PENGUJIAN *ORIFICE PLATE METER* SEBAGAI ALAT UKUR DEBIT AIR DENGAN KAPASITAS 11 LPM PADA PIPA ½ INCH DAN ¾ INCH (RASIO β = d/D = 0,24)

Destik Kurniawan
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia, 55183
Email : destik.95@gmail.com

INTISARI

Seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi kebutuhan akan instrumentasi dan perlengkapan yang lebih canggih, efisien dan sederhana akan bertambah. Diantara sekian banyak metode pengukuran laju aliran yang digunakan dalam mekanika fluida, khususnya pemakaian pada saluran tertutup, jenis alat ukur yang menggunakan metode beda tekanan adalah *orifice plate meter* yang paling sering digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *orifice plate meter* dengan rasio β = d/D = 0,24 untuk ukuran pipa ½ inch dan ¾ inch terhadap nilai beda tekanan, nilai *coefficient of discharge* dan debit air. Dengan rasio β = d/D = 0,24 nantinya penelitian ini diharapkan dapat membantu memprediksi debit air pada ukuran pipa yang lain.

Pengujian *orifice plate* menggunakan rasio β = d/D = 0,24 dan pipa PVC berukuran ½ inch dan ¾ inch dimana fluida yang digunakan adalah air. Parameter yang divariasikan yaitu debit aktual yang tertera pada pengukuran rotameter, pengukuran beda tekanan dilakukan tiap 1 hingga 7 LPM dengan kenaikan 0,5 LPM. Setelah nilai beda tekanan disetiap varisai didapatkan selanjutnya dilakukan perhitungan dan pengolahan data menggunakan persamaan Bernoulli guna mengetahui nilai *coefficient of discharge*.

Berdasarkan hasil pengujian orifice dengan rasio 0,24 didapatkan bahwa perbandingan dari debit air yang terbaca di rotameter dengan debit orifice dari pipa ½ dan ¾ penyimpanganya rendah. Penyimpangan terendah yaitu pada pipa ¾ pada debit 4,5 LPM dan 6,5 LPM. Nilai perbedaan tekanan pada orifice mengalami peningkatan. Terdapat selisih nilai ΔP yang besar yaitu pada nilai tertinggi mencapai 62,86% pada bilangan Reynolds 1400 dan yang terendah 35,68% pada bilangan Reynolds 6400. Nilai koefisien curah yang hampir sama pada bilangan Reynolds ≥ 4900 dengan deviasi 1,53% bahwa nilai deviasi ΔCd ≤ 15%. Penyimpangan tertinggi deviasi sebesar 28,04% pada bilangan Reynolds 1400.

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

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi dan perkembangan ilmu pengetahuan, kebutuhan akan instrumentasi atau peralatan dan perlengkapan yang lebih canggih, efisien dan sederhana akan bertambah. Dalam bidang industri banyak alat-alat yang digunakan untuk menunjang proses produksi. Pemanfaatan energi fluida bertekanan menyusul energi-energi yang lebih dulu ada seperti energi mekanik, energi listrik, energi kimia atau fisika, serta energi konvensional lainnya seperti air, angin, uap, surya yang akan menyebabkan makin luasnya penggunaan energi bagi kehidupan manusia. Kemunculan energi baru tersebut akan memunculkan pula teknologi, Teknologi yang tercipta akan memunculkan teknologi baru.

Agar dapat melakukan pengendalian atau proses-proses industri, kuantitas bahan yang masuk dan keluar dari proses perlu diketahui. Kebanyakan bahan ditransportasikan diusahakan dalam bentuk fluida, maka penting sekali mengukur kecepatan aliran fluida dalam pipa. Banyak proyek penelitian dan proses industri yang bergantung pada pengukuran aliran fluida untuk mendapatkan data-data penting untuk dianalisis, karena aliran fluida merupakan faktor penting yang menentukan dalam proses itu sendiri.

