

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

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat
Strata – 1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



Disusun Oleh :

DEDE DIAN ROSADI

20130130187

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2018

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

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

Disusun Oleh:

**DEDE DIAN ROSADI
20130130187**

**Telah dipertahankan di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal 2 Januari 2018**

Susunan Tim Penguji :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Tito Hadji Agung S., S.T., M.T.
NIK. 19720222 200310 123054**

**Thoharudin, S.T., M.T.
NIK. 19870410 201604 123097**

Penguji

**Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng.
NIK. 19660616 199702 123033**

**Tugas Akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Tanggal Januari 2018

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Mesin

**Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc, Ph.D.
NIK. 19740302 200104 123049**

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 2 Januari 2018

Dede Dian Rosadi

PERSEMBAHAN



“Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang”

“Perjuangan merupakan pengalaman yang sangat berharga yang dapat menjadikan kita manusia yang berkualitas”

Kupersembahkan karya sederhana ini untuk semua yang sangat saya sayangi dan saya kasahi.

[Ayah dan Ibu tercinta]

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Mamah dan Bapak yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan dan cinta kasih yang tiada terhingga dan tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selebar kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk Ibu dan Ayah bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa berbuat yang lebih. Untuk Ibu dan Ayah yang selalu menyirami kasih sayang, selalu menasehatiku dan mendoakanku untuk menjadi lebih baik.

Terima Kasih Ibu... Terima Kasih Ayah...

[Teknik Mesin D 2013 Brotherhood]

Semua sahabat seperjuangan Teknik Mesin D 2013, Aan, Abdi G, Mega, Alpin, Anggit, Ari Fadli, Erjati Pitaloka, Arief Gombloh, Arya, Ayup, Bayu, Candra, Ari yulianto, Destik, Dinta, Edo, Eko, Ekwin, Hima, Ganto, Imam, Ina, Agung, Luji, Lukman, Shidiq, Sigit, Sulis, Tomi, Uman, Wawan, Sony, Afif, Muarif. Kuatkan tekad kalian tuk maju menghadapi rintangan, jangan pernah takut untuk berproses, karena hasil tidak akan pernah mengkhianati proses. Segera keluar dari zona nyamanmu dan selesaikan apa yang telah dimulai.

Teruslah “Liar” tapi jangan lupa untuk “Ber-iman”

[Dosen Pembimbingku]

Bapak Tito Hadji Agung S., S.T., M.T. dan Bapak Thoharudin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih banyak atas semua bantuan, nasihat, bimbingan dan pelajaran yang telah diberikan.

Saya tidak akan pernah lupa atas bantuan dan kesabaran dari Bapak-bapak semua.

Seluruh dosen dan staff pengajar di Jurusan Teknik Mesin :

Terima kasih banyak untuk semua ilmu, didikan dan pengalaman yang sangat berharga yang telah diberikan kepada kami.

[Yang Terakhir]

Untuk ribuan tujuan yang harus dicapai, untuk jutaan mimpi yang akan dikejar, untuk sebuah pengharapan, agar hidup jauh lebih bermakna. Hidup tanpa mimpi ibarat arus sungai. Mengalir tanpa tujuan. Teruslah belajar, berusaha dan berdoa untuk menggapainya.

Jatuh berdiri lagi. Kalah mencoba lagi. Gagal bangkit lagi

Never give up!

Sampai Allah SWT berkata “waktunya pulang”

Hanya sebuah karya kecil dan untaian kata-kata ini yang dapat kupersembahkan kepada kalian semua. Terima kasih beribu terima kasih kuucapkan.

Atas segala kekhilafan dan kekuranganku, kurendahkan hati serta diri menjabat tangan meminta beribu-ribu kata maaf tercurah.

Tugas Akhir ini kupersembahkan.

Dede Dian Rosadi, S.T.

