

16.314 /H/02



DISTRIBUSI TEKANAN PADA BENTUK  
LINGKARAN, ELLIPS, DAN PELAT DATAR  
DENGAN SIMULASI CFD

TUGAS AKHIR



Oleh :

ABDUL GHOFAR  
NRP. 4196 100 016

RSPe  
623.812  
6ho  
a-1  
2002

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2002

Tgl. Terima	09/09/02
Terima Dikti	H
Penanda PPD.	21.6230

LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR  
(KP 1701)

JUDUL :

DISTRIBUSI TEKANAN PADA BENTUK  
LINGKARAN, ELLIPS, DAN PELAT DATAR  
DENGAN SIMULASI CFD

Oleh :

ABDUL GHOFFAR  
NRP. 4196 100 016

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Perkapalan  
Pada

Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Mengetahui dan Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,

Ir. I.K.A. Pria Utama, MSc., PhD.  
Nip. 132 007 645

Dosen Pembimbing II,

  
Ir. Murdijanto M.Eng  
Nip. 130 532 028

## KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah pencipta alam semesta beserta isinya. Berkat Rahmat-Nya penulis akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan salah satu persyaratan kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Perkapalan jurusan Teknik Perkapalan FTK- ITS

Keberhasilan penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik material maupun spiritual. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak dan ibu, atas segala perhatian, kasih sayang, nasehat dan doa sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
2. Ir. I.K.A. Pria Utama, M. Sc., Ph. D., selaku dosen pembimbing yang memberikan arahan dan bimbingan untuk kelancaran penulisan tugas akhir ini.
3. Ir Murdijanto, M.Eng , selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan selama penyelesaian tugas akhir ini.
4. Ir. Djauhar Manfaat, MSc., PhD., selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS.
5. Ir Paulus Andrianto S, selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingannya.
6. Ir. Sumanta Buana selaku kepala lab komputasi Teknik Perkapalan, yang telah memberikan ijin penggunaan fasilitas lab.

7. Penghuni SPK 4/2 khususnya Bibi, Paman, serta adikku yang lucu-lucu  
Lia, Wahab, Titik.
8. P'36 dan semua pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih belum sempurna. Meskipun demikian penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2002

Penulis

## ABSTRAK

Penelitian untuk mendapatkan distribusi tekanan pada permukaan suatu benda dengan bentuk dasar lingkaran , ellips, dan pelat datar merupakan hal yang penting, karena bentuk dasar tersebut banyak digunakan untuk perencanaan benda- benda yang melalui sebuah aliran fluida.

Dalam penelitian ini digunakan lingkaran dengan diameter 2m, kemudian pelat dengan panjang 2m dan lebar 0.005 m. Sedangkan panjang ellips yang dipakai adalah sama yaitu 2m dengan variasi rasio panjang/ lebar (L/B) 2/1, 5/1, dan 10/1. Desain dilakukan dengan pendekatan dua dimensi menggunakan *Flotran CFD ANSYS 5.4* yang merupakan perangkat lunak untuk aplikasi analisa dinamika fluida (*Computational Fluid Dynamics, CFD*)

Dari pengujian numerik yang dilakukan disimpulkan bahwa lingkaran memiliki titik separasi lebih mendekati titik stagnasi bila dibandingkan bentuk ellips, dan pelat datar. Selain itu lingkaran mempunyai koefisien tekanan minimum relatif lebih kecil dibanding ellips dan pelat datar dengan asumsi koefisien tekanan pada titik stagnasi adalah 1.

## ABSTRACT

It is important to understand about the pressure distribution on basic shape such as circle, ellipse, and flat plate because those shapes are widely used into the study of fluid flow passing through a body.

Experiments were conducted on circle with 2 m diameter, flat plate with 2 m length and 0.005 m width, and ellipse with 2 m length and 2/1, 5/1, 10/1, variations of length /width ratio. The design is approached with two dimensional analysis with the use of Flotran CFD ANSYS 5.4, which is the software for fluid dynamics analysis (Computational Fluid Dynamics, CFD).

From the numerical study, it was found that circle form shows earlier separation than ellipse and flat plate forms. Furthermore, circle form shows lower pressure distribution along its length than ellipse and flat plate.

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	ii
<b>KATA PENGANTAR</b>	iii
<b>ABSTRAK</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vi
<b>DAFTAR ISI</b>	vii

### **BAB I. PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Tujuan Penulisan	I-2
1.3. Batasan Masalah	I-2
1.4. Sistematika Penulisan	I-3

### **BAB II. DASAR TEORI**

2.1. Aliran Dua Dimensi Sederhana	II-1
2.1.1. Konsep Fluida Ideal	II-1
2.1.2. Persamaan Gerak	II-2
2.2. Lapisan Batas	II-7
2.2.1. Pendahuluan	II-7
2.2.2. Persamaan Lapisan Batas	II-12
2.2.3. Penurunan untuk Aliran Dua Dimensi	II-13
2.2.4. Gradien Tekanan	II-16

### **BAB III. SOLUSI DENGAN CFD**

3.1. Persamaan Dasar Dinamika Fluida dalam CFD	III-3
3.2. Persamaan Aliran Viscous (Persamaan Navier~Stokes)	III-4

3.3.	Flotran CFD ANSYS 5.4	III-16
3.4.	Proses Validasi	III-18
3.5.	Pemodelan Lingkaran, Ellips, dan Pelat Datar	III-19

#### **BAB IV. ANALISA DATA**

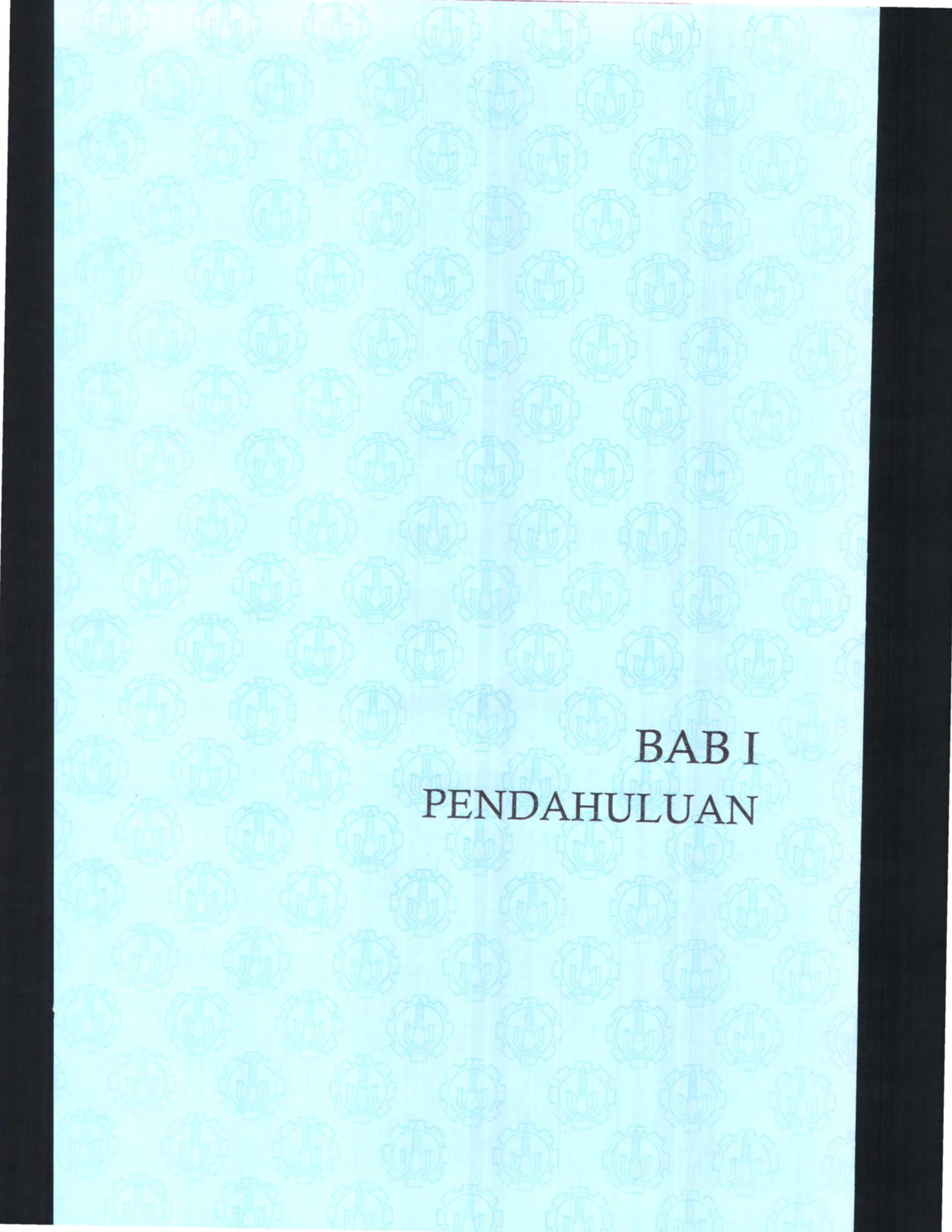
4.1.	Pendahuluan	IV-1
4.2.	Data Geometri Model Lingkaran, Ellips, dan Pelat Datar	IV-3
4.3.	Grid Independence	IV-4
4.3.1.	Fluida Tanpa Kekentalan	IV-4
4.3.2.	Fluida Dengan Kekentalan	IV-12
4.4.	Data Jumlah Iterasi, dan Waktu Running	IV-19
4.5.	Hasil dan Analisa Distribusi Tekanan	IV-20
4.6.	Hasil dan Analisa Titik Separasi	IV-31
4.7.	Validasi Hasil	IV-32

#### **BAB V PENUTUP**

5.1.	Kesimpulan	V-1
5.2.	Saran	V-2

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang Masalah

Mengetahui distribusi tekanan pada sebuah benda akibat adanya aliran fluida yang mempengaruhinya sangatlah penting untuk dipertimbangkan. Terutama pada benda yang terbuat dari pelat agar bisa memperhitungkan kekuatan konstruksinya atau setidaknya benda tersebut yang disesuaikan agar tidak terjadi tekanan yang berlebihan pada beberapa bagian permukaannya.

Sebelum berkembangnya CFD, distribusi tekanan yang bekerja pada sebuah benda dianalisa dengan metode eksperimen (melalui towing tank atau wind tunnel). Biaya yang digunakan untuk percobaan ini cukup mahal dibandingkan dengan simulasi komputer. Misalnya percobaan distribusi tekanan pada desain kolom pada semisubmersible yang mempunyai potongan horizontal berupa lingkaran, desain lambung catamaran , desain bracing pada jig bangunan lepas pantai yang permanen.

Sampai saat ini hasil penelitian tentang distribusi tekanan yang mempengaruhi bentuk sebuah hasil desain yang mempunyai potongan melintang berupa bentuk standard (ellips) dengan bantuan komputer belum banyak diketahui. Hal ini perlu ditinjau agar dalam perencanaan bentuk standar (ellips) mampu memperkirakan dan menganalisa pengaruh aliran fluida terhadap

## *Tugas Akhir*

konstruksinya kalau memang pengaruh tekanan dinamis yang ditimbulkan mempunyai harga yang patut diperhitungkan.

### **1.2. Tujuan Penulisan**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Mengetahui distribusi tekanan akibat adanya aliran fluida pada permukaan bentuk lingkaran, ellips, dan pelat datar.

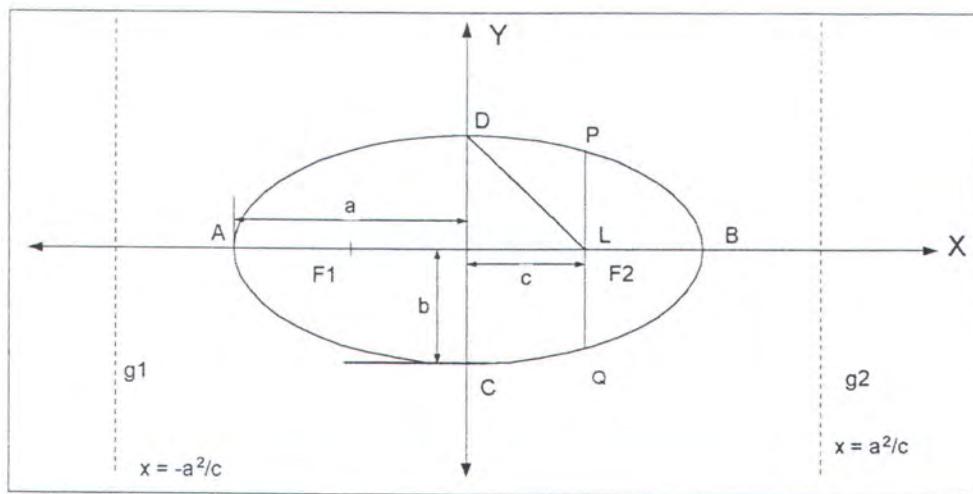
### **1.3. Batasan Masalah**

Adapun untuk menghindari bias, perlu diperjelas batasan masalah di atas, yakni :

- Type ellips yang dipakai adalah sesuai formula :

Pusat (0,0)

- $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
- 2a = sumbu panjang
- 2b = sumbu pendek
- 2c = jarak antara 2 fokus ( $a^2 - b^2 = c^2$  )
- e = eksentrisitet =  $c/a$  ;  $0 < e < 1$
- PQ = latus rectum



Gambar I.1. Ellips

- Aliran yang akan disimulasikan adalah aliran laminer
- Desain penampang yang dipakai adalah:
  - ✓ Perbandingan antara panjang dan lebar ( $L/B$ ) dari ellips yang dipakai adalah: 2:1 ; 5:1 ; 10:1 dengan panjang ellips 2m
  - ✓ Dimensi lingkaran yang dibuat adalah dengan jari-jari 1 m
  - ✓ Dimensi pelat yang akan dibuat adalah panjang 2 m dan lebar 0.005 m.
- Kecepatan liquid dianggap konstan dan uniform pada inlet dengan kecepatan 0.001 m/det.
- Pemodelan yang digunakan dalam simulasi *CFD* adalah pemodelan dua dimensi (2D) pada aliran eksternal.

#### 1.4. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini dibagi dalam lima bab yaitu :

*Tugas Akhir*

KATA PENGANTAR

ABSTRAK

DAFTAR ISI

BAB I. PENDAHULUAN

- 1.1. Latar Belakang
- 1.2. Tujuan Penulisan
- 1.3. Batasan Masalah
- 1.4. Sistematika Penulisan

BAB II. DASAR TEORI

- 2.1. Aliran Dua Dimensi Sederhana
  - 2.1.1. Konsep Fluida Ideal
  - 2.1.2. Persamaan Gerak
- 2.2. Lapisan Batas
  - 2.2.1. Pendahuluan
  - 2.2.2. Persamaan Lapisan Batas
  - 2.2.3. Penurunan untuk Aliran Dua Dimensi
  - 2.2.4. Gradien Tekanan

BAB III. SOLUSI DENGAN CFD

- 3.1. Persamaan Dasar Dinamika Fluida dalam CFD
- 3.2. Persamaan Aliran Viscous (Persamaan Navier~Stokes)
- 3.3. Flotran CFD ANSYS 5.4
- 3.4. Proses Validasi
- 3.5. Pemodelan Lingkaran, Ellips, dan Pelat Datar

*Tugas Akhir*

BAB IV. ANALISA DATA

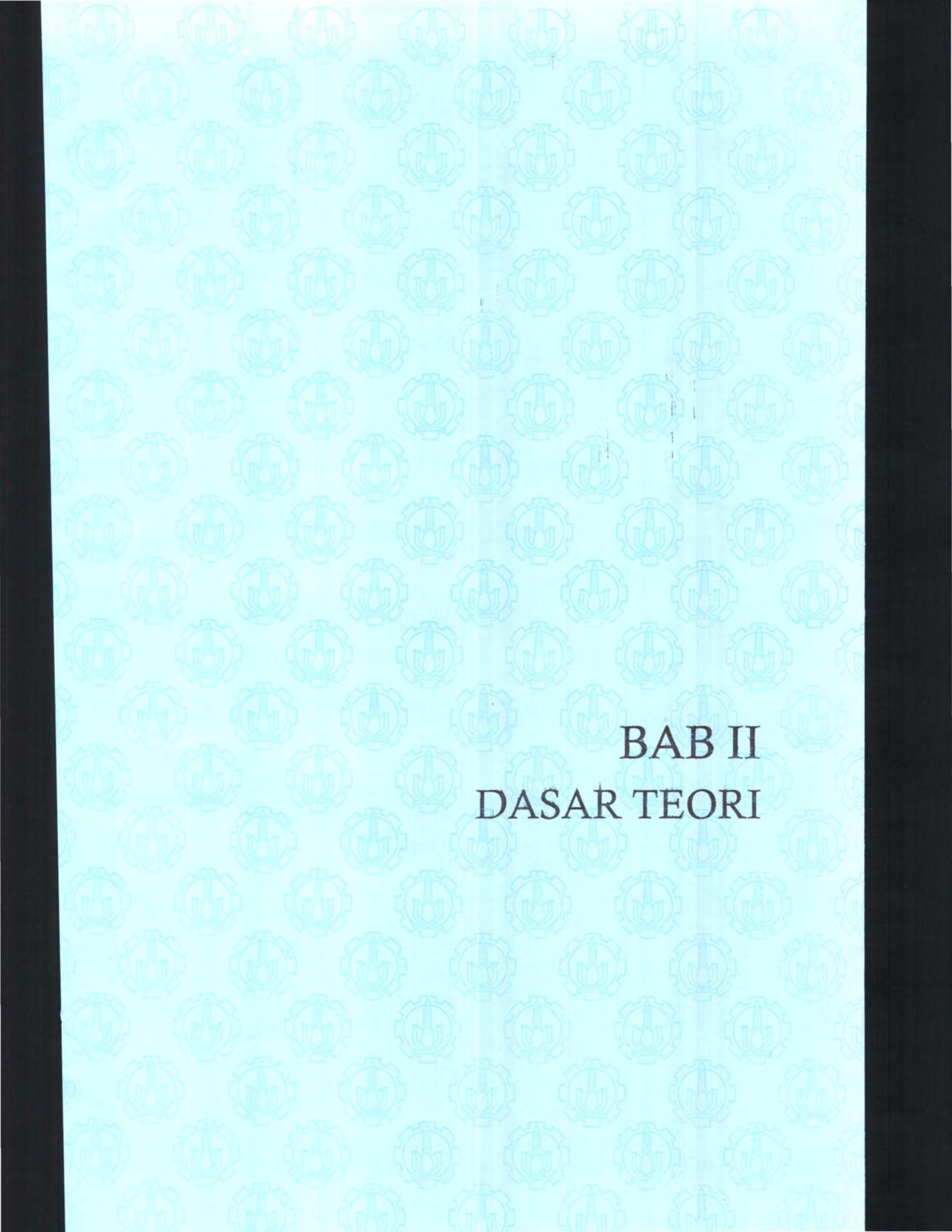
- 4.1. Pendahuluan
- 4.2. Data Geometri Model Lingkaran, Ellips, dan Pelat Datar
- 4.3. Grid Independence
  - 4.3.1. Fluida Tanpa Kekentalan
  - 4.3.2. Fluida Dengan Kekentalan
- 4.4. Data Jumlah Iterasi, dan Waktu Running
- 4.5. Hasil dan Analisa Distribusi Tekanan
- 4.6. Hasil dan Analisa Titik Separasi
- 4.7. Validasi Hasil

BAB V PENUTUP

- 5.1. Kesimpulan
- 5.2. Saran

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



## **BAB II**

## **DASAR TEORI**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Aliran Dua Dimensi Sederhana

##### 2.1.1. Konsep Fluida Ideal

Konsep fluida ideal merupakan penyederhanaan yang penting dalam mekanika fluida. Fluida ideal merupakan media homogen yang kontinyu yang di dalamnya tidak terdapat tegangan-tegangan geser (*shear stresses*). Untuk keperluan dalam sub bab ini, fluida ideal juga dianggap tidak dapat ditekan (*incompressible*).

Asumsi tegangan geser nol, atau viskositas/kekentalan nol, mengeliminasi kemungkinan untuk mendapatkan informasi tentang hambatan dari potongan foil atau pada pemisahan (*separation*) aliran dari permukaan. Asumsi ini sangat berguna karena akan menyederhanakan persamaan-persamaan gerak yang dengan cara lain tidak dapat diselesaikan secara umum dan karena menghasilkan pemecahan yang menampakkan pendekatan yang beralasan untuk banyak aliran aktual. Dalam banyak kasus yang bersesuaian, gaya kekentalan adalah kecil dibandingkan dengan gaya inersia, kecuali pada lapisan fluida yang berhubungan dengan permukaan. Pengaruh langsung kekentalan diabaikan kecuali dalam lapisan ini, dan kekentalan memiliki pengaruh kecil pada bentuk aliran secara keseluruhan, kecuali pengaruh lokal memiliki kelakuan sedemikian rupa sehingga membuat aliran berpisah dari permukaan (Koethe, 1956).

## Tugas Akhir

Asumsi *incompressible* juga menghasilkan penyederhanaan penyelesaian yang merupakan pendekatan yang beralasan untuk diterapkan pada aliran yang sebenarnya, kecuali pada kecepatan tinggi. Meskipun gas-gas seperti udara dapat dimampatkan (*compressible*), perubahan densitas relatif yang terjadi dalam bidang aliran adalah kecil jika variasi tekanan kecil dibandingkan dengan tekanan absolut/mutlak.

### 2.1.2. Persamaan Gerak

Satu kondisi fundamental yang harus dipenuhi adalah bahwa tidak ada fluida dapat diciptakan atau dimusnahkan dalam bidang aliran yang dianalisis. Kondisi ini berarti bahwa jumlah fluida yang memasuki sembarang elemen kecil suatu volume harus sama dengan jumlah fluida yang meninggalkan elemen. Untuk fluida yang *incompressible* jumlah fluida memungkinkan untuk dihitung dari volumenya. Persamaan kontinuitas, menampakkan kondisi ini, dapat diturunkan dari pernyataan berikut ini.

Suatu elemen kecil yang ditunjukkan dalam Gbr. 2.1 memiliki dimensi  $dx$ ,  $dy$ , dan  $dz$ . Komponen-komponen kecepatan yang melalui tiap masing-masing sumbu  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  adalah  $u$ ,  $v$ , dan  $w$ . Volume fluida yang memasuki tiap-tiap sisi elemen volume, tegak lurus terhadap sumbu  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ , secara berurutan, adalah sebagai berikut.

$$u \ dy \ dz \ \text{memasuki sisi } yz$$

$$v \ dz \ dx \ \text{memasuki sisi } zx$$

$$w \ dx \ dy \ \text{memasuki sisi } xy$$

Jumlah fluida yang meninggalkan elemen volume melintasi sisi yang

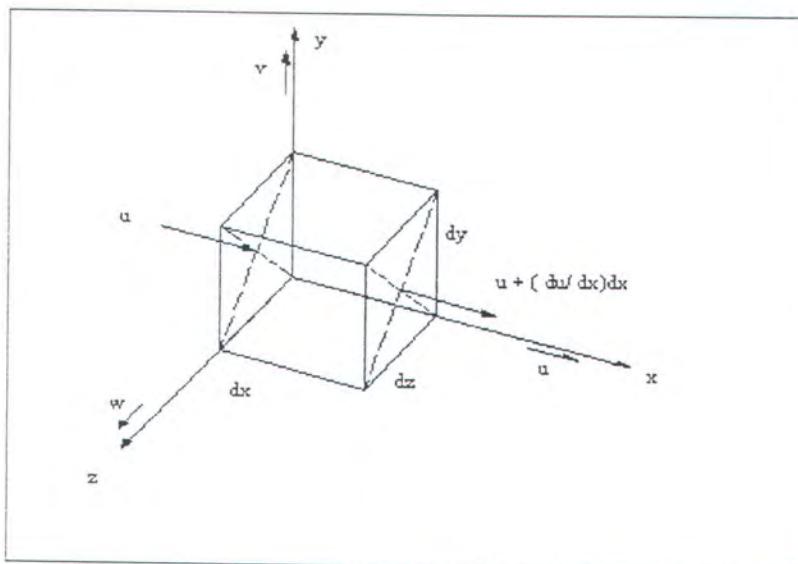
Tugas Akhir

berlawanan adalah:

$$\left( u + \frac{\partial u}{\partial x} dx \right) dy dz \quad \text{meninggalkan sisi } yz$$

$$\left( v + \frac{\partial v}{\partial y} dy \right) dz dx \quad \text{meninggalkan sisi } zx$$

$$\left( w + \frac{\partial w}{\partial z} dz \right) dx dy \quad \text{meninggalkan sisi } xy$$



Gambar 2.1. Elemen volume untuk mendapatkan persamaan kontinuitas

Kondisi kontinuitas mempunyai syarat bahwa volume fluida yang meninggalkan elemen harus sama dengan volume yang masuk. Karenanya persamaan kontinuitas untuk fluida *incompressible* adalah

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad 2.1.1$$

## Tugas Akhir

Kondisi fundamental lainnya yang harus dipenuhi adalah gerak fluida haruslah sesuai dengan hukum gerak Newton. Kondisi ini dapat diekspresikan sebagai berikut:

$$\left. \begin{aligned} X &= \rho \frac{Du}{Dt} dx dy dz \\ Y &= \rho \frac{Dv}{Dt} dx dy dz \\ Z &= \rho \frac{Dw}{Dt} dx dy dz \end{aligned} \right\} \quad 2.1.2$$

dengan X, Y, Z adalah komponen-komponen gaya pada elemen fluida ( $dx$   $dy$   $dz$ ) dalam arah x, y, dan z; serta t adalah waktu. Dan penurunan/diferensiasi dilakukan mengikuti gerak elemen. Untuk sumbu-sumbu yang tetap terhadap pengamat, komponen-komponen kecepatan u, v, dan w, secara umum merupakan fungsi t, x, y, dan z. Jumlah total yang telah diberikan dalam Pers. 2.1.2 kemudian dapat dituliskan sebagai

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{Du}{Dt}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = \frac{Dv}{Dt}$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = \frac{Dw}{Dt}$$

Jika gaya-gaya gravitasi diabaikan, gaya satu-satunya yang terjadi pada elemen volume adalah gaya tekan normal. Gaya yang bekerja pada elemen

*Tugas Akhir*

volume di sisi  $yz$  adalah  $p dy dz$ ; kemudian persamaan tingkat pertama  $[p + (dr dx)] dy dz$  menjadi gaya yang bekerja pada sisi yang berlawanan. Resultan gaya pada elemen dalam sumbu  $x$  menjadi

$$X = -\frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz$$

Dengan cara yang sama, resultan gaya-gaya pada arah  $y$  dan  $z$  adalah

$$Y = -\frac{\partial p}{\partial y} dy dz dx$$

$$Z = -\frac{\partial p}{\partial z} dz dx dy$$

Persamaan-persamaan tersebut menyatakan bahwa gerakan fluida dalam hubungannya dengan hukum Newton memungkinkan untuk ditulis dalam bentuk berikut ini, dengan melakukan substitusi persamaan yang telah ada untuk gaya dan akselerasi pada Pers. 2.1.2.

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial p}{\partial x} &= \rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) \\ -\frac{\partial p}{\partial y} &= \rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) \\ -\frac{\partial p}{\partial z} &= \rho \left( \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) \end{aligned} \right\} > 2.1.3$$

## Tugas Akhir

Bila kita hanya memperhitungkan gerakan konstan (steady motion), penurunan terhadap waktu akan memberikan hasil nol. Dalam masalah ini persamaan diferensial untuk arah gerak elemen adalah

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w} \quad 2.1.4$$

Persamaan ini semata-mata menyatakan bahwa pemindahan/displasemen sepanjang sumbu adalah sesuai dengan komponen kecepatan masing-masing sumbu tersebut. Persiapan untuk mengintegralkan Pers. 2.1.3 sepanjang garis gerak untuk aliran konstan, kita harus mengalikan persamaan untuk komponen  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  dengan  $dx$ ,  $dy$ , dan  $dz$ . Sebagai contoh:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} dx = \rho \left( u \frac{\partial u}{\partial x} dx + v \frac{\partial u}{\partial y} dy + w \frac{\partial u}{\partial z} dz \right)$$

Dengan acuan Pers. 2.1.4, kita dapatkan

$$v dx = u dy$$

$$w dx = u dz$$

Sehingga

$$-\frac{\partial p}{\partial x} dx = \rho \left( u \frac{\partial u}{\partial x} dx + v \frac{\partial u}{\partial y} dy + w \frac{\partial u}{\partial z} dz \right) = \rho d \left( \frac{1}{2} u^2 \right)$$

Dengan cara yang sama akan didapatkan

$$-\frac{\partial p}{\partial y} dy = \rho d \left( \frac{1}{2} v^2 \right)$$

$$-\frac{\partial p}{\partial z} dz = \rho d \left( \frac{1}{2} w^2 \right)$$

Menjumlahkan tiga persamaan tersebut, akan kita dapatkan

$$-dp = \frac{\rho}{2} d(u^2 + v^2 + w^2) = \frac{\rho}{2} d(V^2)$$

dengan  $V$  = besarnya kecepatan.

Mengintegralkan persamaan diatas akan memberikan persamaan Bernoulli berikut ini

$$p + \frac{1}{2} \rho V^2 = H \quad 2.1.5$$

dengan  $H$ , konstanta integral, adalah tekanan total.

Penerapan Pers. 2.1. 5 dibatasi oleh asumsi yang dibuat dalam penurunan ini, yang dinamakan:

1. Fluida *incompressible* sempurna
2. Gerakan konstan
3. Integral sepanjang garis gerak (*streamline*)

Hal ini menyebabkan persamaan ini hanya bisa diterapkan pada *streamlines* untuk jenis aliran tak-terakselerasi yang mengabaikan pengaruh kekentalan dan kemampuan bisa-mampat (*compressibility*).

## 2.2 . Lapisan Batas

### 2.2.1. Pendahuluan

Bila gerakan dimulai di dalam fluida yang mempunyai viskositas yang sangat kecil, alirannya pada saat- saat pertama (dekat permukaan benda) pada hakikatnya takrotasional. Karena fluida pada permukaan benda mempunyai kecepatan nol relatif terhadap batas tempat di mana kecepatan selalu berubah-ubah secara teratur dan menimbulkan gradien kecepatan yang curam. Di dalam

## *Tugas Akhir*

fluida nyata gradien kecepatan ini membangkitkan gaya geser di dekat batas yang memperkecil aliran relatif terhadap batas. Lapisan fluida batas yang kecepatannya terpengaruh oleh tegangan geser batas tersebut disebut lapisan batas (boundary layer).