Diantara sekian banyak metode pengukuran laju aliran yang digunakan dalam mekanika fluida, khususnya pemakaian pada saluran tertutup, jenis alat ukur yang menggunakan metode rintangan (*obstruction method*) adalah jenis yang paling sering digunakan. Metode ini berkerja berdasarkan beda tekanan yang terjadi pada beda penampang alir. Ada tiga jenis alat ukur ini, yaitu plat orifice, nosel aliran dan venture meter. Ketiga jenis alat ukur beda

tekanan ini sering disebut juga sebagai petunjuk laju aliran, didasarkan pada pengukuran perubahan tekanan. Dengan semakin besarnya laju aliran masa, maka *flow meter* yang digunakan juga senakin mahal. Diantara ketiga alat ukur metode rintangan diatas, *orifice plate meter* yang paling banyak digunakan dalam mengukur laju aliran fluida karena biaya yang murah dan perawatan yang mudah, seperti pada operasi di industri proses kilang minyak (*refinery*) dan petrokimia (*petrochemical*).

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis melakukan pengujian dan penelitian mengenai pengukuran debit air menggunakan plat *orifice* pada pipa PVC berukuran ½ inch dan ¾ inch dengan rasio β = d/D = 0,24. Rasio orifice didapat dari penelitian Kabul dkk (2017). Dengan rasio d/D yang sama nantinya penelitian ini diharapkan dapat membantu memprediksi debit air pada ukuran pipa yang berbeda setelah mengetahui kalibrasi orifice, guna memperoleh hasil pengukuran yang ideal.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat Pengujian

Alat pengujian yang digunakan dalam Penelitian :

Gambar 1 Alat pengujian

Komponen alat pengujian yang digunakan dalam penelitian:

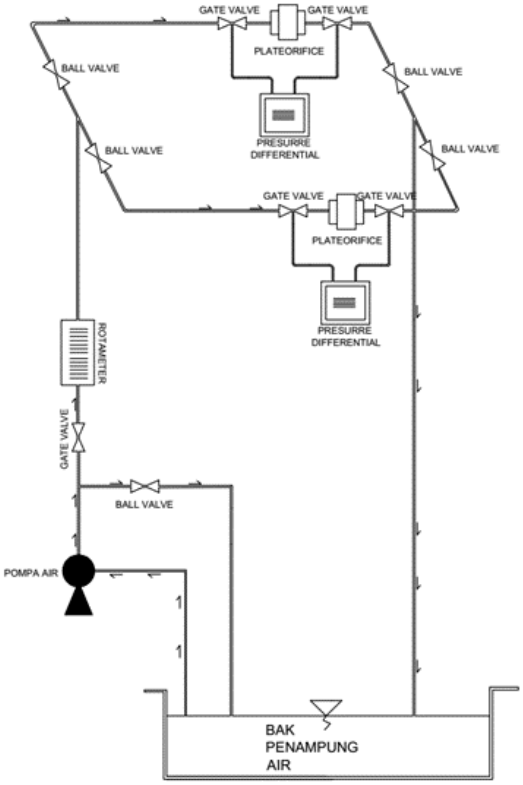
1. *Flange orifice*
2. Pipa PVC ½ dan ¾ inch
3. *Gate valve*
4. Rotameter air
5. Pompa air
6. Tangki air
7. *Ball valve*
8. Plat *orifice*
9. *Pressure Differential*

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 ½ dan ¾ inch. Skema alat uji dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Skema alat uji

