

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

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh:

**EKWIN DESTA PRATAMA
20130130159**

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

2017

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

PENGUJIAN *ORIFICE PLATE METER* SEBAGAI ALAT UKUR DEBIT
AIR DENGAN KAPASITAS 11 LPM PADA PIPA ½ INCH DAN ¼ INCH
(RASIO $\beta = d/D = 0,4$)

Disusun Oleh:
EKWIN DESTA PRATAMA
20130130195

Telah dipertahankan di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal 21 Agustus 2017

Susunan Tim Penguji :

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



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

Penguji



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

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

Tanggal 26 Agustus 2017

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Novi Caroko, ST., M.Eng.
NIP. 19791113 200501 1 001

HALAMAN PERNYATAAN

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 dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 21 Agustus 2017

Ekwin Desta Pratama

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 Ibu dan Bapak yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan dan cinta kasih yang tiada terhingga dan tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar 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 Broderhood]

Semua sahabat seperjuangan Teknik Mesin D 2013, Aan, Abdi G, Mega, Alpin, Anggit, Ari Fadli, Erjati Pitaloka, Arief Gombloh, Arya, Ayup, Bayu, Candra, Destik, Dede, Dinta, Edo, Eko, Ari, Hima, Ganto, Imam, Ina, Agung, Luji, Lukman, Shidiq, Siggit, 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. So, segera keluar dari zona nyamanmu dan selesaikan tanggung jawabmu yang masih terbengkalai.

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

[Dosen Pembimbingku]

Bapak Tito Hadji Agung S., S.T., M.T. dan Thoharudin, S.T., M.T. selaku dosen tugas akhir saya, 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.

Ekwin Desta Pratama, S. T.

MOTTO

Hai orang-orang beriman apabila dikatakan kepadamu: "Berlapang-lapanglah dalam majlis", maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: "Berdirilah kamu", maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.

(Q.s. al-Mujadalah : 11)

“KERJA KERAS ADALAH ENERGI KITA”

(P.T. PERTAMINA (Persero))

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 $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch terhadap tekanan, nilai koefisien curah dan debit air. Dengan menggunakan rasio $\beta = d/D = 0,4$ diharapkan dapat memprediksi debit air pada pipa $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch.

Parameter yang divariasikan meliputi ukuran pipa PVC dan debit aktual. Pipa yang digunakan adalah jenis pipa PVC berukuran $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ 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 $\frac{1}{2}$ inch maupun pada pipa $\frac{3}{4}$ 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.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirrabbilalamin, penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia yang dilimpahkan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul **“PENGUJIAN ORIFICE PLATE METER SEBAGAI ALAT UKUR DEBIT AIR DENGAN KAPASITAS 11 LPM PADA PIPA ½ INCH DAN ¾ INCH (RASIO $\beta = d/D = 0,4$)”**

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih atas segala bantuan selama melakukan penelitian ini. Penulis mengucapkan ucapan terima-kasih kepada :

1. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan hati yang sabar.
3. Bapak Thoharudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan teknis dalam penyusunan naskah skripsi.
4. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.sc, Ph.D. selaku Dosen Penguji
5. Staff pengajar, Laboran, dan TU jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Orangtua saya Bapak Eko Suparno dan Ibu Winarti, Adik saya Ahmad Andryan Prakoso, Aira Sukma Rahmadhani serta keluarga besar di Lampung yang terus tanpa henti mendukung saya.
7. Sahabat seperjuangan (*Orifice Team*), Destik, Alpin, Dede, beserta teman teman Teknik Mesin Khususnya untuk teman teman kelas D angkatan 2013.

8. Kepada Bayu, Ari, Erjati, Candra, Fajar Gendot yang telah telah mendukung secara moral.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun.

Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat khususnya bagi kita civitas akademika dan umumnya bagi pembaca semua, Amin.