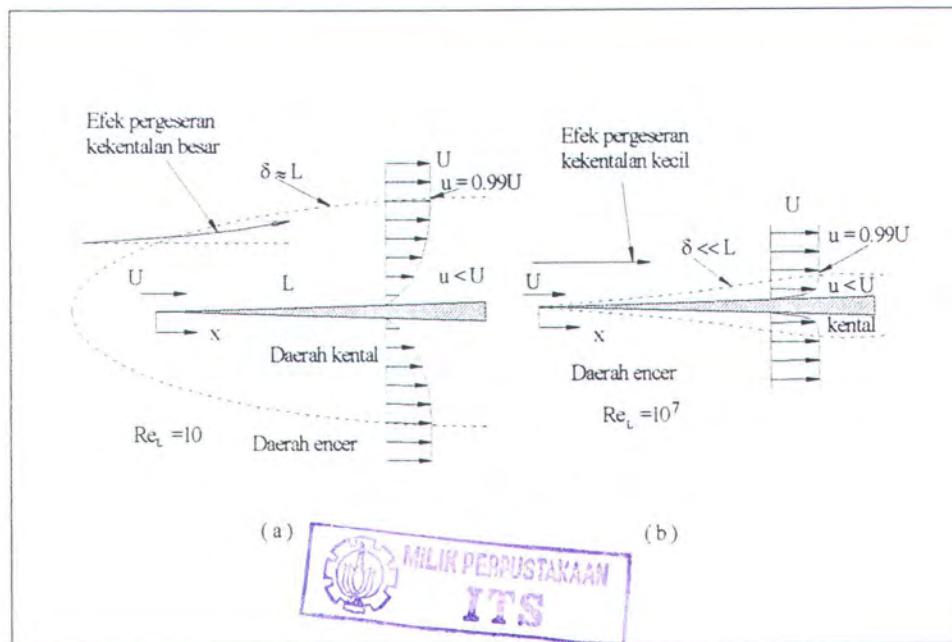
Aliran luar (external flow) adalah aliran tak terbatas yang bergerak di sekeliling permukaan benda padat di tempat agak jauh dari benda tersebut yang mana alirannya dianggap encer (inviscid). Dalam metode analisis yang sangat penting, yang disebut teori lapisan batas, gerak lapisan viscous di dekat dinding ditentukan, dan kemudian hasilnya digabungkan pada inviscid flow di bagian luar. Penggabungan itu semakin tampak apabila bilangan Reynoldsnya semakin besar, seperti dilukiskan dalam gambar 2.1. Dalam Gambar 2.1 suatu aliran seragam  $U$  bergerak sejajar dengan pelat datar yang pinggirannya tajam dan panjangnya  $L$ . Apabila bilangan Reynolds  $UL/v$ -nya rendah, (Gambar 2.1) daerah yang viscous sangat lebar dan menjulur jauh ke depan dan ke samping pelat tersebut. Pelat ini memperlambat atau menahan dengan kuat aliran yang datang, dan perubahan-perubahan kecil dalam parameter-parameter aliran menyebabkan perubahan besar dalam distribusi tekanan sepanjang pelat tersebut. Jadi meskipun pada dasarnya lapisan viscous dan lapisan inviscid dapat digabungkan satu sama lain dalam analisis matematika, interaksi antara kedua lapisan itu kuat dan taklinier. Belum ada teori yang sederhana untuk menganalisisi aliran luar yang bilangan Reynoldsnya antara 1 sampai kira-kira 1000 (White,1994). Aliran lapisan geser tebal semacam itu biasanya ditelaah dengan percobaan atau dengan membuat model numeriknya dengan komputer digital.

## Tugas Akhir

Aliran dengan bilangan Reynolds yang tinggi (Gambar 2.1b) jauh lebih sesuai untuk metode penggabungan lapisan batas, seperti yang dikemukakan pertama-tama oleh Prandtl pada tahun 1904. Lapisan viscous yang bias berlapis atau bergolak (turbulen) adalah sangat tipis, bahkan lebih tipis daripada yang diperlihatkan dalam gambar. Kita mendefinisikan tebal lapisan batas  $\delta$  sebagai tempat kedudukan titik-titik dengan kecepatan  $u$ , sejajar dengan pelat dan mencapai 99% nilai kecepatan luar  $U$ . Akan kita lihat bahwa rumus-rumus untuk aliran pelat datar adalah:

$$\frac{\delta}{x} \approx \begin{cases} \frac{5}{Re_x^{1/2}} & \text{berlapis (laminar)} \\ \frac{0.16}{Re_x^{1/7}} & \text{bergolak (turbulen)} \end{cases} \quad \begin{matrix} 2.2.1a \\ 2.2.1b \end{matrix}$$

Dalam rumus-rumus di atas  $Re_x = Ux/v$  disebut bilangan Reynolds lokal dari aliran sepanjang permukaan pelat permukaan pelat. Rumus aliran bergolak berlaku untuk  $Re_x$  yang lebih besar dari sekitar  $10^6$ .



Gambar 2.1. Perbandingan jenis aliran. (a) aliran laminer, (b) aliran turbulen

Dalam segala hal lapisan batas ini sedemikian tipisnya, sehingga efek perpindahannya pada lapisan inviscid bagian luar diabaikan. Maka distribusi tekanannya sepanjang pelat tersebut dapat ditentukan berdasarkan teori inviscid flow, seolah-olah lapisan batas itu tidak ada. Medan tekanan luar ini mendorong aliran lapisan batas dan berperan sebagai fungsi pemaksa dalam persamaan momentum sepanjang permukaan itu.

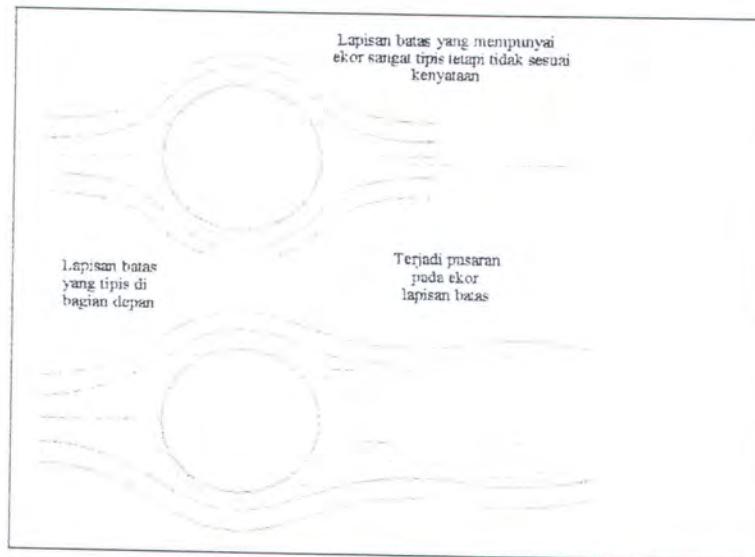
Untuk benda-benda ramping, seperti pelat dan *airfoil* yang sejajar dengan aliran yang datang, dapat kita simpulkan bahwa asumsi terbaikannya interaksi antara lapisan batas dan distribusi tekanan luar ini merupakan pendekatan yang sangat baik.

Untuk aliran lewat benda tumpul, bahkan untuk bilangan Reynolds yang tinggi sekalipun, terjadi perbedaan dalam konsep penggabungan viscous-

## Tugas Akhir

inviscid, seperti tampak pada gambar 2.2. Menurut teori, lapisan batas akan terjadi pada seluruh keliling permukaan akan tetapi pada kenyataannya lapisan batas hanya terjadi pada sisi muka benda itu , kemudian tekanannya berkurang sepanjang permukaan (gradien tekanan menguntungkan). Tetapi pada bagian belakang lapisan batas itu mengalami tekanan yang semakin membesar (gradien tekanan merugikan) dan pecah atau terpisah menjadi ulekan pada buritan. Aliran utamanya dibelokkan oleh ulekan di buritan ini, sehingga aliran luar itu sangat berbeda dari yang diramalkan teori fluida inviscid dengan tambahan lapisan batas yang tipis.

Teori interaksi yang kuat antara lapisan viscous dan lapisan inviscid pada aliran benda tumpul belum berkembang dengan baik. Aliran pada benda tumpul biasanya dipelajari secara eksperimental(White,1994).



Gambar 2. 2 (a) gambar aliran benda tumpul yang ideal: (b)gambar aliran pada fluida viscous

### 2.2.2. Persamaan Lapisan Batas

Dewasa ini ada tiga cara untuk mengerjakan internal flow , yakni penyelesaian numerik dengan komputer digital, eksperimen, dan teori lapisan batas.

Ratusan penyelesaian komputer yang menarik telah diterbitkan, dan kecepatan komputer serta penyajian grafis makin maju setiap tahun. Sampai kini hampir semuanya merupakan penyelesaian aliran berlapis, tetapi ada kemajuan kearah analisis komputer untuk aliran turbulen. Pengembangan model numerik yang seksama untuk turbulen merupakan pokok penelitian.

Percobaan merupakan cara yang paling lazim untuk mempelajari aliran luar. Dengan demikian kita akan memperoleha data- data yang lebih sesuai dengan aliran fluida yang sebenarnya. Cara yang ketiga adalah teori lapisan batas, yang dirumuskan pertama kali oleh Ludwig Prandtl pada tahun 1904. Di sini kita akan mengikuti gagasan Prandtl dan menggunakan beberapa asumsi mengenai tingkat besarnya parameter yang menyederhanakan persamaan- persamaan Navier-Stokes menjadi persamaan lapisan batas. Persamaan lapisan batas ini diselesaikan dengan cukup mudah, dan digabungkan pada medan inviscid flow di bagian luar.

Salah satu hasil teori lapisan batas yang penting adalah kemampuannya untuk meramalkan pemisahan aliran. Sebelum tahun 1904 tidak ada yang menyadari bahwa lapisan- lapisan geser yang sedemikian tipisnya dapat menyebabkan efek yang begitu pesat seperti pemisahan aliran. Sayangnya, sampai sekarangpun teori itu tidak dapat meramalkan dengan tepat bagaimana perilaku

daerah aliran yang terpisah itu dan bagaimana interaksinya dengan lapisan luar. Inilah kelemahan teori lapisan batas, yang kita harapkan bahwa kelemahan ini dapat diatasi dengan penelitian yang intensif ke dalam dinamika aliran terpisah (White, 1994).

### 2.2.3. Penurunan untuk Aliran Dua Dimensi

Kita hanya memperhatikan aliran viscous incompressible yang tunak dalam dua dimensi, dengan arah x sepanjang dinding tersebut. Untuk dinding yang melengkung, x dapat berupa busur sepanjang dinding dan y di mana-mana normal terhadap x , dengan perubahan yang dapat diabaikan dalam persamaan lapisan-batas asalkan jari-jari kelengkungan dinding tersebut besar apabila dibandingkan denga tebal lapisan- batas tersebut (White, 1994).

Sebelumnya telah kita ketahui bahwa persamaan gerak yang lengkap terdiri dari persamaan kontinuitas dan hubungan momentum pada arah- arah x dan y.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad 2.2.2a$$

$$\rho \left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad 2.2.2b$$

$$\rho \left( u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad 2.2.2c$$

## Tugas Akhir

Persamaan-persamaan ini harus diselesaikan untuk memperoleh u, v, dan p, dengan menerapkan syarat tak-gelincir dan syarat-syarat batas di inlet dan outlet. Tetapi ternyata penyelesaian itu terlalu sulit untuk sebagian besar aliran luar.

Pada tahun 1904 Prandtl menyimpulkan dengan betul bahwa suatu lapisan-batas haruslah sangat tipis apabila bilangan Reynoldsnya besar, sehingga pendekatan berikutnya ini berlaku:

Kecepatan:  $v \ll u$

$$\text{Laju perubahan: } \frac{\partial}{\partial x} \ll \frac{\partial}{\partial y} \quad 2.2.3$$

Kalau pendekatan di atas dipakai dalam persamaan Navier-Stokes kita peroleh penyederhanaan sebagai berikut:

$$\frac{\partial p}{\partial y} \approx 0 \text{ atau } p \approx p(x) \text{ saja} \quad 2.2.4$$

Dengan kata lain, persamaan momentum-y dapat diabaikan sama sekali, dan tekanannya hanya berubah-ubah sepanjang lapisan-batas, tidak melintasinya. Suku gradien tekanan dalam persamaan Navier-Stokes dianggap telah diketahui lebih dahulu dari persamaan Bernoulli yang diterapkan pada aliran luar yang inviscid.

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{dp}{dx} = -\rho U \frac{dU}{dx} \quad 2.2.5$$

Tentunya kita telah melakukan analisis inviscid flow dan mengetahui distribusi  $U(x)$  sepanjang dinding itu.

## Tugas Akhir

Sementara itu, karena persamaan 2.2.3 maka satu suku dalam persamaan 2.2.2b dapat diabaikan.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \ll \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad 2.2.6$$

Namun tidak ada suku yang dapat diabaikan dalam persamaan kontinuitas ,ini merupakan peringatan lagi bahwa kontinuitas senantiasa menjadi bagian yang vital dari setiap analisis aliran fluida.

Hasilnya, ketiga persamaan gerak yang lengkap (2. 2.2) tinggal menjadi dua persamaan lapisan batas Prandtl, yaitu:

Kontinuitas:  $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$

Momentum sepanjang dinding:  $\left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = U \frac{du}{dx} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau}{\partial y} \quad 2.2.7$

Dalam persamaan 2. 2. 7,

$$\tau = \begin{cases} \mu \frac{\partial u}{\partial y} & \text{untuk aliran laminer} \\ \mu \frac{\partial u}{\partial y} - \rho u' v' & \text{untuk aliran turbulen} \end{cases}$$

Dari persamaan ini dicari  $u(x,y)$  dan  $v(x,y)$ , sedang  $U(x)$  dianggap telah diketahui dari analisis inviscid flow di sebelah luar. Ada dua syarat batas untuk  $u$  dan  $v$ , yaitu

Pada  $y = 0$  ( dinding ):  $u = v = 0$  ( tak gelincir)

Pada  $y = (x)$  ( aliran luar )  $u = U(x)$  ( tepat di luar lapisan batas)

## *Tugas Akhir*

Berbeda dengan persaman Navier-Stokes ( 2.2.2) yang eliptik dan harus diselesaikan secara simultan di seluruh medan aliran, persamaan lapisan batas (2.2.7) bentuk matematisnya parabolik dan diselesaikan dari pinggir depan kemudian merambat ke hilir sejauh yang kita kehendaki, dan berhenti pada titik perpisahan atau sebelumnya.

Persamaan lapisan batas telah diselesaikan untuk banyak kasus yang menarik untuk aliran dalam, maupun untuk aliran luar, yang laminer ataupun turbulen, dengan memanfaatkan distribusi kecepatan di daerah inviscid flow  $U(x)$  yang sesuai untuk aliran yang bersangkutan.

### **2.2.3. Gradien Tekanan**

Analisis aliran lewat pelat datar dalam pembahasan sebelumnya kiranya cukup memberikan pengertian kepada kita tentang perilaku lapisan batas laminar dan turbulen, kecuali satu efek yang penting, yaitu pemisahan aliran. Prandtl menunjukkan bahwa pemisahan seperti dalam Gambar 2.2b disebabkan karena kerugian momentum yang berlebihan di dekat dinding dalam lapisan batas yang berusaha merambat ke hilir melawan tekanan yang membesar. Menaiknya tekanan yang melawan aliran lapisan batas ini,  $dp/dx > 0$ , disebut gradien tekanan merugikan. Keadaan sebaliknya, yakni  $dp/dx < 0$ , disebut gradien tekanan menguntungkan, dan tidak pernah menimbulkan pemisahan aliran. Dalam aliran melalui benda terbenam yang lazim, seperti dalam Gambar 2.2b, gradien yang menguntungkan terjadi di depan dan gradien yang merugikan terjadi di belakang.

Kita dapat menjelaskan pemisahan aliran dengan pertimbangan geometri tentang turunan kedua dari kecepatan  $u$  pada dinding. Dari persamaan momentum (2.2.7) pada dinding, tempat  $u = v = 0$ , kita dapatkan

$$\frac{\partial \tau}{\partial y} \Big|_{dinding} = \mu \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \Big|_{dinding} = -\rho U \frac{du}{dx} = \frac{dp}{dx} \quad \text{atau}$$
$$\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \Big|_{dinding} = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dx} \quad 2.2.8$$

untuk aliran laminer atau aliran turbulen (seperti telah kita gunakan sebelumnya, misalnya dalam tegangan geser  $\tau_w$ , indeks w berarti dinding). Jadi dalam gradien yang merugikan, turunan kedua dari kecepatan mempunyai nilai positif di dinding, namun nilainya harus negatif di lapisan luar ( $y = \delta$ ) untuk menyatu dengan aliran utama  $U(x)$ . Karena itu, turunan kedua tersebut pastilah melalui nilai nol di suatu tempat di antara dinding dan lapisan luar itu. Tempat itu dinamakan titik infleksi, dan setiap profil lapisan batas dalam daerah bergradien merugikan harus menunjukkan ciri khasnya, yaitu berbentuk S.

Gambar 2.3 melukiskan keadaan yang umum, Dalam gradien yang menguntungkan (Gambar 2.3a) profilnya sangat tumpul, tanpa titik infleksi (=TI), dan tidak mungkin terjadi pemisahan aliran. Profil aliran laminer semacam ini sangat sulit mengalami transisi menuju turbulen.

Kalau gradien tekanannya nol (Gambar 2.3b), misalnya dalam aliran melalui pelat datar, titik infleksinya pada dinding tersebut. Pemisahan aliran tidak terjadi, dan alirannya akan mengalami transisi pada nilai  $Re_x$  yang tidak lebih besar dari sekitar  $3 \times 10^6$ , seperti yang telah dibahas sebelumnya.

## Tugas Akhir

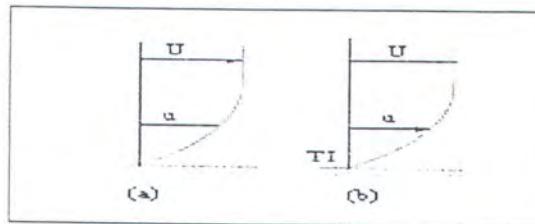
Dalam gradien yang merugikan (Gambar 2.3c sampai e) titik infleksi (TI) terjadi pada lapisan batas, dan jaraknya dari dinding makin besar apabila gradiennya semakin kuat. Untuk gradien yang lemah (Gambar 2. 3c) alirannya tidak terpisah, tetapi mudah mengalami transisi pada nilai  $Re_x$  serendah  $10^5$ . Pada gradien yang sedang, tercapai suatu keadaan kritis (Gambar 2. 3d) ketika geseran dindingnya nol ( $\partial u / \partial y = 0$ ). Ini didefinisikan sebagai titik pisah ( $\tau_w = 0$ ), sebab setiap gradien yang lebih kuat akan menyebabkan aliran balik di dinding (Gambar 2. 3e) lapisan batasnya sangat tebal, dan aliran utamanya memisahkan diri dari dinding.

Profil-profil aliran dalam Gambar 2. 3 biasanya terjadi beruntun sewaktu lapisan batas itu merambat sepanjang dinding benda. Sebagai contoh, dalam Gambar 2.2a suatu gradien yang menguntungkan terjadi di depan benda, gradien tekanan nol terjadi di dekat hulu benda itu, dan gradien yang merugikan terjadi berturut-turut ketika bergerak mengitari bagian belakang benda tersebut.

Contoh kedua yang dalam praktek memang terjadi, adalah aliran melalui suatu talang sel itu bergradien menguntungkan dan tidak pernah terpisah. Demikian pula aliran di dalam leher dengan gradien tekanan kira-kira nol, juga tidak terpisah. Tetapi pembaur yang melebar menimbulkan kecepatan rendah dan tekanan yang membesar, jadi gradiennya merugikan. Kalau sudut pembaur itu terlalu besar, gradien merugikan itu berlebihan dan lapisan batasnya akan terpisah pada salah satu atau kedua dinding, dengan aliran balik, kerugiannya bertambah besar, dan pemulihannya buruk. Dalam literatur tentang baur keadaan ini disebut *diffuser stall*, suatu istilah yang dipakai pula dalam

## Tugas Akhir

aerodinamika untuk menunjukkan adanya pemisahan lapisan batas airfoil. Jadi perilaku lapisan batas menjelaskan mengapa pembaur yang sudutnya besar mempunyai rugi aliran besar dan unjuk kerjanya buruk.



Gradien menguntungkan:

$$dU/dx > 0$$

$$dP/dx > 0$$

Tidak ada separation,

TI di dalam dinding

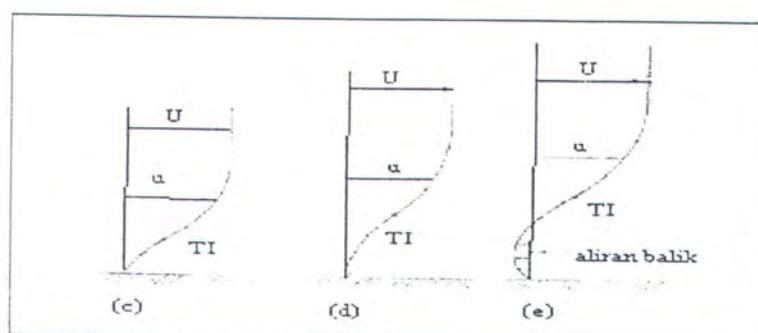
Gradien 0:

$$dU/dx = 0$$

$$dP/dx = 0$$

Tidak ada separation,

TI di dinding



Gradien merugikan:

$$dU/dx < 0$$

$$dP/dx < 0$$

Tidak ada separation,

TI di dalam aliran

Gradien merugikan:

Gaya geser nol di

dinding

Terjadi separation

Gradien merugikan:

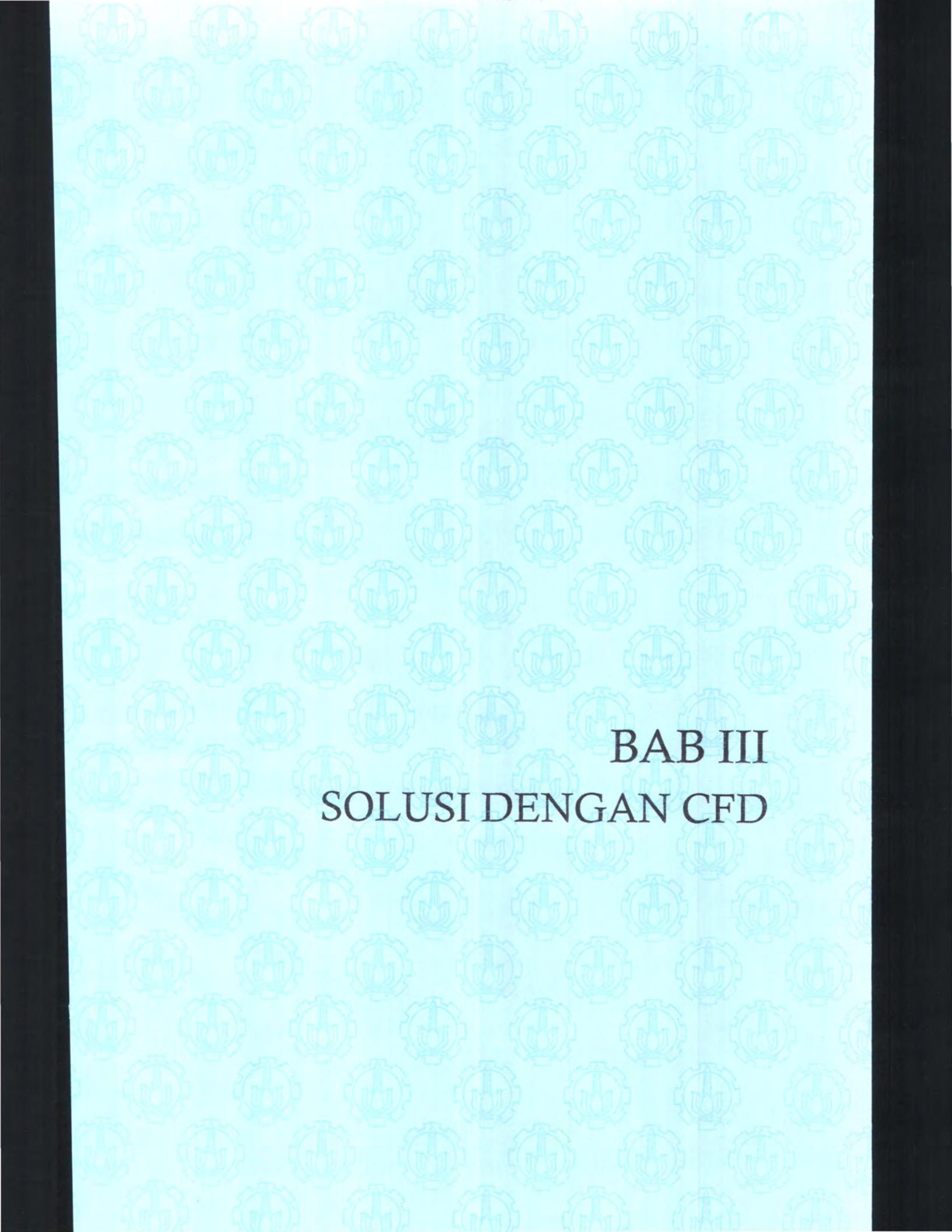
Aliran balik dekat dinding

Daerah separation

Gambar 2. 3. Pengaruh gradien tekanan pada profil lapisan batas ( TI = titik infleksi)

### *Tugas Akhir*

Sekarang teori lapisan batas hanya dapat digunakan untuk mengerjakan perhitungan sampai ke titik pisah, sesudah itu tidak berlaku lagi. Sekarang sedang dikembangkan cara-cara baru untuk menganalisis efek interaksi yang kuat yang disebabkan oleh aliran yang terpisah. Bila usaha-usaha ini ternyata berhasil maka teori lapisan.batas akan benar-benar sukses (White,1994).



## **BAB III**

### **SOLUSI DENGAN CFD**

## **BAB III**

### **COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS**

Dewasa ini ada tiga cara untuk mengerjakan aliran luar, yakni penyelesaian numerik dengan komputer digital, eksperimen, dan teori lapisan batas.

Ratusan penyelesaian komputer yang menarik telah diterbitkan, dan kecepatan komputer serta penyajian grafis makin maju setiap tahun. Sampai kini hampir semuanya merupakan penyelesaian aliran berlapis, tetapi ada kemajuan kearah analisis komputer untuk aliran bergolak (turbulen). Pengembangan model numerik yang seksama untuk turbulen merupakan pokok penelitian.

Percobaan merupakan cara yang paling lazim untuk mempelajari aliran luar. Dengan demikian kita akan memperoleha data- data yang lebih sesuai dengan aliran fluida yang sebenarnya. Cara yang ketiga adalah teori lapisan batas, yang dirumuskan pertama kali oleh Ludwig Prandtl pada tahun 1904. Di sini kita akan mengikuti gagasan Prandtl dan menggunakan beberapa asumsi mengenai tingkat besarnya parameter yang menyederhanakan persamaan— persamaan Navier-Stokes menjadi persamaan lapisan batas. Persamaan lapisan batas ini diselesaikan dengan cukup mudah, dan disambungkan pada medan aliran encer di bagian luar.

Salah satu hasil teori lapisan batas yang penting adalah kemampuannya untuk meramalkan pemisahan aliran. Sebelum tahun 1904 tidak ada yang menyadari bahwa lapisan- lapisan geser yang sedemikian tipisnya dapat

## *Tugas Akhir*

menyebabkan efek yang begitu besar seperti pemisaha aliran. Sayangnya, sampai sekarangpun teori itu tidak dapat meramalkan dengan tepat bagaimana perilaku daerah aliran yang terpisah itu dan bagaimana interaksinya dengan lapisan luar. Inilah kelemahan teori lapisan batas, yang kita harapkan bahwa kelemahan ini dapat diatasi dengan penelitian yang intensif ke dalam dinamika aliran terpisah.

*Computational Fluid Dynamics (CFD)* merupakan ilmu sains dalam penentuan penyelesaian numerik dinamika fluida. *CFD* adalah pendekatan ketiga dalam studi dan pengembangan bidang dinamika fluida selain pendekatan teori dan eksperimen murni.

Pada abad ketujuh belas, dasar-dasar dinamika fluida eksperimental dikenalkan di Inggris dan Prancis. Pada abad kedelapan belas dan kesembilan belas memperlihatkan pengembangan dinamika fluida secara teoritis. Kemudian sepanjang abad kedua puluh studi dan praktik dalam dinamika fluida melibatkan penggunaan teori murni di satu sisi dan eksperimen murni di sisi lainnya. Hal ini terjadi hingga awal tahun 1960-an. Pada akhirnya di tahun 1970 dikembangkan *CFD* dengan berbagai keterbatasan. Namun seiring dengan perkembangannya *CFD* modern bisa diterapkan dalam semua disiplin ilmu yang mementingkan analisis aliran fluida.

Pada saat ini terdapat banyak perangkat lunak *CFD* yang dapat digunakan dalam analisa fluida diantaranya *FLUENT*, *CFX*, *ANSYS Flotran CFD*, dan lain-lain. Pada percobaan ini digunakan perangkat lunak *Flotran CFD ANSYS 5.4* dengan salah satu kemampuannya yaitu menyelesaikan perhitungan distribusi

kecepatan, dan distribusi tekanan pada permukaan foil berpenampang lingkaran, ellips, dan pelat datar.

### 3.1. Persamaan Dasar Dinamika Fluida dalam CFD

Pada dasarnya semua jenis *CFD* didasarkan pada persamaan dasar (*governing equations*) dinamika fluida, yaitu persamaan kontinuitas, momentum, dan energi. Persamaan-persamaan ini merupakan pernyataan matematis untuk tiga prinsip dasar fisika :

1. Hukum kekekalan massa.
2. Hukum kedua Newton,  $\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$
3. Hukum kekekalan energi.

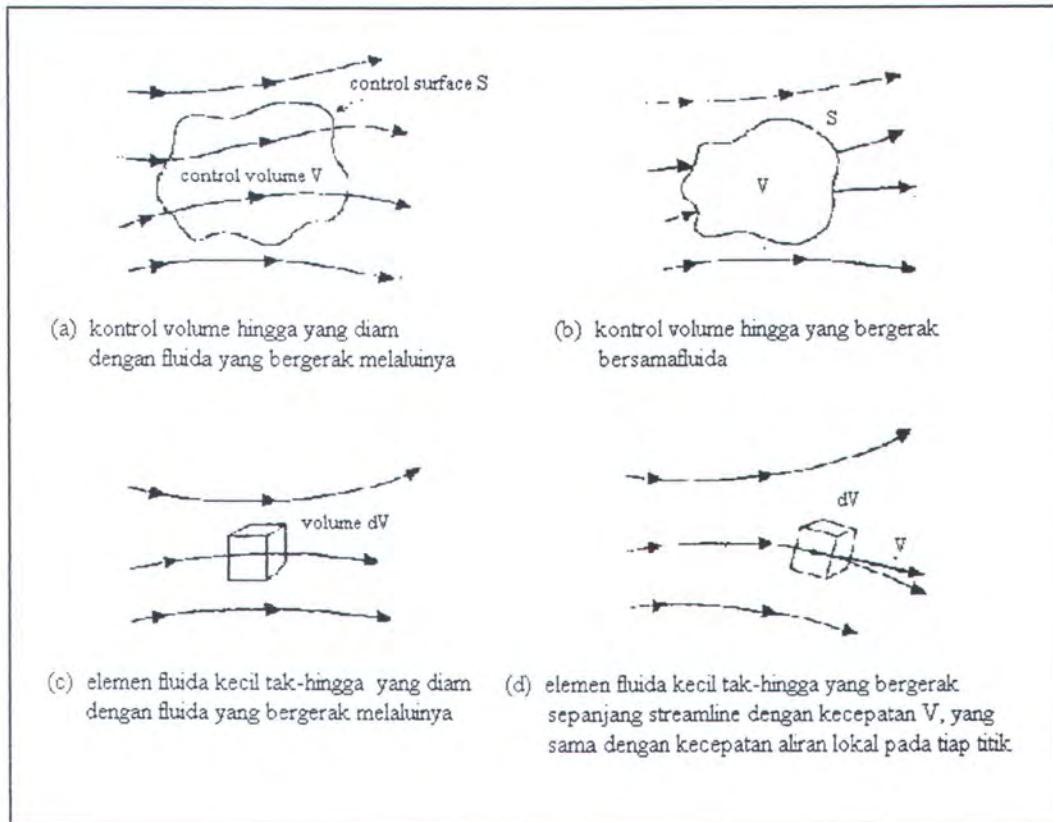
Dalam mendapatkan persamaan dasar gerak fluida, filosofi berikut ini selalu diikuti:

1. Memilih prinsip fisika dasar dari hukum-hukum fisika (hukum kekekalan massa, hukum kedua Newton, dan hukum kekekalan energi).
2. Menerapkan prinsip-prinsip fisika ini dalam model aliran.
3. Dari penerapan ini, diuraikan persamaan matematis yang meliputi prinsip-prinsip fisika.

Untuk menghasilkan model aliran dapat digunakan metode kontrol volume dan metode elemen fluida seperti pada Gb. 3.1. Dari penurunan model (a) dan (c) akan didapatkan persamaan yang disebut *conservation form*, sedangkan dari penurunan model (b) dan (d) akan didapatkan persamaan yang disebut *nonconservation form*. Hasil penurunan dari keempat model ini pada dasarnya

## Tugas Akhir

akan menghasilkan persamaan yang sama, hanya dalam bentuk manipulasi matematis yang berbeda.



Gambar 3.1. Model-model aliran. (a & b) pendekatan kontrol volume-hingga, (c & d) pendekatan elemen fluida kecil tak-hingga.

