

**TUGAS AKHIR**  
**INVESTIGASI POLA ALIRAN DUA – FASE UDARA – AIR DAN MINYAK**  
**PADA PIPA KAPILER HORIZONTAL**

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik



**UMY**  
UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA

Unggul & Islami

Disusun Oleh :  
**Zahid Ahmad Faiz**  
20170130073

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**  
**2021**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini adalah asli hasil karya saya dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks referensi yang ditulis dengan menyantumkan sumbernya dalam naskah dan daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi yang saya tulis ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, 16 Oktober 2021



**Zahid Ahmad Faiz**

## KATA PENGANTAR

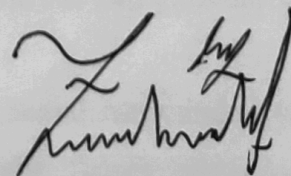
Alhamdulillah, segala puji kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, nikmat dan petunjuk-Nya sehingga skripsi tugas akhir dengan judul “Investigasi Pola Aliran Dua – Fase Udara – Air dan Minyak pada Pipa Kapiler Horizontal” dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Skripsi ini disusun untuk diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana S-1 di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang turut membantu memberikan arahan, bimbingan dan motivasi-Nya dalam Penyusunan skripsi tugas akhir ini, yaitu:

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sukamta M.T., IPM., selaku dosen pembimbing utama tugas akhir atas arahan, bimbingan dan motivasi-Nya dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Sudarja M.T., IPM., selaku dosen pembimbing pendamping tugas akhir atas arahan, bimbingan dan motivasi-Nya dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Totok Suwanda, S.T., M.T. selaku dosen penguji tugas akhir atas saran, kritikan dan bimbingannya dalam menyelesaikan skripsi.
5. Bapak Ibu Dosen dan Staf lainnya serta seluruh civitas akademika Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

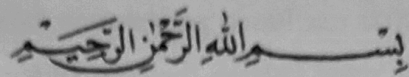
Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan dan pembelajaran selanjutnya. Semoga kebaikan dari pihak-pihak yang disebutkan mendapatkan balasan dari Allah SWT dan Semoga skripsi tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang berkepentingan dan berkenan untuk membacanya.

Yogyakarta, 16 Oktober 2021



Zahid Ahmad Faiz

## HALAMAN PERSEMBAHAN

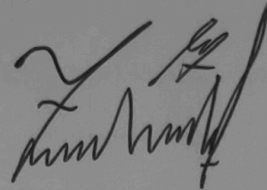


Alhamdulillahirabbilalaamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, nikmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu dengan rasa bahagia dan penuh suka cita penulis haturkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua bapak Suryanto dan ibu Sunarwi, yang telah membiayai, mendukung dan mendoakan kesuksesan penulisan dalam masa studi di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Terimakasih atas seluruh doa yang selalu dipanjatkan disetiap ibadahnya. Penulis hanya bisa mendoakan semoga segala kerja keras dan doa dari kedua orang tua dibalas oleh Allah SWT dan mendapatkan kebahagiaan di dunia maupun di akhirat.
2. Adek Novela dan seluruh saudara penulis, yang selalu memberikan dukungan dan doa terbaiknya.
3. Keluarga besar IKJ : Ardi, Dwi, Fajar, Anggun, Angga, Rizki, Sarah dan Ivan yang telah membantu memberikan ilmunya kepada penulis, memberikan motivasinya, memberikan tenaga dan fikirannya dan selalu mendukung serta kebersamai hingga akhir disetiap perjalanan penulis semasa kuliah.
4. Teman-teman kelas B angkatan 2017 yang telah membantu dan kebersamai selama kuliah.
5. Kelompok tugas akhir aliran dua fase: Dwi, Fajar, Rizky, Aji, Andy, Angga dan Sarah, karena kalian penulis dapat melaksanakan pengambilan dan penelitian ini.
6. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Mesin UMY berkat pengalaman, solidaritas, kekeluargaan yang telah terjalin selama satu periode menjadi semangat tombak penulis selama berjuang dimasa kuliah.
7. Teman-teman Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah UMY, yang telah menjadi wadah bagi penulis untuk berfikir secara bebas menuangkan segala ide dan gagasan serta sebagai tempat meneladani tokoh Nabi Muhammad SAW.
8. Teman-teman BEM KM UMY khususnya Kementerian Sosial Masyarakat yang telah mendukung, mendoakan dan kebersamai penulis dalam menahkodai SOSMA BEM KM UMY selama satu periode.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah mendukung penulisan skripsi ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amalan yang akan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Di akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