2.4 Prosedur Penelitian

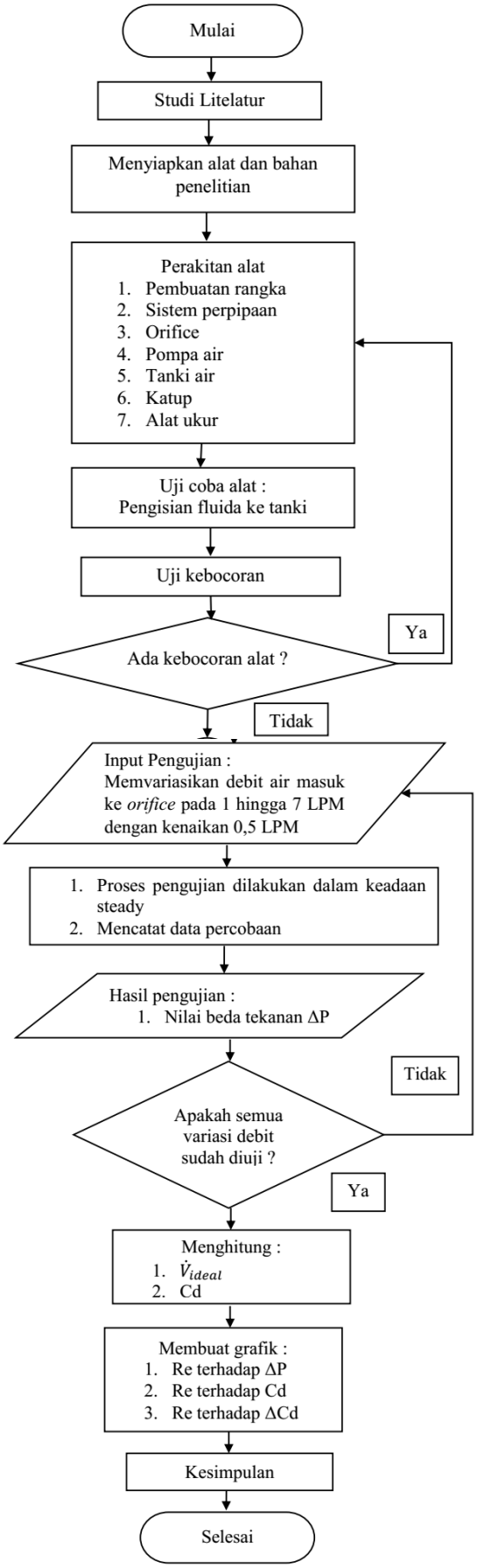


Diagram 3 Diagram alir penelitian

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 7 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 beroprasi catat data ΔP pada *pressure differential..*
4. Penyetelan rotameter dilakukan sampai 7 LPM sesuai dengan tahapan pelaksanaan.
5. Terus mengulangi langkah diatas seihingga semua variable terpenuhi.

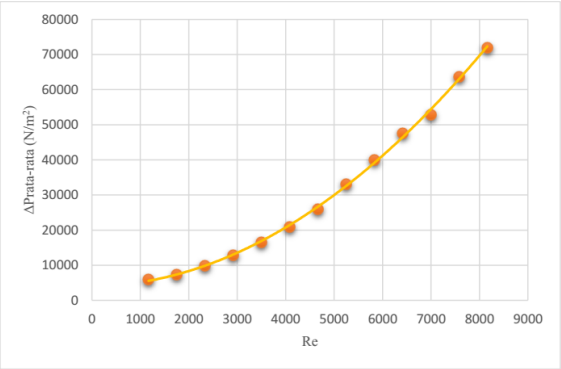
c) Prosedur Analisis Data

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

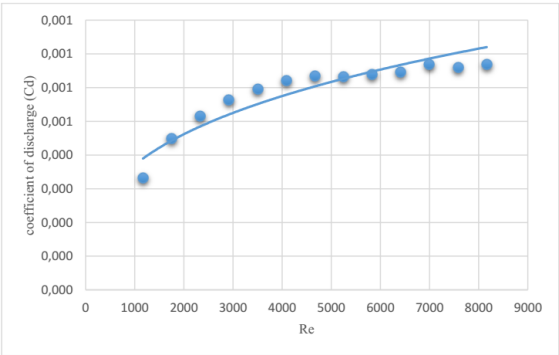


Gambar 4 Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap $\Delta p_{rata\text{-}rata}$ Orifice pada pipa ½ inch