### 3.2. Persamaan aliran viscous (Persamaan Navier~Stokes)

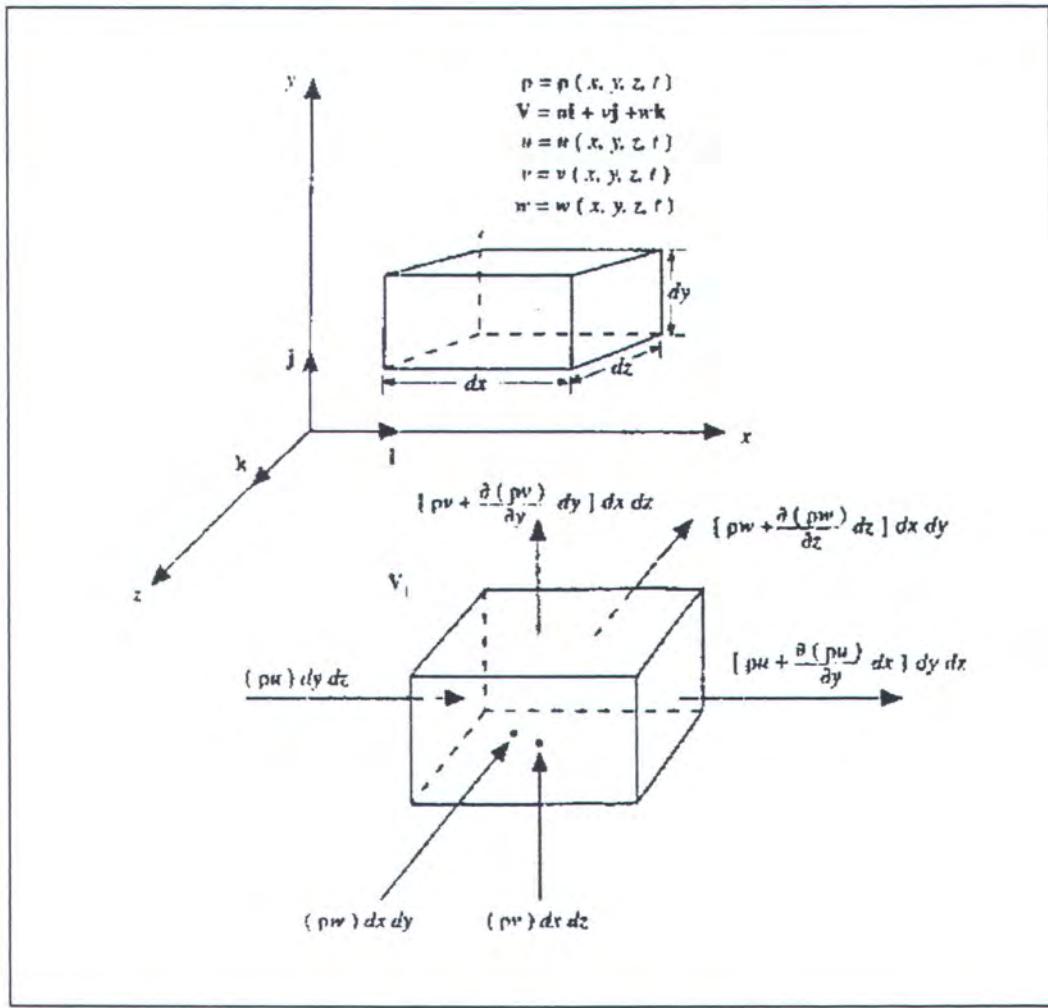
Aliran *viscous* merupakan persamaan aliran yang mengikutkan fenomena pemindahan gesekan/ *friction*, konduksi/ hantaran panas, dan/ atau difusi/ penyebaran massa.

#### A. Persamaan Kontinuitas

Pada Gb. 3.1c diperlihatkan elemen kecil tak-hingga (*infinitesimal fluid elemen*) yang tetap-dalam-ruang dengan fluida yang bergerak disekitarnya. Model

## Tugas Akhir

aliran ini secara detail terlihat pada Gb. 3.2. Dalam hal ini digunakan sistem koordinat Cartesian, dengan kecepatan dan densitas merupakan fungsi dari bidang  $(x, y, z)$  dan waktu  $t$ . Elemen ini mempunyai sisi-sisi  $dx$ ,  $dy$ , dan  $dz$ .



Gambar 3.2. Model elemen kecil tak-hingga yang tetap-dalam-ruang

Gambar 3.2. memperlihatkan aliran massa yang melalui elemen-elemen ini. Pada permukaan kiri dan kanan (elemen yang tegak lurus terhadap sumbu  $x$ ) luasan pada permukaan ini adalah  $dy dz$ . Aliran massa melalui permukaan kiri adalah  $(\rho u) dy dz$ . Karena kecepatan dan densitas merupakan fungsi dari lokasinya di dalam ruang, maka nilai aliran massa yang melewati permukaan kanan akan

berbeda dari nilai besaran massa yang melalui permukaan kiri dengan perbedaan aliran massa sebesar  $[\partial(\rho u) / \partial x] dx$ . Karenanya, aliran massa melalui permukaan kanan dapat dinyatakan sebagai  $\{\rho u + [\partial(\rho u) / \partial x] dx\} dy dz$ . Dengan cara yang sama, aliran massa yang melalui permukaan bawah dan atas, yang tegak lurus terhadap sumbu  $y$ , adalah  $(\rho v) dx dz$  dan  $\{\rho v + [\partial(\rho v) / \partial y] dy\} dx dz$ . Sedangkan aliran massa yang melalui permukaan depan dan belakang, yang tegak lurus terhadap sumbu  $z$ , adalah  $(\rho w) dx dy$  dan  $\{\rho w + [\partial(\rho w) / \partial z] dz\} dx dy$ .

Sesuai konvensi bahwa  $u$ ,  $v$ , dan  $w$  bernilai positif pada arah sumbu  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ . Maka, arah panah pada Gb. 3.2 menunjukkan kontribusi aliran massa masuk dan keluar melalui sisi-sisi elemen-tetap. Aliran keluar massa dengan nilai positif akan didapatkan sebagai:

*Aliran keluar-bersih (net outflow) dalam arah sumbu  $x$  :*

$$\left[ \rho u + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} dx \right] dy dz - (\rho u) dy dz = \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} dx dy dz \quad (3.1)$$

*Aliran keluar-bersih dalam arah sumbu  $y$  :*

$$\left[ \rho v + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} dy \right] dx dz - (\rho v) dx dz = \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} dx dy dz \quad (3.2)$$

*Aliran keluar-bersih dalam arah sumbu  $z$  :*

$$\left[ \rho w + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} dz \right] dx dy - (\rho w) dx dy = \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} dx dy dz \quad (3.3)$$

Maka aliran massa-bersih yang keluar dari elemen adalah:

$$\text{Aliran massa-bersih} = \left[ \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} \right] dx dy dz \quad (3.4)$$

## Tugas Akhir

Massa total fluida elemen kecil tak-hingga adalah  $\rho (dxdydz)$ , maka peningkatan massa dalam ukuran waktu (*time rate*) tertentu di dalam elemen adalah:

$$\text{Peningkatan massa terhadap waktu} = \frac{\partial \rho}{\partial t} (dxdydz) \quad (3.5)$$

Prinsip fisika menyatakan bahwa massa adalah kekal (*mass is conserve*), saat diterapkan untuk elemen-tetap dalam Gb. 3.2, bisa diekspresikan dalam pernyataan berikut: aliran massa-bersih yang keluar dari elemen harus sama dengan *pengurangan* massa dalam elemen dalam ukuran waktu tersebut. Menandai pengurangan massa dengan besaran negatif, pernyataan ini bisa dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$\left[ \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} \right] dxdydz = - \frac{\partial \rho}{\partial t} (dxdydz) \quad (3.6)$$

atau

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \left[ \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} \right] = 0 \quad (3.7)$$

Pada persamaan 3.7, variabel dalam kurung merupakan  $\nabla \cdot (\rho V)$ , maka persamaan 3.7 menjadi :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho V) = 0 \quad (3.8)$$

Dalam koordinat Cartesian, operator vektor  $\nabla$  didefinisikan sebagai :

$$\nabla \equiv \mathbf{i} \frac{\partial}{\partial x} + \mathbf{j} \frac{\partial}{\partial y} + \mathbf{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

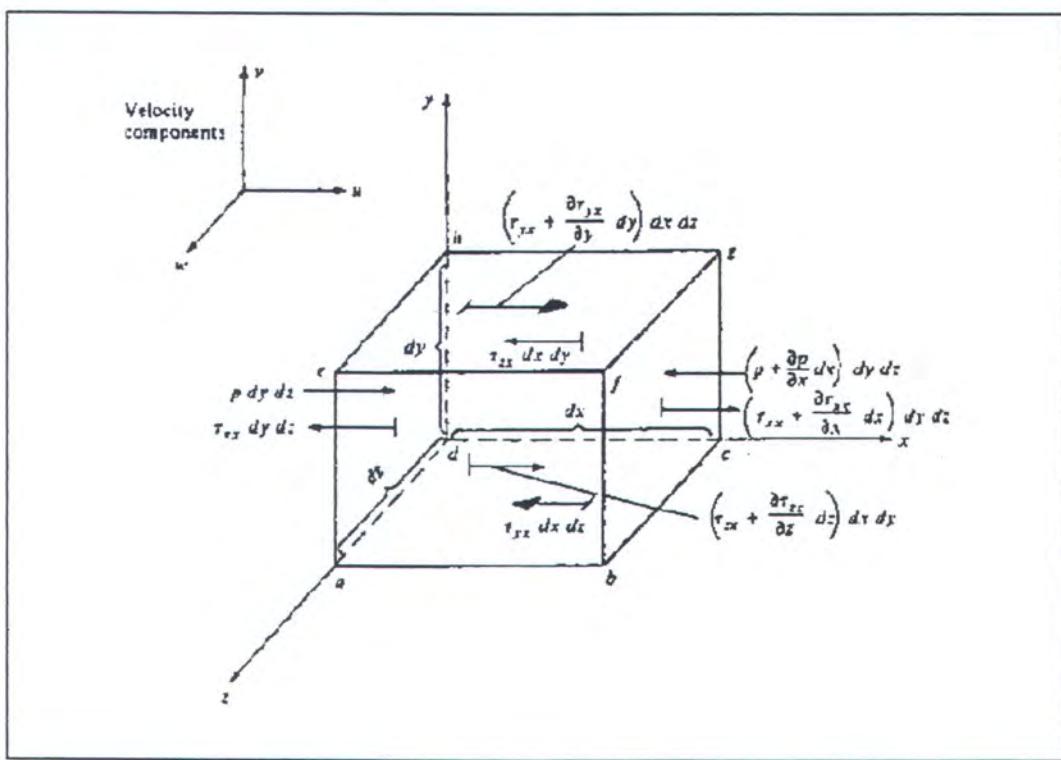
$V$  adalah vektor kecepatan dalam koordinat Cartesian.

$$\mathbf{V} = u\mathbf{i} + v\mathbf{j} + w\mathbf{k}$$

$\nabla \cdot V$  disebut sebagai *convective derivative*, yang secara fisik merupakan ukuran waktu terjadinya perubahan karena pergerakan elemen fluida dari satu lokasi ke lokasi lainnya dalam bidang aliran, yang kondisinya relatif berbeda.

### B. Persamaan Momentum

Dalam bagian ini, diterapkan prinsip fisika dasar yang lain ke dalam model aliran, yaitu hukum Newton kedua. Seperti pada bagian A, di sini digunakan model elemen fluida kecil tak-hingga dengan fluida bergerak di sekelilingnya. Model ini diperlihatkan dengan lebih jelas pada gambar berikut:



Gambar 3.3. Gaya-gaya yang bekerja pada sumbu x pada elemen fluida kecil tak-hingga yang bergerak.

## Tugas Akhir

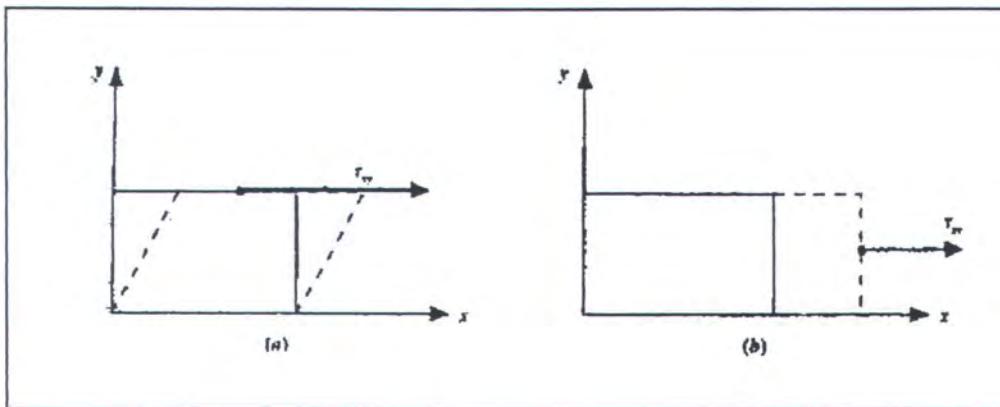
Hukum kedua Newton dalam arah  $x$  dapat ditulis sebagai berikut:

$$F_x = m \alpha_x \quad (3.9)$$

$F_x$  dan  $\alpha_x$  adalah komponen skalar arah  $x$  untuk gaya dan percepatan.

Pada elemen fluida yang bergerak akan timbul gaya, dimana sumber gaya tersebut adalah:

1. Gaya badan (*body force*), yang berlaku langsung pada volume massa dari elemen fluida. Gaya-gaya ini “berlaku pada jarak tertentu”; contohnya adalah gaya gravitasi, listrik, dan magnetik.
2. Gaya permukaan, yang berlaku langsung pada permukaan elemen fluida. Gaya permukaan timbul karena adanya distribusi tekanan yang berlaku pada permukaan, disebabkan oleh fluida luar yang mengelilingi elemen fluida, dan distribusi tegangan geser dan normal yang berlaku pada permukaan, juga disebabkan oleh fluida luar yang “mendorong” permukaan dalam bentuk gesekan.



Gambar 3.4. (a) tegangan geser (berkaitan dengan tingkat perubahan deformasi pergeseran), dan (b) tegangan normal (berkaitan dengan tingkat perubahan volume).

## Tugas Akhir

Gaya badan per-unit massa pada elemen fluida ditandai sebagai  $f$ , dan  $f_x$  sebagai komponen gaya badan per-unit massa yang searah sumbu  $x$ . Volume fluida adalah  $(dx dy dz)$ , sehingga:

$$\text{Gaya badan pada elemen fluida searah sumbu } x = \rho f_x (dx dy dz) \quad (3.10)$$

Tegangan normal dan geser dalam fluida terkait dengan tingkat perubahan (terhadap waktu) dari deformasi elemen fluida, seperti terlihat dalam Gb. 3.4 (hanya untuk bidang  $xy$ ). Tegangan geser, ditandai dengan  $\tau_{xy}$ , berkaitan dengan deformasi-pergeseran, sedangkan tegangan normal ( $\tau_{xx}$ ) berkaitan dengan tingkat perubahan volume dari elemen fluida. Sebagai hasilnya, baik tegangan geser maupun normal tergantung pada tingkat perubahan kecepatan dalam aliran. Dalam kebanyakan aliran *viscous*, tegangan normal (seperti  $\tau_{xx}$ ) jauh lebih kecil daripada tegangan geser dan seringkali diabaikan. Tegangan normal menjadi penting saat gradien kecepatan normal (misalnya  $\partial x / \partial y$ ) nilainya sangat besar, seperti di dalam gelombang kejut.

Gaya-gaya permukaan dalam arah- $x$  diperlihatkan dalam Gb. 3.3. Di sini diberlakukan konvensi bahwa  $\tau_{ij}$  menandai tegangan dalam arah  $j$  dan berlaku dalam bidang tegak lurus terhadap sumbu  $i$ . Pada permukaan  $abcd$ , gaya satunya dalam arah- $x$  berhubungan dengan tegangan geser, yaitu  $\tau_{yz} dx dz$ . Permukaan  $efgh$  merupakan jarak  $dy$  di atas permukaan  $abcd$ , sehingga gaya geser pada arah  $x$  di permukaan  $efgh$  adalah  $[\tau_{yx} + (\partial \tau_{yx} / \partial y) dy] dx dz$  dengan arah ke kanan (positif terhadap arah- $x$ ). Perlu ditekankan bahwa arah tegangan geser pada permukaan  $abcd$  dan  $efgh$  di permukaan bawah, yaitu  $\tau_{yx}$  arahnya ke kiri (negatif sumbu  $x$ ), sedangkan pada permukaan atas,  $\tau_{yz} + (\partial \tau_{yx} / \partial y) dy$  arahnya ke kanan.

Arah-arah ini konsisten dengan konvensi bahwa nilai-nilai positif meningkat pada keseluruhan tiga komponen kecepatan,  $u$ ,  $v$ , dan  $w$ , terjadi pada arah positif sumbu. Sebagai contoh, dalam Gb. 3.3,  $u$  meningkat dalam arah  $y$ -positif. Kemudian, pada permukaan  $efgh$ ,  $u$  sedikit lebih tinggi di atas permukaan dari pada di permukaan, hal ini menyebabkan aksi “penarikan” (*tugging*) yang mencoba untuk mendorong elemen fluida ke arah  $x$ -positif. Sebaliknya, pada permukaan  $abcd$ ,  $u$  sedikit di bawah permukaan daripada di permukaan, hal ini menyebabkan aksi pergeseran pada elemen fluida, yang terjadi pada arah  $x$ -negatif.

Arah-arah dari seluruh tegangan *viscous* diperlihatkan dalam Gb. 3.3, termasuk  $\tau_{xx}$ , bisa disusun dengan cara yang sama. Khusus di permukaan  $dcgh$ ,  $\tau_{zx}$  berlaku pada arah  $x$ -negatif, sedangkan pada permukaan  $abfe$ ,  $\tau_{zx} + (\partial\tau_{zx}/\partial z) dz$  berlaku pada arah  $x$ -positif. Di permukaan  $adhe$ , yang tegak lurus terhadap sumbu- $x$ , gaya satu-satunya pada arah- $x$  adalah gaya tekan  $p dy dz$ , yang selalu beraksi pada arah *ke dalam* elemen fluida, dan  $\tau_{xx} dy dz$ , yang menuju ke arah  $x$ -negatif. Pada Gb. 3.3, alasan kenapa  $\tau_{xx}$  berada dalam permukaan  $adhe$  adalah sebagai “engsel-kiri” (*left hinges*) pada konvensi yang telah disepakati sebelumnya sebagai arah penambahan kecepatan. Di sini, sesuai konvensi, peningkatan positif dalam  $u$  adalah menuju ke arah  $x$ -positif. Karenanya, nilai  $u$  pada permukaan kiri  $adhe$  lebih kecil daripada nilai  $u$  pada permukaan itu sendiri. Sebagai hasilnya, aksi *viscous* pada tegangan normal berlaku sebagai suatu “hisapan” pada permukaan  $adhe$ , yaitu, ada aksi penggeseran ke arah kiri yang ingin memperlambat gerak elemen fluida. Kebalikannya, pada permukaan  $bcfg$ ,

## Tugas Akhir

gaya tekan  $[p + (\partial p / \partial x) dx] dy dz$  ditekan ke dalam pada elemen fluida (dalam arah  $x$ -negatif), dan kerena nilai  $u$  pada sisi kanan permukaan  $bcfg$  lebih besar daripada nilai  $u$  di permukaan, terjadi “penghisapan” karena tegangan normal *viscous* yang mencoba untuk mendorong elemen ke kanan (dalam arah  $x$ -positif) dengan gaya setara dengan  $[\tau_{xx} + (\partial \tau_{xx} / \partial x) dx] dy dz$ . Dengan kerangka pikir seperti di atas, untuk elemen fluida yang bergerak bisa ditulis:

Gaya permukaan bersih dalam arah  $x$  =

$$\begin{aligned} & \left[ p - \left( p + \frac{\partial p}{\partial x} dx \right) \right] dy dz + \left[ \left( \tau_{xx} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} dx \right) - \tau_{xx} \right] dy dz + \\ & + \left[ \left( \tau_{yx} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} dy \right) - \tau_{yx} \right] dx dz + \left[ \left( \tau_{zx} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} dz \right) - \tau_{zx} \right] dx dy \end{aligned} \quad (3.11)$$

Gaya total dalam arah  $x$ ,  $F_x$ , diberikan oleh penjumlahan persamaan 3.10 dan 3.11, didapatkan :

$$F_x = \left[ -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right] dx dy dz + \rho f_x dx dy dz \quad (3.12)$$

Massa elemen fluida yaitu :

$$m = \rho dx dy dz \quad (3.13)$$

Percepatan elemen fluida adalah tingkat perubahan waktu dari kecepatan. Karenanya, komponen percepatan dalam arah- $x$  ( $a_x$ ), secara sederhana merupakan tingkat perubahan  $u$  terhadap waktu sejak kita mengikuti elemen fluida yang bergerak. Tingkat perubahan terhadap waktu ini diberikan oleh *derivative* dasar sebagai berikut :

$$a_x = \frac{Du}{Dt} \quad (3.14)$$

## Tugas Akhir

Dengan menggabungkan persamaan 3.9, 3.12, 3.13, dan 3.14, maka didapatkan :

$$\rho \frac{Du}{Dt} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + \rho f_x \quad (3.15)$$

yang merupakan komponen  $x$  dari persamaan momentum untuk aliran *viscous*.

Dengan cara yang sama, komponen  $y$  dan  $z$  bisa didapatkan sebagai berikut :

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + \rho f_y \quad (3.16)$$

$$\rho \frac{Dw}{Dt} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \rho f_z \quad (3.17)$$

Persamaan 3.15, 3.16, dan 3.17 merupakan persamaan *partial differential* yang didapatkan langsung dari penerapan prinsip fisika dasar terhadap elemen fluida kecil tak-hingga. Karena elemen fluida ini bergerak dengan fluida, maka persamaan 3.15 sampai 3.17 merupakan bentuk *nonconservation*. Persamaan-persamaan ini merupakan persamaan skalar dan disebut sebagai persamaan *Navier-Stokes*.

Persamaan Navier-Stokes bisa didapatkan dalam bentuk *conservation* sebagai berikut. Sisi kiri persamaan 3.15 ditulis dalam bentuk *derivative* dasar :

$$\rho \frac{Du}{Dt} = \rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho \mathbf{V} \cdot \nabla u \quad (3.18)$$

Juga diketahui bentuk *derivative* berikut :  $\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} = \rho \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial t}$  , maka

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} - u \frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (3.19)$$

## Tugas Akhir

Menggunakan identitas vektor untuk men-divergen-kan hasil skalar dikalikan dengan vektor, didapatkan  $\nabla \cdot (\rho u \mathbf{V}) = u \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) + (\rho \mathbf{V}) \cdot \nabla u$  atau dapat ditulis sebagai :

$$\rho \mathbf{V} \cdot \nabla u = \nabla \cdot (\rho u \mathbf{V}) - u \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) \quad (3.20)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 3.19 dan 3.20 ke dalam persamaan 3.18, didapatkan :

$$\begin{aligned} \rho \frac{Du}{Dt} &= \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} - u \frac{\partial \rho}{\partial t} - u \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) + \nabla \cdot (\rho u \mathbf{V}) \\ \rho \frac{Du}{Dt} &= \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} - u \left[ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) \right] + \nabla \cdot (\rho u \mathbf{V}) \end{aligned} \quad (3.21)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 3.8 ke dalam persamaan 3.21, didapatkan :

$$\rho \frac{Du}{Dt} = \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u \mathbf{V}) \quad (3.22)$$

Substisi persamaan 3.22 ke 3.15 menghasilkan :

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u \mathbf{V}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + \rho f_x \quad (3.23)$$

dengan cara yang sama persamaan 3.16 dan 3.17 menjadi :

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v \mathbf{V}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + \rho f_y \quad (3.24)$$

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho w \mathbf{V}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \rho f_z \quad (3.25)$$

Persamaan 3.23 sampai 3.25 adalah persamaan Navier~Stokes dalam bentuk *conservation*.

Pada akhir abad 17, Isaac Newton menyatakan bahwa tegangan geser pada fluida adalah proporsional terhadap tingkat waktu regangan (*strain*), yaitu gradien

kecepatan. Beberapa fluida disebut fluida *newtonian* (fluida yang nilai  $\tau$ -nya tidak proporsional terhadap gradien kecepatan adalah fluida *non-newtonian*, salah contohnya). Dalam kebanyakan praktik aerodinamika, fluida bisa diasumsikan sebagai *newtonian*. Untuk fluida ini, Stokes mendapatkan :

$$\tau_{xx} = \lambda(\nabla \cdot \mathbf{V}) + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \quad (3.26)$$

$$\tau_{yy} = \lambda(\nabla \cdot \mathbf{V}) + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \quad (3.27)$$

$$\tau_{zz} = \lambda(\nabla \cdot \mathbf{V}) + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \quad (3.28)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu \left[ \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right] \quad (3.29)$$

$$\tau_{xz} = \tau_{zx} = \mu \left[ \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right] \quad (3.30)$$

$$\tau_{yz} = \tau_{zy} = \mu \left[ \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right] \quad (3.31)$$

dengan  $\mu$  adalah koefisien viskositas molekul dan  $\lambda$  adalah koefisien viskositas kedua. Stokes membuat hipotesis bahwa  $\lambda = -(2/3)\mu$ , yang seringkali digunakan tapi belum didefinisikan dengan jelas hingga sekarang.

Substitusi persamaan 3.26~3.31 ke persamaan 3.23~3.25 didapatkan persamaan lengkap Navier~Stokes sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \nabla \cdot \mathbf{V} + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \\ &+ \frac{\partial}{\partial y} \left[ \mu \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \mu \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] + \rho f_x \end{aligned} \quad (3.32)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u v)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v w)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \mu \left( \lambda \nabla \cdot \mathbf{V} + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \mu \left( \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] + \rho f_y \end{aligned} \quad (3.33)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u w)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v w)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w^2)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \mu \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] + \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \mu \left( \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \nabla \cdot \mathbf{V} + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \rho f_z \end{aligned} \quad (3.34)$$

### 3.3. Flotran CFD ANSYS 5.4

Dalam penyelesaian masalah dengan menggunakan *Flotran CFD ANSYS 5.4* terdiri dari tiga tahap, yaitu *Preprocessor*, *Solution (Flow Solver)*, dan *General Postproc (Post Processor)*.

#### A. Preprocessor

Pada tahapan ini dilakukan beberapa langkah utama sebagai berikut :

1. *Element type* : pemilihan tipe elemen fluida yang akan digunakan, yaitu elemen *FLUID 141* untuk permasalahan yang diselesaikan dengan pendekatan dua dimensi atau *FLUID 142* untuk aliran tiga dimensi.
2. *Modeling* : pendefinisian geometri dari model yang dibuat dengan domain yang sesuai dengan kebutuhan.
3. *Meshing* : Membagi model yang telah dibuat berdasarkan:
  - jumlah elemen yang diperkirakan semakin banyak jumlah elemen maka perhitungan semakin akurat. Akan tetapi jumlah elemen tersebut

menyebabkan semakin lamanya proses running dan menyebabkan kapasitas file yang cukup besar.

- tingkat kerapatan elemennya, terutama pada daerah yang mendekati benda atau mendekati daerah yang mempunyai jari-jari permukaan yang relatif lebih kecil dibanding jari-jari permukaan lainnya.
- penentuan bentuk elemen *meshing*, yang terbagi dalam bentuk elemen segi tiga, segi empat, dan gabungan antara segitiga dan segiempat.
- penentuan sifat bentuk elemen apakah secara teratur atau bebas secara otomatis diatur oleh komputer.

## B. Solution

Pada tahap solusi terdiri dari dua masukan (*input*) utama yaitu masukan untuk kondisi batas (*loads*) dan masukan untuk *Flotran Set up*.

### 1. *Loads*

Menentukan harga kecepatan dan tekanan pada batas-batas (domain) model yang telah dibuat.

### 2. *Flotran Set up*

#### a. *Solution options* : - steady state atau transient

- adiabatic atau thermal

- laminer atau turbulent

- incompressible atau compressible

#### b. *Execution control* : penentuan jumlah iterasi dan tingkat kesalahan iterasi.

#### c. *Additional out* : hasil tambahan yang ingin diketahui seperti tegangan geser dan koefisien tekanan.

## *Tugas Akhir*

d. Penentuan sifat-sifat fluida yaitu densitas dan viskositas.

e. *Flow environment* : penentuan acuan tekanan.

### 3. *Run Flotran*

Setelah semua *input* dimasukkan, maka pemodelan untuk simulasi ini dijalankan (proses *running*). Selama proses *running* berlangsung semua informasi iterasi ditampilkan oleh ANSYS *output* secara kontinyu. Iterasi akan berhenti sampai mencapai jumlah iterasi yang ditentukan atau sampai mencapai kesalahan iterasi yang telah ditentukan.

### C. General Postproc

Hasil dari proses *running* merupakan data-data numerik dari kecepatan dan tekanan pada tiap-tiap nodal. Hasil-hasil tersebut bisa ditampilkan dalam bentuk visualisasi dan animasi. *Additional out* (hasil tambahan) juga bisa didapatkan sesuai dengan yang diminta pada tahap *solution*.

### 3.4. Proses Validasi

#### 1. Convergence

Pada proses iterasi perhitungan akan selalu dikontrol dengan persamaan pengendali. Proses dikatakan berhenti jika variable-variabelnya tidak mengalami perubahan yang besar atau grafik iterasi berfluktuasi secara stabil.

#### 2. Grid Independence

Banyaknya elemen yang kita gunakan dalam perhitungan akan menentukan keakuratan hasil yang diperoleh. Tetapi tidak selamanya dengan jumlah elemen yang banyak akan menambah keakuratan hasil perhitungan. Dengan

demikian pengguna dituntut untuk dapat menentukan jumlah elemen yang optimum, agar waktu dan memori komputer yang terpakai tidak terlalu besar.

### 3. Verifikasi dengan teori atau data lain

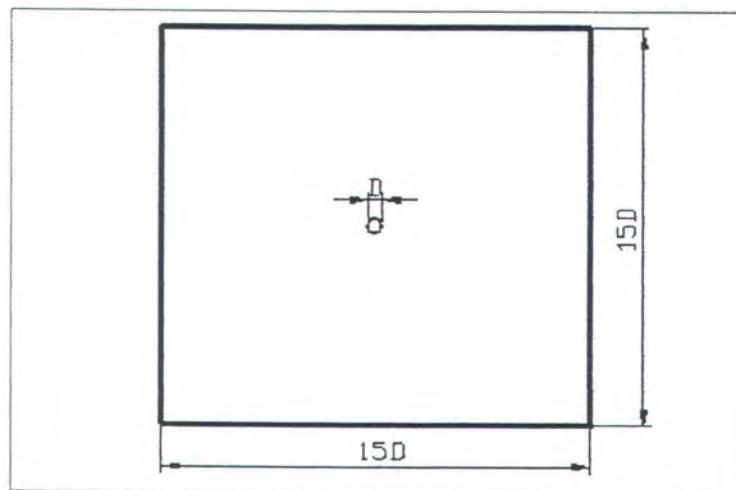
Hasil perhitungan dengan pendekatan *CFD* dibandingkan dengan teori atau data lain yang sudah ada untuk mengetahui tingkat keakurasiannya.

