

**PENGUJIAN *ORIFICE PLATE METER* SEBAGAI ALAT UKUR DEBIT  
AIR DENGAN KAPASITAS 6 LPM PADA PIPA ½ INCH DAN ¾ INCH  
(RASIO  $\beta = d/D = 0,16$ )**

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh:**

**ALFIN SAPUTRA  
20130130165**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2017**

**HALAMAN PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**PENGUJIAN *ORIFICE PLATE METER* SEBAGAI ALAT UKUR DEBIT  
AIR DENGAN KAPASITAS 6 LPM PADA PIPA ½ INCH DAN ¾ INCH  
(RASIO  $\beta = d/D = 0,16$ )**

**Disusun Oleh:  
ALFIN SAPUTRA  
20130130165**

**Telah dipertahankan di Depan Tim Penguji  
Pada Tanggal Agustus 2017**

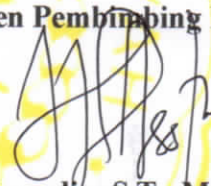
**Susunan Tim Penguji :**

**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. 19740302200104 123049**

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

**Tanggal 21 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

Alfin Saputra

## 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 Mama dan papa 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 Mama dan Papa bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa berbuat yang lebih. Untuk Mama dan Papa yang selalu menyirami kasih sayang, selalu menasehatiku dan mendoakanku untuk menjadi lebih baik.**

**Terima Kasih Mama... Terima Kasih Papa..**

**[ Teknik Mesin D 2013 Broderhood ]**

**Semua sahabat seperjuangan Teknik Mesin D 2013, Aan, Abdi G, Mega, Ari, Anggit, Ari Fadli, Erjati Pitaloka, Arief Gombloh, Arya, Ayup, Bayu, Candra, Destik, Dede, Dinta, Edo, Eko, Ekwin, Hima, Ganto, Imam, Ina, Agung, Luji, Lukman, Shidiq, Siggitt, Sulis, Tomi, Uman, Wawan, Sony, Afif, Muarif, dan teman-teman Teknik Mesin 2013. 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 Titi Hadji Agung Santoso, S.T., M.T. dan Bapak 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.**

**Alfin Saputra, S.T.**

## MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ ﴿١﴾

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٢﴾ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٣﴾

فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ﴿٤﴾

“Sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh - sungguh urusan yang lain dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”,

(Q.S Al-Insyirah, 6-8)

## 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  $\beta = d/D = 0,16$  yang sama untuk ukuran pipa yang berbeda terhadap nilai beda tekanan, nilai koefisien curah dan debit air.

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; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6 LPM. Untuk rasio orifice yang digunakan yaitu  $\beta = d/D = 0,16$ . Setelah nilai beda tekanan disetiap varisai didapatkan selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan persamaan Bernoulli guna mengetahui nilai koefisien curah.

Berdasarkan hasil pengujian, Hasil perbandingan  $\dot{V}_{orifice}$  terhadap  $\dot{V}_{aktual}$  pada pipa  $\frac{1}{2}$  inch dan  $\frac{3}{4}$  inch mengalami kenaikan konstan. Semakin tinggi bilangan Reynoldnya maka semakin tinggi nilai penyimpangan beda tekanan. Nilai penyimpangan tertinggi mencapai 77,10 % pada angka Reynolds 4100. Untuk nilai koefisien curah tertinggi terdapat pada bilangan Reynolds 1300 dengan nilai deviasi sebesar 4,70 % dan yang terendah terdapat pada bilangan Reynolds 3500 dengan nilai deviasi sebesar 0,25 % mendekati nilai 0 %. Kemudian kembali mengalami kenaikan pada bilangan Reynolds  $\geq 4100$ . Pada bilangan Reynolds  $> 1300$  nilai koefisien curah memiliki nilai yang hampir sama dengan penyimpangan di bawah  $< 5\%$ .

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

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirrahmannirrahim, penulis panjatkan kehadiran 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 6 LPM PADA PIPA ½ INCH DAN ¾ INCH (RASIO  $\beta = d/D = 0,16$ )”

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 membimbing dan memberikan arahan dengan hati yang tulus, sabar dan iklas.
3. Bapak Thoharudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan teknis dalam penyusunan naskah tugas akhir.
4. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc, Ph.D. selaku Dosen Penguji.
5. Orangtua saya Bapak Irwan Saputra dan Ibu Mania Wati, Kakak saya Is Ayu Adha dan adik saya Arif Saputra, Adel Putri Savana. Serta keluarga besar saya di Palembang yang terus tanpa henti mendukung saya di dalam lisan maupun doanya.



