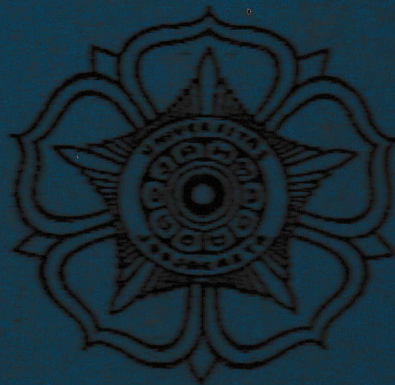


KARAKTERISTIK ALIRAN *PLUG* AIR-UDARA PADA PIPA  
BERDIAMETER KECIL DAN HORIZONTAL

Tesis

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat sarjana S2

Program Studi Teknik Mesin  
Bidang Ilmu Teknik



Diajukan oleh :  
Bilhan Gamaliel Hartanto  
10306857/PTK/06925

Kepada  
PROGRAM STUDI S2 TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS GADJAH MADA  
YOGYAKARTA  
2013

# TESIS

**Karakteristik Aliran *Plug* Air-Udara Pada Pipa Berdiameter Kecil dan Horizontal**

*The Plug Characteristic Of Air-Water Two Phase Flow a Horizontal Small Diameter Pipe*

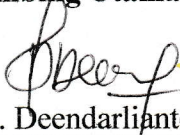
**Dipersiapkan dan disusun oleh:**

Bilhan Gamaliel Hartanto

10/306857/PTK/06925


telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 25 November 2013

**Pembimbing Utama**



Dr. Eng. Deendarlianto, S.T., M.Eng

**Anggota Dewan Penguji Lain**



Ir. Hermawan, M.si

**Pembimbing Pendamping**



Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA



Adhika W, S.T., M.Biomed.Sc., Ph.D

**Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Magister**

Tanggal, 12 Desember 2013

Pengelola Program Studi: Teknik Mesin




Fauzan, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197111261998031002

Mengetahui,

Wakil Penanggung Jawab Program Studi Teknik Mesin



Prof. Ir. Jamasri, Ph.D.  
NIP. 196107041988031002

## PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dibagian naskah dan daftar pustaka tesis ini.

Yogyakarta, 12 Desember 2013



Bilhan Gamaliel Hartanto

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan yang maha esa atas segala rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul “Karakteristik Aliran *Plug* Air-Udara Pada Pipa Berdiameter Kecil dan Horisontal” tanpa ada suatu halangan yang berarti. Dalam kesempatan kali ini, penulis memberikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan tesis ini, diantaranya kepada:

1. Orang tua Ayahanda Suhartanto dan Ibunda Endang Prihartini tercinta; untuk kasih sayang yang tak terhingga, motivasi, semangat, pelajaran hidup, nasehat, dan doa yang luar biasa yang tak henti-hentinya dipanjatkan untuk anaknya.
2. Dr. Eng. Deendarlianto, S.T., M.Eng, dan Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA, selaku dosen pembimbing tesis atas bimbingan dan saran-saran yang telah diberikan kepada penulis dalam penyusunan tesis ini.
3. Fauzun, S.T., MT., Ph.D selaku pengelola Program Studi Pascasarjana Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
4. Fauzun, S.T., MT., Ph.D, selaku dosen pembimbing akademik.
5. Teman-teman satu kelompok pak Okto, Pak Zidni, Miko, Qidun, Moeso dan Pak Joko yang menemani dalam penelitian dan pembuatan tesis.
6. Teman-teman angkatan 2010 yaitu : Ahmad zohari, Sonika maulana, Dodi alfianto yang kompak selalu dalam belajar dan berkarya.

Penulis berharap tesis ini dapat memberikan sumbangan ilmu yang berguna dalam dunia keteknikan, khususnya dalam bidang aliran dua fase. Terima kasih.

Yogyakarta, 12 Desember 2013

Penulis



Bilhan Gamaliel Hartanto

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xi
INTISARI .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv

### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka .....	4
2.1.1. Peta Pola Aliran .....	4
2.1.2. Analisis sinyal .....	4
2.1.3. Pengaruh diameter pipa .....	5
2.2. Landasan Teori .....	9
2.2.1. Peta Pola Aliran dua fase .....	9
2.2.2. Pola aliran <i>plug</i> .....	14
2.2.3. Analisis visualisasi .....	16
2.2.4. Analisis sinyal .....	16
2.2.5. <i>Constant Electric Current Method (CECM)</i> .....	17

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Bahan Penelitian .....	19
3.2. Peralatan .....	19
3.2.1. Perakitan Alat .....	19
3.2.2. Aliran Air .....	21
3.2.3. Aliran Udara .....	23
3.2.4. Seksi Uji .....	24
3.2.4. Peralatan Pengambilan Gambar dan Data Sinyal .....	25
3.3. Prosedur Penelitian.....	26
3.3. Analisa Hasil .....	28

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Karakteristik dan pemetaan pola aliran <i>plug</i> .....	29
4.2. <i>Liquid Hold up</i> .....	35
4.3. Kecepatan gas <i>plug</i> .....	38
4.4. Kecepatan Gelombang .....	41
4.5. Frekuensi Gelombang .....	47

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	52

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	53
-----------------------------	----