### 3.5. Pemodelan Lingkaran, Ellips, dan Pelat Datar

Untuk keperluan analisa distribusi tekanan pada lingkaran, ellips, dan pelat datar ini digunakan pendekatan dua dimensi untuk masing-masing model dan domainnya. Langkah-langkah pembuatan model yaitu:

#### 1. Tahap Preprocessor

- Type element: FLUID 141
- Geometri:
  - a. Lingkaran:

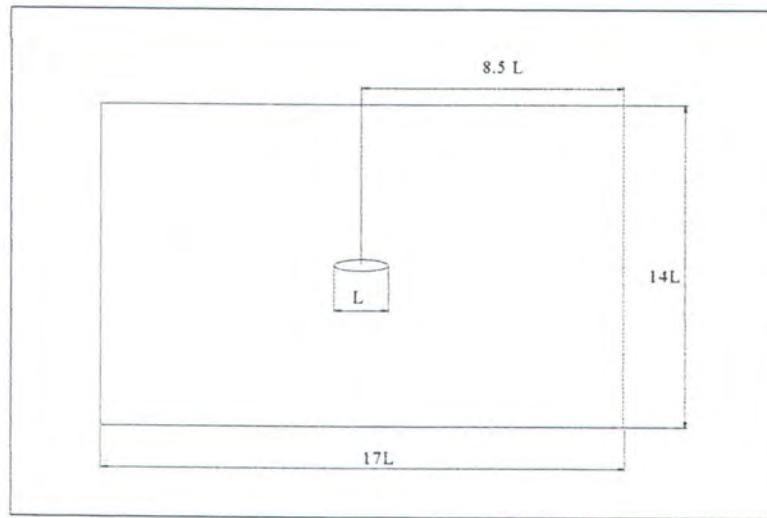


Gambar 3.5. Pemodelan pada lingkaran

## Tugas Akhir

Lingkaran yang dimodelkan mempunyai diameter (chord) = 2 m. Batas fluida (domain) yang dipakai, yaitu panjang 15 kali panjang *chord* dan lebar sebesar 15 kali panjang *chord*, Gb. 3.5.

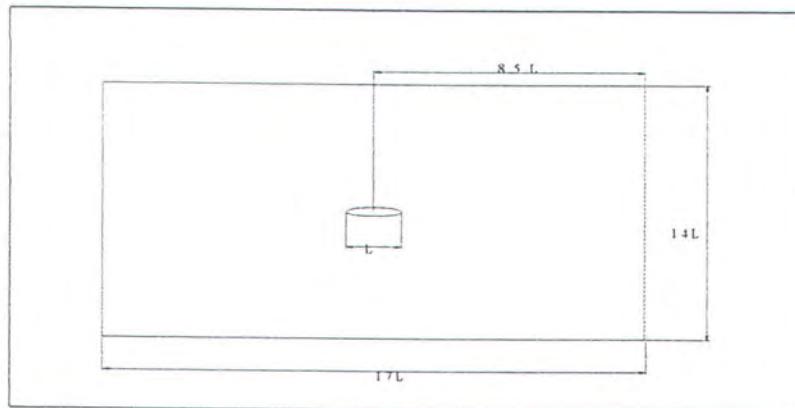
- b. Ellips ( $a / b = 2 / 1$ ):



Gambar 3.6. Pemodelan pada Ellips ( $L / B = 2 / 1$ )

Ellips yang dimodelkan mempunyai panjang chord ( $L$ ) = 2 m. Batas fluida (domain) yang dipakai, yaitu panjang 17 kali panjang *chord* dan lebar sebesar 14 kali panjang *chord*, Gb. 3.6. Lebar dari ellips ( $B$ ) = 1 m.

- c. Ellips ( $a / b = 5 / 1$ ):

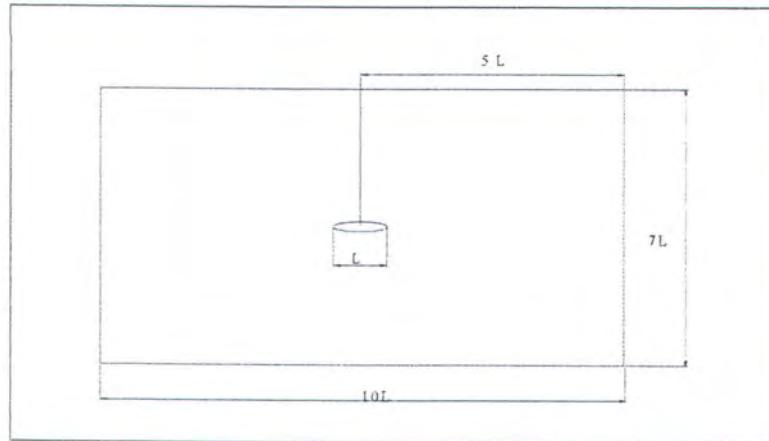


Gambar 3.7. Pemodelan pada Ellips ( $L / B = 5 / 1$ )

*Tugas Akhir*

Ellips yang dimodelkan mempunyai panjang chord ( $L$ ) = 2 m. Batas fluida (domain) yang dipakai, yaitu panjang 17 kali panjang *chord* dan lebar sebesar 14 kali panjang *chord*, Gb. 3.7. Lebar dari ellips ( $B$ ) = 0.4 m.

- d. Ellips ( $a / b = 10 / 1$ ):

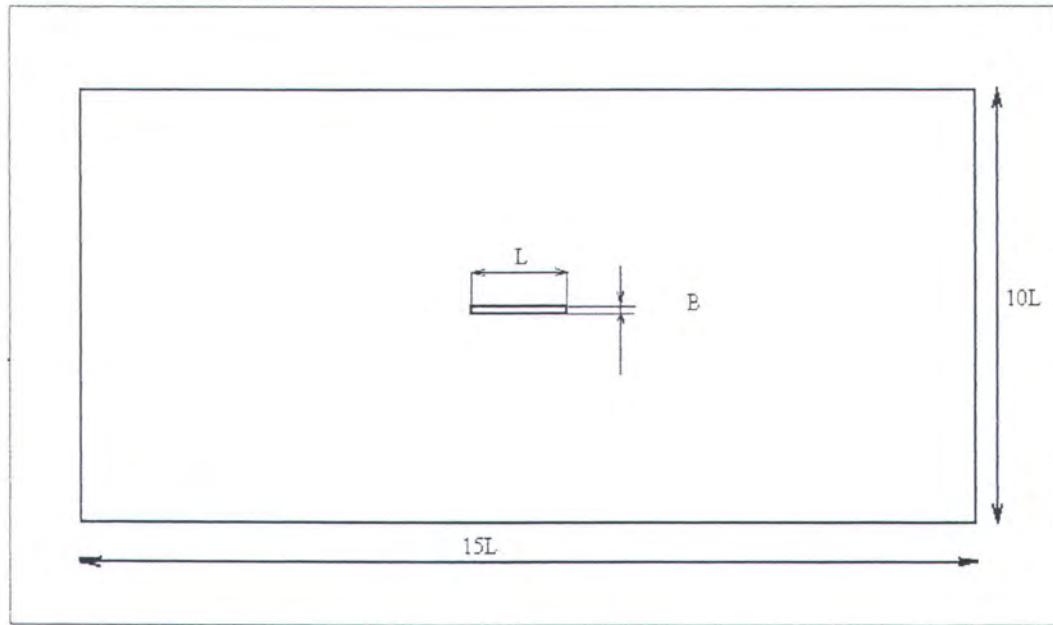


Gambar 3.8. Pemodelan pada Ellips ( $L / B = 10/1$ )

Ellips yang dimodelkan mempunyai panjang chord ( $L$ ) = 2 m. Batas fluida (domain) yang dipakai, yaitu panjang 10 kali panjang *chord* dan lebar sebesar 7 kali panjang *chord*, Gb. 3.8. Lebar dari ellips ( $B$ ) = 0.2 m.

- e. Pelat datar :

Tugas Akhir



Gambar 3.9. Pemodelan pada Ellips ( $L/B = 10/1$ )

Pelat yang dimodelkan mempunyai panjang chord ( $L$ ) = 2 m. Batas fluida (domain) yang dipakai, yaitu panjang 15 kali panjang *chord* dan lebar sebesar 10 kali panjang *chord*, Gb. 3.9. Lebar dari pelat datar ( $B$ ) = 0.005 m.

- Meshing, yaitu membagi geometri model dengan elemen-elemen seperti pada metode elemen hingga. Bentuk elemen yang digunakan adalah elemen segi empat (lihat lampiran A).
2. Tahap solution
- a. Untuk fluida viskos
    - Loads, pemberian kondisi batas dengan harga tertentu yaitu untuk harga kecepatan atau tekanan pada batas-batas geometri.
      - Pada batas inflow dan side,  $Vx = 0,001 \text{ m/dt.}$ ,  $Vy = 0 \text{ m/dt.}$
      - Pada batas outflow, tekanan = 0 Pa.

## Tugas Akhir

- Pada permukaan lingkaran, ellips, dan pelat datar  $V_x = V_y = 0 \text{ m/dt}$ .
- Flotran Set-Up
- Solution options: Steady state, Adiabatic, Laminer, Incompressible

$$Re = \frac{\rho V l}{\mu}$$

$$Re = \frac{999 \times 0,001 \times 2}{1,13788 \cdot 10^{-3}} = 1,7559 \cdot 10^3.$$

Oleh karena angka Reynold kurang dari  $5 \cdot 10^5$ , maka pada ANSYS dipilih aliran laminer.

- Execution control:  $P=0.001$
- Fluid properties: densitas = Liquid ( $999 \text{ kg/m}^3$ )

$$\text{viskositas} = \text{Liquid} (0.00113788)$$

RUN, model yang sudah di *set* tersebut di *run* untuk mendapatkan hasil (*output* berupa data-data numerik untuk kecepatan, tekanan, koefisien tekanan, dan gaya geser).

## **BAB IV**

## **ANALISA DATA**

## BAB IV

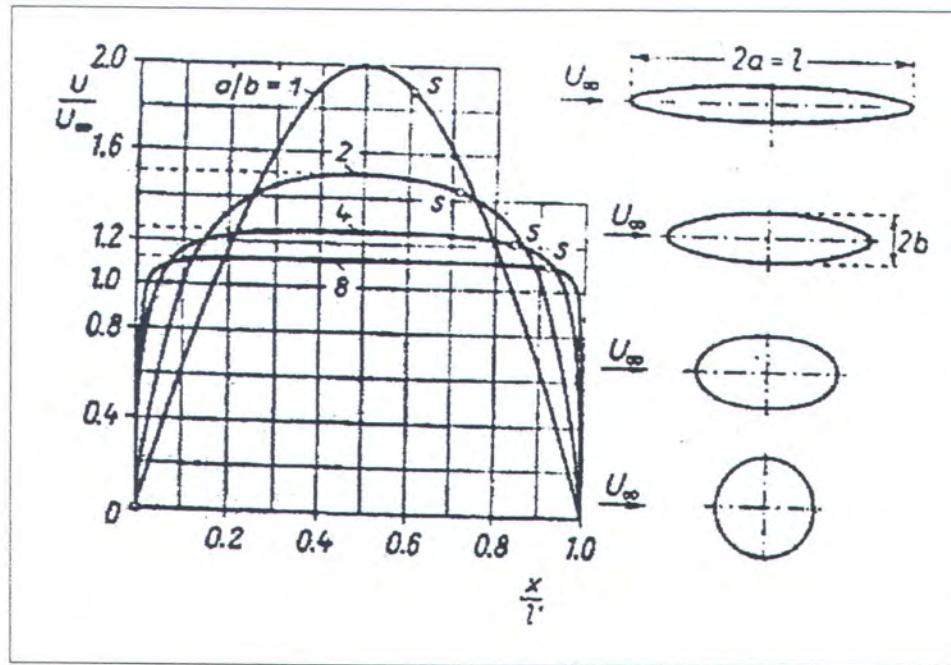
### ANALISA DATA

#### 4.1. Pendahuluan

Dalam bab ini akan ditampilkan semua hasil proses perhitungan dari Ansys 5.4 yang berhubungan dengan distribusi tekanan baik berupa  $C_p$ , distribusi kecepatan dan beberapa data penunjang lainnya. Data-data tersebut nantinya akan disajikan dalam tabel dan grafik. Hal ini dilakukan untuk mempermudah analisa. Diharapkan dengan cara memperhatikan kecenderungan yang terjadi dari data-data tersebut kita dapat menarik suatu kesimpulan mengenai pecobaan ini.

Selain itu ditampilkan juga distribusi kecepatan dari paper H. Schlichting, A. Ulrich dan S. Goldstein (Schlichting, 1979). Data tersebut berupa grafik seperti yang ditampilkan pada gambar 4.1 yang menunjukkan besarnya distribusi kecepatan pada ellips dan lingkaran pada fluida tanpa kekentalan. Selanjutnya ditampilkan pula grafik distribusi tekanan yang merupakan fungsi kecepatan.

Persamaan yang dipaparkan oleh S.Goldstein [Schlichting, 1979] merupakan persamaan distribusi kecepatan *inviscid fluid* pada permukaan benda dengan fungsi sudut yang dibentuk oleh panjang busur dari titik stagnasi dengan pusat yaitu titik perpotongan antara major axis dan minor axis ellips atau lingkaran..



Grafik 4.1. Distribusi Kecepatan

Persamaan distribusi kecepatan fluida terhadap sudut lingkaran atau ellips yaitu:

$$\frac{U(s)}{U_\infty} = \frac{1+k}{\sqrt{1+k^2 \cot^2 \phi}} \quad 4.1$$

persamaan ellips yang dipakai adalah :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad 4.2$$

$$x/a = \cos \phi \quad ; \quad y/b = \sin \phi$$

$x'$  = panjang busur diukur dari titik stagnasi

$l'$  =  $0.5 \times$  keliling kurva

$$k = b/a$$

a = mayor axis

## Tugas Akhir

$b$  = minor axis

$U_\infty$  = kecepatan free stream

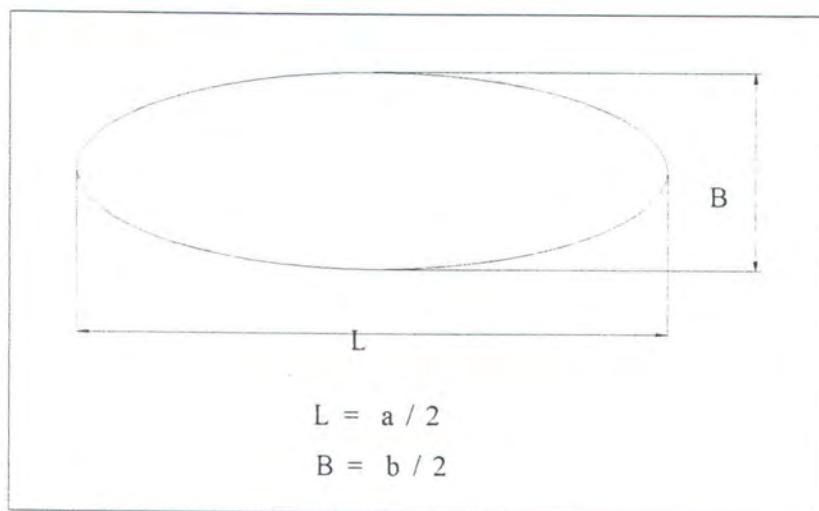
Diasumsikan bahwa lingkaran dan ellips berada pada fluida yang mempunyai kecepatan  $U_\infty$  dengan arah aliran parallel terhadap garis axis a (major axis) ellips.

### 4.2. Data Geometri Model Lingkaran, Ellips, dan Pelat Datar

Desain lingkaran, ellips, dan pelat datar yang telah dimodelkan dalam *Flotran CFD ANSYS 5.4*, adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1. Perbandingan L/B pada masing-masing penampang

Penampang	L/B
Lingkaran	1
Ellips 1	2
Ellips 2	5
Ellips 3	10
Pelat Datar	400



Gambar 4.2. Definisi L, B, a, dan b pada ellips

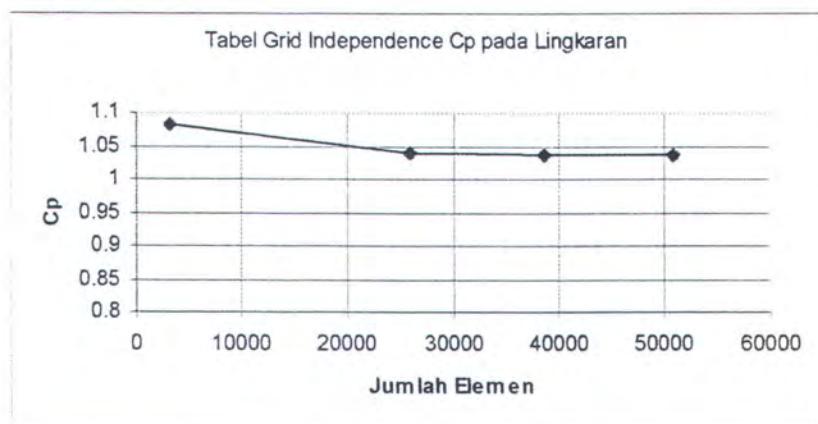
### 4.3. Grid Independence

Tujuan dari proses grid independence, yaitu untuk mendapatkan jumlah elemen model lingkaran, ellips, pelat datar yang efektif, yaitu data yang dihasilkan mempunyai keakurasan yang baik, serta jumlah elemen yang efisien, yaitu tidak memakan waktu yang lama dalam proses iterasi dan tidak membutuhkan space hard disk yang sangat besar.

Pengujian dilakukan dengan berbagai variasi jumlah elemen antara 3000 dan 60.000 buah dengan spesifikasi model lingkaran, ellips, pelat datar, yaitu mempunyai L sama tetapi B yang berbeda. Untuk mengoreksi hasilnya, digunakan acuan besar *Lift* dan *Coefficient Pressure*. Hasil dari pengujian grid independence ditampilkan pada sub-bab berikut.

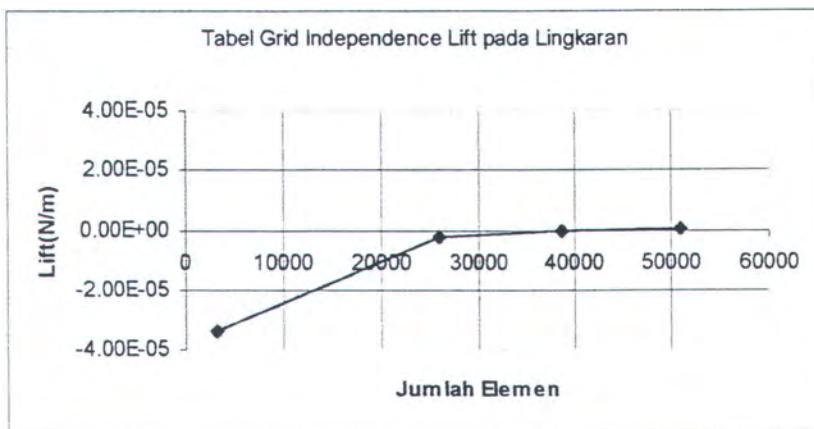
#### 4.3.1. Fluida Tanpa Kekentalan

##### a. Lingkaran

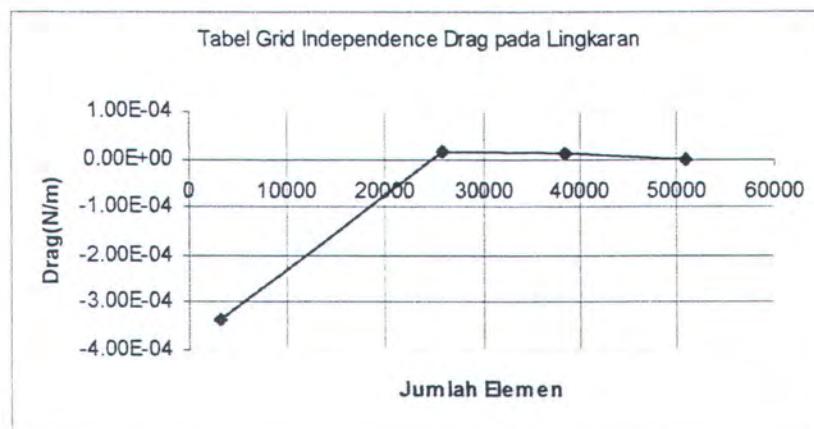


Grafik 4.3. Grid independence Cp lingkaran

## Tugas Akhir



Grafik 4.4. Grid independence lift lingkaran

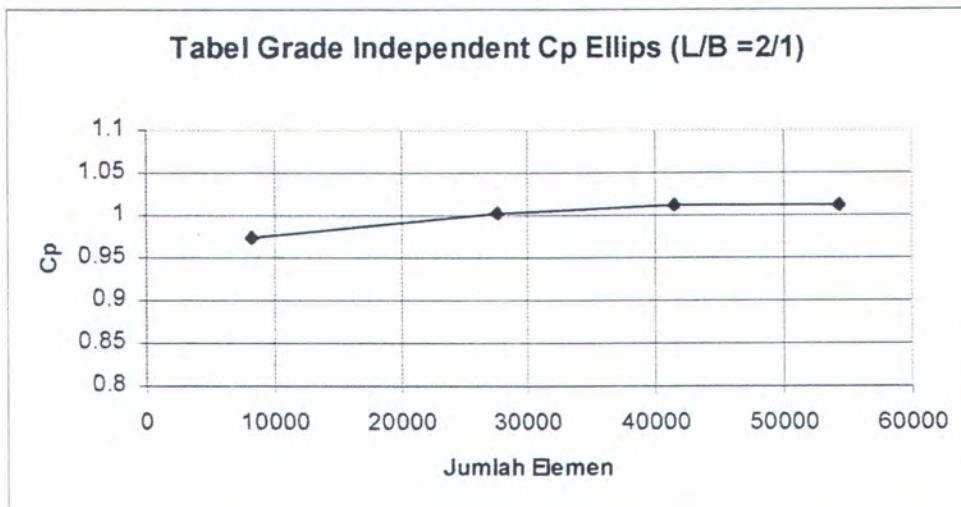


Grafik 4.5. Grid independence drag lingkaran

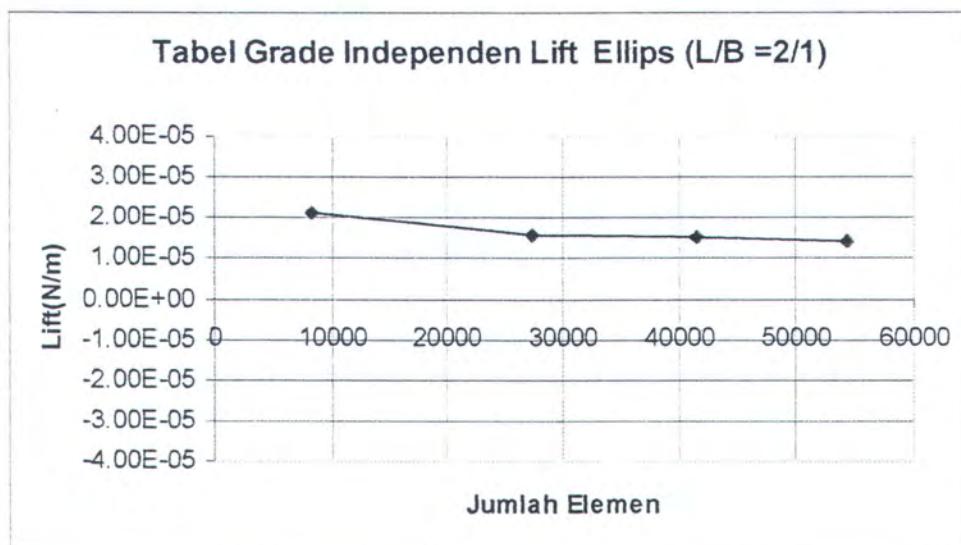
Dari tabel dan grafik-grafik diatas menunjukkan, bahwa elemen dengan jumlah 3200, memiliki perbedaan gaya yang cukup besar dengan elemen yang lain. Hal ini ditandai dengan bentuk grafik yang mempunyai slope cukup besar. Sedangkan jumlah elemen 25920, 38720, dan 51000 mempunyai selisih gaya yang kecil, seperti terlihat pada grafik yang cenderung membentuk garis lurus horizontal. Dengan pertimbangan tersebut, maka jumlah elemen yang dipakai sebanyak 38720 buah.

*Tugas Akhir*

b. Ellips 1

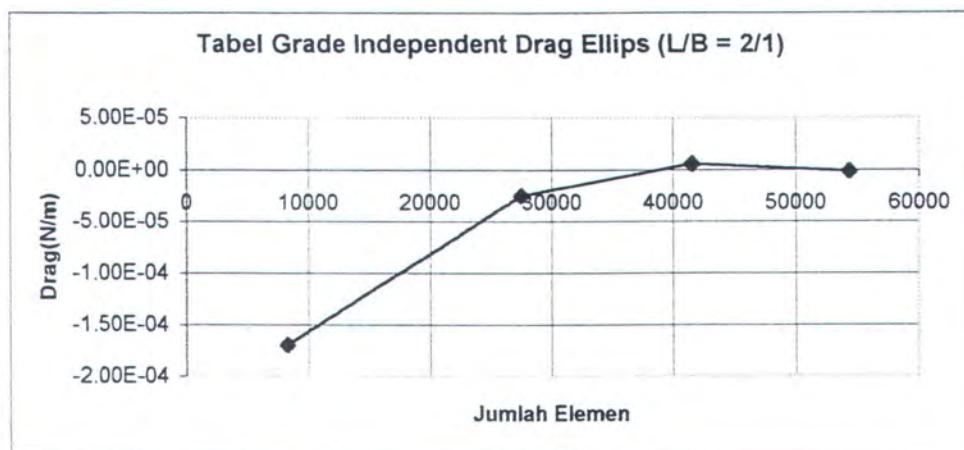


Grafik 4.6. Grid independence Cp pada ellips 1



Grafik 4.7. Grid independence lift pada ellips 1

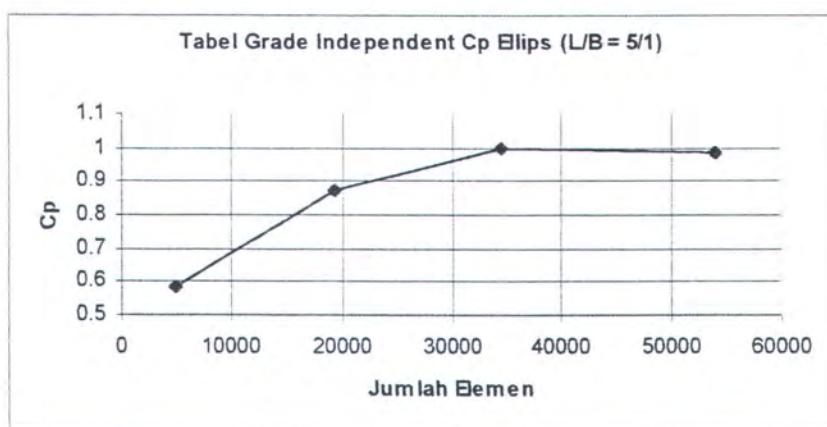
## Tugas Akhir



Grafik 4.8. Grid independence drag pada ellips 1

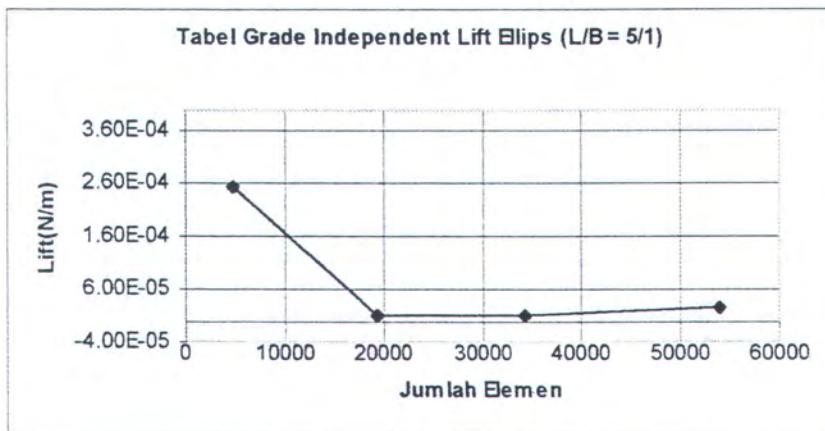
Dari tabel dan grafik-grafik diatas menunjukkan, bahwa elemen dengan jumlah 8320 memiliki perbedaan gaya yang cukup besar dengan elemen yang lain. Hal ini ditandai dengan bentuk grafik yang mempunyai slope cukup besar. Sedangkan jumlah elemen 27520, 41600, dan 54400 mempunyai selisih gaya yang kecil, seperti terlihat pada grafik yang cenderung membentuk garis lurus horisontal. Dengan pertimbangan tersebut, maka jumlah elemen yang dipakai sebanyak 41600 buah.

### c. Ellips 2

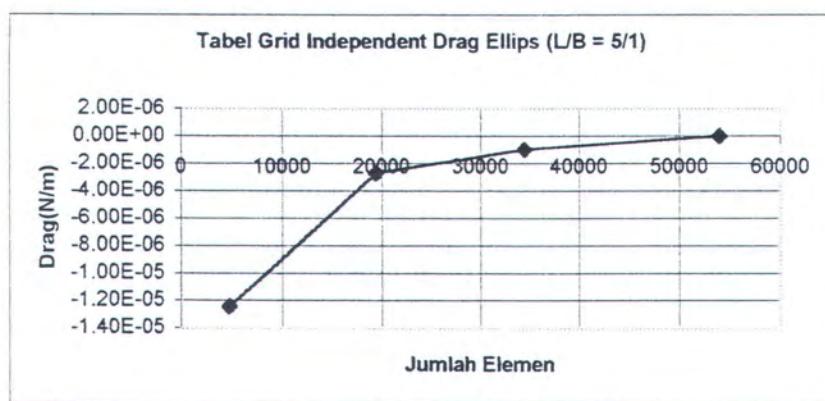


Grafik 4.9. Grid independence Cp pada Ellips 2

*Tugas Akhir*



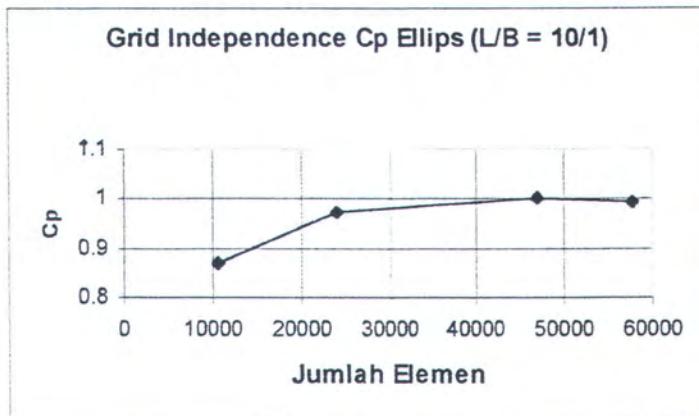
Grafik 4.10. Grid independence lift pada ellips 2



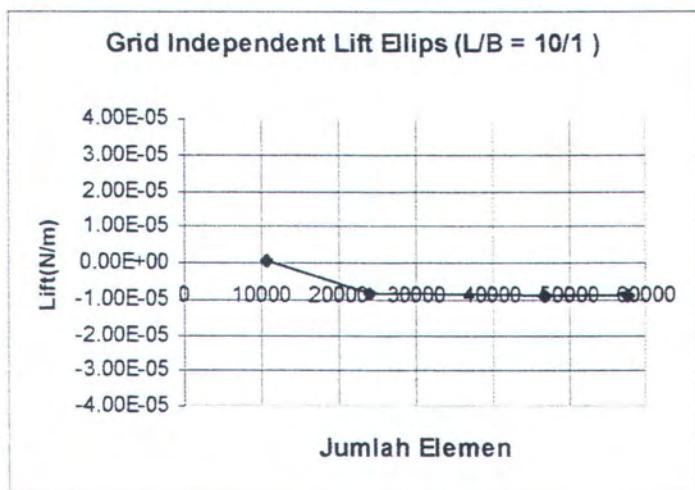
Grafik 4.11. Grid independence drag pada ellips 2

*Tugas Akhir*

d. Ellips 3

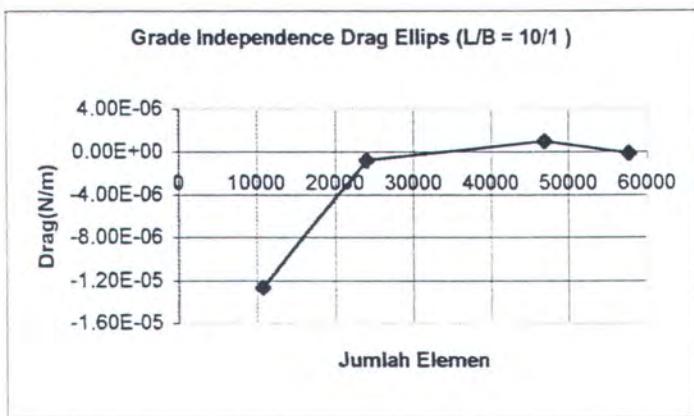


Grafik 4.12. Grid independence Cp pada ellips 3



Grafik 4.13. Grid independence lift pada ellips 3

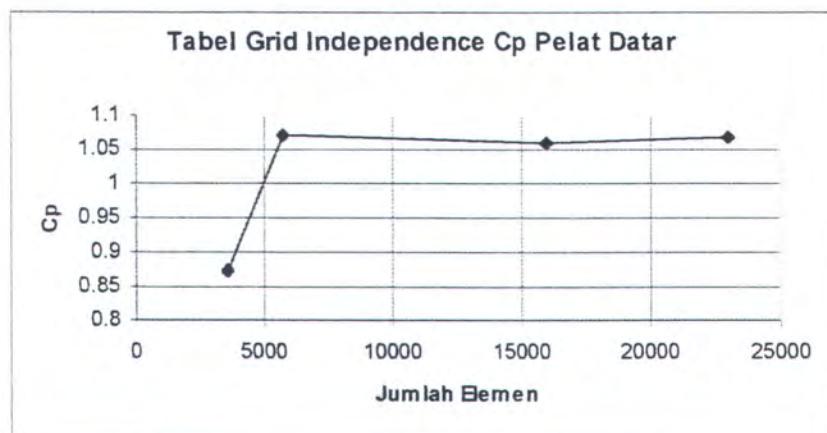
## Tugas Akhir



Grafik 4.14. Grid independence drag pada ellips 3

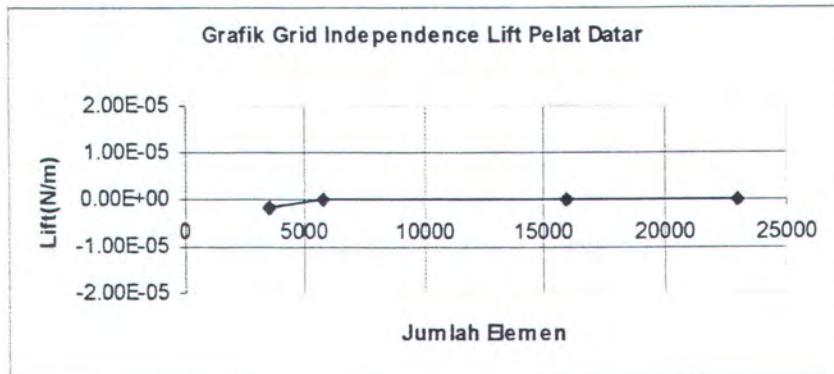
Dari tabel dan grafik-grafik diatas menunjukkan, bahwa elemen dengan jumlah 10800 memiliki perbedaan gaya yang cukup besar dengan elemen yang lain. Hal ini ditandai dengan bentuk grafik yang mempunyai slope cukup besar. Sedangkan jumlah elemen 24000, 47040, dan 57680 mempunyai selisih gaya yang kecil, seperti terlihat pada grafik yang cenderung membentuk garis lurus horizontal. Dengan pertimbangan tersebut, maka jumlah elemen yang dipakai sebanyak 47040 buah.