Yogyakarta, 21 Agustus 2017

Ekwin Desta Pratama

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
PERSEMBAHAN.....	iv
MOTTO	vi
INTISARI	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	4
DASAR TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori.....	15
2.2.1 Persamaan Bernoulli	15
2.2.2 Penerapan Persamaan Bernoulli Pada <i>Orifice Plate Meter</i>	17
2.2.3 <i>Coeficient of Discharge</i>	20
2.2.4 <i>Head Loss</i> (Rugi Aliran)	21
2.2.5 Rejim Aliran.....	24
2.2.6 Aliran <i>Fully developed</i>	26

2.2.7	Pengukuran Laju Aliran Fluida.....	27
2.2.8	Metode <i>Flow-Obstruction</i>	28
2.2.9	<i>Orifice Plate Meter</i>	28
2.2.10	<i>Flow Nozzle</i>	29
2.2.11	Venturi Meter.....	30
2.2.12	Pengukuran Beda Tekanan.....	30
2.2.13	Manometer Tabung U (U-Tube Manometer).....	31
2.2.14	Manometer tabung miring.....	32
BAB III		34
METODE PENELITIAN.....		34
5.1	Alat Penelitian	34
5.2	Bahan Pengujian.....	41
5.3	Skema Alat Uji	41
5.4	Prosedur Penelitian.....	43
3.4.1	Diagram Alir Penelitian	43
3.4.2	Tahap Pelaksanaan	45
3.4.3	Pengambilan Data	46
3.4.4	Prosedur Analisis Data.....	46
5.5	Variasi Pengujian	46
BAB IV		49
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		49
3.1	Perhitungan <i>Fully Developed</i>	49
3.2	Hasil Penelitian	50
4.4.1	Data hasil penelitian pada Pipa PVC ½ dan ¾ Inch	50
3.3	Perhitungan.....	53
4.3.1	Perhitungan Cd pada Pipa PVC ½ Inch	53
4.3.2	Perhitungan Debit <i>Orifice</i> ($\dot{V}_{orifice}$) pada pipa PVC ½ Inch.....	54
4.3.3	Perhitungan Cd pada Pipa PVC ¾ Inch	55
4.3.4	Perhitungan Debit <i>Orifice</i> ($\dot{V}_{orifice}$) pada pipa PVC ¾ Inch.....	57
4.4	Pembahasan	57
4.4.1	Re, ΔP dan Cd Pada Pipa ½ Inch	58
4.4.2	Debit <i>Orifice</i> ($\dot{V}_{orifice}$) pada pipa PVC ½ Inch.....	61

4.4.2	Re, ΔP dan Cd Pada Pipa $\frac{3}{4}$ Inch	63
4.4.3	Debit <i>Orifice</i> ($\dot{V}_{orifice}$) pada pipa PVC $\frac{3}{4}$ Inch	66
4.4.4	Grafik Re Terhadap ΔCd	68
BAB V		70
KESIMPULAN DAN SARAN.....		70
5.1	Kesimpulan.....	70
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN.....		74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik Re terhadap ΔC_d (Kurniawan, 2017).	6
Gambar 2. 2 Grafik Re terhadap ΔC_d (Saputra, 2017).	7
Gambar 2. 3 Grafik Re terhadap C_d untuk $d = 5,4$ mm (Ghurri, 2016).	8
Gambar 2. 4 Grafik Re terhadap C_d untuk $d = 10,8$ mm (Ghurri, 2016).	8
Gambar 2. 5 Grafik Re - C pada plat <i>orifice</i> konsentris (Hollingshead, 2011).	10
Gambar 2. 6 Grafik Rasio β Terhadap C_d (Rahman, 2009).	11
Gambar 2. 7 Grafik Re terhadap C_d (Rahman , 2009).	12
Gambar 2. 8 Diagram batang Rasio β terhadap C_d (Rahman,2009)	13
Gambar 2. 9 Grafik Re - C_d untuk plat <i>orifice</i> tebal 10 mm (Septiadi, 2008).	13
Gambar 2. 10 Grafik Re - C_d untuk plat <i>orifice</i> tebal 20 mm (Septiadi, 2008)....	14
Gambar 2. 11 Area persamaan Bernoulli (Cengel, 2006).....	15
Gambar 2. 12 Gaya yang bekerja pada partikel fluida sepanjang streamline	15
Gambar 2. 13 Skema <i>Orifice Plate Meter</i> (Al-Shemmeri, 2012)	17
Gambar 2. 14 Aliran didekat dinding kasar dan halus (Munson,2009).	21
Gambar 2. 15 Diagram Moody (Munson,2009)	22
Gambar 2. 16 Profil jenis aliran (Munson, 2009)	25
Gambar 2. 17 Skema aliran berkembang penuh kecepatan (White, 1998).....	26
Gambar 2. 18 <i>Orifice Plate Meter</i> (Al-shemmeri, 2012).....	29
Gambar 2. 19 <i>Flow Nozzle</i> (Munson, 2009)	30
Gambar 2. 20 Venturi meter (Munson, 2009).....	30
Gambar 2. 21 U-Tube Manometer (Hewakandamby, 2012)	31
Gambar 2. 22 Pengukuran menggunakan manometer (Hewakandamby, 2012)....	32
Gambar 2. 23 Manometer miring (Hewakandamby, 2012)	32
Gambar 3. 1 Alat pengujian	34
Gambar 3. 2 flange <i>orifice</i>	35
Gambar 3. 3 Pipa PVC	36
Gambar 3. 4 Gate valve.....	36
Gambar 3. 5 Rotameter air	37
Gambar 3. 6 Pompa air	38