MOTTO

“ Barang siapa keluar untuk mencari ilmu, maka dia berada di jalan Allah “

(HR. Turmudzi)

“ Man Jadda Wa Jadda “

**“ Tak masalah seberapa sering kau terjatuh, yang terpenting adalah
seberapa cepat kau mampu bangkit kembali ”**

(Arsene Wenger)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala karunia-Nya dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat beserta salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada umatnya hingga akhir zaman, amin. Penyusunan Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Judul yang penyusun ajukan adalah "PENGUJIAN *ORIFICE PLATE METER* SEBAGAI ALAT UKUR DEBIT AIR DENGAN KAPASITAS 8 LPM PADA PIPA PVC ½ INCH DAN ¾ INCH (RASIO $\beta = d/D = 0,19$)"

Dalam penyusunan Tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penyusun dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak, ibu dan adik serta segenap keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan dari awal sampai akhir.
2. Bapak Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T. sebagai pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang bermanfaat dengan hati yang sabar.
3. Bapak Thoharudin, S.T., M.T. sebagai pembimbing II yang telah memberikan arahan teknis dan koresi yang bermanfaat.
4. Bapak Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng selaku dosen penguji.
5. Staff pengajar, Laboran, TU Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Sahabat seperjuangan (*Orifice Team*), Alpin, Ekwin, dan Destik, beserta teman-teman lainnya yang sudah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak biasa disebutkan satu persatu.
7. Keluarga kontrakan Tim Hore, Aan Gondes, Arief Gombloh, Ayup Gendeng, Baskoro, Dinta Lopo, Edo Cebol, Ganang, dan Pambudi

terimakasih sudah saling dukung, saling membantu dan memberi semangat.

8. Teman – teman Teknik Mesin kelas D angkatan 2013 yang telah memeberikan semangat, support dan perhatiannya
9. Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin UMY angkatan 2013 yang telah banyak membantu penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Semua pihak terkait dengan penelitian ini yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu dan telah membantu secara langsung maupun tidak langsung, semoga Allah SWT membalas bantuan tersebut berlipat ganda.

Yogyakarta, 2 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
INTISARI	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSATAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori	11
2.2.1 Persamaan Bernoulli	11
2.2.2 Penerapan Persamaan Bernoulli pada <i>Orifice Plate Meter</i>	13
2.2.3 <i>Head Loss</i> (Rugi-rugi Aliran)	16
2.2.4 Rezim Aliran.....	19
2.2.5 Aliran <i>Fully Developed</i>	20
2.2.6 Pengukuran Laju Aliran.....	22
2.2.7 <i>Orifice Plate Meter</i>	22

2.2.8	Pengukuran Perbedaan Tekanan	24
2.2.9	<i>Coefficient of Discharge</i>	27
BAB III		28
METODE PENELITIAN.....		28
3.1	Bahan Penelitian	28
3.2	Alat Penelitian.....	28
3.3	Skema Alat Uji.....	33
3.4	Prosedur Penelitian	34
3.4.1	Diagram Alir Penelitian	34
3.4.2	Tahap Pelaksanaan.....	37
3.4.3	Pengambilan Data	37
3.4.4	Prosedur Analisis Data.....	37
3.4.5	Variasi Pengujian	38
BAB IV		39
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1	Perhitungan <i>Fully Developed</i>	39
4.2	Hasil Penelitian	40
4.2.1	Data hasil penelitian pada Pipa PVC ½ dan ¾ Inch	40
4.2.2	Perhitungan <i>Coefficient of Discharge</i> (Cd) Pada Pipa PVC ½ inch	42
4.2.3	Perhitungan Debit Orifice (<i>Vorifice</i>) Pada Pipa PVC ½ inch.....	43
4.2.4	Perhitungan <i>Coefficient of Discharge</i> (Cd) Pada Pipa PVC ¾ inch	44
4.2.5	Perhitungan Debit Orifice (<i>Vorifice</i>) Pada Pipa PVC ¾ inch.....	46
4.3	Pembahasan	46
4.3.1	Pipa ½ Inch	47
4.3.2	Debit Orifice (<i>Vorifice</i>) Pada Pipa PVC ½ inch	49
4.3.3	Pipa ¾ Inch	50
4.3.4	Debit Orifice (<i>Vorifice</i>) Pada Pipa PVC ¾ Inch.....	52
4.3.5	Grafik ΔCd Pada Pipa ½ Inch dan Pipa ¾ Inch	53
4.3.6	Perhitungan Prediksi <i>Vaktual</i> pada pipa PVC ¾ inch.....	54
BAB V		56
KESIMPULAN DAN SARAN.....		56
5.1	Kesimpulan	56