### e. Pelat Datar

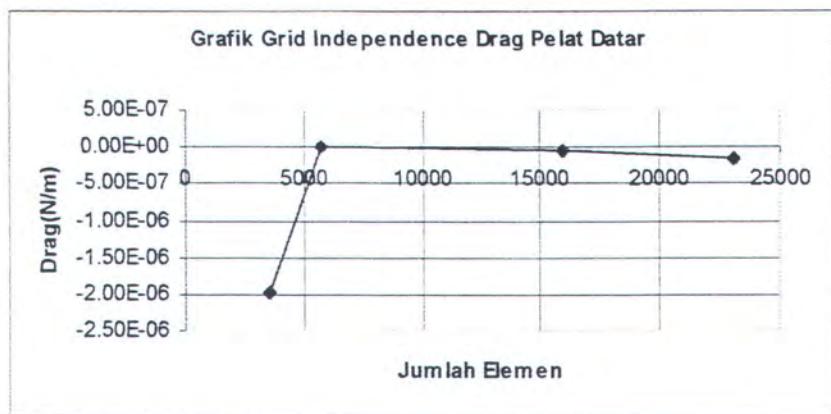


Grafik 4.15. Grid independence Cp pada pelat datar

## Tugas Akhir



Grafik 4.16. Grid independence lift pada pelat datar



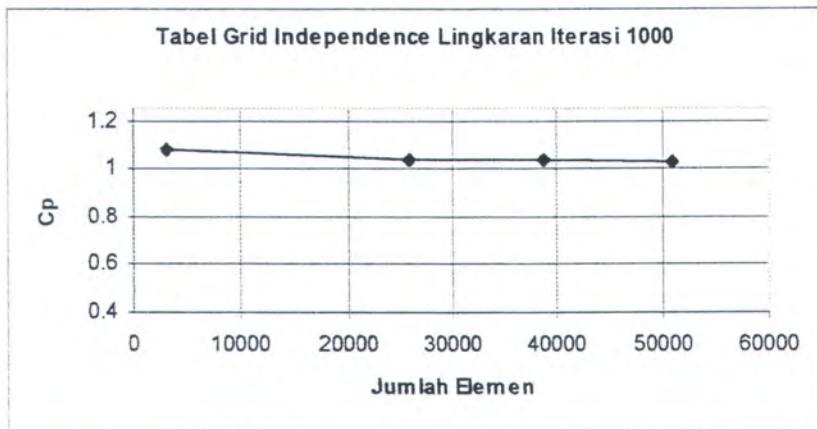
Grafik 4.17. Grid independence drag pada pelat datar

Dari tabel dan grafik-grafik diatas menunjukkan, bahwa elemen dengan jumlah 3600 memiliki perbedaan gaya yang cukup besar dengan elemen yang lain. Hal ini ditandai dengan bentuk grafik yang mempunyai slope cukup besar. Sedangkan jumlah elemen 5760, 16000, dan 23040 mempunyai selisih gaya yang kecil, seperti terlihat pada grafik yang cenderung membentuk garis lurus horizontal. Dengan pertimbangan tersebut, maka jumlah elemen yang dipakai sebanyak 5760 buah.

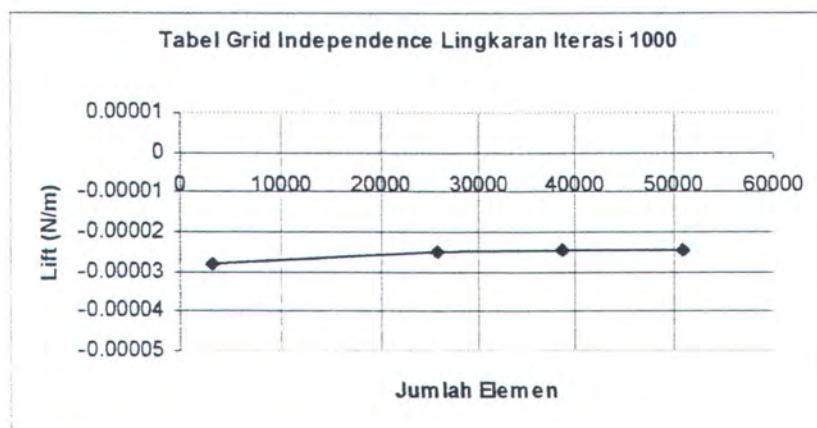
*Tugas Akhir*

#### 4.3.2. Fluida Dengan Kekentalan

##### a. Lingkaran

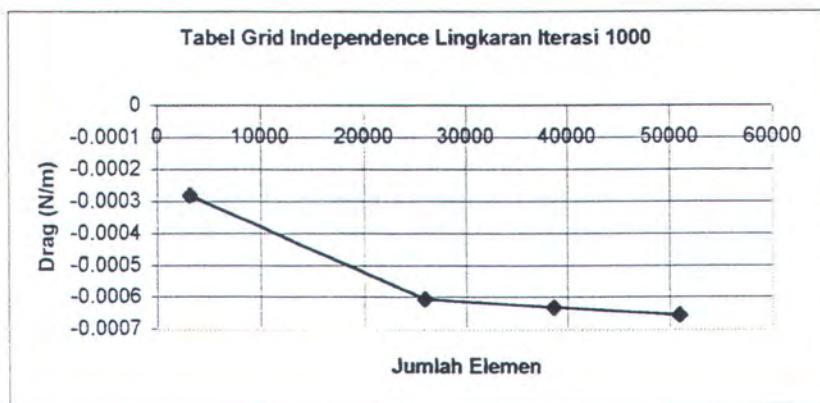


Grafik 4.18. Grid independence CP lingkaran pada Iterasi 1000



Grafik 4.19. Grid independence lift lingkaran pada Iterasi 1000

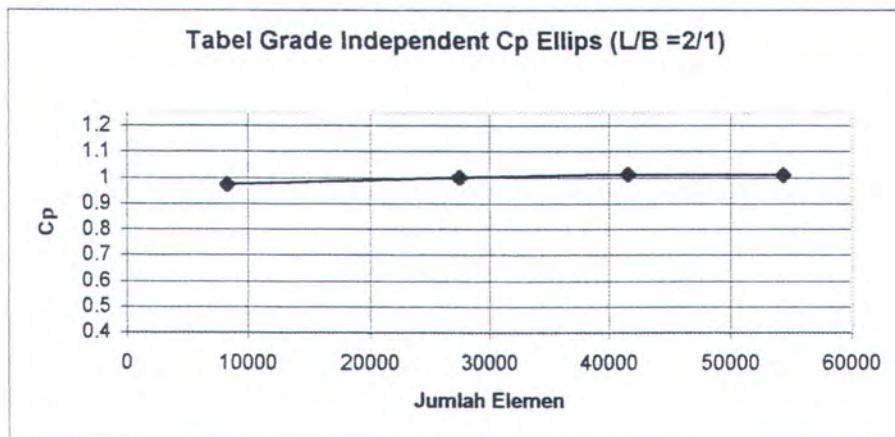
## Tugas Akhir



Grafik 4.20. Grid independence drag lingkaran pada iterasi 1000

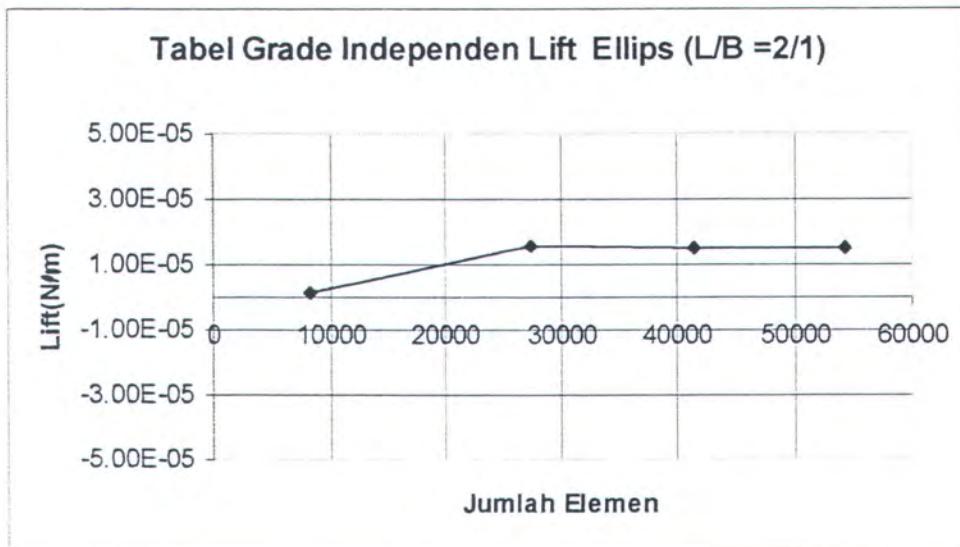
Dari tabel dan grafik-grafik diatas menunjukkan, bahwa elemen dengan jumlah 3200, 25920 memiliki perbedaan gaya yang cukup besar dengan elemen yang lain. Hal ini ditandai dengan bentuk grafik yang mempunyai slope cukup besar. Sedangkan jumlah elemen 38720, dan 51000 mempunyai selisih gaya yang kecil, seperti terlihat pada grafik yang cenderung membentuk garis lurus horizontal. Dengan pertimbangan tersebut, maka jumlah elemen yang dipakai sebanyak 38720 buah.

- b. Ellips 1

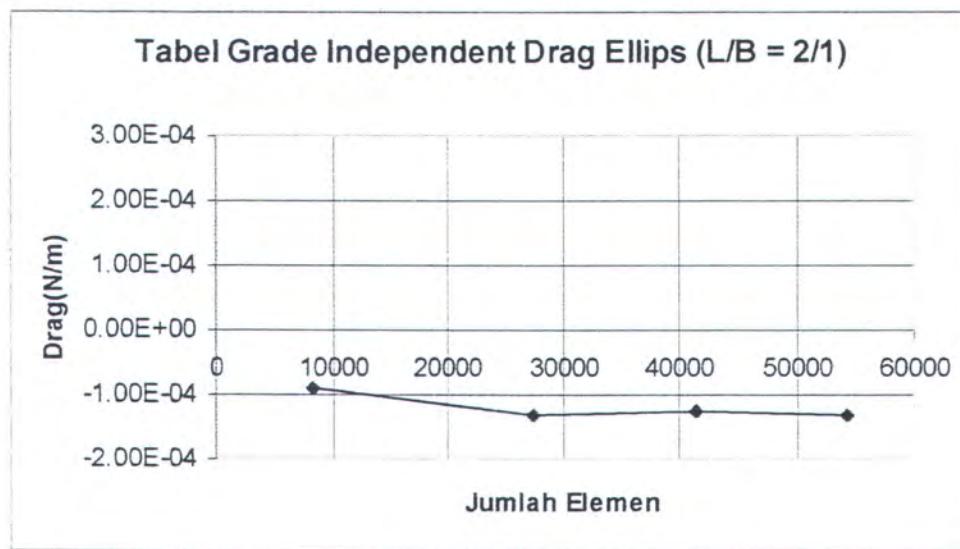


Grafik 4.21. Grid independence Cp pada ellips 1

*Tugas Akhir*



Grafik 4.22. Grid independence lift pada ellips 1



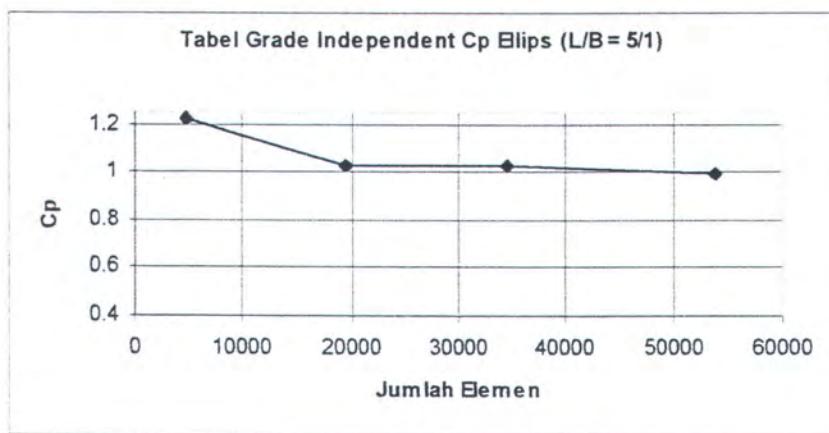
Grafik 4.23. Grid independence drag pada ellips 1

Dari tabel dan grafik-grafik diatas menunjukkan, bahwa elemen dengan jumlah 8320 memiliki perbedaan gaya yang cukup besar dengan elemen yang lain. Hal ini ditandai dengan bentuk grafik yang mempunyai slope cukup besar. Sedangkan jumlah elemen 27520, 41600, dan 54400 mempunyai selisih gaya

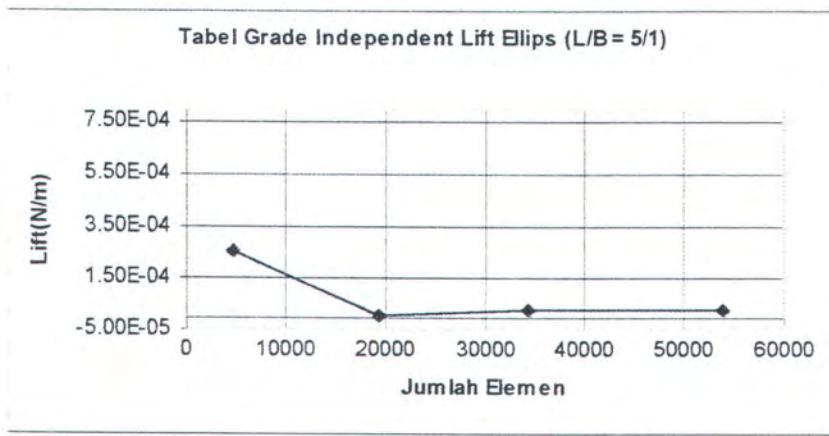
## Tugas Akhir

yang kecil, seperti terlihat pada grafik yang cenderung membentuk garis lurus horizontal. Dengan pertimbangan tersebut, maka jumlah elemen yang dipakai sebanyak 41600 buah.

### c. Ellips 2

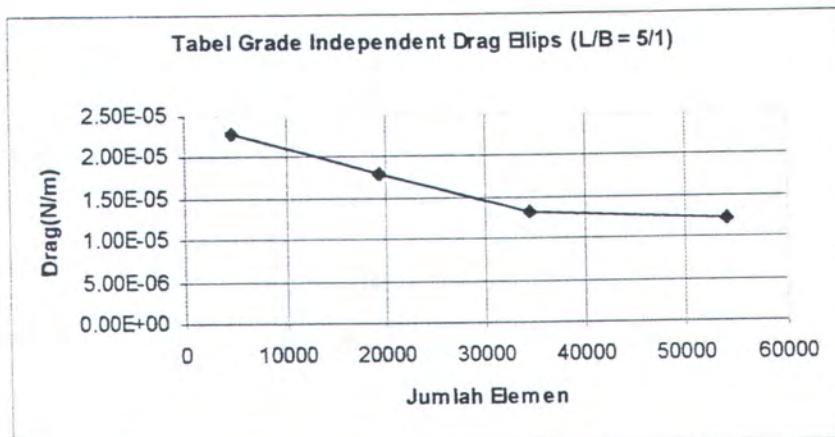


Grafik 4.24. Grid independence Cp pada Ellips 2



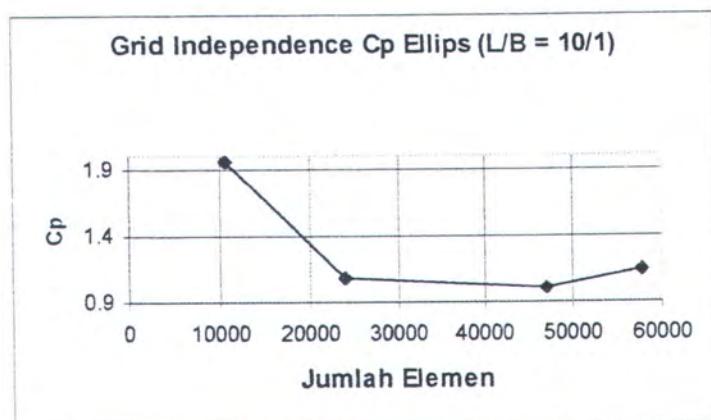
Grafik 4.25. Grid independence lift pada ellips 2

*Tugas Akhir*



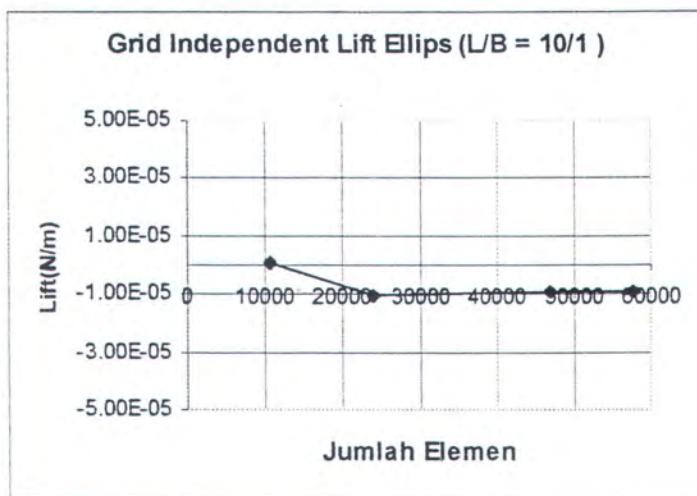
Grafik 4.26. Grid independence drag pada ellips 2

d. Ellips 3

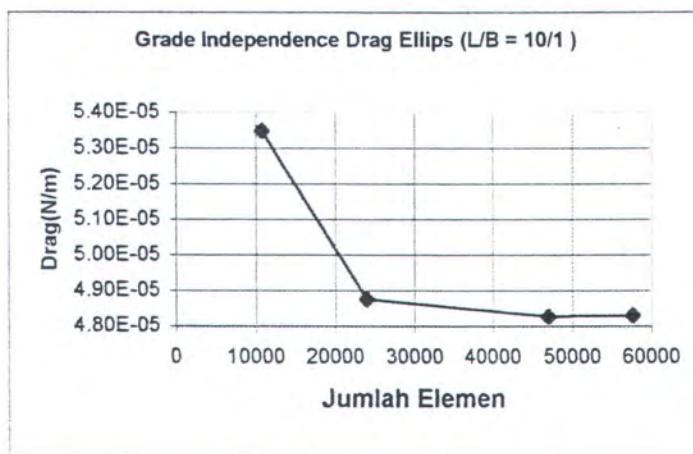


Grafik 4.27. Grid independence Cp pada ellips 3

*Tugas Akhir*



Grafik 4.28. Grid independence lift pada ellips 3



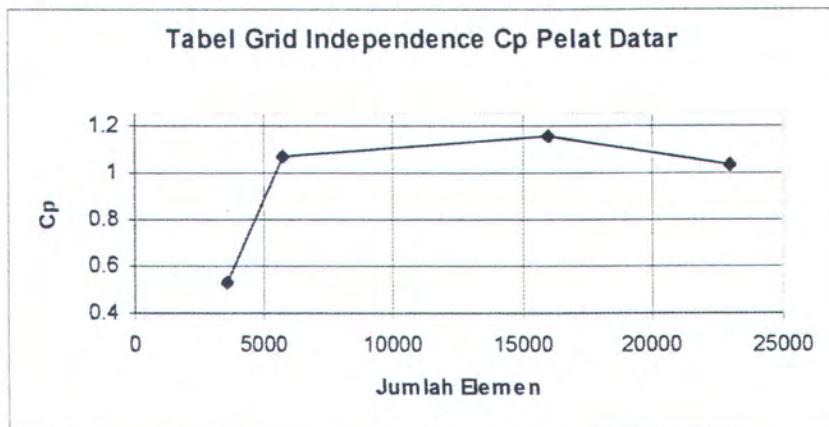
Grafik 4.29. Grid independence drag pada ellips 3

Dari tabel dan grafik-grafik diatas menunjukkan, bahwa elemen dengan jumlah 10800 memiliki perbedaan gaya yang cukup besar dengan elemen yang lain. Hal ini ditandai dengan bentuk grafik yang mempunyai slope cukup besar. Sedangkan jumlah elemen 24000, 47040, dan 57680 mempunyai selisih gaya yang kecil, seperti terlihat pada grafik yang cenderung membentuk garis lurus

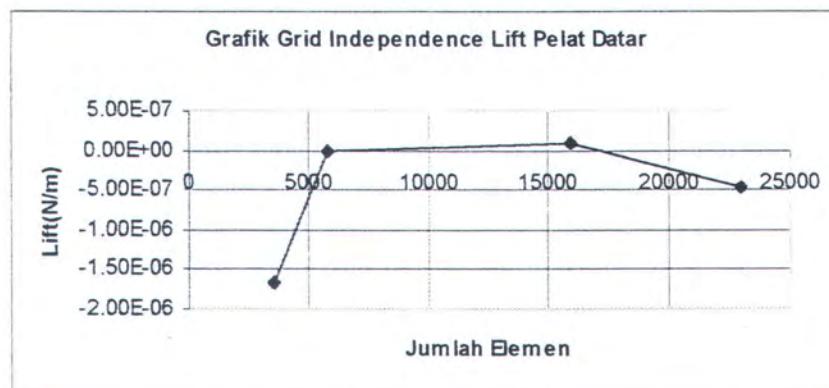
## Tugas Akhir

horisontal. Dengan pertimbangan tersebut, maka jumlah elemen yang dipakai sebanyak 47040 buah.

### e. Pelat Datar

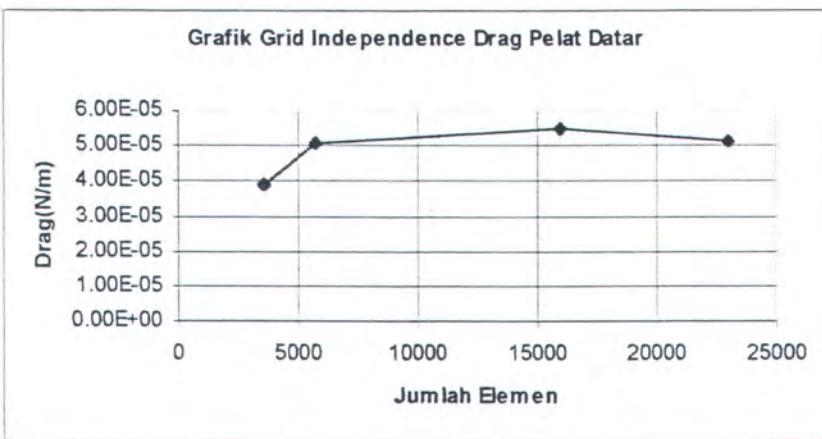


Grafik 4.30. Grid independence Cp pada pelat datar



Grafik 4.31. Grid independence lift pada pelat datar

## Tugas Akhir



Grafik 4.32. Grid independence drag pada pelat datar

Dari tabel dan grafik-grafik diatas menunjukkan, bahwa elemen dengan jumlah 3600 memiliki perbedaan gaya yang cukup besar dengan elemen yang lain. Hal ini ditandai dengan bentuk grafik yang mempunyai slope cukup besar. Sedangkan jumlah elemen 5760, 16000, dan 23040 mempunyai selisih gaya yang kecil, seperti terlihat pada grafik yang cenderung membentuk garis lurus horizontal. Dengan pertimbangan tersebut, maka jumlah elemen yang dipakai sebanyak 5760 buah.

### 4.4. Data Jumlah Iterasi, dan Waktu Running

Dari hasil *running* dengan *Flotran CFD ANSYS 5.4* yang dilakukan, maka data-data yang nantinya didapatkan yaitu data dimana proses running berhenti dengan tingkat kesalahan  $10^{-3}$  atau iterasi mengalami kestabilan.

Jumlah iterasi dan waktu running disajikan pada Tabel 4.6. Proses ini dilakukan dengan spesifikasi komputer, yaitu Processor Genuine Intel Pentium(r) II Processor Intel MMX(TM) Technology 400 MHz, kapasitas Hard disk 3 GB

## Tugas Akhir

(Giga Byte) dengan space hard disk kosong sebesar lebih kurang 1 GB, dan Memori sebesar 128 MB.

Tabel 4.2. Data Jumlah Iterasi, dan Waktu Running

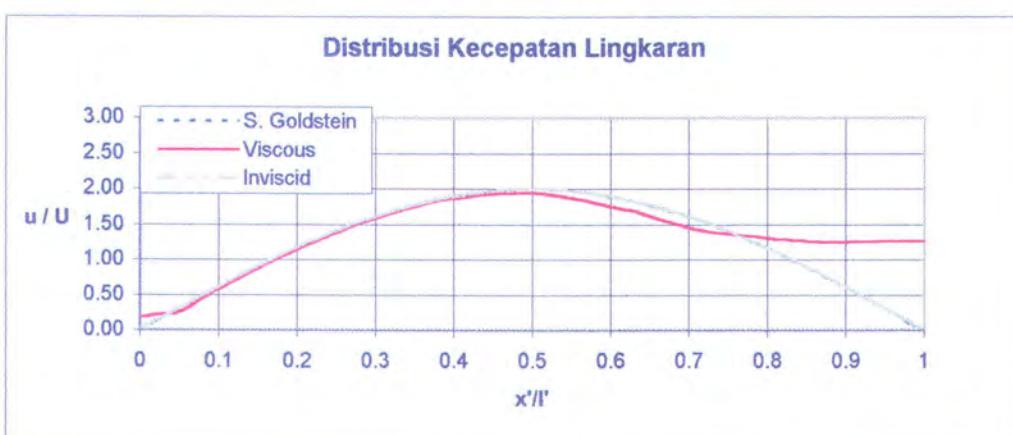
penampang	fluida tanpa kekentalan		fluida dengan kekentalan	
	iterasi	waktu	iterasi	waktu
Lingkaran	572	90 menit	1000	290 menit
Ellips 1	684	100 menit	425	112 menit
Ellips 2	745	94 menit	569	90 menit
Ellips 3	466	60 menit	466	65 menit
Pelat datar	5760	85 menit	654	108 menit

### 4.5. Hasil dan Analisa Distribusi Tekanan

Dari percobaan didapatkan hasil berupa distribusi tekanan ( $p$ ). Pada lembar lampiran disajikan table hasil distribusi tekanan. Dimana distribusi tekanan tersebut berbanding lurus terhadap kuadrat kecepatan fluida pada permukaan benda.

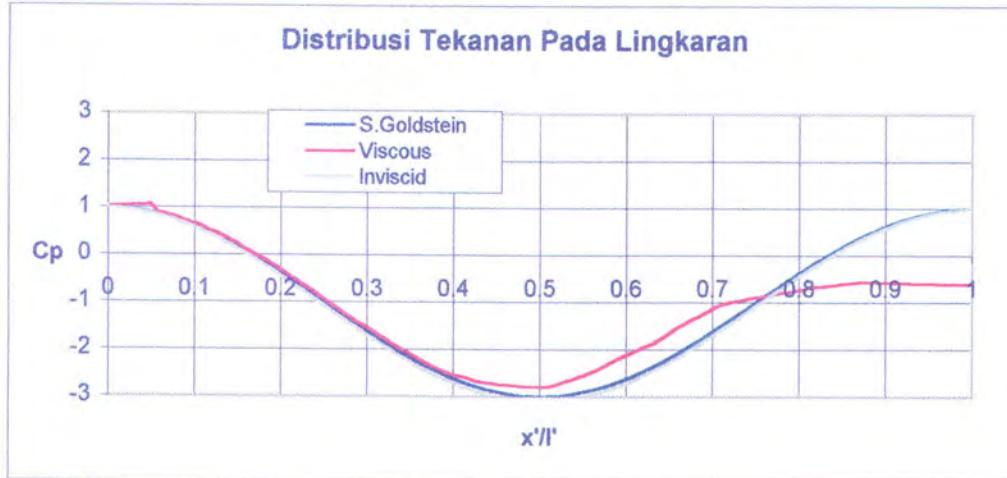
Berikut ditampilkan distribusi kecepatan beserta distribusi tekanan yang mempengaruhi masing-masing benda.