6. Sahabat seperjuangan (*orifice team*) Destik, Ekwin, Dede, beserta teman teman Teknik Mesin Khususnya untuk kelas D angkatan 2013.
7. Rekan-rekan Bujang dewa, Dewa Ruci, Betung, Banyuasin, Sumsel.
8. Kepada Rizki (pak rt kos), Maol, Betet, Bayu, Ari dkk.
9. Rekan rekan dan sahabat saya alumni 2013, SMA N 1 betung.
10. Rekan rekan dan sahabat KHAD ECO TEAM yang telah memberikan dukungan secara moral.
11. Kepada Team KKN 147 Mojolegierss.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir 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

Alfin Saputra

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	.
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
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
1.1 Latar Belakang .....	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 .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 Dasar Teori .....	10
3.2.1 Persamaan Bernoulli .....	10
3.2.2 Penerapan Persamaan Bernoulli Pada Orifice Plat Meter .....	12
3.2.3 Head Losses .....	14
3.2.4 Rejim aliran .....	18
3.2.5 Aliran Fully Developed .....	19
3.2.6 Pengukuran Laju Aliran .....	20

3.2.7	Flow Meter Berbasis Beda Tekanan .....	21
3.2.8	Plat Orifice .....	22
3.2.9	Pengukuran Perbedaan Tekanan .....	24
BAB III .....		27
3.1	Alat Penelitian .....	27
3.2	Bahan Penelitian.....	34
3.3	Skema Alat Uji .....	34
3.4	Prosedur Penelitian.....	36
3.3.1	Diagram Alir Penelitian .....	36
3.2.1	Tahap Pelaksanaan.....	38
3.4.3	Pengambilan Data .....	39
3.4.3	Prosedur Analisis Data.....	39
3.5	Tes Kebocoran.....	39
3.6	Kesulitan Penelitian.....	40
3.7	Variasi Pengujian .....	40
BAB IV .....		41
4.1	Perhitungan Fully Developed.....	41
4.2	Hasil Penelitian .....	42
4.2.1	Data hasil penelitian pada Pipa PVC ½ dan ¾ Inch .....	42
4.3	Perhitungan.....	43
4.3.1	Perhitungan Koefisien Curah (C) pada Pipa PVC ½ Inch .....	43
4.3.2	Perhitungan Koefisien Curah (C) pada Pipa PVC ¾ Inch .....	45
4.3.3	Perhitungan Debit Orifice ( <b>Vorifice</b> ) pada Pipa ½ inch .....	47
4.3.4	Perhitungan Debit Orifice ( <b>Vorifice</b> ) pada Pipa ¾ inch .....	47
4.3.6	Perhitungan Standar Deviasi ΔP pada pipa ½ inch.....	48
4.3.6	Perhitungan Standar Deviasi ΔP pada Pipa ¾ inch.....	49
4.4	Pembahasan .....	49
4.4.1	Pada Pipa ½ Inch.....	50
4.4.2	Pada Pipa ¾ Inch.....	54
4.4.3	Perbandingan Perhitungan Pada Pipa ½ Inch dan Pipa ¾ Inch .....	58
4.4.4	Grafik Deviasi Pipa ½ Inch dan Pipa ¾ Inch.....	59

BAB V .....	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran.....	63
Daftar Pustaka.....	64
LAMPIRAN.....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Deviasi $\Delta C_d$ (Kurniawan, 2017).....	2
Gambar 2.2 Grafik Deviasi $\Delta C_d$ (Pratama, 2017) .....	6
Gambar 2.3 Diagram batang koefisien debit ( $C_d$ ) terhadap rasio beta ( $\beta$ ) (Rahman,2009).....	7
Gambar 2.4 Grafik hubungan antara bilangan Reynolds dengan <i>Discharge</i> .....	8
Gambar 2.5 Grafik discharge coefficient orifice flow meter.....	9
Gambar 2.6 Grafik discharge coefficient orifice flow meter.....	10
Gambar 2.7 Area Persamaan Bernoulli (Cengel, 2006).....	10
Gambar 2.8 Gaya yang bekerja pada partikel fluida sepanjang streamline .....	11
Gambar 2.9 Aliran pada dinding kasar dan dinding halus (Munson, 2009) .....	15
Gambar 2.10 Diagram Moody (Munson, 2009) .....	16
Gambar 2.11 Pola Aliran (Munson, 2009).....	18
Gambar 2.12 Skema aliran berkembang penuh (White, 1998).....	19
Gambar 2.13 Orifice Plat Meter.....	22
Gambar 2.14 Prinsip kerja plat orifice .....	23
Gambar 2.15 Manometer tabung U (Hewakandaby, 2012).....	24
Gambar 2.16 Pengukuran beda tekanan menggunakan manometer .....	25
Gambar 2.17 Manometer tabung miring (Hewakandaby, 2012) .....	26
Gambar 3.1 Alat pengujian .....	27
Gambar 3.2 <i>Flange</i> orifice .....	28
Gambar 3.3 Pipa ½ inch dan ¾ inch .....	29
Gambar 3.4 Gate valve.....	29
Gambar 3.5 Rotameter air .....	30
Gambar 3.6 Pompa air .....	31
Gambar 3.7 Tangki air .....	32
Gambar 3.8 Plat orifice .....	32
Gambar 3.9 <i>Pressure Differential</i> .....	33
Gambar 3.10 <i>Ball Valve</i> .....	34
Gambar 3.11 Skema alat uji.....	35