Keterangan :

$\Delta P = 0{,}0001Re^2 + 0{,}1845Re + 3983{,}9$

$R^2 = 0.9989$



Gambar 5 Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap Cd

Keterangan :

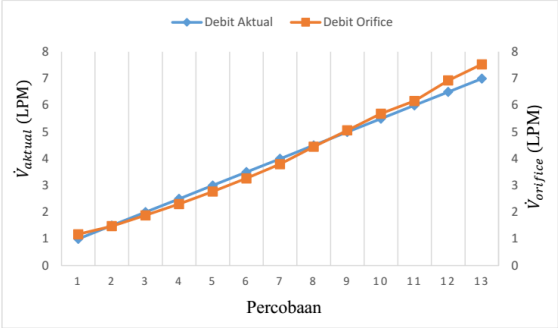
$Cd = 0{,}0419 \text{ x } Re^{0{,}3158}$

$R^2 = 0{,}9471$

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 5960 N/m^2 sampai dengan 7 LPM ΔP 71850 N/m^2. Kenaikan ΔP dipengaruhi oleh besarnya debit aktual yang terbaca di rotameter, semakin naik debit aliran yang melewati orifice maka bilangan Reynolds meningkat. Makah hal ini berpengaruh terhadap nilai Perbedaan tekanan (ΔP).

Dari nilai $\dot{V}_{ideal}$ dan $\dot{V}_{\text{aktual}}$ yang menggunakan pengukuran beda tekanan antara *pressure tap* pada hulu dan pada plat orifice maka nilai Cd dapat dihitung dengan persamaan (2.13). Hasil perhitungan nilai Cd dapat diplotkan dalam grafik pada gambar 5 di atas. Tampak bahwa nilai Cd pada masing-masing variasi berfluktuasi pada Reynolds 1165,97 sampai 4663,881 setelah itu nilai Cd mulai mendekati konstan. Nilai Cd disini berkisar antara 0,332 sampai 0,669 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 ½ inch

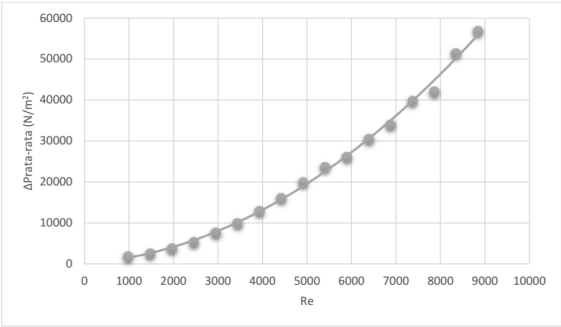


Gambar 6 Grafik $\dot{V}_{\text{orifice}}$ terhadap $\dot{V}_{\text{aktual}}$ pada pipa ½ inch

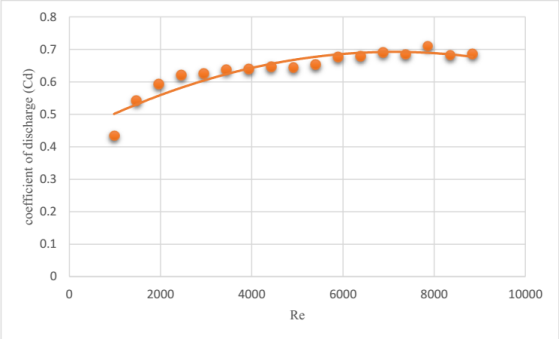
Dari grafik perbandingan $\dot{V}_{orifice}$ terhadap $\dot{V}_{air}$ (LPM) pada pipa ½ inch gambar 6 terlihat bahwa ada perbedaan pengukuran pada debit aktual rotameter dengan debit perhitungan *orifice plate*

meter. Kenaikan debit sama-sama mengalami peningkatan yang berfluktuasi. Nilai debit yang sama dengan debit aktual pada percobaan ke 2 yaitu nilai debit orificenya 1,5 LPM dengan nilai penyimpangan $\Delta\dot{V}$ orifice sebesar 0,022 LPM. Untuk nilai $\Delta\dot{V}$ orifice tertinggi terjadi pada percobaan 13 yaitu pada debit aktual 7 LPM dengan nilai debit orifice 7,5 LPM.