Yogyakarta, 16 Oktober 2021



Zahid Ahmad Faiz

## DAFTAR ISI

Tugas akhir .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
INTISARI .....	xv
<i>ABSTRACT</i> .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	4
2.1. Tinjauan Pustaka .....	4
2.2. Landasan Teori .....	16
2.2.1. Tinjauan Umum <i>Emulsi</i> .....	16
2.2.2. Tinjauan Umum Aliran Dua-Fase .....	17
2.2.3. Pola Aliran Dua-Fase .....	17
2.2.4. Pola Aliran Dua-Fase pada Pipa Kapiler Horizontal .....	18
2.2.5. Pola Aliran Dua Fase Pada Pipa Kapiler Vertikal .....	19
2.2.6. Peta Pola Aliran .....	20
2.2.7. Kecepatan Superfisial ( <i>Superficial velocity</i> ) .....	22
2.2.8. Viskositas Fluida .....	23
2.2.9. Massa Jenis ( <i>Density</i> ) .....	23
BAB III METODE PENELITIAN .....	24
3.1. Bahan Penelitian .....	24
3.1.1. Fluida Gas .....	24

3.1.2.	Fluida Cair .....	24
3.2.	Alat Penelitian.....	26
3.2.1.	Skema Alat .....	26
3.2.2.	Aliran Fluida Cair.....	27
3.2.3.	Aliran Fluida Gas.....	30
3.2.4.	Peralatan Uji .....	31
3.2.5.	Peralatan Pengambilan Data.....	33
3.3.	Prosedur Penelitian .....	34
3.4.	Data Penelitian.....	35
3.5.	Proses Pengolahan Data.....	35
3.6.	Tempat Penelitian .....	35
3.7.	Diagram Alir Penelitian.....	36
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1.	Pola Aliran .....	37
4.1.1.	Pola Aliran <i>Plug</i> .....	37
4.1.2.	Pola Aliran <i>Slug Annular</i> .....	41
4.1.3.	Pola Aliran <i>Annular</i> .....	44
4.1.4.	Pola Aliran <i>Churn</i> .....	48
4.2.	Peta Pola Aliran .....	51
4.3.	Perbandingan Peta Pola Aliran dengan penelitian terdahulu.....	54
BAB V	PENUTUP .....	56
5.1.	Kesimpulan .....	56
5.2.	Saran .....	56
DAFTAR	PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN	.....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perhitungan Kecepatan <i>Oil Plug</i> .....	5
Gambar 2.2 Hubungan Kecepatan Superfisial terhadap Kecepatan <i>Plug</i> .....	6
Gambar 2.3 Hubungan Panjang Liquid <i>Plug</i> terhadap Kecepatan Superfisial <i>crude oil</i> pada Variasi Kecepatan Superfisial Air Tetap .....	6
Gambar 2.4 Hubungan Perubahan Panjang Kantung <i>Plug</i> terhadap Kecepatan Superfisial oil dengan Kecepatan Superfisial Air Tetap .....	7
Gambar 2.5 Hubungan Frekuensi <i>Plug</i> dengan Variasi Kecepatan Superfisial <i>crude oil</i> dengan Kecepatan Superfisial Air Konstan .....	7
Gambar 2.6 Gambar skematis dari sistem slug dengan kantung gas, liquid <i>slug</i> , dan total <i>slug</i> unit.....	8
Gambar 2.7 Susunan peralatan eksperimen.....	9
Gambar 2.8 Tipe pola aliran <i>slug</i> hasil observasi penelitian.....	9
Gambar 2.9 Perbedaan tekanan kecepatan <i>superfisial</i> fluida.....	10
Gambar 2.10 Diagram peralatan penelitian.....	12
Gambar 2.11 Skema Diagram Aliran Bangun <i>Taylor Bubbly</i> .....	13
Gambar 2.12 Morfologi antarmuka <i>Taylor Bubbly</i> dengan fluida kerja fasa gas yang berbeda ( $G_l = 2200 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ , $Q_g = 3,0 \text{ mL/dtk}$ ) .	14
Gambar 2.13 Aliran <i>Plug</i> .....	18
Gambar 2.14 Aliran <i>Stratified</i> .....	18
Gambar 2.15 Aliran <i>Wavy</i> .....	18
Gambar 2.16 Aliran <i>Slug</i> .....	19
Gambar 2.17 Aliran <i>bubbly</i> .....	19
Gambar 2.18 Aliran <i>Annular</i> .....	19
Gambar 2.19 A. <i>Wavy Annular</i> , B. <i>Annular</i> , C. <i>Chrun</i> , D. <i>Slug</i> , E. <i>Bubbly</i> .....	20
Gambar 2.20 Peta pola aliran dengan parameter tak berdimensi. ....	21
Gambar 2.21 Perbandingan peta pola aliran dua penelitian .....	21
Gambar 3.1 Aquades .....	25
Gambar 3.2 Minyak Kelapa ( <i>Barco</i> ) .....	25
Gambar 3.3 Gom Arab (sampel 100 gr) .....	26
Gambar 3.4 Skema alat.....	27
Gambar 3.5 Pompa air .....	28



