

**ALIRAN HELE SHAW MELALUI MEDAN DENGAN  
GRADIEN TEMPERATUR**

**TUGAS AKHIR**

Oleh

**AZWAR EFFENDY**

**04 05 22 007 2**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GANJIL, 2007/2008**

**ALIRAN HELE SHAW MELALUI MEDAN DENGAN  
GRADIEN TEMPERATUR**

**TUGAS AKHIR**

Oleh

**AZWAR EFFENDY**

**04 05 22 007 2**



**TUGAS AKHIR INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI  
SEBAGIAN PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GANJIL, 2007/2008**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul:

### **ALIRAN HELE SHAW MELALUI MEDAN DENGAN GRADIEN TEMPERATUR**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 8 Januari 2008

( Azwar Effendy )  
NPM. 04 05 22 007 2

# PENGESAHAN

Tugas akhir dengan judul:

## **ALIRAN HELE SHAW MELALUI MEDAN DENGAN GRADIEN TEMPERATUR**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Tugas akhir ini telah diujikan pada sidang ujian tugas akhir pada tanggal 2 Januari 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai tugas akhir pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 8 Januari 2008

Dosen Pembimbing,

( Dr. Ir. Harinaldi, M.Eng )

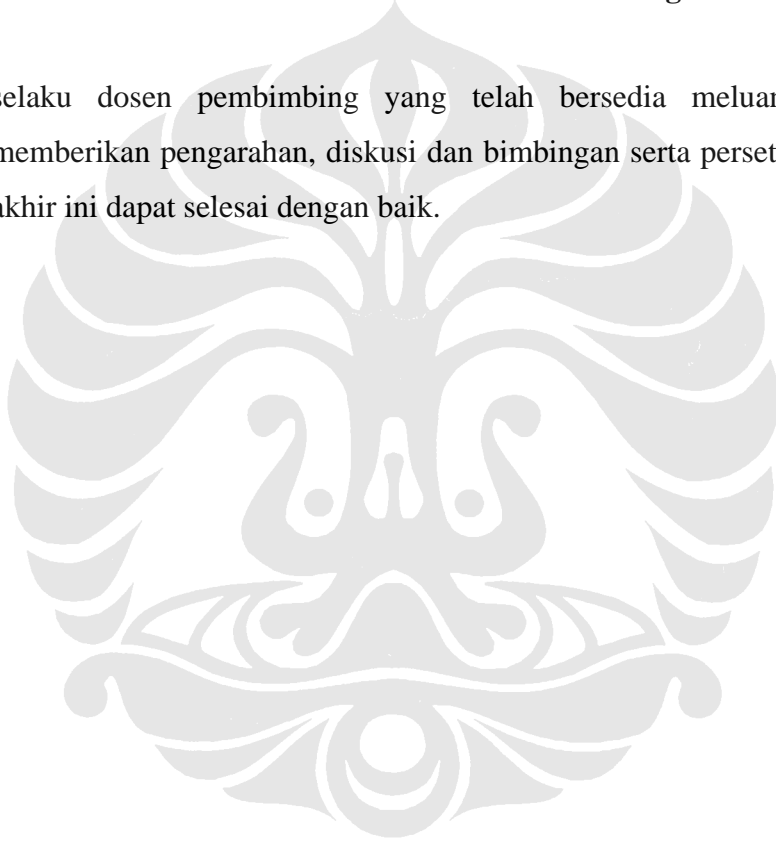
NIP. 132 048 279

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

**Dr.Ir. Harinaldi M.Eng**

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.



# DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR NOTASI .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 TUJUAN PENULISAN .....	2
1.3 BATASAN MASALAH .....	3
1.4 METODOLOGI PENELITIAN .....	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN .....	4
BAB II DASAR TEORI .....	5
2.1 KLASIFIKASI ALIRAN FLUIDA .....	5
2.2 ALIRAN BEROTASI DAN TAK BEROTASI .....	6
2.3 KARAKTERISTIK ALIRAN 2 DIMENSI TAK BEROTASI PADA HELE SHAW .....	9
2.4 CONTOH LAIN PENELITIAN ALIRAN HELE SHAW .....	12
BAB III DESKRIPSI ALAT DAN PROSEDUR PENELITIAN .....	17
3.1 DESKRIPSI ALAT .....	17
3.2 PERALATAN PENGUJIAN .....	18
3.2.1 Komponen Utama .....	18
3.2.2 Komponen Pelengkap .....	20

3.3	SKEMA PENGUJIAN .....	20
3.4	PROSEDUR PENGUJIAN .....	21
3.5	METODE PENELITIAN .....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		23
4.1	DATA KARAKTERISASI HEATER .....	23
4.2	ANALISA VISUALISASI ALIRAN TIAP-TIAP FLUIDA .....	24
4.2.1	Visualisasi Pada Medan Gradien Temperatur Negatif .....	25
4.2.2	Visualisasi Pada Medan Gradien Temperatur Positif.....	33
4.3	ANALISA VISUALISASI ALIRAN ANTAR FLUIDA .....	41
4.3.1	Visualisasi Pada Medan Gradien Temperatur Negatif .....	41
4.3.2	Visualisasi Pada Medan Gradien Temperatur Positif.....	44
4.4	HASIL PERHITUNGAN DAN GRAFIK PERKEMBANGAN	
	ALIRAN .....	45
4.4.1	Perhitungan Pada Medan Gradien Temperatur Negatif.....	45
4.4.2	Perhitungan Pada Medan Gradien Temperatur Positif.....	53
4.5	PEMBAHASAN .....	58
4.5.1	Aliran Pada Medan Gradien Temperatur Negatif ( $dT/dx \leq 0$ ) .....	58
4.5.2	Aliran Pada Medan Gradien Temperatur Positif ( $dT/dx \geq 0$ ).....	60
BAB V KESIMPULAN .....		63
DAFTAR ACUAN .....		64
DAFTAR PUSTAKA .....		65
LAMPIRAN .....		66

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Gerakan dan deformasi <i>angular</i> dari suatu elemen fluida.	7
<b>Gambar 2.2</b> Aliran fluida pada dua plat sejajar	9
<b>Gambar 2.3</b> Definisi-definisi dari gelombang	11
<b>Gambar 2.4</b> Diagram skematik dari tangki air	12
<b>Gambar 2.5</b> Kerusakan amplitudo sebagai pertambahan $x$ dalam frekuensi yang berbeda	13
<b>Gambar 2.6</b> Pergeseran fasa sebagai perubahan posisi dalam frekuensi yang berbeda.	14
<b>Gambar 2.7</b> Angka gelombang diukur di dalam <i>Hele Shaw Cell</i> dan perbandingannya dengan teori dan pengukuran di luar cell.	15
<b>Gambar 2.8</b> Pengukuran laju kerusakan dari gelombang di dalam <i>Hele Shaw Cell</i> dan perbandingannya dengan prediksi dengan hasil yang diprediksikan dari suatu model <i>quasi-steady</i> .	15
<b>Gambar 3.1</b> <i>Hele Shaw Apparatus</i>	17
<b>Gambar 3.2</b> Skema pengujian	20
<b>Gambar 4.1</b> <i>Range</i> rata-rata pada temperatur $60\text{ }^{\circ}\text{C}$	24
<b>Gambar 4.2</b> Pola aliran <i>glycerin</i> dengan $dT/dx$ yang berbeda, $\alpha$ dan $b$ sama, $t = 30$ detik.	25
<b>Gambar 4.3</b> Contoh grafik pola aliran <i>glycerin</i> dengan $dT/dx$ yang berbeda.	25
<b>Gambar 4.4</b> Pola aliran <i>glycerin</i> dengan $dT/dx$ dan $\alpha$ yang sama, $b$ yang berbeda.	26
<b>Gambar 4.5</b> Contoh grafik pola aliran <i>glycerin</i> dengan $b$ yang berbeda	26