<b>LAMPIRAN</b> .....	55
-----------------------	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik tekanan dengan perubahan frekuensi <i>slug</i> yang dilakukan Ujang dkk (2006).....	5
Gambar 2.2	Penelitian Lin dan Haranty (1987).....	6
Gambar 2.3	Penelitian Jepsont dan Taylor (1993) .....	7
Gambar 2.4	Alat pengujian yang dilakukan Weisman dkk (1978) .....	8
Gambar 2.5	Pola - pola aliran pada aliran searah horisontal .....	10
Gambar 2.6	Peta pola aliran Baker untuk aliran horisontal (Baker,1954) .....	11
Gambar 2.7	Peta Mandhane dkk (1974).....	13
Gambar 2.8	Peta Taitel dan Dukler (1976).....	13
Gambar 2.9	Pola aliran <i>plug</i> (Santoso dkk, 2010).....	14
Gambar 2.10	Skema diagram peralatan CECM.....	17
Gambar 3.1	Susunan peralatan eksperimen.....	20
Gambar 3.2	(a) Pompa air menuju seksi uji; (b) Pompa air sirkulasi.....	21
Gambar 3.3	<i>Flowmeter</i> air.....	22
Gambar 3.4	(a) <i>Mixer</i> air-udara di pipa diameter 16 mm, (b) <i>Mixer</i> air-udara di pipa diameter 26 mm.....	23
Gambar 3.5	(a) Regulator udara (b) <i>flowmeter</i> udara .....	24
Gambar 3.6	(a) <i>Rig</i> dan pipa <i>acrylic</i> (b) Lampu penerangan dan <i>correction box</i> .....	25
Gambar 3.7	Sensor CECM.....	25
Gambar 3.8	Diagram alir penelitian.....	27
Gambar 4.1	Visualisasi pola aliran <i>plug</i> $J_L = 0,25$ m/s dan $J_G = 0,12$ m/s.....	29
Gambar 4.2	<i>Liquid hold-up</i> dan <i>Probability Distribution Function</i> aliran <i>plug</i> dengan $J_L=0,25$ m/s dan $J_G = 0,12$ m/s.....	30
Gambar 4.3	Pemetaan data penelitian ke dalam peta Mandhane (1974).....	31
Gambar 4.4	Perbandingan peta pola aliran penelitian dengan Mandhane (1974), Weisman et. al (1979), Lin & Hanratty (1987), Taitel & Dukler (1976).....	31

Gambar 4.5	Panjang gas <i>plug</i> .....	32
Gambar 4.6	Panjang liquid <i>plug</i> .....	33
Gambar 4.7	Panjang <i>plug</i> .....	34
Gambar 4.8	Hubungan antara kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) dan kecepatan superfisial air ( $J_L$ ) terhadap <i>liquid hold-up</i> rata-rata...	35
Gambar 4.9	Perbandingan <i>liquid hold up</i> rata-rata .....	36
Gambar 4.10	Parameter X (Lochart-Martinelli) terhadap <i>liquid hold up</i> rata- rata.. .....	37
Gambar 4.11	Hubungan antara kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) dan kecepatan superfisial air ( $J_L$ ) terhadap kecepatan gas <i>plug</i> . .....	38
Gambar 4.12	Perbandingan kecepatan gas <i>plug</i> . .....	39
Gambar 4.13	Hubungan kecepatan campuran dengan kecepatan gas <i>plug</i> .....	40
Gambar 4.14	Fungsi <i>cross correlation</i> $J_L=0,25$ m/s dan $J_G = 0,12$ m/s pada pipa diameter 16 mm.....	41
Gambar 4.15	Fungsi <i>cross correlation</i> dengan ( $J_L=0,25$ m/s dan $J_G = 0,12$ m/s) pada pipa diameter 26 mm.....	42
Gambar 4.16	Hubungan kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) dan kecepatan superfisial air ( $J_L$ ) terhadap keterlambatan waktu pada pipa diameter 16mm.....	42
Gambar 4.17	Hubungan kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) dan kecepatan superfisial ai ( $J_L$ ) terhadap keterlambatan waktu pada pipa diameter 26 mm .....	43
Gambar 4.18	Perbandingan <i>time lag</i> . .....	44
Gambar 4.19	Hubungan kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) dan kecepatan superfisial air ( $J_L$ ) terhadap kecepatan gelombang pada pipa diameter 16 mm.....	44
Gambar 4.20	Hubungan kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) dan kecepatan superfisial air ( $J_L$ ) terhadap kecepatan gelombang pada pipa diameter 26mm.....	45
Gambar 4.21	Perbandingan kecepatan gelombang. ....	45



Gambar 4.22	Hubungan kecepatan gelombang terhadap kecepatan campuran.	46
Gambar 4.23	Perbandingan kecepatan gelombang terhadap kecepatan campuran.....	47
Gambar 4.24	Sinyal <i>liquid hold up</i> dalam bentuk frekuensi dominan <i>Power Spectra Density (PSD)</i> $J_L = 0,25$ m/s dan $J_G = 0,12$ m/s. ....	48
Gambar 4.25	Hubungan antara kecepatan superfisial air ( $J_L$ ) dan kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) terhadap frekuensi gelombang.....	49
Gambar 4.26	Perbandingan frekuensi gelombang.....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan faktor koreksi (F) dengan X dan Y.....	12
Tabel 3.1 Matrik penelitian aliran plug di pipa diameter 16 mm dan 26 mm....	28