3.3 Hasil Perhitungan ΔP & Cd pipa ¾ inch



Gambar 7 Grafik hubungan Re - $\Delta P_{rata\text{-}rata}$ pada pipa ¾ inch
Keterangan :
$\Delta P = 0{,}0006Re^2 + 0{,}7294Re + 191{,}52$
$R^2 = 0{,}9972$

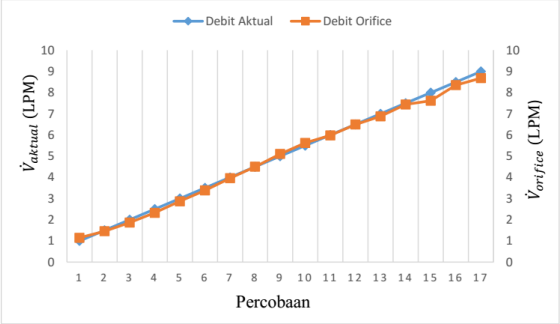


Gambar 8 Grafik hubungan Re - Cd pada Pipa ¾ Inch
Keterangan :
$C = -5 \text{ x } 10^{-9}Re^2 + 7 \text{ x } 10^{-5}Re + 0{,}4351$
$R^2 = 0{,}8579$

Grafik hubungan antara bilangan Reynolds (Re) dengan ΔP rata-rata orifice gambar 7 menunjukan peningkatan yang signifikan dari setiap bertambahnya bilangan Reynolds yang di pengaruhi 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 1760 N/m^2 dengan bilngan Reynolds 982,438 dan pada percobaan 17 yaitu 9 LPM didapat ΔP rata-rata 56890 N/m^2 dengan bilangan Reynolds 8841,94. Dari nilai tersebut perbedaan dengan pipa ½ inch yang nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan pipa ¾ pada variasi awal karena tekanan yang melewati orifice lebih besar didapat pada pipa ½ inch. Hal ini menunjukan bahwa dari dua hasil grafik untuk ukuran pipa ½ dan ¾ inch sama-sama mengalami kenaikan pada ΔP rata-rata akan tetapi mempunyai nilai ΔP pada bilangan Reynolds tertentu yang berbeda.

Grafik hubungan antara bilangan Reynolds (Re) terhadap *coefficient of discharge* Cd pada pipa ¾ inch gambar 9 menunjukan peningkatan dari setiap bertambahanya bilangan Reynolds yang dipengaruhi oleh besarnya nilai perbedaan tekanan (ΔP) yang mempengaruhi nilai $\dot{V}_{ideal}$. Terlihat nilai koefisien Cd berada pada bilangan Reynolds 982,438 sampai 6877,07 dan nilai koefisien Cd 0,434 sampai 0,691. Kenaikan nilai koefisien Cd ini tidak terlalu besar dari variasi awal dengan variasi selanjutnya bahkan sampai mendekati konstan, nilai koefisien Cd dari kedua orifice pada masing-masing pipa mempunyai nilai koefisien Cd yang hampir sama. Akan tetapi kesamaan nilai tersebut pada bilangan Reynolds yang berbeda.

