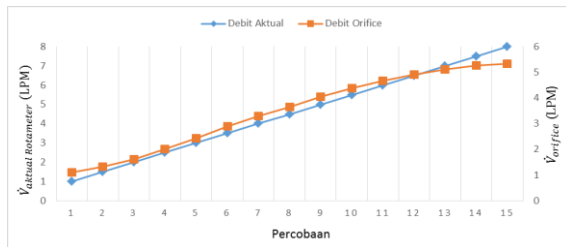
$$R^2 = 0,912$$

Grafik hubungan antara bilangan Reynolds (Re) dengan ΔP rata-rata orifice gambar 8 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 ΔP rata-rata dari setiap pengambilan data sebesar 2810 N/m² dengan bilangan Reynolds 982,44 dan pada percobaan 15 yaitu 8 LPM didapat ΔP rata-rata 52640 N/m² dengan bilangan Reynolds 7859,50.

Grafik hubungan antara bilangan Reynolds (Re) terhadap *coefficient of discharge* Cd pada pipa 3/4 inch gambar 9 menunjukkan peningkatan dari setiap bertambahnya bilangan Reynolds yang dipengaruhi oleh besarnya nilai perbedaan tekanan (ΔP) 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.

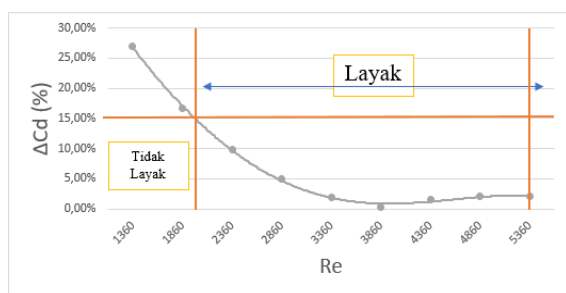
3.4 Hasil Perbandingan \dot{V}_{aktual} terhadap $\dot{V}_{orifice}$ pada Pipa $\frac{3}{4}$ inch



Gambar 10 Grafik $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} 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.

3.4 Hasil Perhitungan ΔCd



Gambar 11 Grafik penyimpangan ΔCd pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch

Grafik ΔCd gambar 11 menunjukkan nilai koefisien Cd 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.

$$\frac{\dot{V}_{aktual 2}}{\dot{V}_{ideal 2}} = Cd_2 = Cd_1 = \frac{\dot{V}_{aktual 1}}{\dot{V}_{ideal 1}}$$

Dengan :

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

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uraian dan analisa dari pengujian *orifice plate meter* dengan kapasitas 8 LPM pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch ($\beta = d/D = 0,19$) maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a) Perbandingan dari pengukuran pada debit aktual rotameter dengan debit perhitungan *orifice plate meter* pada pipa PVC $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch sama-sama mengalami perbedaan pengukuran yang berfluktuasi. Penyimpangan terendah yaitu pengukuran pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dengan nilai $\Delta \dot{V}$ orifice 6% pada debit aktual 1 LPM dengan nilai debit orifice 1,056 LPM. Penyimpangan tertinggi pada pengukuran pipa $\frac{3}{4}$ inch dengan nilai $\Delta \dot{V}$ orifice 33% pada debit aktual 8 LPM dengan nilai debit orifice 5,338 LPM.
- b) Perbedaan tekanan pada orifice untuk kedua ukuran pipa tersebut sama-sama mengalami peningkatan dengan semakin tingginya debit air yang mengalir. Terdapat selisih nilai ΔP yang besar yaitu pada nilai



tertinggi mencapai 58,16% pada bilangan Reynolds 1360 dan yang terendah 33,76% pada bilangan Reynolds 5360.

- c) Penggunaan rasio plat orifice yang sama pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch menunjukkan nilai *coefficient of discharge* yang hampir sama pada bilangan Reynolds ≥ 3860 dengan penyimpangan 0,25%. Penyimpangan tertinggi deviasi sebesar 26,88% pada bilangan Reynolds 1360. Sesuai dengan asumsi bahwa nilai deviasi $\Delta C_d \leq 15\%$ maka $C_{d1} = C_{d2}$ pada persamaan 4.1 dapat digunakan untuk mengestimasi debit air pada ukuran pipa yang berbeda dengan rasio pada penelitian ini yaitu ($\beta = d/D = 0,19$).

