

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	ii
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b>	iii
<b>KATA PENGANTAR</b>	iv
<b>DAFTAR ISI</b>	vi
<b>DAFTAR TABEL</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	x
<b>DAFTAR NOTASI</b>	xiii
<b>INTISARI</b>	xv
<b><i>ABSTRACT</i></b>	xvi
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Keaslian Penelitian	4
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Manfaat Penelitian	4
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b>	 5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.1.1. Persamaan Atur Pemodelan <i>Droplet</i>	7
2.1.2. Metode Bada Hingga ( <i>Finite Difference</i> )	7
2.1.3. Metode <i>Front-Tracking</i>	8
2.1.4. Sebaran ( <i>Spreading</i> ) <i>Droplet</i> Tunggal pada Permukaan Padat	9
2.1.5. Sudut Kontak dan <i>Wettability</i>	11
2.2. Dasar Teori	13
2.2.1. Sudut Kontak	13
2.2.2. Metode <i>Finite Difference</i> dan Persamaan Navier-Stokes	14
2.2.3. Metode <i>Pressure Correction</i>	16
2.2.4. Penerapan Metode <i>Front-Tracking</i>	19

2.2.4.1. Persamaan Tekanan	22
2.2.4.2. Kondisi Batas	23
2.2.5. Kebaruan Metode ( <i>Novelty</i> )	24

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN** 26

3.1. Domain Pemodelan <i>Droplet</i>	26
3.2. Penyusunan Persamaan Atur ( <i>Governing Equation</i> )	26
3.3. Metode Koreksi Tekanan ( <i>Pressure Correction</i> )	27
3.4. Persamaan Atur pada Model Kasus <i>Lid-Driven Cavity</i>	28
3.4.1. Persamaan Atur pada Kasus <i>Lid-Driven Cavity</i> Skema Implisit	30
3.4.1.1. Diskretisasi Persamaan Atur Skema Implisit	31
3.4.2. Persamaan Atur Kasus <i>Lid Driven Cavity</i> dan <i>Staggered Grid</i>	32
3.4.2.1. Diskretisasi Persamaan Atur Pola <i>Staggered Grid</i>	34
3.5. Penerapan Metode <i>Front Tracking</i> pada <i>Droplet</i> Cairan	35
3.5.1. Kasus Tumbukan <i>Droplet</i> pada Permukaan Datar	35
3.5.2. Kasus Tumbukan <i>Droplet</i> pada Permukaan Miring	36
3.6. Persamaan Atur Metode <i>Front Tracking</i> pada Permukaan Datar	37
3.6.1. Diskretisasi Model <i>Front Tracking</i> pada Permukaan Datar	37
3.7. Persamaan Atur Metode <i>Front Tracking</i> pada Permukaan Miring	40
3.7.1. Diskretisasi <i>Front Tracking</i> pada Permukaan Miring	40
3.8. Diagram Alir Pemrograman Model	44

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN** 45

4.1. Kasus Aliran Fluida dengan Metode <i>Finite Difference</i> Skema Implisit	45
4.1.1. Deskripsi Masalah	45
4.1.2. Hasil dan Pembahasan <i>Finite Difference</i> Skema Implisit	46
4.2. Kasus Aliran Fluida dengan <i>Lid Driven Cavity</i> dan <i>Staggered Grid</i>	48
4.2.1. Deskripsi Masalah	48
4.2.2. Hasil dan Pembahasan pada <i>Lid Driven Cavity</i> dan <i>Staggered Grid</i>	48
4.3. Kasus <i>Front-Tracking</i> pada <i>Droplet</i> Tunggal Menumbuk Permukaan	50
4.3.1. Deskripsi Masalah	50
4.3.2. Hasil Tumbukan pada Permukaan Horisontal Menggunakan <i>FrontTracking</i>	52