#### a. Lingkaran



Grafik 4.33. Distribusi kecepatan pada lingkaran

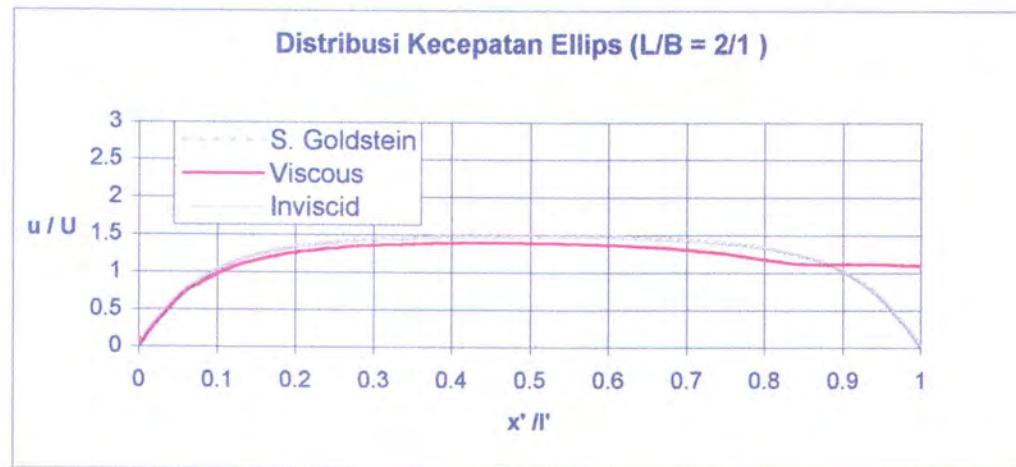
## Tugas Akhir



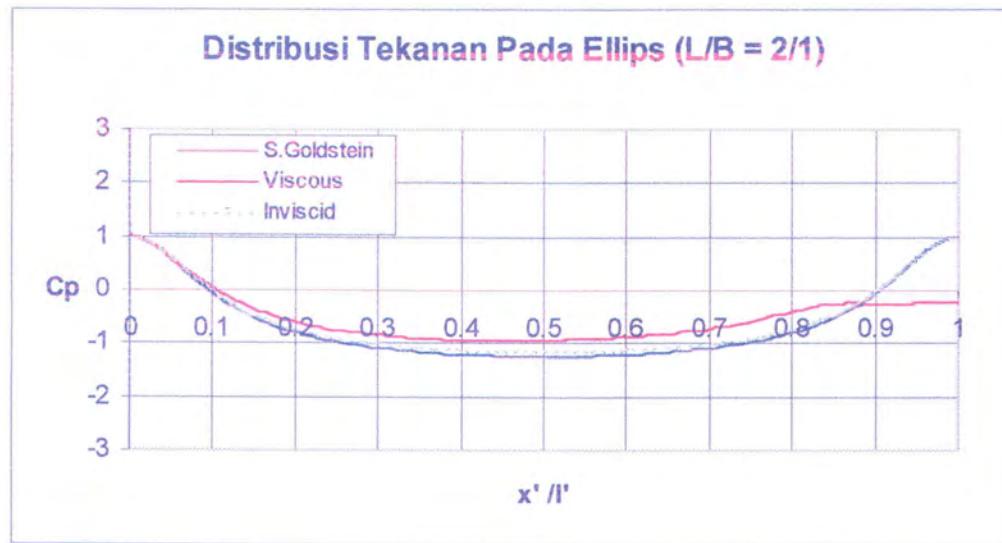
Grafik 4.34. Distribusi tekanan pada lingkaran

Pada grafik distribusi kecepatan dan distribusi tekanan di atas tampak bahwa terjadi penyimpangan distribusi tekanan dan distribusi kecepatan. Hal ini merupakan penampakan dari terjadinya separation point pada fluida yang disimulasikan.

b. Ellips 1

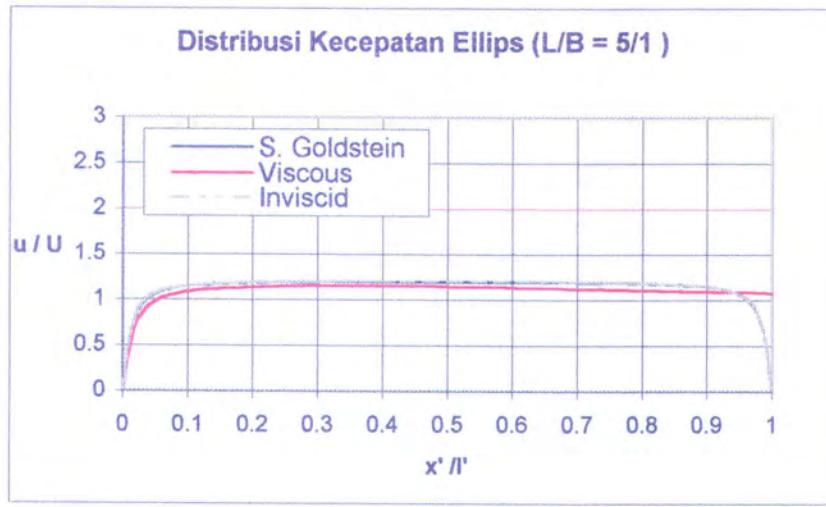


Grafik 4.35. Distribusi kecepatan pada ellips 1



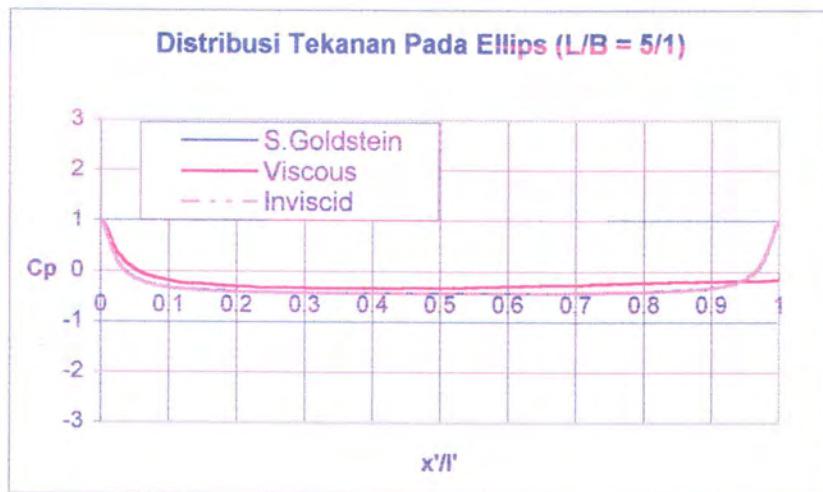
Grafik 4.36. Distribusi tekanan pada ellips1

c. Ellips 2



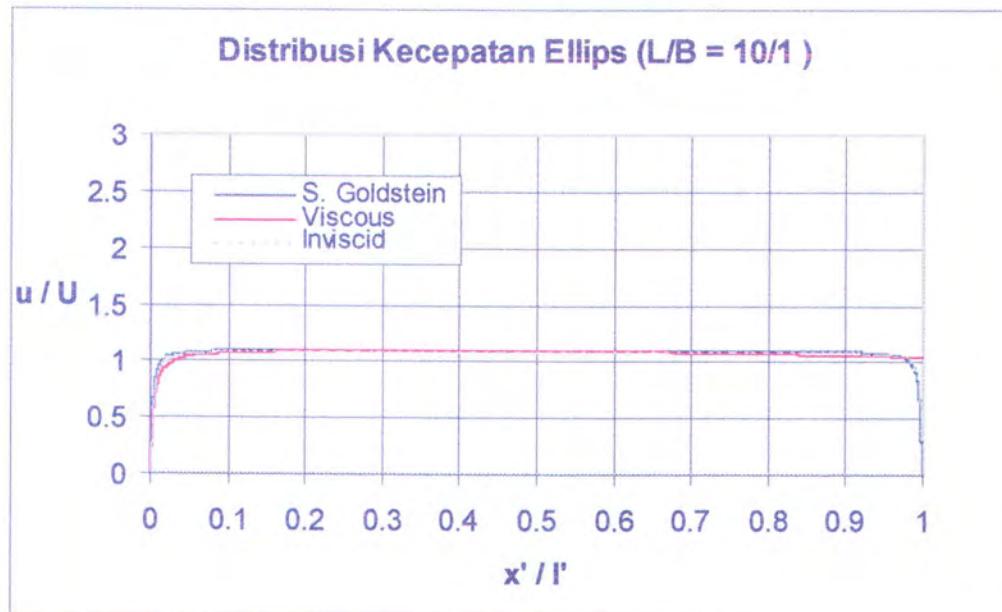
Grafik 4.37. Distribusi kecepatan pada ellips 2

*Tugas Akhir*

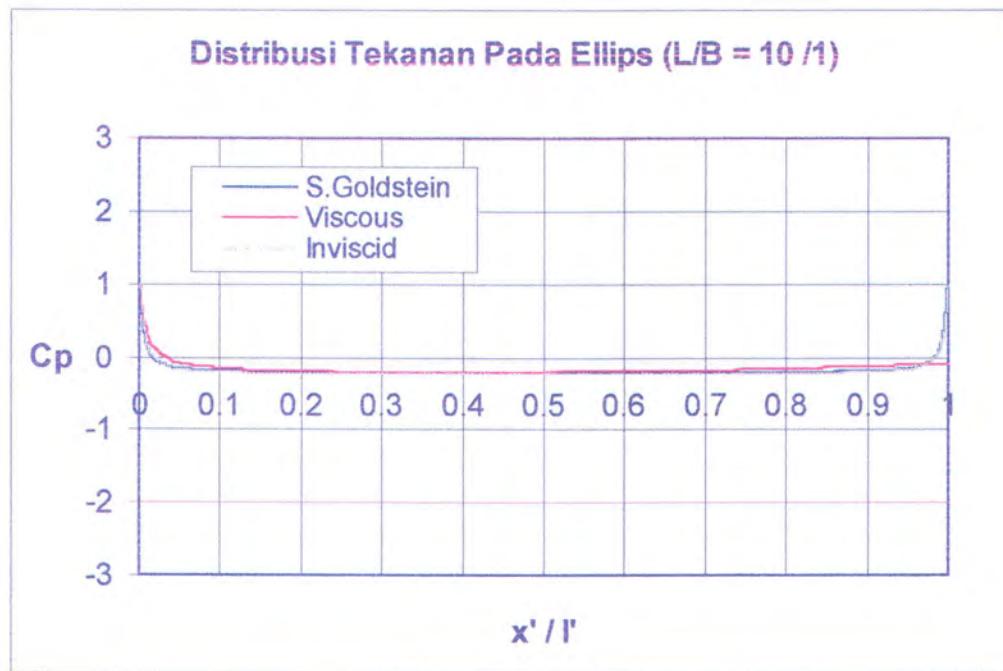


Grafik 4.38. Distribusi tekanan pada ellips 2

d. Ellips 3



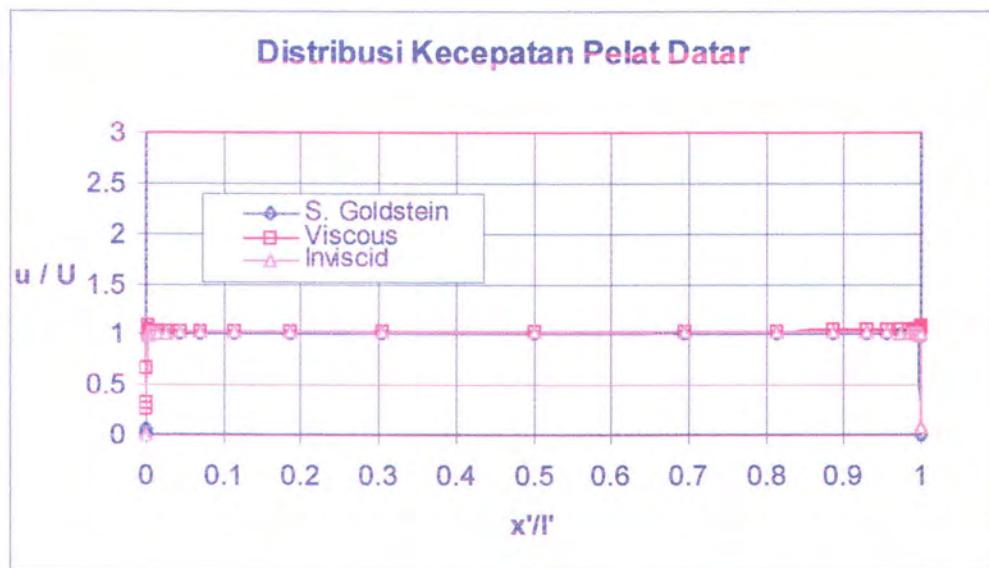
Grafik 4.39. Distribusi kecepatan pada ellips 3



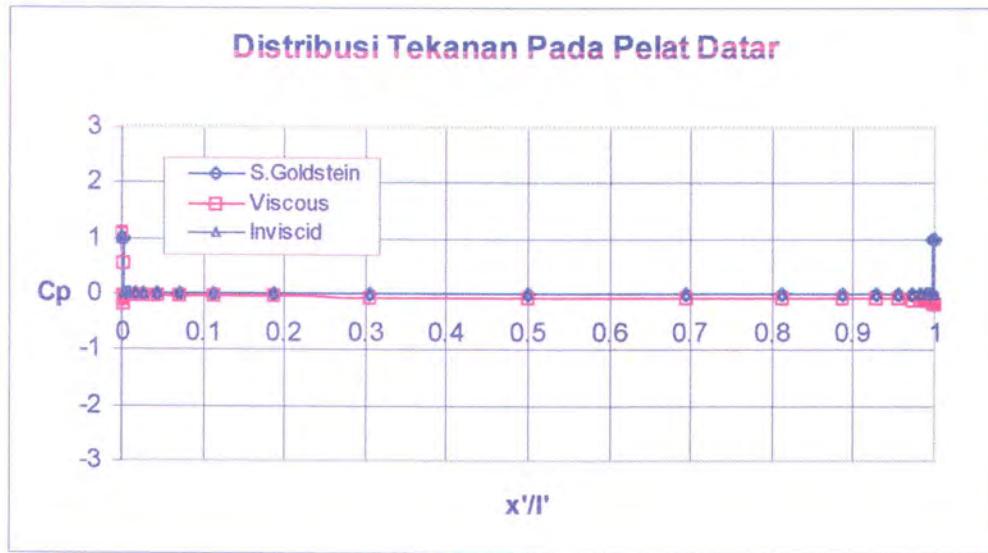
Grafik 4.40. Distribusi tekanan pada ellips 3



e. Pelat Datar



Grafik 4.41. Distribusi kecepatan pada pelat datar



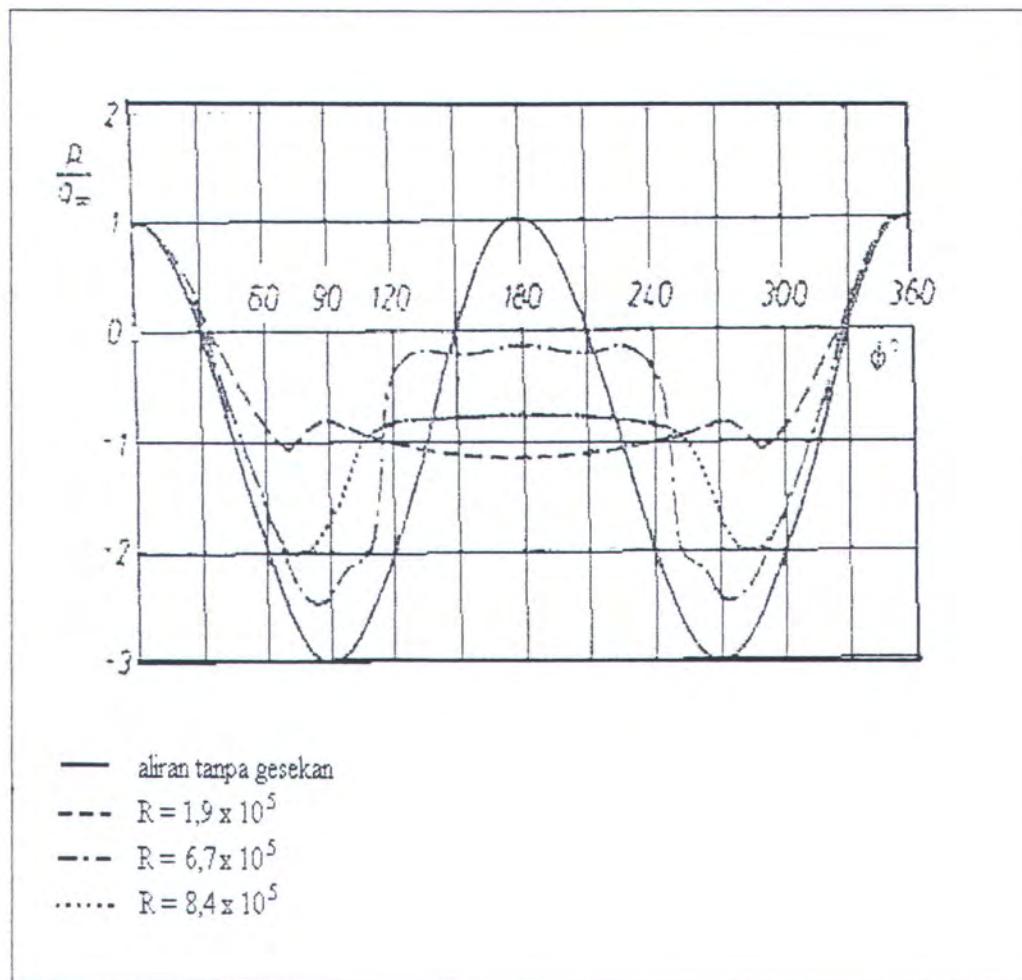
Grafik 4.42. Distribusi tekanan pada pelat datar

Dari data di atas terlihat bahwa distribusi kecepatan dan distribusi tekanan pada benda dengan rasio L/B mendekati 1 cenderung mengakibatkan terjadinya penempatan titik separasi jauh di depan mendekati titik stagnasi khususnya pada fluida yang mempunyai kekentalan. Dengan demikian semakin kecil rasio L/B ellips maka titik separasi aliran semakin menuju ke trailing edge. Perbedaan yang bisa kita perhatikan juga adalah dampak dari titik separasi itu sendiri yang mengakibatkan distribusi tekanan pada bagian trailing edge tidak mencapai nilai yang sama dengan titik stagnasi. Hal itu bisa diperhatikan pada grafik distibusi tekanan di atas yang cenderung mencapai nilai kurang dari 1. Fenomena ini juga sama seperti eksperimen yang dilakukan oleh O. Flachsbart dan A. Rhosko (Schlichting,1979) pada sebuah silinder(lihat gambar. 4.43).

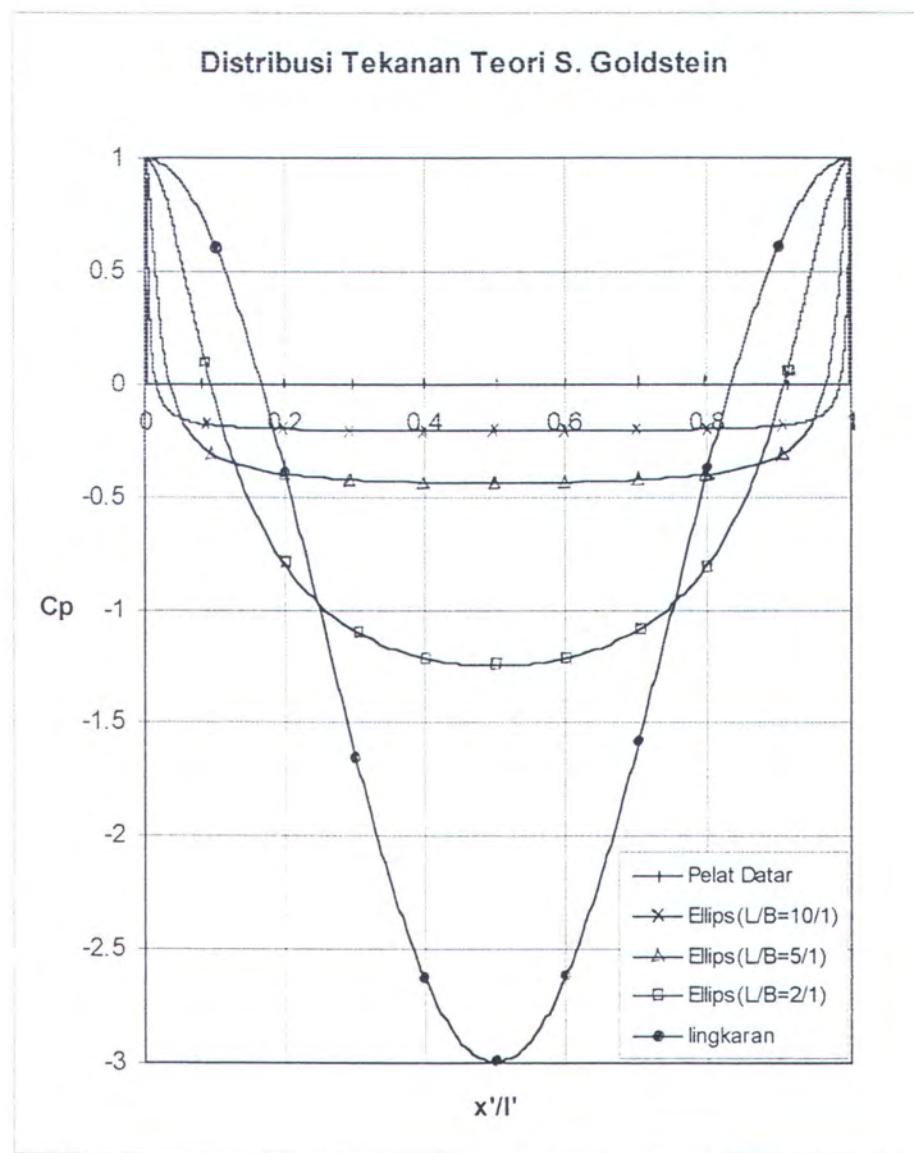
Lain halnya dengan fluida tanpa kekentalan (*inviscid fluid* ), dimana titik separasi sama sekali tidak terpengaruh oleh adanya rasio L/B benda. Pada

## Tugas Akhir

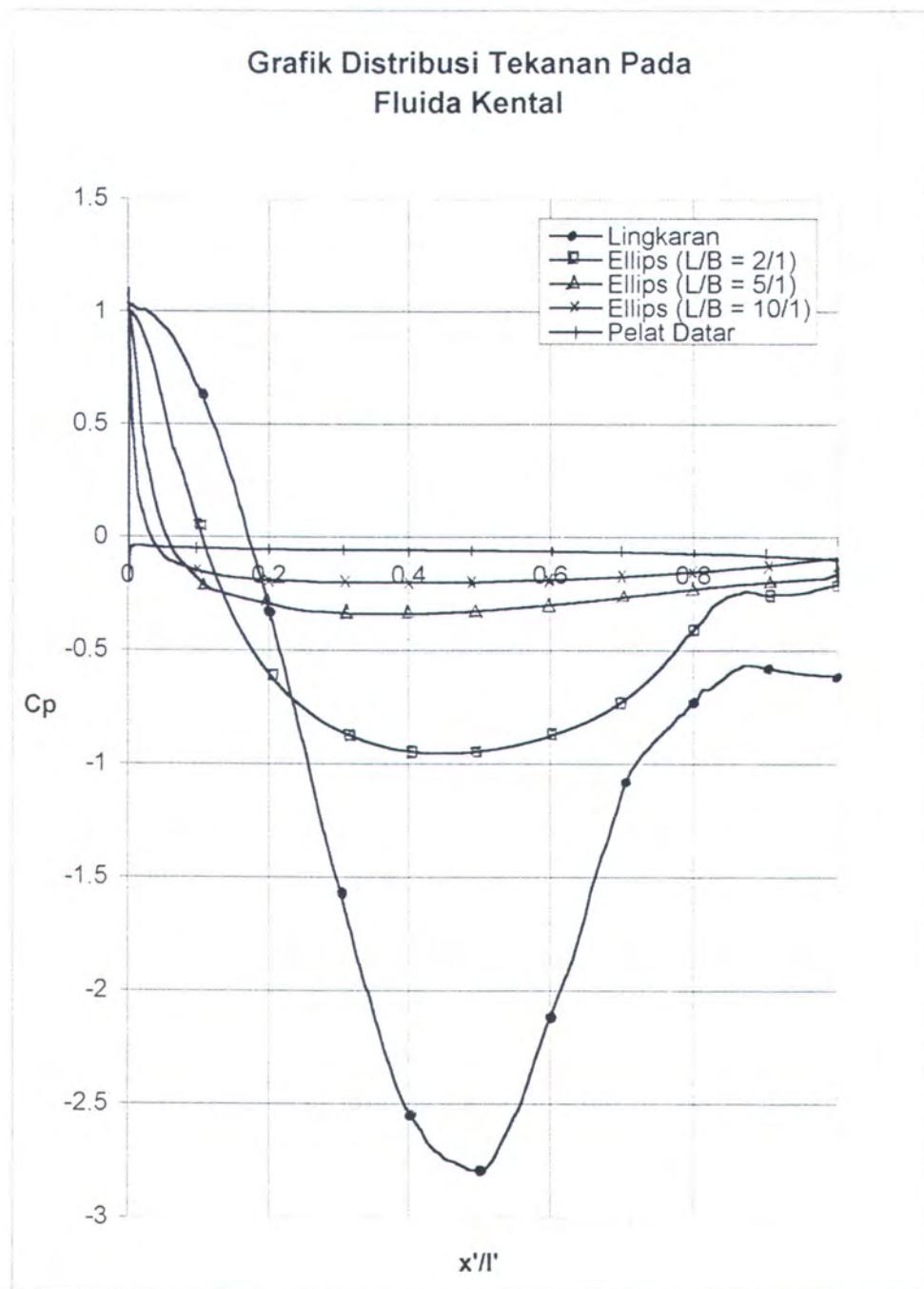
permukaan benda juga tidak ditemui adanya gaya gesek. Dengan demikian *lift* dan *drag* hanya berasal dari tekanan.



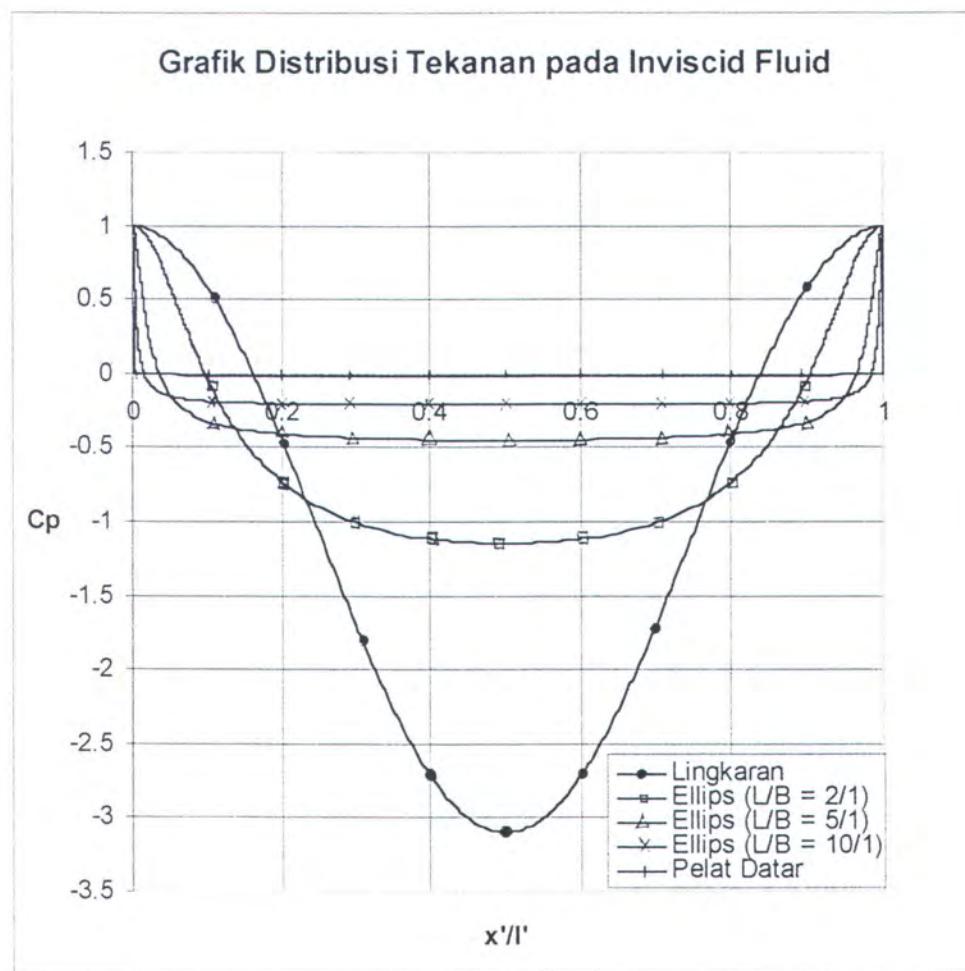
Grafik 4.43. Distribusi tekanan pada silinder hasil eksperimen O. Flachsbart dan A. Rhosko



Grafik 4.44. Distribusi tekanan menurut teori S.Goldstein



Grafik 4.45. Distribusi tekanan benda pada fluida kental (hasil Ansys 5.4)



Grafik 4.46. Distribusi tekanan benda pada fluida inviscid (hasil Ansys 5.4)

Selain itu bila kita perhatikan peranan gaya tekan sangatlah besar pengaruhnya terhadap *lift* dan *drag* benda terutama pada fluida viscous. Untuk benda simetris gaya tekan seharusnya mempunyai gaya tekan atas dan bawah yang sama sehingga tidak sampai menimbulkan lift pada benda. Dengan demikian adanya kesamaan besar tekanan antara bagian atas dan bagian bawah benda bisa dijadikan verifikasi hasil yang hendak dicapai dalam melaksanakan simulasi distribusi tekanan ini.

## Tugas Akhir

Mengenai kecepatan maksimum H. Slichting menjelaskan bahwa ada hubungan antara kecepatan maksimum fluida dengan rasio b/a yakni sebagai berikut:

$$U_{max}/U_{\infty} = 1 + (b/a) \quad 4.3$$

Dengan demikian kecepatan maksimum fluida untuk masing-masing benda adalah :

Tabel 4.2. Kecepatan maksimum dan tekanan minimum benda

benda	b/a	$U_{max}/U$ S.Goldstein	$U_{max}/U$ fluida viskos	$C_p$ min S.Goldstein	$C_p$ min fluida viskos
Lingkaran	1	2	1.9478	-3	-2.794
Ellips ( $L/B = 2/1$ )	0.5	1.5	1.39786737	-1.25	-0.95403319
Ellips ( $L/B = 5/1$ )	0.2	1.2	1.15660711	-0.44	-0.33774
Ellips ( $L/B = 10/1$ )	0.1	1.1	1.09550445	-0.21	-0.20013
Pelat Datar	0.0025	1.0025	1.09293184	-0.0050062	-0.1945

Apabila kecepatan maksimum telah ditetapkan sebagaimana persamaan 4.3 maka koefisien tekanan minimum dapat diketahui yaitu:

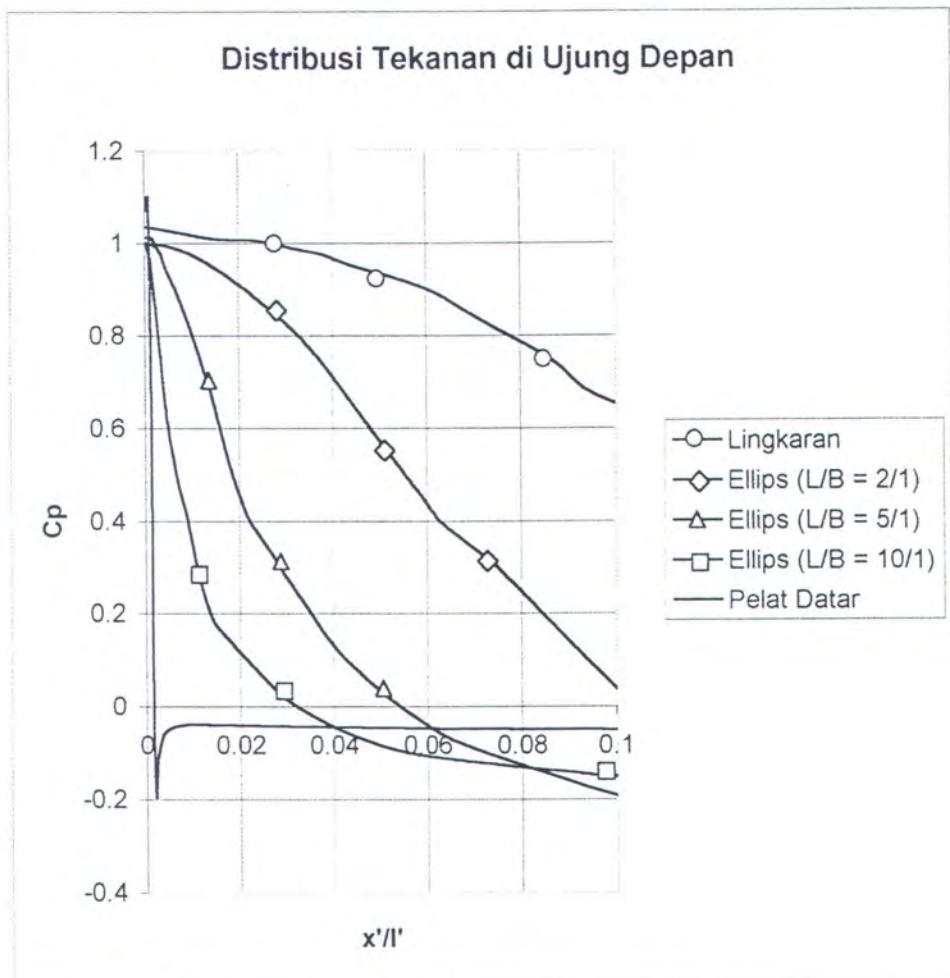
$$C_p \text{ min} = 1 - \left( \frac{U_{max}}{U_{\infty}} \right)^2 \quad 4.4$$

Persamaan 4.3 dan 4.4 merupakan persamaan yang lebih mendekati persamaan distribusi tekanan S. Goldstein dan grafik distribusi tekanan H.Slichting. Sedangkan apabila kita perhatikan tekanan minimum benda pada aliran fluida viskos selalu lebih besar daripada tekanan minimum dari teori S.Goldstein.