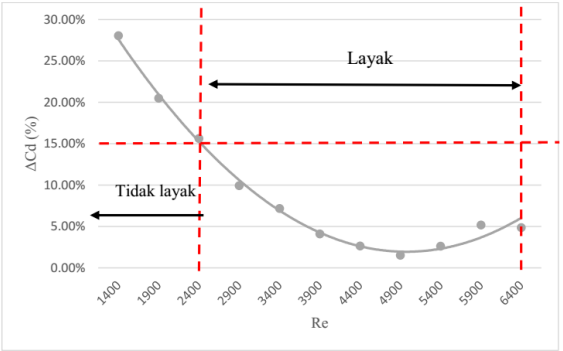
3.4 Hasil Perbandingan $\dot{V}_{aktual}$ terhadap $\dot{V}_{orifice}$ pada Pipa ¾ inch



Gambar 9 Grafik $\dot{V}_{orifice}$ terhadap $\dot{V}_{aktual}$ pada pipa ¾ inch

Dari grafik Grafik $\dot{V}_{orifice}$ terhadap $\dot{V}_{aktual}$ pada pipa ¾ inch pada gambar 9 terlihat bahwa ada perbedaan pengukuran pada debit aktual rotameter dengan debit perhitungan *orifice plate meter* akan tetapi perbedaannya tidak besar seperti pada pipa ½. Kenaikan debit sama-sama mengalami peningkatan yang berfluktuasi mengikuti tren pada pipa ½. Nilai debit yang sama dengan debit aktual pada percobaan ke 8 dan 12 yaitu nilai debit orificenya 4,5 LPM dan 6,5 LPM dengan nilai penyimpangan $\Delta\dot{V}$ orifice sebesar 0,005 LPM. Untuk nilai $\Delta\dot{V}$ orifice tertinggi terjadi pada percobaan 15 yaitu pada debit aktual 8 LPM dengan nilai debit orifice 7,6 LPM masih di bawah dari debit aktualnya.

3.4 Hasil Perhitungan ΔCd



Gambar 10 Grafik penyimpangan ΔCd pada pipa ½ inch dan ¾ inch

Keterangan :

$\Delta Cd = 0{,}005Re^5 - 0{,}0818Re + 0{,}353$

$R^2 = 0{,}9933$

Grafik ΔCd gambar 10 menunjukan nilai koefisien Cd menurun drastis dari nilai awal yaitu 28,04% sampai yang paling rendah 1,53% mendekati nilai 0% kemudian konstan . Nilai deviasi tertinggi yaitu pada bilangan Reynolds 1400 dan yang terendah 4900, maka setiap kenaikan dari bilangan Reynolds mempengaruhi nilai Cd pada kedua pipa yang membuat deviasi menjadi kecil. Dari grafik di atas, nilai ΔCd ≤ 15% maka diasumsikan $Cd_1 = Cd_2$ yaitu pada bilangan Reynolds 2600 hingga 6400. Akan tetapi pada bilangan Re < 2600 dan Re > 6400 perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut, karena untuk rasio ($\beta = d/D = 0{,}24$) pada bilangan Re tersebut kemungkinan nilai ΔCd lebih dari 15%. Berdasarkan asumsi tersebut hipotesa ini dapat digunakan untuk memperkirakan debit air untuk ukuran pipa yang berbeda dengan rasio yang sama pada penelitian ini ($\beta = d/D = 0{,}24$) seperti pada persamaan 4.1.

$$\frac{\dot{V}_{aktual\,2}}{\dot{V}_{ideal\,2}} = Cd_2 = Cd_1 = \frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_{ideal\,1}} \quad \text{.....(4.1)}$$

Dengan :

$\dot{V}_{aktual\,1}$ = $\dot{V}_{aktual\,1}$ pada pipa ½ inch (m^3/s)

$\dot{V}_{ideal\,1}$ = $\dot{V}_{ideal\,1}$ pada pipa ½ inch (m^3/s)

Cd_1 = *Coefficient of discharge* pada pipa ½ inch (m^3/s)

$\dot{V}_{aktual\,2}$ = $\dot{V}_{aktual\,2}$ pada pipa ¾ inch (m^3/s)

$\dot{V}_{ideal\,2}$ = $\dot{V}_{ideal\,2}$ pada pipa ¾ inch (m^3/s)