Daftar Pustaka

- Ghurri, A., Tista, G. & Syamsudin, 2016. Pengujian Orifice Flow Meter dengan Kapasitas Aliran Rendah. *Jurnal Mechanical*, Volume 7.
- Goelanzaw, 2013. *goelanzaw.blogspot*. [Online] Available at: <http://goelanzaw.blogspot.co.id/2013/02/plate-orifice.html> [Accessed 1 June 2017].
- Hewakandamby & Budhi, N., 2012. *Bookboon*. [Online] Available at: [Bookboon.com](http://bookboon.com) [Accessed 1 June 2017].
- Hollingshead, C. L., Johnson, M. C., Barfuss, S. L. & Spall, R. E., 2011. Discharge Coefficient Performance of Venturi, Standard Concentric Orifice Plate, V-Cone and Wedge Flow Meters at Low Reynolds Number. *Journal of Petroleum Science and Engineering*.
- Holman, J. P., 2011. *Experimental Methods for Engineers*. 8 ed. USA: Mc Graw Hill.
- Kargaran, M. & Gord, M. F., 2013. Experimental Investigation The Effects of Orifice Diameter and Tube Length on a Vortex Tube Performance. *International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering*, Volume 2.
- Kim, B. C. et al., 1998. Effect of cavitation and plate thickness on small diameter ratio orifice meters : *Flow Meas. Instrum.* 8(2), pp. 61-131.
- Kurniawan, D., 2017. Pengujian *Orifice Plate Meter* sebagai Alat Ukur Debit dengan Kapasitas 9 LPM pada Pipa $\frac{1}{2}$ Inch dan $\frac{3}{4}$ Inch (Rasio $d/D = 0,23$). 1 ed. Yogyakarta: s.n.
- Maqsood, M., Ali, J., Usman, A. & Farooq, M., 2013. Design and Development of Primary Orifice Plate Flowmeter. *Journal of Physics*.
- Mire, B., 2011. Pengaruh Diameter Orifice Pada Saluran Udara Masuk Mesin Pengujian Perkins Type 108-V Terhadap Daya dan Efisiensi Volumetris. *Prosiding*, Volume 5.
- Natanael, F., 2015. *Energy Techno*. [Online] Available at: <http://energy-techno.blogspot.com/2015/10/flow-meter-jenis-dan-teknologinya-part-II-orifice.html> [Accessed 1 June 2017].
- Pratama, E. D., 2017. Pengujian *Orifice Plate Meter* sebagai Alat Ukur Debit dengan Kapasitas 11 LPM pada Pipa $\frac{1}{2}$ Inch dan $\frac{3}{4}$ Inch (Rasio $d/D = 0,4$). 1 ed. Yogyakarta: s.n.
- Pratomo, H. P. S., 2002. Studi Eksperimental Tentang Pengaruh Perubahan Diameter Lubang. *JURNAL TEKNIK MESIN*, Volume 4, p. 32 – 42.
- Santosa, T. H. A., 2003. *Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Evaporasi Refrigerant Petrozon Rossy 12 di dalam Saluran Halus Horizontal*. Yogyakarta: s.n.
- Saputra, A., 2017. Pengujian *Orifice Plate Meter* sebagai Alat Ukur Debit dengan Kapasitas 6 LPM pada Pipa $\frac{1}{2}$ Inch dan $\frac{3}{4}$ Inch (Rasio $d/D = 0,16$). 1 ed. Yogyakarta: s.n.
- Septiadi, W. N., 2008. Studi Eksperimental Orifice Flow Meter dengan Variasi Tebal dan Posisi Pengukuran Beda Tekanan Aliran Melintasi Orifice Plate. *Jurusan Teknik Mesin*, Volume 2, pp. 61-68.



- Shimmeri , T. A., 2012. *Bookboon*. [Online]
Available at: Bookboon.com
[Accessed 21 August 2017].
- Sriyono, E., 2013. Kajian Hitungan Debit Aliran Melalui Pipa Berpori Terhadap Kapasitas : Media Porous, Pori Pipa, dan Orifice. *JURNAL TEKNIK*, Volume 3.
- Tardi, G., Massaroni, C., Saccomandi, P. & Schena, E., 2015. Experimental Assessment of a Variable Orifice Flowmeter for Respiratory Monitoring. *Journal of Sensors*, Volume 2015, pp. 1-7.
- Waluyo, J., 2013. Uji Eksperimental Orifice Multi Lubang Pada Saluran Berdiameter 50 mm. *Jurnal Teknologi*, pp. 39-47.
- Wiratama, R., 2016. *rudywinoto*. [Online]
Available at:
<https://rudywinoto.com/2016/03/30/flow-meter-definisi-dan-jenis>
[Accessed 1 June 2017].