5.2	Saran	57
	DAFTAR PUSTAKA	58
	LAMPIRAN.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik ΔC_d terhadap bilangan Re (Saputra, 2017)	5
Gambar 2. 2 Grafik ΔC_d terhadap bilangan Re (Kurniawan , 2017).....	6
Gambar 2. 3 Grafik ΔC_d terhadap bilangan Re (Pratama, 2017)	7
Gambar 2. 4 Grafik <i>Discharge coefficient</i> plat orifice (Hollingshead dkk, 2011)...	8
Gambar 2. 5 Diagram batang koefisien debit (C_d) terhadap rasio beta (β)	9
Gambar 2. 6 Hasil percobaan rasio 0,10 (Kim dkk, 1998)	10
Gambar 2. 7 Hasil percobaan rasio 0,15 (Kim dkk, 1998)	10
Gambar 2. 8 Hasil percobaan rasio 0,33 (Kim dkk, 1998)	11
Gambar 2. 9 Ilustrasi persamaan Bernoulli.....	12
Gambar 2. 11 Skema <i>orifice plate meter</i> (Al-shemmeri, 2012)	13
Gambar 2. 12 Aliran di dalam pipa sublapisan viskos di dekat dinding kasar dan halus (Munson, 2009)	17
Gambar 2. 13 Diagram Moody (Munson,2009)	18
Gambar 2. 14 (a) Eksperimen untuk mengilustrasikan jenis aliran, (b) Guratan...	20
Gambar 2. 15 Skema aliran fluida berkembang penuh kecepatan (White, 1998) .	21
Gambar 2. 16 <i>Concentris orifice plate</i> (Natanael, 2015).....	23
Gambar 2. 17 Kontruksi orifice meter yang khas (Munson, 2009)	24
Gambar 2. 18 <i>U-Tube Manometer</i> (Hewakandamby, 2012)	25
Gambar 2. 19 Pengukuran beda tekanan menggunakan manometer (Hewakandamby, 2012)	26
Gambar 2. 20 Manometer miring (Hewakandamby, 2012)	26
Gambar 3. 1 Alat Pengujian.....	28
Gambar 3. 2 <i>Flange orifice</i>	29
Gambar 3. 3 (a) Plat <i>orifice</i> pipa 1/2 inch dan (b) Plat <i>orifice</i> pipa 3/4 inch.....	29
Gambar 3. 4 <i>Globe valve</i>	30
Gambar 3. 5 Rotameter air	31
Gambar 3. 6 Pompa air	32
Gambar 3. 7 Tangki air	32