Cd_2 = *Coefficient of discharge* pada pipa ¾ inch (m^3/s)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uraian dan analisa dari pengujian *orifice pate* meter dengan kapasitas 11 LPM pada pipa ½ inch dan ¾ inch ($\beta = d/D = 0{,}24$) maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

a) Perbandingan dari pengukuran pada debit aktual rotameter dengan debit perhitungan *orifice plate meter* pada pipa ½ dan ¾ inch sama-sama mengalami perbedaan pengukuran yang berfluktuasi. Penyimpangan yang rendah yaitu pengukuran pada pipa ¾ pada debit 4,5 LPM dan 6,5 LPM. Penyimpangan tertinggi yaitu pengukuran pada pipa ½ inch dengan nilai $\Delta\dot{V}$ orifice 0,536 LPM pada debit aktual 7 LPM dengan nilai debit orifice 7,5 LPM.

b) Perbedaan tekanan pada orifice dikedua ukuran pipa tersebut sama-sama mengalami peningkatan dari semakin tingginya debit air yang mengalir. Terdapat selisih nilai ΔP yang besar yaitu pada nilai tertinggi mencapai 62,86%

pada bilangan Reynolds 1400 dan yang terendah 35,68% pada bilangan Reynolds 6400.

c) Penggunaan rasio plat orifice yang sama pada pipa ½ inch dan ¾ inch menunjukan nilai *coefficient of discharge* yang hampir sama pada bilangan Reynolds ≥ 4900 dengan penyimpangan 1,53%. Penyimpangan tertinggi deviasi sebesar 28,04% pada bilangan Reynolds 1400. Sesuai dengan asumsi bahwa nilai deviasi $\Delta Cd \leq 15\%$ maka $Cd_1 = Cd_2$ pada persamaan 4.1 dapat digunakan untuk mengestimasi debit air pada ukuran pipa yang berbeda dengan rasio pada penelitian ini yaitu ($\beta = d/D = 0{,}24$).

Daftar Pustaka

Al-Shemmeri, T. (2012). *Engineering Fluid Mechanics.* Bookboon.com. Diakses pada 21 Agustus 2017, dari Bookboon.com.

Goelanzsaw. (2013). *Plate orifice.* Melalui <http://goelanzsaw.blogspot.co.id/2013/02/plate-orifice.html> diakses pada tanggal 1 Juni 2017.

Hewakandamby. Buddhi N. (2012). *A First Course in Fluid Mechanics for Engineers.* Bookboon.com. ISBN 978-87-403-0069-7.

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.

Kim, B.-C, B.-C. Pak,† N.-H. Cho,‡ D.-S. Chi,‡ H.-M. Choi,§ Y.-M. Choi§ and K.-A. Park§. (1998). *Effect of cavitation and plate thickness on small diameter ratio orifice meters* : Flow Meas. Instrum., Vol 8, No 2.

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.

Pratama, E. D. (2017). Pengujian *orifice plate meter* sebagai alat ukur debit air dengan kapasitas 11 LPM pada pipa $^1/_2$ inch dan $^3/_4$ inch (rasio = 2,54). Skripsi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

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).

Saputra, A. (2017). Pengujian *orifice plate meter* sebagai alat ukur debit air dengan kapasitas 11 LPM pada pipa $^1/_2$ inch dan $^3/_4$ inch (rasio = 6,35). Skripsi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Shan, Feng, Zhichun Liu, Wei Liu, Yoshiyuki Tsuji. (2016). *Effects of the orifice to pipe diameter ratio on orifice flows* : Chemical Engineering Science. Scince Direct.

Santosa, T. H. A. (2003). Pengukuran koefisien perpindahan kalor evaporasi refrigerant petrozon rossy 12 di dalam saluran halus horizontal. Tesis. Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

White, Frank M. (1998). *Fluid Mechanics.* Edisi ke 4. WCB McGraw-Hi.

Wiratama, Rudi. (2016). Flow meter, difinisi dan jenis. Melalui <https://rudywinoto.com/2016/03/30/flow-meter-difinisi-dan-jenis/> diakses pada tanggal 1 Juni 2017.