<b>Gambar 4.6</b>	Pola <i>glycerin</i> dengan kemiringan sudut yang berbeda, pada $t$ dan $b$ yang sama.	27
<b>Gambar 4.7</b>	Contoh grafik pola aliran <i>glycerin</i> dengan $\alpha$ yang berbeda.	27
<b>Gambar 4.8</b>	Pola aliran <i>castor oil</i> dengan $dT/dx$ yang berbeda, $\alpha$ dan $b$ sama, $t = 50$ detik.	28
<b>Gambar 4.9</b>	Contoh grafik pola aliran <i>castor oil</i> dengan $dT/dx$ yang berbeda.	28
<b>Gambar 4.10</b>	Aliran <i>castor oil</i> pada $dT/dx$ dan $\alpha$ yang sama	29
<b>Gambar 4.11</b>	Contoh grafik pola aliran <i>glycerin</i> dengan $b$ yang berbeda.	29
<b>Gambar 4.12</b>	Pola aliran <i>castor oil</i> pada kemiringan sudut yang berbeda, $b$ dan $dT/dx$ yang sama.	30
<b>Gambar 4.13</b>	Contoh grafik pola aliran <i>glycerin</i> dengan $\alpha$ yang berbeda	30
<b>Gambar 4.14</b>	Aliran <i>SAE 30</i> pada $b = 1.2$ mm, $\alpha = 15$ derajat	31
<b>Gambar 4.15</b>	Contoh grafik pola aliran <i>glycerin</i> dengan $dT/dx$ yang berbeda.	31
<b>Gambar 4.16</b>	Pola aliran <i>SAE 30</i> pada $\alpha = 15$ derajat, $dT/dx = 10$ °C/cm.	31
<b>Gambar 4.17</b>	Contoh grafik pola aliran <i>glycerin</i> dengan $b$ yang berbeda.	32
<b>Gambar 4.18</b>	Ketidakstabilan aliran <i>SAE 30</i> pada $t = 15$ detik, $b = 0.8$ mm.	32
<b>Gambar 4.19</b>	Contoh grafik pola aliran <i>glycerin</i> dengan $\alpha$ yang berbeda.	33
<b>Gambar 4.20</b>	Perkembangan aliran <i>Glycerin</i> gradien positif pada $b = 0.8$ mm, $\alpha = 15$ derajat, $t = 50$ detik.	33
<b>Gambar 4.21</b>	Grafik pola aliran <i>Glycerin</i> gradien positif dengan $dT/dx$ yang berbeda.	34
<b>Gambar 4.22</b>	Aliran <i>Glycerin</i> gradien positif pada $\alpha = 15$ derajat, $t = 30$ detik	34

<b>Gambar 4.23</b>	Grafik pola aliran <i>Glycerin</i> gradien positif dengan $b$ yang berbeda.	35
<b>Gambar 4.24</b>	Aliran <i>glycerin</i> gradien positif dengan $b = 0.8$ mm, $t = 30$ detik.	35
<b>Gambar 4.25</b>	Grafik pola aliran <i>glycerin</i> gradien positif dengan $\alpha$ yang berbeda.	36
<b>Gambar 4.26</b>	Ketidakstabilan aliran <i>Castor oil</i> gradien positif pada $b = 0.8$ mm, $\alpha = 15$ derajat, $t = 30$ detik.	36
<b>Gambar 4.27</b>	Grafik pola aliran <i>castor oil</i> gradien positif dengan $dT/dx$ yang berbeda.	37
<b>Gambar 4.28</b>	Ketidakstabilan fluida <i>castor oil</i> gradien positif dengan $\alpha = 15$ derajat, $t = 50$ detik.	37
<b>Gambar 4.29</b>	Grafik pola aliran <i>castor oil</i> gradien positif dengan $b$ yang berbeda.	37
<b>Gambar 4.30</b>	Ketidakstabilan aliran <i>castor oil</i> gradien positif pada $\alpha$ berbeda dan $b = 0.8$ mm.	38
<b>Gambar 4.31</b>	Grafik pola aliran <i>castor oil</i> gradien positif dengan $\alpha$ yang berbeda.	38
<b>Gambar 4.32</b>	Aliran <i>SAE 30</i> gradien positif pada $\alpha$ dan $b$ tetap, dengan $dT/dx$ berbeda.	39
<b>Gambar 4.33</b>	Grafik pola aliran <i>SAE 30</i> gradien positif dengan $dT/dx$ berbeda.	39
<b>Gambar 4.34</b>	Ketidakstabilan aliran gradien positif dengan $b$ yang berbeda.	40
<b>Gambar 4.35</b>	Grafik pola aliran <i>SAE 30</i> gradien positif dengan $b$ yang berbeda.	40
<b>Gambar 4.36</b>	Ketidakstabilan aliran <i>SAE 30</i> gradien positif dengan $\alpha$ yang berbeda.	41
<b>Gambar 4.37</b>	Grafik pola aliran <i>SAE 30</i> gradien positif dengan $\alpha$ yang berbeda.	41
<b>Gambar 4.38</b>	Perbandingan ketidastabilan aliran dengan $\alpha = 15$ derajat, $b = 0.8$ mm, $t = 30$ detik.	42