Gambar 3. 8 Manometer digital	33
Gambar 3. 9 Skema alat uji.....	34
Gambar 3. 10 Diagram alir penelitian.....	35
Gambar 3. 11 Diagram alir penelitian (Lanjutan).....	36
Gambar 4. 1 Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap $\Delta P_{rata-rata}$ Orifice pada pipa ½ inch	47
Gambar 4. 2 Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap <i>coefficient of discharge</i> Cd pada pipa ½ inch.....	48
Gambar 4. 3 Grafik perbandingan <i>Vorifice</i> (LPM) terhadap <i>Vaktual Rotameter</i> (LPM) pada pipa ½ Inch	49
Gambar 4. 4 Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap $\Delta P_{rata-rata}$ pada pipa ¾ inch.....	50
Gambar 4. 5 Grafik hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap <i>coefficient of</i>	51
Gambar 4. 6 Grafik perbandingan <i>Vorifice</i> (LPM) terhadap <i>Vaktual Rotameter</i> (LPM) pada pipa ¾ inch	52
Gambar 4. 7 Grafik ΔC_d pipa ½ inch dan ¾ inch.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kekasaran ekivalen untuk pipa baru (Munson, 2009)	18
Tabel 3. 1 Variasi pengujian pada pipa ½ inch	38
Tabel 3. 2 Variasi pengujian pada pipa ¾ inch	38
Tabel 4. 1 Data pada pipa PVC ½ inch	40
Tabel 4. 2 Data pada pipa PVC ¾ inch	41
Tabel 4. 3 Hasil perhitungan <i>Reynolds</i> (Re), ΔP dan <i>coefficient of discharge</i> (Cd) pada pipa ½ inch	47
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan debit orifice (<i>Vorifice</i>) Pada Pipa PVC ½ inch ...	49
Tabel 4. 5 Hasil perhitungan <i>Reynolds</i> (Re), ΔP dan <i>coefficient of discharge</i> (Cd) pada pipa ¾ inch	50
Tabel 4. 6 Hasil perhitungan debit orifice (<i>Vorifice</i>) pada pipa PVC ¾ inch....	52
Tabel 4. 7 Hasil perhitungan debit ΔC_d Pada Pipa ½ Inch dan Pipa ¾ Inch.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain <i>flange</i> dan plat orifice pada pipa ½ inch	60
Lampiran 2 Desain <i>flange</i> dan plat orifice pada pipa ¾ inch	61
Lampiran 3 Perhitungan <i>coefficient of discharge</i> (Cd) pada pipa ½ inch.....	62
Lampiran 4 Perhitungan <i>coefficient of discharge</i> (Cd) pada pipa ¾ inch.....	63
Lampiran 5 Hasil perhitungan debit orifice (<i>Vorifice</i>) Pada Pipa PVC ½ inch...64	
Lampiran 6 Hasil perhitungan debit orifice (<i>Vorifice</i>) pada pipa PVC ¾ inch...65	
Lampiran 7 Perhitungan interpolasi pada pipa ½ inch dan ¾ inch	66
Lampiran 8 Perbandingan hasil interpolasi Δ Prata-rata	67
Lampiran 9 Perbandingan hasil interpolasi Δ <i>Ideal</i>	68
Lampiran 10 Perbandingan hasil interpolasi Δ Cd	69

DAFTAR NOTASI

d	: Diameter orifice (m)
D	: Diameter dalam pipa (m)
P	: Tekanan (Pa)
C_d	: Koefisien curah
v	: Kecepatan aliran (m/s)
\dot{V}	: Debit (m^3/s)
ΔP	: Nilai beda tekanan (Pa)
ΔC_d	: Nilai beda koefisien curah
Re	: Bilangan Reynolds
ρ	: Massa jenis (kg/m^3)
μ	: Kekentalan ($\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$)
g	: Percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
m	: massa (kg)
A	: Luas suatu penampang (m^2)
z	: Elevasi (m)
s	: Arah gerak suatu partikel di sepanjang <i>streamline</i>
h_l	: <i>Head loss</i> (m)
K_L	: Koefisien kerugian
f	: Koefisien kekasaran
l_l	: <i>Entrance length</i> (m)
l	: Panjang pipa (m)
ds	: Turunan dari s
dP	: Turunan dari tekanan
dA	: Turunan dari luas penampang
dz	: Turunan dari elevasi
dv	: Turunan dari kecepatan

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 $\frac{1}{2}$ 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*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *orifice plate meter* dengan rasio $\beta = d/D = 0,19$ untuk ukuran pipa PVC $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ 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 $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ 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 $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch.

Data hasil percobaan didapat bahwa nilai ΔP pada pipa PVC $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ 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 $\frac{1}{2}$ inch, penyimpangan terbesar terjadi pada nilai $\dot{V}_{aktual\ rotameter}$ 5,5 LPM dengan 24%. Pada pipa PVC $\frac{3}{4}$ inch, penyimpangan terbesar terjadi pada nilai $\dot{V}_{aktual\ rotameter}$ 8 LPM dengan 33 %. Dengan menginterpolasi nilai C_d $\frac{3}{4}$ inch dengan C_d $\frac{1}{2}$ 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 ($\beta = d/D = 0,19$) seperti pada persamaan 4.1.

Kata kunci: beda tekanan, *coefficient of discharge*, debit orifice, *orifice plate meter*.