Gambar 3.6 <i>Flow meter</i> air (a) kapasitas 0-100 ml/menit, (b) 0-500 ml/menit. ....	28
Gambar 3.7 <i>Pressure vessel</i> .....	29
Gambar 3.8 Katup <i>ball valve</i> .....	29
Gambar 3.9 Tangki penampung .....	30
Gambar 3.10 Kompresor .....	30
Gambar 3.11 <i>Flowmeter</i> Flowmeter udara (a) kapasitas 0-100 cc/menit (b) kapasitas 100- 1000 cc/menit (c) kapasitas 1-10 liter/menit.....	31
Gambar 3.12 Katup Udara.....	31
Gambar 3.13 <i>Mixer</i> .....	32
Gambar 3.14 Pipa Mini .....	32
Gambar 3.15 <i>Optical correction box</i> .....	32
Gambar 3.16 Lampu <i>LED</i> .....	33
Gambar 3.17 Kamera.....	34
Gambar 3.18 Proses <i>emulsi</i> air dan minyak kelapa.....	34
Gambar 4.1 Peta pola aliran pada <i>emulsi</i> air dan minyak 350 mg/dl .....	52
Gambar 4.2 Peta pola aliran pada <i>emulsi</i> air dan minyak 500 mg/dl .....	52
Gambar 4.3 Perbandingan peta pola aliran pada <i>emulsi</i> air dan minyak 350 mg/dl dan 500 mg/dl .....	53
Gambar 4.4 Perbandingan peta pola aliran penelitian dengan peta pola aliran (Sudarja dkk., 2021) .....	54
Gambar 4.5 Perbandingan peta pola aliran penelitian dengan peta pola aliran (Triplett dkk., 1999) .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Matriks Penelitian Pola Aliran Plug .....	5
Tabel 2.2 Contoh fotografi dari pola aliran yang diamati .....	11
Tabel 3.1 Variasi larutan .....	24
Tabel 3.2 Sifat fisik cairan.....	25
Tabel 4.1 Pola aliran <i>plug</i> terbentuk pada JG 0,083 m/s tetap dan JL bervariasi pada air dan minyak 350 mg/dl .....	37
Tabel 4.2 Pola aliran <i>plug</i> terbentuk pada JL 0,207 m/s tetap dan JG bervariasi pada air dan minyak 350 mg/dl .....	38
Tabel 4.3 Pola aliran <i>plug</i> terbentuk pada JG 0,829 m/s tetap dan JL bervariasi pada air dan minyak 500 mg/dl .....	39
Tabel 4.4 Pola aliran <i>Plug</i> terbentuk pada JL 0,207 m/s tetap dan JG bervariasi pada air dan minyak 500 mg/dl .....	40
Tabel 4.5 Pola aliran <i>Slug Annular</i> terbentuk pada JG 8,289 m/s tetap dan JL bervariasi pada air dan minyak 350 mg/dl.....	41
Tabel 4.6 Pola aliran <i>Slug Annular</i> terbentuk pada JL 0,041 m/s tetap dan JG bervariasi pada air dan minyak 350 mg/dl.....	42
Tabel 4.7 Pola aliran <i>Slug Annular</i> terbentuk pada JG 8,289 m/s tetap dan JL bervariasi pada air dan minyak 500 mg/dl.....	43
Tabel 4.8 Pola aliran <i>Slug Annular</i> terbentuk pada JL 0,041 m/s tetap dan JG bervariasi pada air dan minyak 500 mg/dl.....	44
Tabel 4.9 Pola aliran <i>Annular</i> terbentuk pada JG 49,736 m/s tetap dan JL bervariasi pada air dan minyak 350 mg/dl .....	45
Tabel 4.10 Pola aliran <i>Annular</i> terbentuk pada JL 0,207 m/s tetap dan JG bervariasi pada air dan minyak 350 mg/dl .....	45
Tabel 4.11 Pola aliran <i>Annular</i> terbentuk pada JG 49,736 m/s tetap dan JL bervariasi pada air dan minyak 500 mg/dl .....	46
Tabel 4.12 Pola aliran <i>Annular</i> terbentuk pada JL 0,207 m/s tetap dan JG bervariasi pada air dan minyak 500 mg/dl .....	47
Tabel 4.13 Pola aliran <i>Churn</i> terbentuk pada JG 8,289 m/s tetap dan JL bervariasi pada air dan minyak 350 mg/dl .....	48