<b>Gambar 4.39</b>	Ketidakstabilan aliran fluida viskos dengan $\alpha = 45$ derajat, $b = 1.2$ mm, $t = 10$ detik.	42
<b>Gambar 4.40</b>	Ketidakstabilan aliran fluida viskos dengan $\alpha = 75$ derajat, $b = 1.5$ mm, $t = 10$ detik.	43
<b>Gambar 4.41</b>	Grafik perbandingan pola aliran antar fluida Pada kondisi $\alpha = 75$ derajat, $b = 1.5$ mm, $t = 10$ detik.	43
<b>Gambar 4.42</b>	Perbandingan ketidakstabilan aliran medan gradien temperatur positif dengan $\alpha = 15$ derajat, $b = 0.8$ mm, $t = 50$ detik.	44
<b>Gambar 4.43</b>	Ketidakstabilan aliran fluida viskos medan gradien Temperatur positif dengan $\alpha = 45$ derajat, $b = 1.2$ mm, $t = 15$ detik.	44
<b>Gambar 4.44</b>	Grafik perbandingan pola aliran antar fluida medan gradien temperatur positif pada kondisi $\alpha = 45$ derajat, $b = 1.2$ mm $t = 10$ detik.	45
<b>Gambar 4.45</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>glycerin</i> .	47
<b>Gambar 4.46</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>glycerin</i> pada variasi lebar celah ( $b$ ).	48
<b>Gambar 4.47</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>glycerin</i> pada variasi kemiringan sudut ( $\alpha$ ).	48
<b>Gambar 4.48</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>castor oil</i> .	50
<b>Gambar 4.49</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>castor oil</i> pada variasi lebar celah ( $b$ ).	50
<b>Gambar 4.50</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>castor oil</i> pada variasi kemiringan sudut ( $\alpha$ ).	50
<b>Gambar 4.51</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu <i>SAE 30</i>	52
<b>Gambar 4.52</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>SAE 30</i> pada variasi lebar celah ( $b$ ).	52
<b>Gambar 4.53</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>SAE 30</i> pada variasi kemiringan sudut.	52

<b>Gambar 4.54</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>glycerin</i> pada medan gradien temperatur positif.	53
<b>Gambar 4.55</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>glycerin</i> pada variasi lebar celah dengan medan gradien temperatur positif.	54
<b>Gambar 4.56</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>glycerin</i> pada variasi kemiringan sudut dengan medan gradien temperatur positif.	54
<b>Gambar 4.57</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>Castor oil</i> pada medan gradien temperatur positif.	55
<b>Gambar 4.58</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>Castor oil</i> pada variasi lebar celah dengan medan gradien temperatur positif.	55
<b>Gambar 4.59</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>Castor oil</i> pada variasi kemiringan sudut dengan medan gradien temperatur positif.	56
<b>Gambar 4.60</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>SAE 30</i> pada gradien temperatur positif.	57
<b>Gambar 4.61</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>SAE 30</i> pada variasi lebar celah dengan medan gradien temperatur positif.	57
<b>Gambar 4.62</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu aliran <i>SAE 30</i> pada variasi kemiringan sudut dengan Medan gradien temperatur positif.	57
<b>Gambar 4.63</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu pada $b$ , $\alpha$ dan dengan kondisi $dT/dx \leq 0$ yang sama.	59
<b>Gambar 4.64</b>	Hubungan skala panjang dan skala waktu pada $b$ , $\alpha$ dan dengan kondisi $dT/dx \geq 0$ yang sama.	61