Apabila kita amati tabel 4.2. ada fenomena yang berbeda terjadi pada pelat datar dimana ternyata  $C_p$  minimum lebih kecil dari teori yang diungkapkan oleh S. Goldstein. Nilai  $C_p$  minimum tersebut diperoleh dari titik tepat setelah

## Tugas Akhir

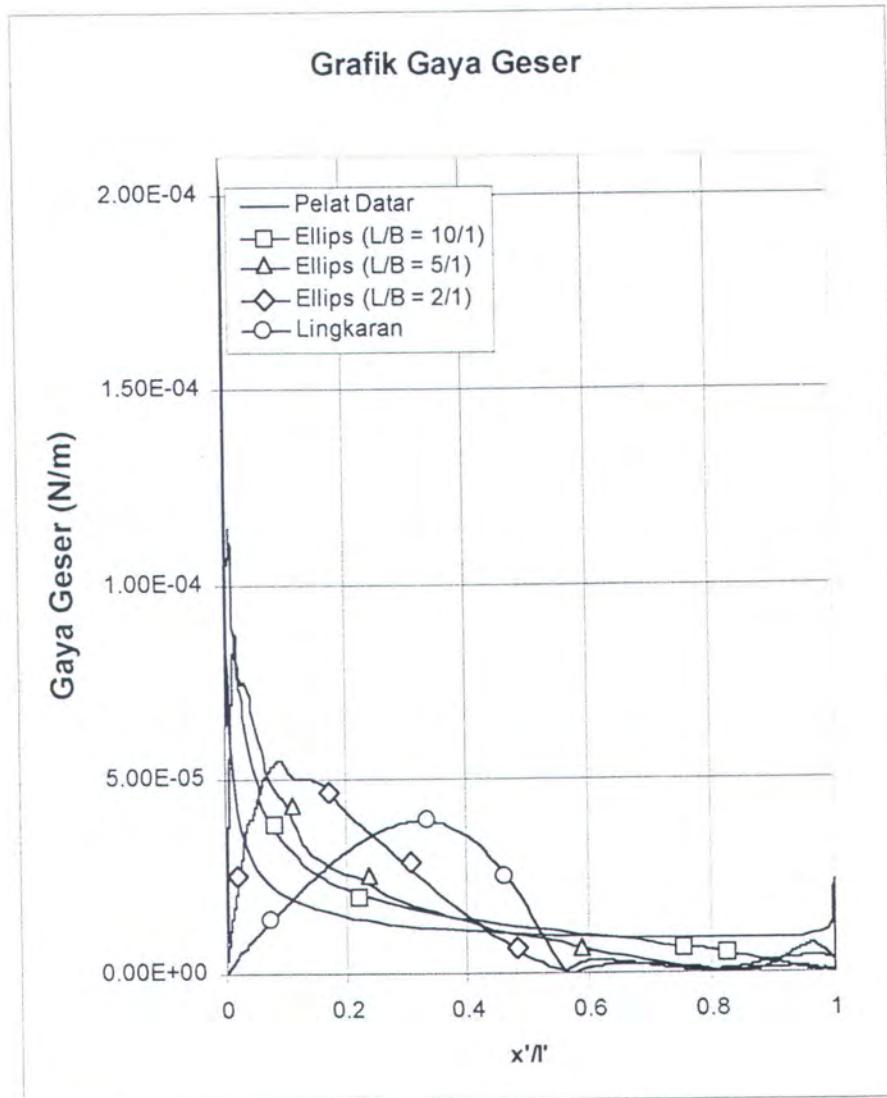
sudut depan pelat datar. Tepatnya pada  $x'/l' = 0.00176$  (lihat grafik 4.47). Pada grafik 4.47 tampak sekali adanya fluktuasi nilai  $C_p$  pada bagian depan pelat datar. Hal ini tidak terjadi pada lingkaran dan ellips. Dengan demikian persamaan 4.3 oleh H.Slichting lebih tepat untuk ellips dan lingkaran.



Grafik 4.47. Distribusi tekanan di ujung depan benda

## 4.6. Hasil dan Analisa Titik Separasi

Titik separasi terjadi apabila nilai  $\tau$  adalah nol. Dari data Ansys 5.4 telah diperoleh harga tegangan geser yang terjadi pada masing-masing benda seperti tampak pada garafik 4.47.



Grafik 4.48. Tegangan geser pada masing- masing benda

Dari grafik tersebut tampak bahwa titik separasi pada lingkaran terjadi lebih awal dibandingn titik separasi pada ellips dan pelat.

#### 4.7. Validasi Hasil

Validasi hasil dinyatakan dengan koreksi kesalahan dan kecenderungan grafik gaya-gaya yang terjadi pada percobaan menggunakan perangkat lunak *Flotran CFD ANSYS 5.4* dengan percobaan *wind tunnel* yang ada.

*Tugas Akhir*

$$\text{Koreksi} = \frac{(\text{hasil CFD} - \text{hasil Eksperimen})}{\text{hasil Eksperimen}} \times 100\%$$

Tabel 4.3. Koreksi Cp benda pada fluida viskos

benda	Cp Titik Stagnasi Hasil CFD	Cp Titik Stagnasi Teori	Koreksi
Lingkaran	1.0356	1	3.56%
Ellips (L/B = 2/1)	1.013	1	1.30%
Ellips (L/B = 5/1)	0.99686	1	-0.31%
Ellips (L/B = 10/1)	1.0004	1	0.04%
Pelat Datar	1.0702	1	7.02%

Tabel 4.4. Koreksi Cp benda pada fluida invisid

benda	Cp Titik Stagnasi Hasil CFD	Cp Titik Stagnasi Teori	Koreksi
Lingkaran	0.989499986	1	-1.05%
Ellips (L/B = 2/1)	0.9749	1	-2.51%
Ellips (L/B = 5/1)	0.996486	1	-0.35%
Ellips (L/B = 10/1)	0.98	1	-2.00%
Pelat Datar	1.0698	1	6.98%

Dari koreksi nilai Cp di atas, pelat datar mempunyai koreksi terbesar dibanding benda lainnya hal ini kemungkinan karena pembuatan mesh yang kurang rapat khususnya pada daerah yang mendekati benda.

**BAB V**  
**PENUTUP**

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Dari beberapa simulasi yang telah dilakukan dengan perangkat lunak Flotran CFD ANSYS 5.4 melalui pendekatan aliran dua dimensi untuk lingkaran, ellips, dan pelat datar dengan sudut serang  $0^\circ$  menunjukkan bahwa :

1. Bentuk benda sangatlah berpengaruh terhadap perubahan distribusi tekanan.
2.  $C_p$  minimum benda dalam fluida viskos cenderung lebih besar daripada  $C_p$  minimum benda di dalam fluida invisid.
3.  $C_p$  minimum benda lingkaran dan ellips di dalam fluida viskos cenderung lebih besar dari formula berikut:

$$C_p \text{ min} = 1 - \left( \frac{U_{\max}}{U_{\infty}} \right)^2 ; \quad \frac{U_{\max}}{U_{\infty}} = 1 + \frac{b}{a}$$

$$b = \frac{1}{2} \text{ minor axis} ; \quad a = \frac{1}{2} \text{ mayor axis}$$

Tabel 5.1. tabel kecepatan maksimum dan tekanan minimum

benda	b/a	Umax/U S.Goldstein	Umax/U fluida viskos	$C_p$ min S.Goldstein	$C_p$ min fluida viskos
Lingkaran	1	2	1.9478	-3	-2.794
Ellips (L/B = 2/1)	0.5	1.5	1.39786737	-1.25	-0.95403319
Ellips (L/B = 5/1)	0.2	1.2	1.15660711	-0.44	-0.33774
Ellips (L/B = 10/1)	0.1	1.1	1.09550445	-0.21	-0.20013
Pelat Datar	0.0025	1.0025	1.09293184	-0.0050062	-0.1945

## Tugas Akhir

4.  $C_p$  minimum pelat datar di dalam fluida viskos cenderung lebih kecil dari pada formula pada point 3.
5.  $C_p$  minimum pelat datar terjadi pada titik tepat setelah sudut depan pelat datar.
6. Grafik  $C_p$  fluida viskos mempunyai kecenderungan bentuk yang sama dengan fluida invisid kecuali setelah melewati titik separasi.

Tabel 5.2. Posisi tempat terjadinya titik separasi ( $x'/l' = \text{panjang busur}/\text{setengah keliling benda}$ )

benda	tempat terjadinya titik separasi ( $x'/l'$ )	Gaya geser $\tau$
Lingkaran	0.5625	1.23E-07
Ellips ( $L/B = 2/1$ )	0.5708	2.59E-07
Ellips ( $L/B = 5/1$ )	0.8172	1.11E-07
Ellips ( $L/B = 10/1$ )	1	8.28E-08
Pelat Datar	1	2.94E-09

### 5.2. Saran

Dalam penelitian yang dilakukan menunjukkan kecenderungan grafik distribusi tekanan dan distribusi kecepatan yang cukup baik mampu mewakili gambaran terjadinya aliran fluida yang mendekati fluida viskos, namun dari koreksi besarnya gaya terdapat kesalahan yang cukup besar. Oleh karena itu dalam penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan proses *Grid Independence* untuk tiap model lingkaran, ellips, dan pelat datar. Hal ini berarti bahwa proses penentuan domain, meshing, dan penentuan jumlah elemen perlu dilakukan untuk tiap model.

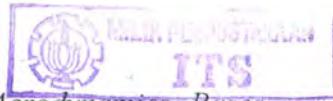
Pembuatan meshing yang baik merupakan salah satu faktor utama untuk memperoleh hasil analisa yang lebih akurat. Kebutuhan pemakaian waktu yang

*Tugas Akhir*

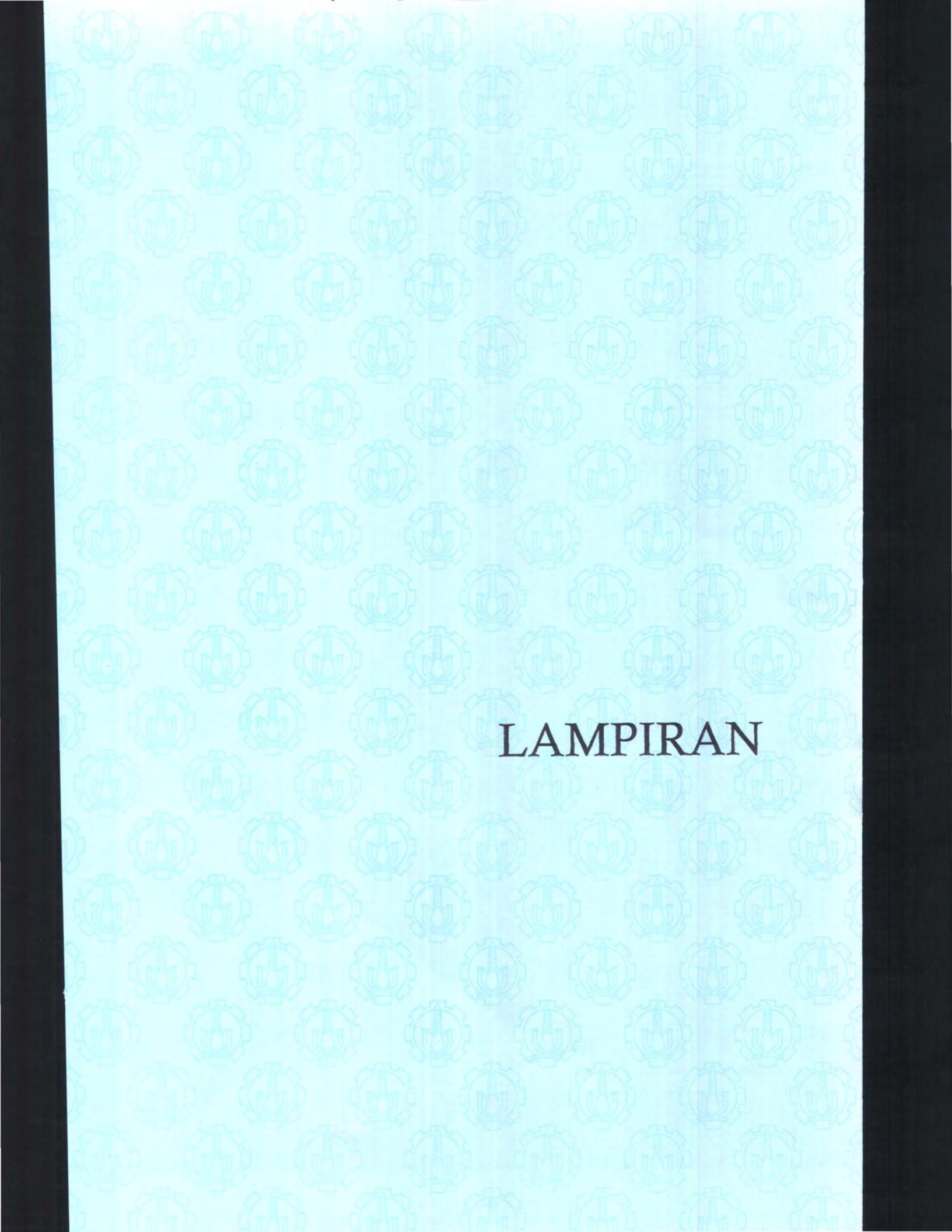
optimal menuntut diperlukannya analisa tersendiri tentang cara pembuatan meshing yang baik sebab hal ini sangat berguna bagi pengguna Ansys 5.4 pada khususnya dan software CFD lain pada umumnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

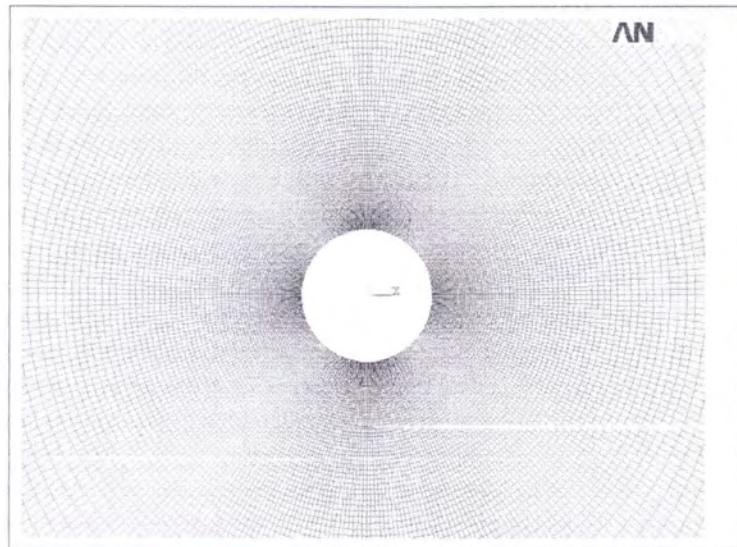
## DAFTAR PUSTAKA



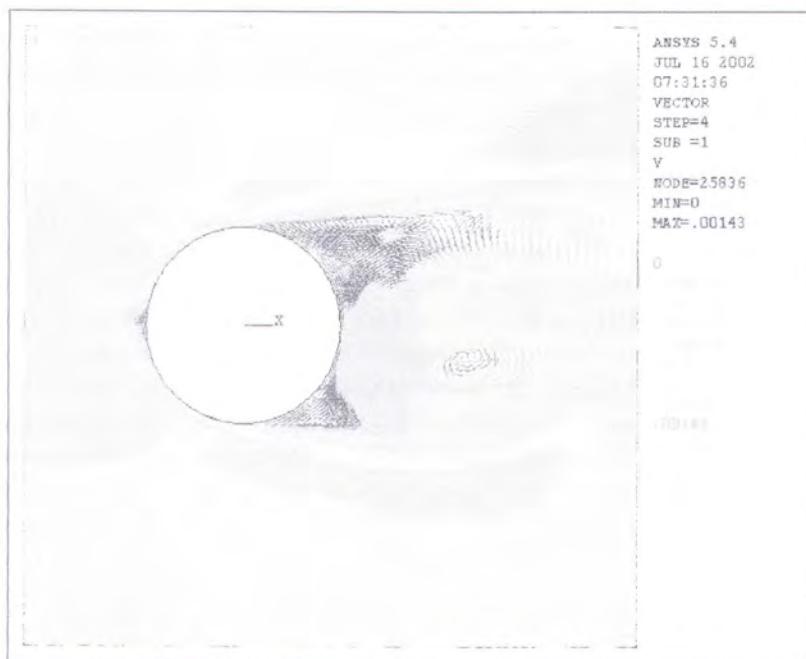
- Kuethe, A.M., Chow, C.Y., *Foundations of Aerodynamics, Bases of Aerodynamics Design, fourth edition*, John Wiley and Sons, 1986.
- Dr. Schlichting H, *Boundary-layer Theory*, McGraw-Hill Inc, New York, 1979.
- Yuan.S.W, Fondation of fluid mechanics, Prentice – Hall Inc, Englewood cliff, New jersey, 1967.
- Huebner.K.H., Thornton.E.A., The finite element methode for engineers second edition, John wiley & Sons Inc., New York, 1982.
- White F.M, Fluid mechanics, second edition, McGraw-Hill Inc, New York 1986
- Streeter.V.L., Wylie.E.B., Fluid mechanics, eighth edition, McGraw-Hill Inc, New York 1985.
- Harvald, Sv. Aa., *Tahanan dan Propulsi Kapal*, Airlangga University Press, Surabaya, 1992.
- Kohnke, P., *ANSYS Theory Reference Release 5.4.*, SAS IP, Inc., Philadelphia, 1998.
- Spiegel, M.R,Mathematical Handbook, McGraw-Hill Inc, England, 1968



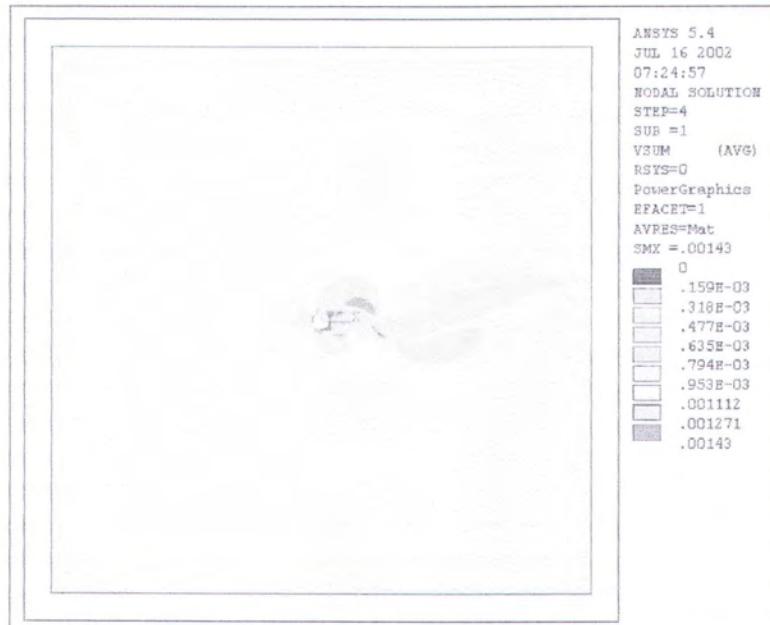
# LAMPIRAN



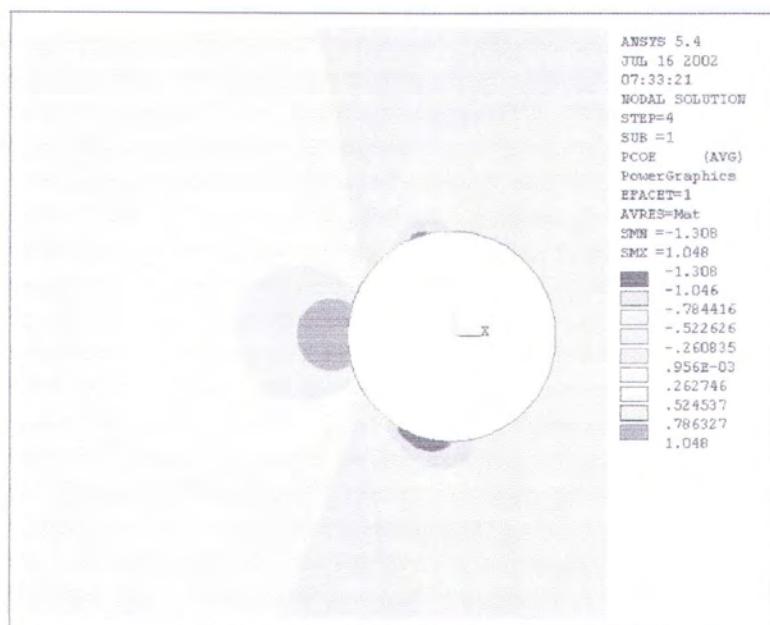
Gambar A.1.1. Mesh lingkaran



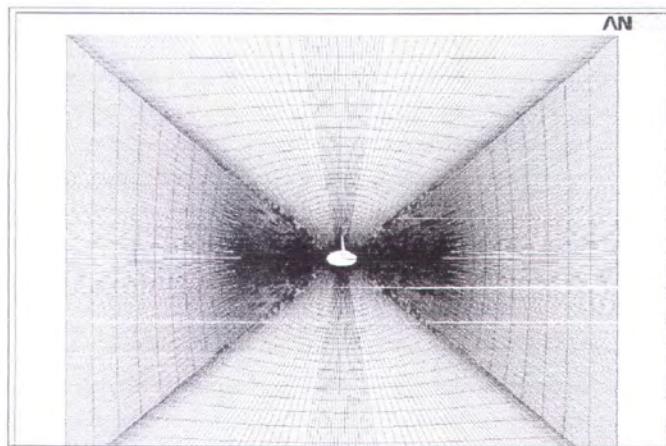
Gambar A.1.2. vektor kecepatan lingkaran pada aliran viskos



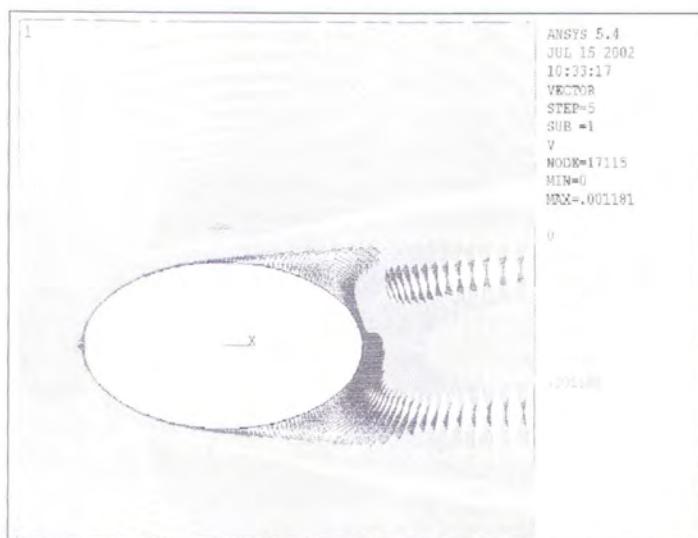
Gambar A.1.3. Countour kecepatan lingkaran pada aliran viskos



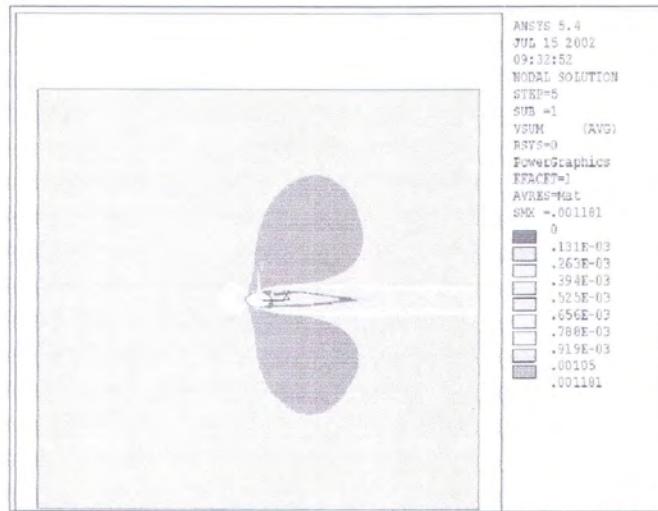
Gambar A.1.4. Distribusi tekanan lingkaran pada aliran viskos



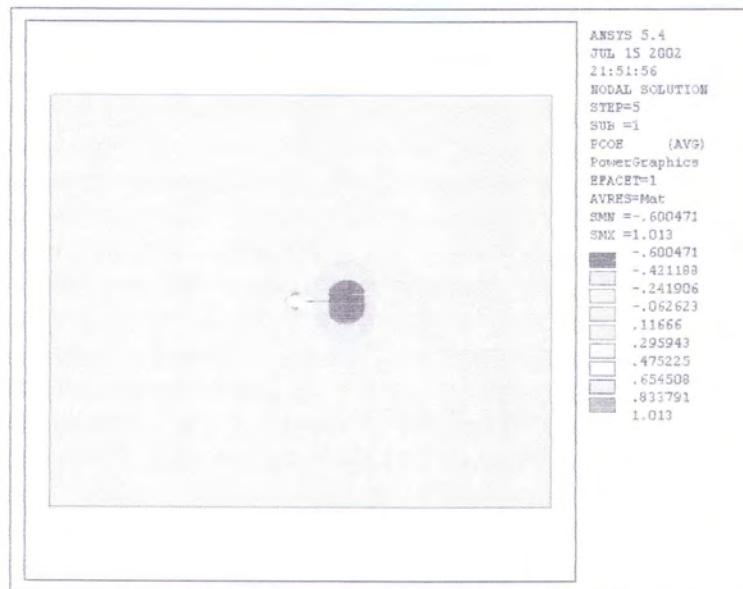
Gambar A.2.1. Mesh ellips 1



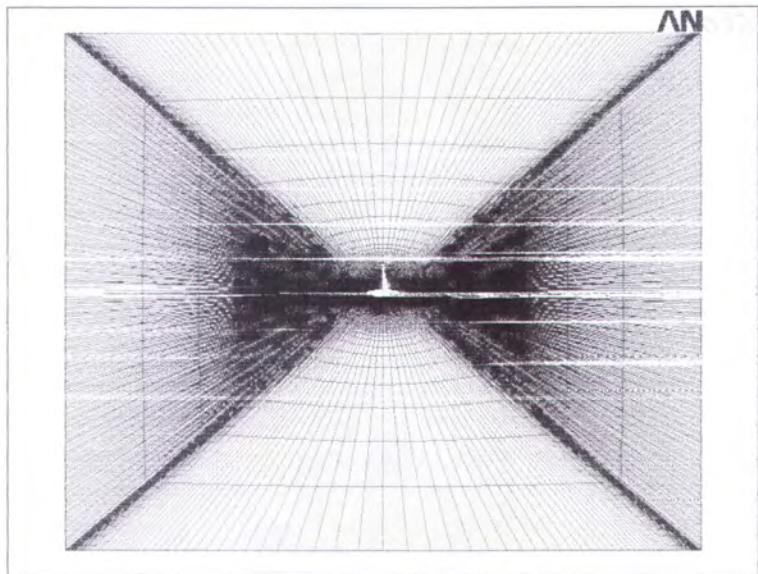
Gambar A.2.3. Vektor kecepatan ellips 1 pada aliran viskos



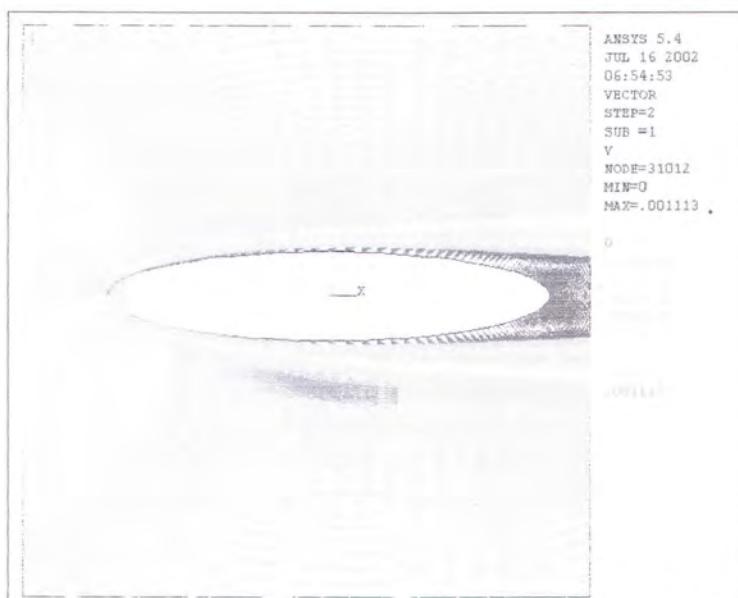
Gambar A2.2. Contour distribusi kecepatan ellips 1 pada aliran viskos



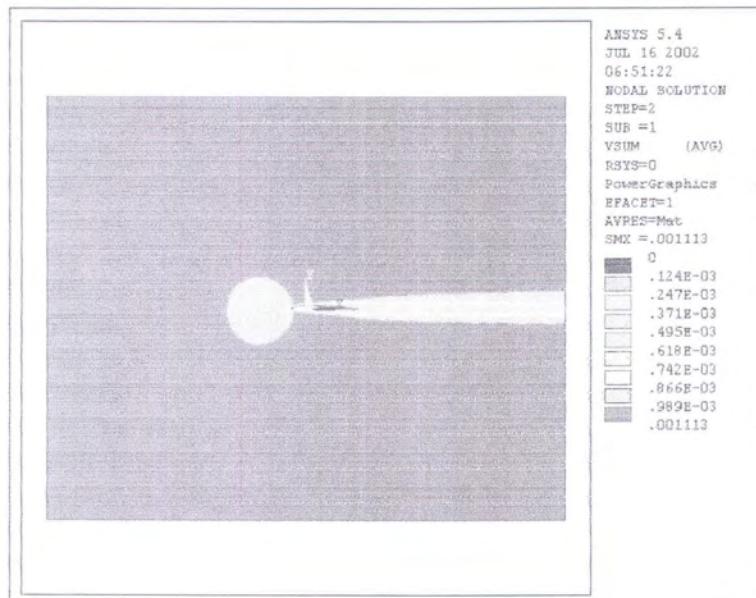
Gambar A.2.4. Cp Ellips 1 pada aliran viskos