Gambar 3.12 Diagram alir penelitian.....	36
Gambar 3.13 Diagram alir penelitian (lanjutan) .....	37
Gambar 3.14 Diagram alir penelitian (Lanjutan).....	38
Gambar 4.1 Grafik hubungan $Re$ terhadap $\Delta P_{rata-rata}$ pipa $\frac{1}{2}$ inch .....	51
Gambar 4.2 Grafik hubungan $Re$ terhadap $C$ $\frac{1}{2}$ inch.....	51
Gambar 4.3 Grafik perbandingan <i>Vorifice</i> terhadap <i>Vaktual</i> .....	52
Gambar 4.4 Grafik standar deviasi pada pipa $\frac{1}{2}$ inch .....	53
Gambar 4.5 Grafik hubungan $Re$ terhadap $\Delta P_{rata-rata}$ pada pipa $\frac{3}{4}$ inch .....	55
Gambar 4.6 Grafik hubungan $Re$ terhadap $Cd$ pada pipa $\frac{3}{4}$ inch .....	55
Gambar 4.7 Grafik perbandingan <i>Vorifice</i> terhadap <i>Vaktual</i> .....	56
Gambar 4.8 Grafik standar deviasi pada pipa $\frac{3}{4}$ inch .....	57
Gambar 4.9 Grafik Deviasi $\Delta Cd$ .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien kekasaran pada pipa baru (Munson, 2009).....	16
Tabel 2.2 Koefisien kerugian pada komponen pipa (munson, 2009) .....	17
Tabel 2.3 Karakteristik orifice, floe nozzle, venturi (Mcdonalds, 2011).....	21
Tabel 3.1 Variasi Pengujian .....	40
Tabel 4.1 Data pada pipa PVC ½ inch .....	42
Tabel 4.2 Data pada pipa PVC ¾ inch .....	43
Tabel 4. 3 Hasil perhitungan Reynolds (Re), $\Delta P_{rata-rata}$ dan Koefisien curah (Cd)	50
Tabel 4.4 Hasil perhitungan <i>Vorifice</i> terhadap <i>Vaktual</i> pada pipa ½ inch .....	52
Tabel 4.5 Hasil perhitungan standar deviasi terhadap $\Delta P$ pada pipa ½ inch. ....	53
Tabel 4.6 Hasil perhitungan Reynolds (Re), $\Delta P$ dan Koefisien curah (Cd).....	54
Tabel 4.7 Hasil perbandingan <i>Vorifice</i> terhadap <i>Vaktual</i> .....	56
Tabel 4.8 Hasil perhitungan standar deviasi terhadap $\Delta P$ .....	57
Tabel 4.9 Hasil perhitungan perbandingan $\Delta P_1 - \Delta P_2$ .....	58
Tabel 4.10 Hasil perhitungan perbandingan $v_1 - v_2$ pada pipa ½ .....	58
Tabel 4.11 Hasil perhitungan perbandingan $V_{air\ ideal\ 2} - V_{air\ ideal\ 1}$ .....	59
Tabel 4.12 Hasil perhitungan perbandingan $Cd_2 - Cd_1$ .....	59

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Gambar <i>flange</i> dan plat orifice pada pipa ½ inch. ....	66
LAMPIRAN 2. Gambar <i>flange</i> dan plat orifice pada pipa ¾ inch. ....	67
LAMPIRAN 3. Perhitungan koefisien (Cd) pada pipa ½ inch .....	68
LAMPIRAN 4. Perhitungan koefisien (Cd) pada pipa ¾ inch .....	68
LAMPIRAN 5. Tabel perhitungan <i>V<sub>orifice</sub></i> terhadap <i>V<sub>aktual</sub></i> pada pipa ½ inch .....	69
LAMPIRAN 6. Tabel perhitungan <i>V<sub>orifice</sub></i> terhadap <i>V<sub>aktual</sub></i> pada pipa ¾ inch .....	69
LAMPIRAN 7. Perbandingan hasil perhitungan pada pipa ½ inch dan ¾ inch ..	70
LAMPIRAN 8. Perhitungan interpolasi pada pipa ½ inch dan ¾ inch .....	70
LAMPIRAN 9. Perbandingan hasil interpolasi $\Delta P_{rata\ rata}$ .....	71
LAMPIRAN 10. Perbandingan hasil interpolasi <i>V<sub>ideal</sub></i> .....	71
LAMPIRAN 11. Perbandingan hasil interpolasi $\Delta Cd$ .....	71



## 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 <sup>3</sup> /s)
$\Delta P$	: Nilai beda tekanan (Pa)
$\Delta C_d$	: Nilai koefisien curah
$Re$	: Bilangan Reynolds
$\rho$	: Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )
$\mu$	: Kekentalan (kg/m.s)
$g$	: Percepatan gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
$m$	: Massa (kg)
$A$	: Luas suhu penampang (m <sup>2</sup> )
$z$	: Elevasi (m)
$s$	: Arah gerak suatu partikel di sepanjang <i>streamline</i>
$h_l$	: <i>Head losses</i> (m)
$K_L$	: Koefisien kerugian
$l$	: Panjang pipa
$ds$	: Turunan dari $s$
$dP$	: Turunan dari tekanan
$dA$	: Turunan dari luas penampang
$dz$	: Turunan dari elevasi
$dv$	: Turunan dari kecepatan