Tabel 4.14 Pola aliran <i>Churn</i> terbentuk pada JL 1,243 m/s tetap dan JG bervariasi pada air dan minyak 350 mg/dl .....	49
Tabel 4.15 Pola aliran <i>Churn</i> terbentuk pada JG 8,289 m/s tetap dan JL bervariasi pada air dan minyak 500 mg/dl .....	50
Tabel 4.16 Pola aliran <i>Churn</i> terbentuk pada JL 2,072 m/s tetap dan JG bervariasi pada air dan minyak 500 mg/dl .....	50

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$J_G$	: Kecepatan superfisial gas (m/s)
$J_L$	: Kecepatan superfisial cairan (m/s)
$Q_G$	: Laju aliran gas dalam pipa ( $m^3/s$ )
$Q_L$	: Laju aliran cairan dalam pipa ( $m^3/s$ )
$A$	: Luas penampang pipa ( $m^2$ )
$\gamma$	: Tegangan permukaan (N/m)
$d$	: Panjang permukaan (m)
$\rho$	: Massa jenis ( $kg/m^3$ )
$U_m$	: Kecepatan campuran cairan
$U_{sl}$	: Kecepatan superficial cairan
$U_{sg}$	: Kecepatan superficial gas
$\mu_m$	: Viskositas campuran gas-zat cair
$\mu_l$	: Viskositas zat cair
$\mu_g$	: Viskositas zat gas
$\rho_m$	: Massa jenis campuran gas-zat cair
$\rho_l$	: Massa jenis zat cair
$\rho_g$	: Massa jenis zat ga

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Matriks Pengambilan Data.....	60
Lampiran 2 Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran pada <i>emulsi</i> Air dan Minyak 350 mg/dl.....	60
Lampiran 3 Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran pada <i>emulsi</i> Air dan Minyak 500 mg/dl.....	60