Gambar 3. 7 Tangki air	38
Gambar 3. 8 Ball valve	39
Gambar 3. 9 (a) Plat <i>orifice</i> pipa ½ inch dan (b) Plat <i>orifice</i> pipa ¾ Inch.....	40
Gambar 3. 10 <i>Pressure Differential</i>	40
Gambar 3. 11 Skema alat uji.....	42
Gambar 3. 12 Diagram alir penelitian.....	43
Gambar 4. 1 Grafik Re terhadap $\Delta P_{rata-rata}$ pada pipa ½ inch	59
Gambar 4. 2 Grafik Re terhadap Cd pada pipa ½ inch	60
Gambar 4. 3 Grafik $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa ½ inch.....	62
Gambar 4. 4 Grafik Re terhadap $\Delta P_{rata-rata}$ pada pipa ¾ inch	64
Gambar 4. 5 Grafik Re terhadap Cd pada pipa ¾ inch	65
Gambar 4. 6 Grafik $\dot{V}_{orifice}$ terhadap \dot{V}_{aktual} pada pipa ¾ inch	67
Gambar 4. 7 Grafik Re terhadap ΔCd	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Koefisien kekasaran pada pipa baru (Munson,2009).....	23
Tabel 2. 2 Koefisien kerugian pada komponen pipa (munson, 2009).	23
Tabel 3. 1 Variasi Pengujian pada pipa ½ inch.....	47
Tabel 3. 2 Variasi Pengujian pada pipa ¾ inch.....	48
Tabel 4. 1 Data pada pipa ½ inch.....	51
Tabel 4. 2 Data pada pipa ¾ inch.....	52
Tabel 4. 3 Hasil perhitungan Re, ΔP dan Cd pada pipa ½ inch.....	58
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan $\dot{V}_{orifice}$ pada pipa ½ inch.....	61
Tabel 4. 5 Hasil perhitungan Re, ΔP dan Cd pada pipa ¾ inch.....	63
Tabel 4. 6 Hasil perhitungan $\dot{V}_{orifice}$ pada pipa ¾ inch.....	66

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Perhitungan nilai Cd pada pipa ½ inch.	74
LAMPIRAN 2 Perhitungan nilai Cd pada pipa ¾ inch.	75
LAMPIRAN 3 Hasil perhitungan $\dot{V}_{orifice}$ pada pipa ½ inch.	76
LAMPIRAN 4 Hasil perhitungan $\dot{V}_{orifice}$ pada pipa ¾ inch.	77
LAMPIRAN 5 Perbandingan hasil perhitungan pada ½ dan ¾ inch.	78
LAMPIRAN 6 Perhitungan interpolasi pada pipa ½ dan ¾ inch.	79
LAMPIRAN 7 Perbandingan hasil interpolasi $\Delta P_{Rata-rata}$	80
LAMPIRAN 8 Perbandingan hasil interpolasi $\dot{V}_{air\ ideal}$	81
LAMPIRAN 9 Perbandingan hasil interpolasi Cd.	82
LAMPIRAN 10 Desain flange dan plat <i>orifice</i> pada pipa ½ inch.	83
LAMPIRAN 11 Desain flange dan plat <i>orifice</i> pada pipa ¾ inch.	84

DAFTAR NOTASI

d	: Diameter orifice (m)
D	: Diameter dalam pipa (m)
P	: Tekanan (Pa)
C_d	: <i>Coefficient of discharge</i>
v	: Kecepatan aliran (m/s)
\dot{V}	: Debit (m ³ /s)
ΔP	: Nilai beda tekanan (Pa)
ΔC	: Nilai beda koefisien curah
Re	: Bilangan Reynolds
ρ	: Massa jenis (kg/m ³)
μ	: Kekentalan (kg/m.s)
g	: Percepatan gravitasi (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	: Entrance length (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