#### 4.4. Kasus Metode *Front Tracking* pada *Droplet* Menumbuk Permukaan

Miring	55
4.4.1. Diskripsi Masalah	55
4.4.2. Hasil dan Pembahasan Sudut Kontak	57
4.4.3. Hasil dan Pembahasan Analisa <i>Spreading</i>	63
4.4.4. Analisis Tekanan	65
4.4.5. Validasi Mekanisme <i>Spreading</i> Terhadap Hasil Eksperimental	68
4.4.5.1. Penyebaran <i>Droplet</i>	69
4.4.5.2. <i>Rebound Droplet</i>	70
4.5. Kasus <i>Front-Tracking</i> pada <i>Droplet</i> Menumbuk Permukaan	
Horisontal	71
4.5.1. Diskripsi Masalah	71
4.5.2. Hasil dan Pembahasan <i>Spreading</i>	72
4.5.3. Perbandingan dengan Data Eksperimen	76
4.5.4. Perbandingan dengan Data Eksperimen pada Permukaan	
Horizontal	78
<b>BAB V PENUTUP</b>	81
5.1. Kesimpulan	81
5.2. Saran	83
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	84
<b>DAFTAR PUBLIKASI</b>	90
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Sudut kontak <i>receding</i> dan <i>advancing</i> pada sudut kemiringan $\theta = 30^\circ$ dan $45^\circ$	59
Tabel 4.2. Sudut kontak <i>receding</i> dan <i>advancing</i> pada sudut kemiringan $\theta = 60^\circ$ dan $75^\circ$	59
Tabel 4.3. Sudut kontak maksimum dan <i>spreading</i> maksimum	61
Tabel 4.4. Diameter <i>spreading</i> pada rasio densitas $\rho = 20$	73
Tabel 4.5. Diameter <i>spreading</i> pada kecepatan $g=40 \text{ m/s}^2$	74
Tabel 4.6. Diameter <i>spreading</i> pada kecepatan $g=45 \text{ m/s}^2$	75
Tabel 4.7. Diameter <i>spreading</i> pada kecepatan $g=50 \text{ m/s}^2$	75
Tabel 4.8. Diameter <i>spreading</i> pada rasio densitas $\rho = 20$ dan $g$ bervariasi	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skema <i>droplet</i> jatuh verikal pada permukaan padat	5
Gambar 2.2.	Antarmuka pemisah 2 fluida dengan <i>grid lagrangian</i> dan <i>eularian</i>	6
Gambar 2.3.	Tumbukan <i>droplet</i> pada permukaan padat.	10
Gambar 2.4.	Sudut Kontak <i>droplet</i> fluida pada permukaan padat	12
Gambar 2.5.	Sudut Kontak dan Hubungannya dengan Derajat Kebasahan	12
Gambar 2.6.	<i>Droplet</i> menempel pada permukaan dengan sudut kontak $< 90^\circ$	14
Gambar 2.7.	<i>Front</i> yang digunakan untuk menandai antarmuka dua fluida	20
Gambar 2.8	Interprestasi susunan titik grid	21
Gambar 2.9.	Konfigurasi <i>cell</i> dengan batas kecepatan normalnya diketahui	24
Gambar 3.1.	Domain pemodelan <i>droplet</i>	26
Gambar 3.2.	Posisi variabel $u$ , $v$ dan $p$ pada skema <i>staggered grid</i>	28
Gambar 3.3.	Domain komputasi kasus <i>lid-driven cavity</i> dan syarat batas	29
Gambar 3.4.	Variabel kecepatan dan tekanan pada <i>staggered grid</i>	31
Gambar 3.5.	Domain komputasi kasus <i>double lid-driven cavity</i> dan syarat batas	33
Gambar 3.6.	Diagram alir pemodelan	44
Gambar 4.1.	Perbandingan kecepatan horizontal $u$ pada $x=0.5$ terhadap penelitian	47
Gambar 4.2.	Vektor kecepatan <i>droplet</i> untuk bilangan Reynolds bervariasi	47
Gambar 4.3.	Profil kecepatan arah- $x$ pd $x$ - centerline dari $Re=100$	49
Gambar 4.4.	(i). Solusi <i>droplet</i> simetris stabil ditunjukkan nilai $Re$ bervariasi (ii). Solusi <i>droplet</i> simetris stabil. Pola streamline	49
Gambar 4.5.	Skema <i>droplet</i> menumbuk permukaan datar	51
Gambar 4.6.	Bidang kecepatan pada domain komputasi <i>droplet</i> rasio densitas $\rho = 1000$ , dan percepatan gravitasi $g=100\text{m/s}^2$ pada grid $162 \times 162$	53
Gambar 4.7.	Bidang kecepatan pada domain komputasi <i>droplet</i> dengan variasi rasio densitas, pada grid $52 \times 52$ , $g= 100\text{ m/s}^2$ , $t=26,8\text{ s}$	54