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 4.1</b> Data perubahan bentuk <i>Glycerin</i> pada $dt/dx = -10\text{ }^{\circ}\text{C/cm}$ , $\alpha = 15$ derajat, $b = 0.8\text{mm}$ .	47
<b>Tabel 4.2</b> Data perubahan bentuk <i>Castor oil</i> pada $dt/dx = -10\text{ }^{\circ}\text{C/cm}$ , $\alpha = 15$ derajat, $b = 0.8\text{mm}$ .	49
<b>Tabel 4.3</b> Data perubahan bentuk <i>SAE 30</i> pada $dt/dx = -10\text{ }^{\circ}\text{C/cm}$ , $\alpha = 15$ derajat, $b = 0.8\text{mm}$	51
<b>Tabel 4.4</b> Data perubahan bentuk <i>Glycerin</i> pada $dt/dx = 10\text{ }^{\circ}\text{C/cm}$ , $\alpha = 15$ derajat, $b = 0.8\text{mm}$	53
<b>Tabel 4.5</b> Data perubahan bentuk <i>Castor oil</i> pada $dt/dx = 10\text{ }^{\circ}\text{C/cm}$ , $\alpha = 15$ derajat, $b = 0.8\text{mm}$	55
<b>Tabel 4.6</b> Data perubahan bentuk <i>SAE 30</i> pada $dt/dx = 10\text{ }^{\circ}\text{C/cm}$ , $\alpha = 15$ derajat, $b = 0.8\text{mm}$	56

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1</b> Tabel sifat-sifat fluida	67
<b>Lampiran 2</b> Foto-foto aliran fluida	69
<b>Lampiran 3</b> Tabel data perubahan bentuk tiap satuan waktu $dT/dx \leq 0$	106
<b>Lampiran 4</b> Tabel data perubahan bentuk tiap satuan waktu $dT/dx \geq 0$	115
<b>Lampiran 5</b> Grafik hubungan antara skala panjang dan skala waktu $dT/dx \leq 0$	123
<b>Lampiran 6</b> Grafik hubungan antara skala panjang dan skala waktu $dT/dx \geq 0$	127

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Arti	Satuan
$\rho$	massa jenis fluida	kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	viskositas dinamik	N.s/m <sup>2</sup> = Pa.S
$\sigma$	tegangan permukaan	N/m
$t$	waktu	detik
$l^*$	skala panjang	m
$t^*$	skala waktu	detik
$g$	gravitasi	m/s <sup>2</sup>
$b=h$	jarak celah	mm
$\alpha$	sudut kemiringan plat	<sup>0</sup> (derajat)
$\theta^{\wedge}$	tinggi gelombang maksimal	cm
$W$	panjang gelombang	cm
$y$	tinggi gelombang	cm
$\Sigma l_i$	panjang gelombang (udara)	cm
$\omega$	kecepatan sudut	rad/s
$\partial u$	perubahan kecepatan pada sumbu $-x$	m/s
$\partial v$	perubahan kecepatan pada sumbu $-y$	m/s
$\partial w$	perubahan kecepatan pada sumbu $-z$	m/s
$\partial x, \partial y, \partial z$	perubahan jarak sumbu $-x, -y,$ dan $-z$	m
$\varphi$	potensial kecepatan	
$\frac{\partial p}{\partial x}$	perubahan gradient tekanan	N/m <sup>2</sup>