Gambar 4.8.	Bidang kecepatan pada domain komputasi <i>droplet</i> dengan variasi gravitasi $g$ dan rasio densitas $\rho = 1000$ , pada grid $82 \times 82$	55
Gambar 4.9.	Definisi rasio diameter sebaran, tinggi tanpa dimensi jarak geser	57
Gambar 4.10.	Variasi waktu dari perilaku antarmuka selama tumbukan <i>droplet</i> tunggal ke permukaan yang miring. Sudut kemiringan $\theta = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ dan $75^\circ$	59
Gambar 4.11.	(a) Sudut kontak <i>receding</i> , (b) <i>advancing</i> pada kemiringan $\theta = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$	60
Gambar 4.12.	Sudut kontak <i>receding</i> dan <i>advancing</i> terhadap waktu pada sudut kemiringan $\theta = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$	62
Gambar 4.13.	Evolusi waktu dari bentuk tumbukan <i>droplet</i> pada permukaan yang miring (sudut kemiringan $\theta = 45^\circ, dt = 1.25 \times 10^{-2}$ ms)	63
Gambar 4.14.	Evolusi <i>spreading</i> tumbukan <i>droplet</i> ke permukaan padat miring. ( $\theta = 10^\circ, 30^\circ$ , dan $45^\circ$ )	64
Gambar 4.15.	Tekanan didalam <i>spreading</i> pada kemiringan sudut $\theta = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$	68
Gambar 4.16.	Evolusi <i>spreading</i> pada sudut kemiringan $\theta = 45^\circ$	69
Gambar 4.17.	Evolusi pemodelan <i>droplet</i> cairan menumbuk permukaan padat miring dibandingkan dengan data eksperimental dari tumbukan <i>droplet</i> pada permukaan miring, seperti dilaporkan oleh Wibowo.T. dkk,(2018).	71
Gambar 4.18.	Bidang kecepatan pada domain komputasi <i>droplet</i> dengan rasio densitas $\rho = 20$ dengan grid $162 \times 48$	73
Gambar 4.19.	Bidang kecepatan pada domain komputasi <i>droplet</i> dengan variasi rasio densitas, pada grid $162 \times 48$	74
Gambar 4.20.	Bidang kecepatan pada domain komputasi <i>droplet</i> dengan variasi rasio densitas, pada grid $162 \times 48$	75
Gambar 4.21.	Bidang kecepatan pada domain komputasi <i>droplet</i> dengan variasi rasio densitas, pada grid $162 \times 48$ .	75
Gambar 4.22.	Bidang kecepatan pada domain komputasi <i>droplet</i> dengan variasi gravitasi dan rasio densitas $\rho = 20$ , pada grid $162 \times 48$	76
Gambar 4.23.	Evolusi <i>droplet</i> cairan model <i>front tracking</i> dalam waktu (s) dibandingkan dengan data eksperimen tumbukan <i>droplet</i> gliserin Muradoglu.M.dkk (2010)	78
Gambar 4.24.	Hasil simulasi tumbukan <i>droplet</i> cairan pada permukaan padat yang dibandingkan dengan data eksperimen tumbukan <i>droplet</i> seperti dilaporkan oleh Wibowo.T.dkk.(2018)	79

Gambar 4.25. Evolusi hasil Numerik tumbukan *droplet* cairan pada permukaan padat yang dibandingkan dengan data eksperimental tumbukan *droplet* seperti dilaporkan oleh Wibowo.T .dkk (2018). 80

## DAFTAR NOTASI

### Huruf Latin

- $d$  : Diameter (mm)  
 $f$  : gaya permukaan  
 $g$  : percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )  
 $h$  : ukuran tinggi *droplet* (m)  
 $L_x$  : Turunan pertama kecepatan horizontal  
 $L_y$  : Turunan pertama kecepatan vertikal  
 $N$  : Volume atur  
 $n$  : Vektor satuan normal  
 $P$  : Tekanan (Pa) atau ( $\text{N/m}^2$ )  
 $S$  : Source term  
 $t$  : Waktu (s)  
 $u$  : Kecepatan horizontal arah x (m/s)  
 $V$  : Kecepatan vertikal arah y (m/s)

### :Lambang Yunani

- $\beta$  : Sebaran *droplet* Parameter relaksasi ( $1 < \beta < 2$ )  
 $\theta$  : Kemiringan sudut ( $^\circ$ )  
 $\mu$  : Viskositas dinamis ( $\text{Ns/m}^2$ )  
 $\nu$  : Viskositas kinematik ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
 $\rho$  : Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $\sigma$  : Tegangan permukaan ( $\text{N/m}$ )  
 $\partial$  : Turunan parsial  
 $\nabla$  : Operator del (nabla)  
 $\Delta t$  : Beda waktu (s)  
 $\Delta x$  : Beda jarak x (mm)  
 $\Delta y$  : Beda jarak y (mm)

### Subscripts

- $d$  : Indeks *droplet* membasahi



maks : indeks sebaran dari *droplet* paling besar

o : Indeks kondisi awal

s : indeks diameter permukaan terbasahi

i : Indeks posisi x

j : Indeks posisi y

A : Indeks sudut kontak maju

r : Indeks sudut kontak surut

lg : Antara cair dan gas

sg : Antara padat dan gas

sl : Antara padat dan cair

#### Superscripts

n : Waktu sekarang

n+1 : Waktu berikutnya