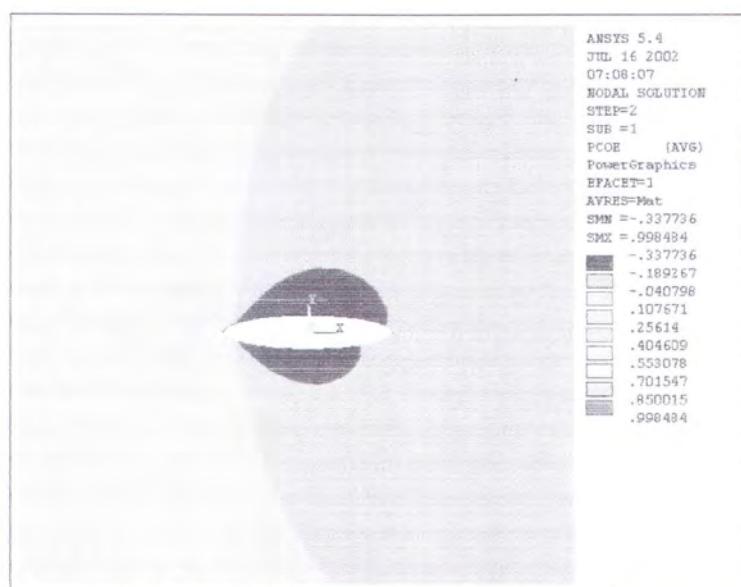
Gambar A.3.1. Mesh ellips 2



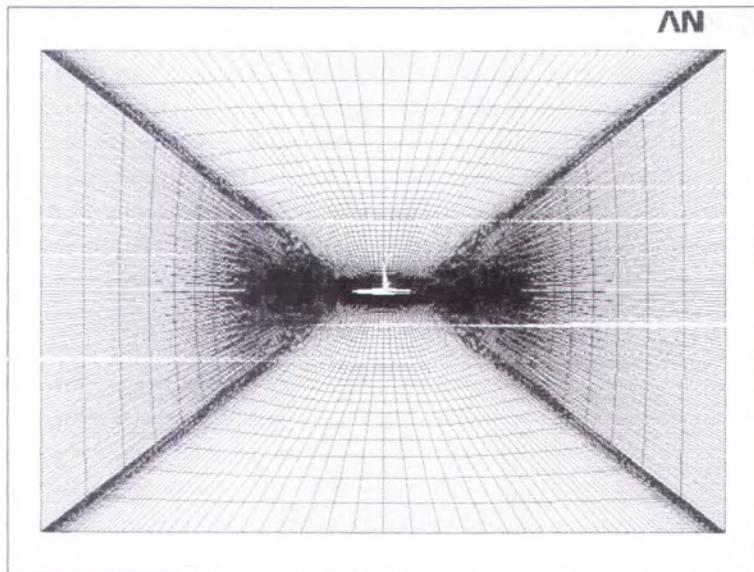
Gambar A.3.2. Vektor kecepatan ellips 2 pada aliran viskos



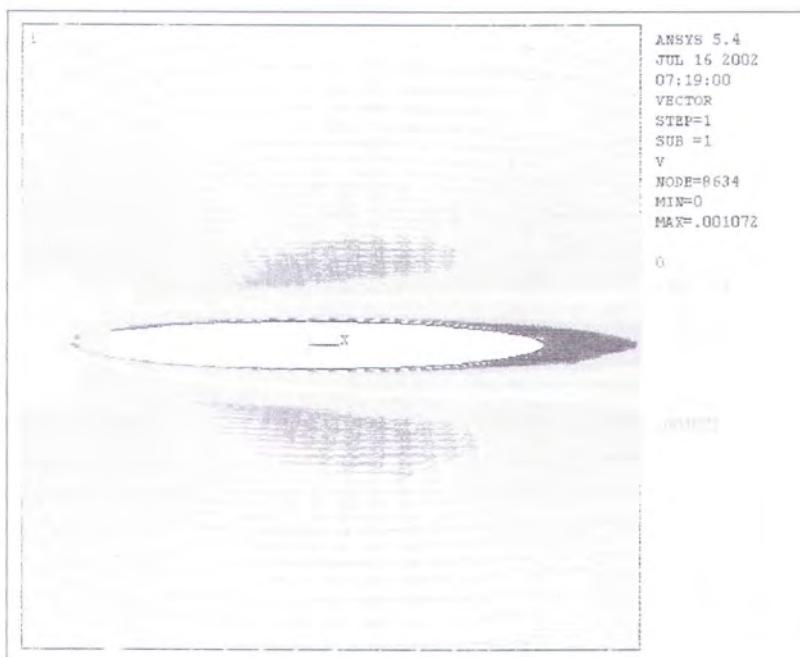
Gambar A.3.3. Countour kecepatan Ellips 2 pada aliran viskos



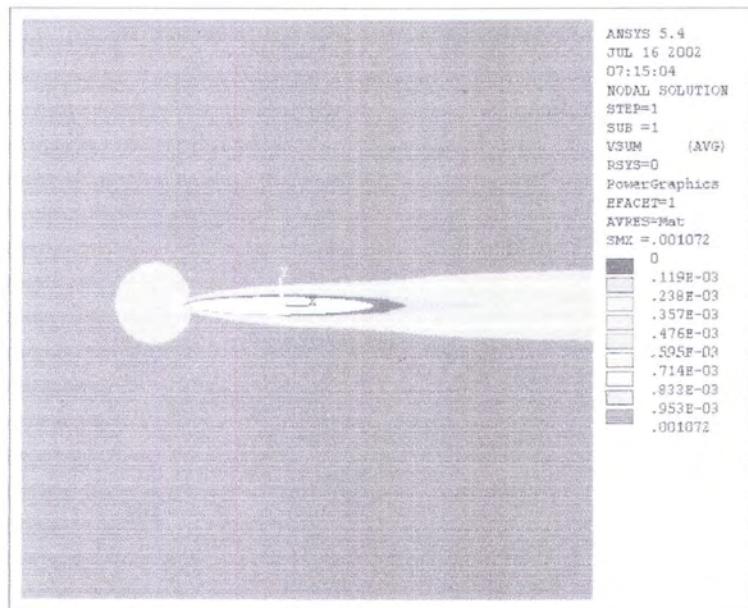
Gambar A.3.4. distribusi tekanan Ellips 2 pada aliran viskos



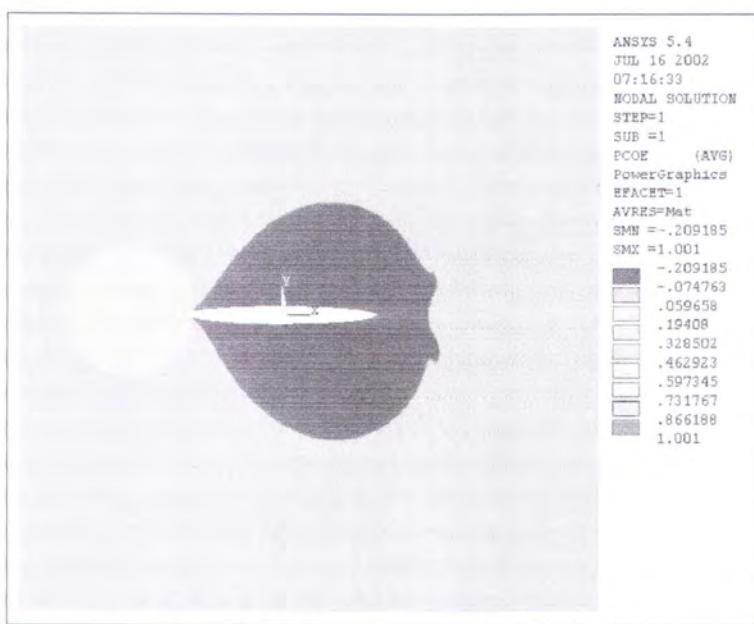
Gambar A.4.1. Mesh Ellips 3



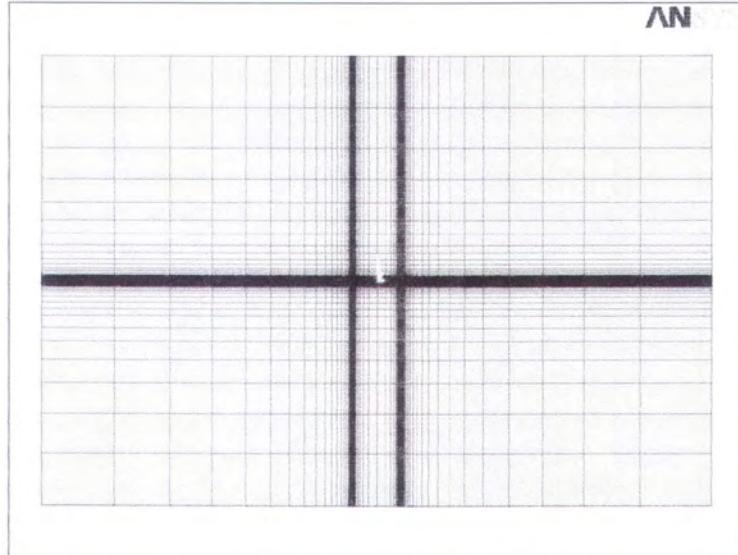
Gambar A.4.2. Vektor Kecepatan Ellips3 pada aliran viskos



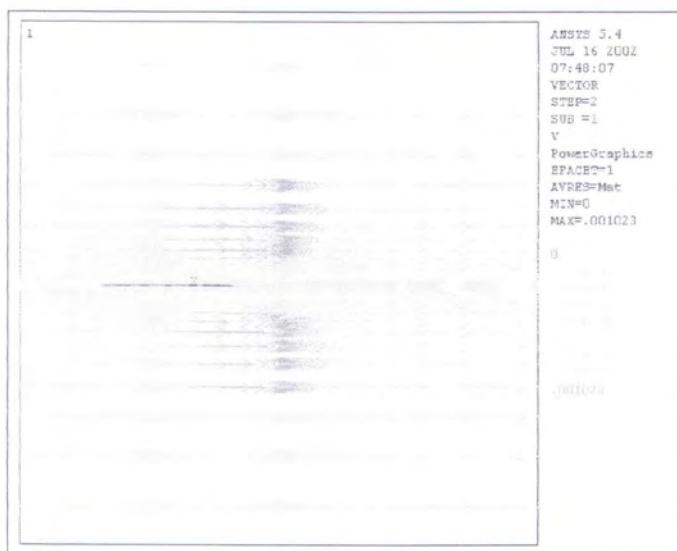
Gambar A.4.3. Countour kecepatan Ellipsa 3 pada aliran viskos



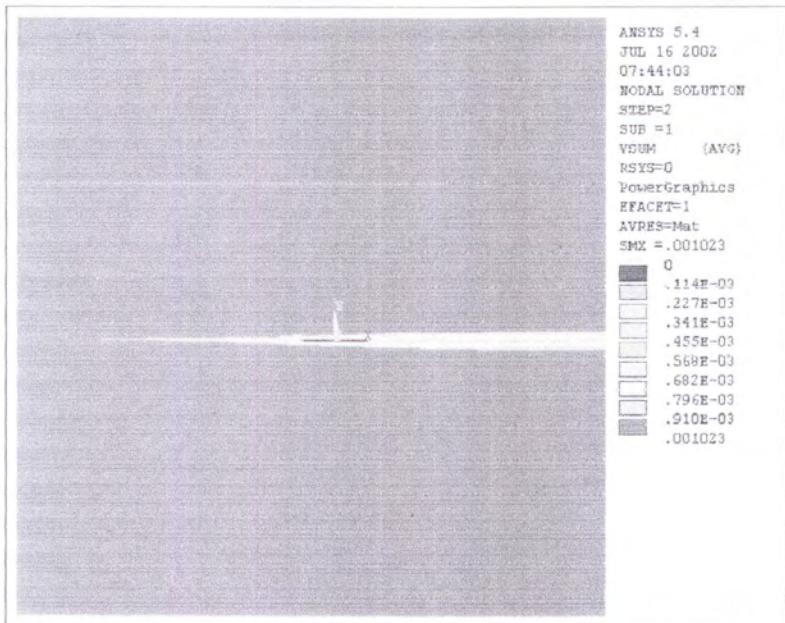
Gambar A.4.4. Cp Ellips 3 pada aliran viskos



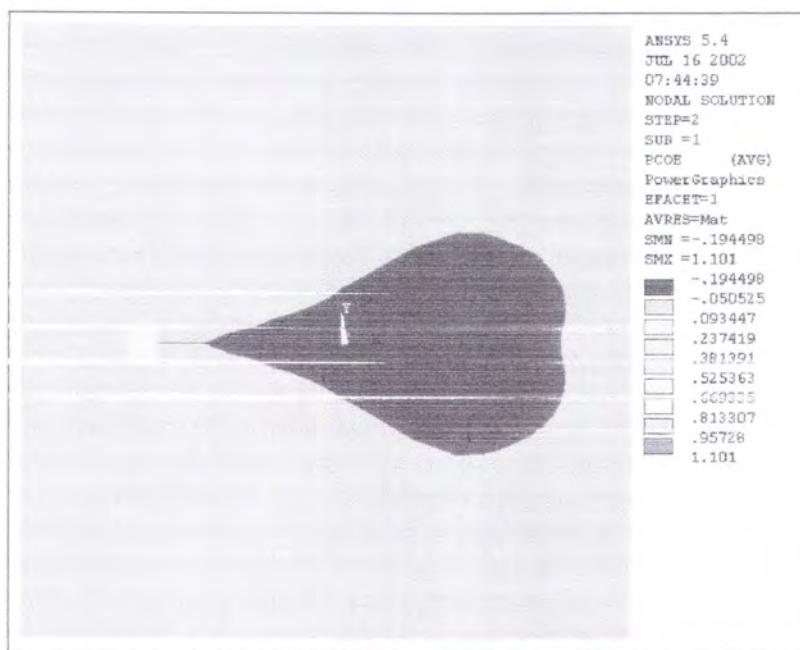
Gambar A.5.1. Mesh pelat datar



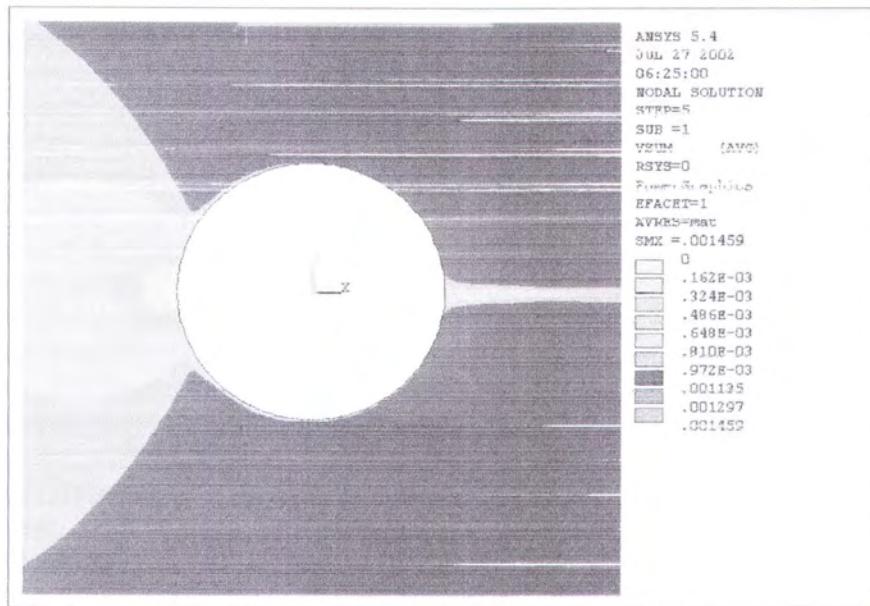
Gambar A.5.1. Vektor kecepatan pelat datar pada aliran viskos



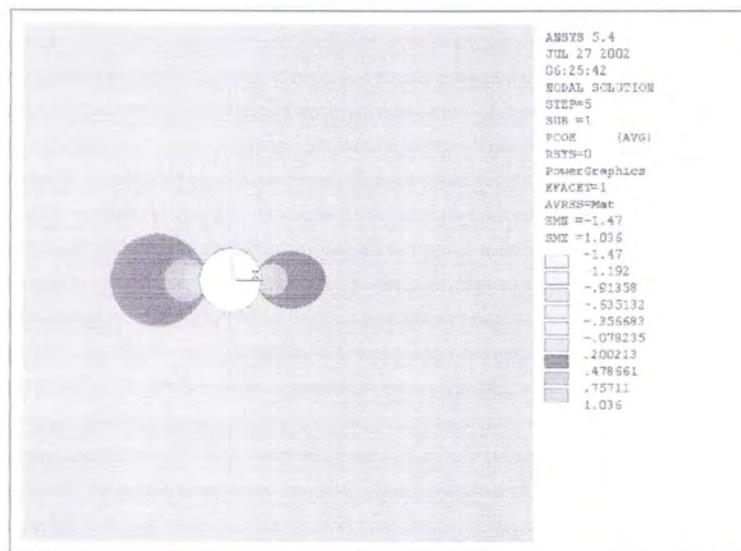
Gambar A.5.3. Countour kecepatan pelat datar pada aliran viskos



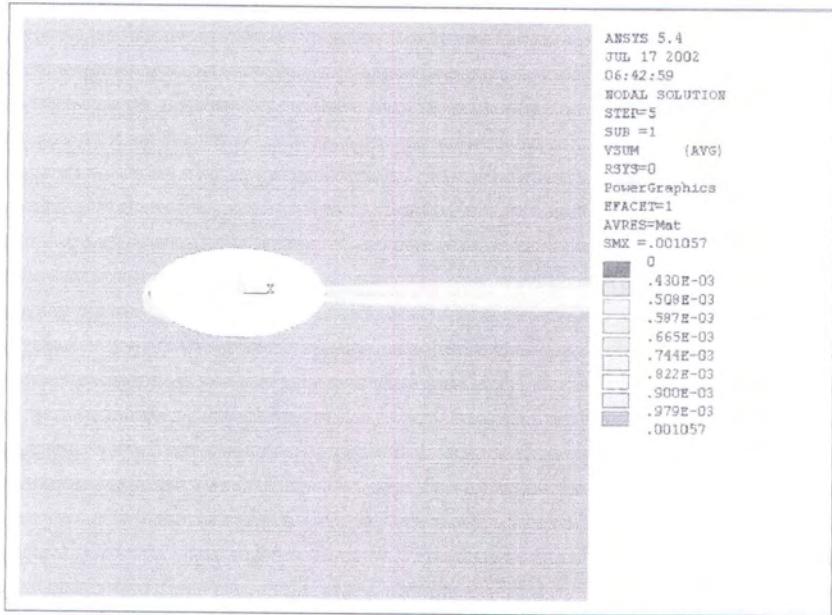
Gambar A.5.4. Distribusi tekanan pelat datar pada aliran viskos



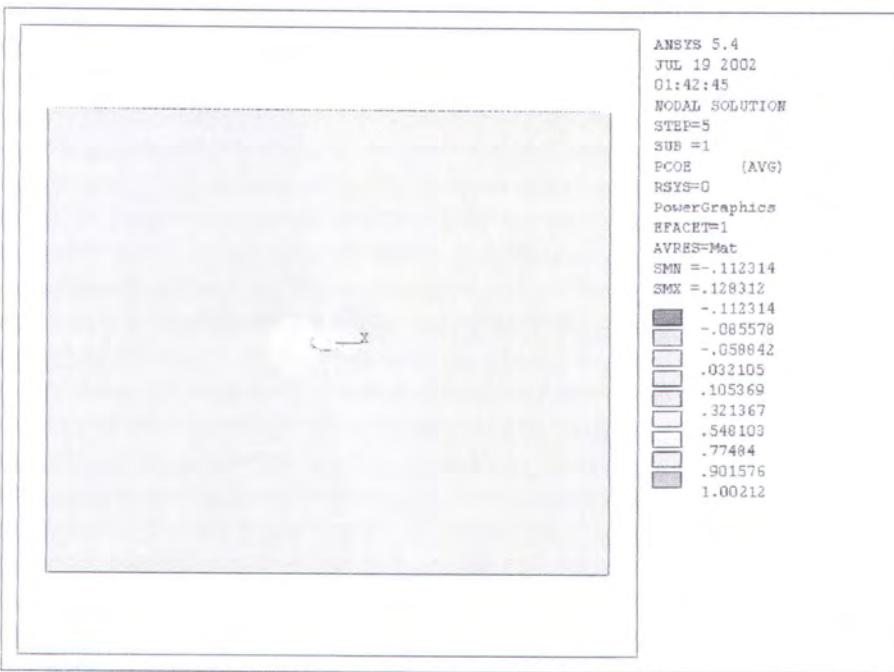
Gambar B.1.3. Countour kecepatan lingkaran pada aliran invisid



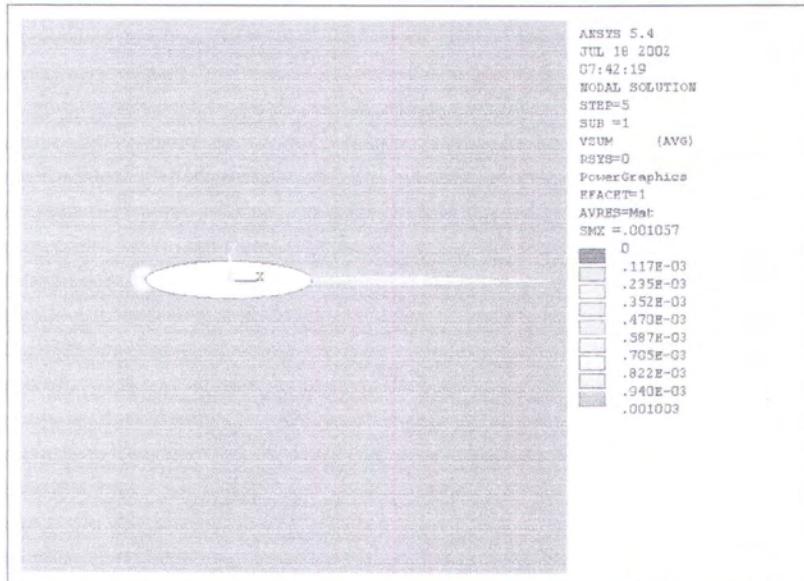
Gambar B.1.4. Distribusi tekanan lingkaran pada aliran invisid



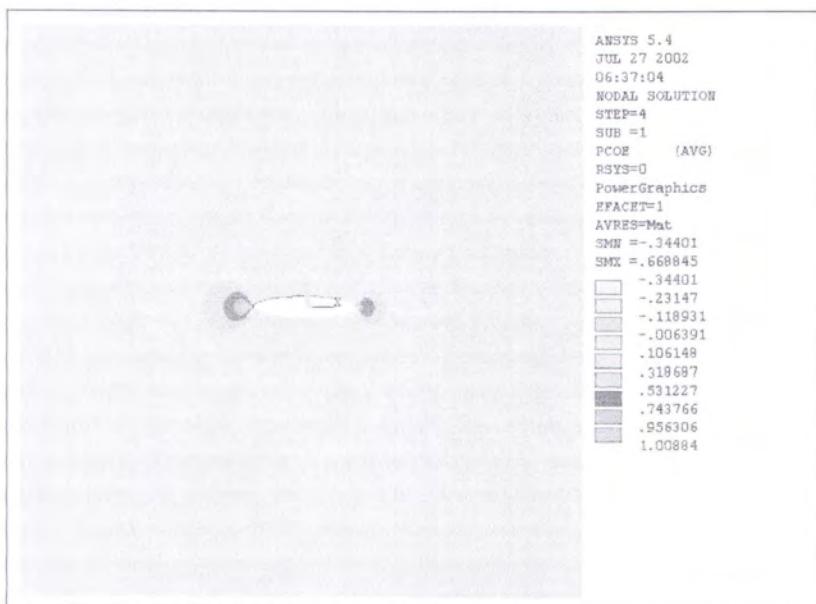
Gambar B.2.2. Contour distribusi kecepatan ellips 1 pada aliran invisid



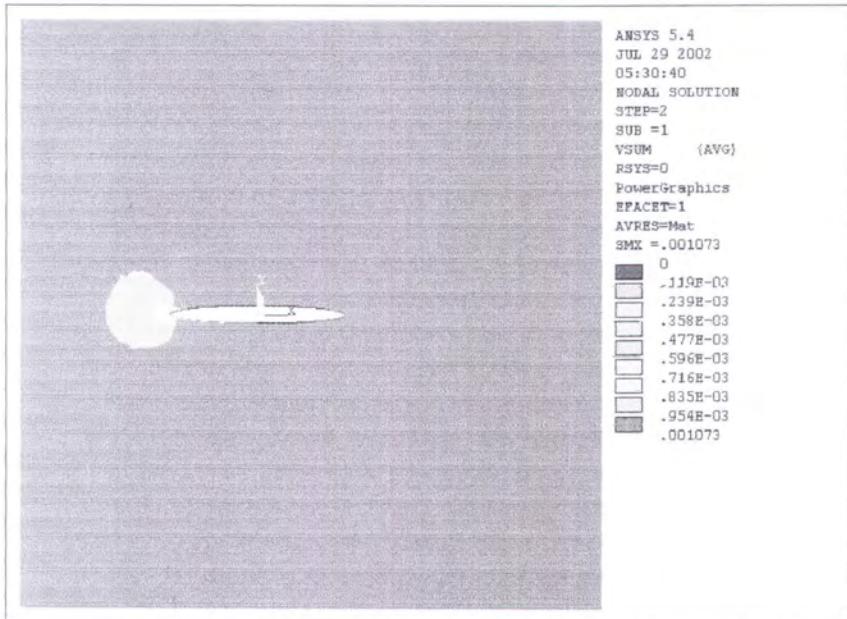
Gambar B.2.4. Cp Ellips 1 pada aliran invisid



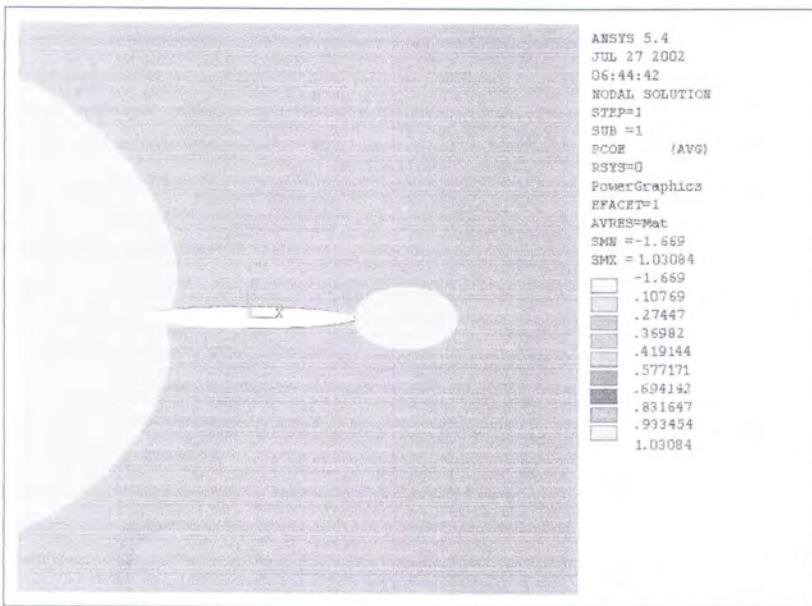
Gambar B.3.3. Countour kecepatan Ellips 2 pada aliran invisid



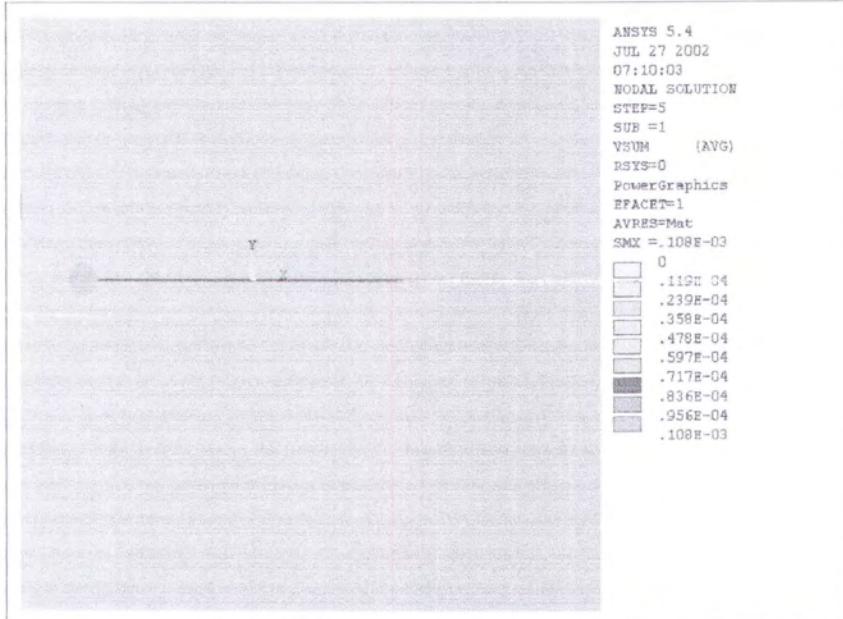
Gambar B.3.4. distribusi tekanan Ellips 2 pada aliran invisid



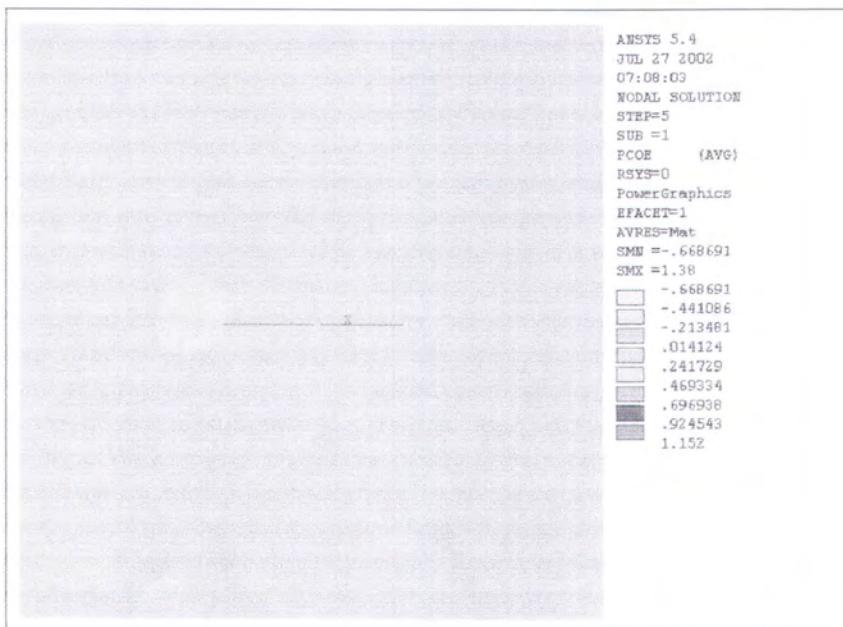
Gambar B.3.3. Countour kecepatan Ellips 3 pada aliran invisid



Gambar B.3.4. distribusi tekanan Ellips 3 pada aliran invisid



Gambar B.3.3. Countour kecepatan pelat datar pada aliran invisid



Gambar B.3.4. distribusi tekanan pelat datar pada aliran invisid

## **LAMPIRAN B**

Tabel A.1. Gaya geser pada lingkaran

$x'/l'$	TAUW	$x'/l'$	TAUW	$x'/l'$	TAUW	$x'/l'$	TAUW	$x'/l'$	TAUW
0	2.35E-07	0.218752	3.32E-05	0.437498	3.03E-05	0.656247	2.66E-06	0.874996	2.16E-06
0.006366	1.50E-06	0.225004	3.38E-05	0.4437689	2.92E-05	0.662518	2.56E-06	0.881267	2.36E-06
0.012733	2.76E-06	0.231253	3.44E-05	0.450008	2.80E-05	0.668757	2.46E-06	0.887506	2.55E-06
0.018144	3.92E-06	0.237504	3.49E-05	0.456247	2.68E-05	0.674996	2.34E-06	0.893777	2.75E-06
0.023556	5.03E-06	0.243753	3.55E-05	0.4625179	2.55E-05	0.681267	2.21E-06	0.900016	2.93E-06
0.031832	6.12E-06	0.250005	3.60E-05	0.468757	2.41E-05	0.687506	2.07E-06	0.906255	3.11E-06
0.037501	7.19E-06	0.256253	3.64E-05	0.474996	2.27E-05	0.693745	1.93E-06	0.912526	3.28E-06
0.04375	8.26E-06	0.262502	3.68E-05	0.4812669	2.12E-05	0.700016	1.78E-06	0.918765	3.43E-06
0.050002	9.31E-06	0.268754	3.72E-05	0.487506	1.96E-05	0.706255	1.63E-06	0.925004	3.56E-06
0.05625	1.04E-05	0.275002	3.76E-05	0.493745	1.80E-05	0.712494	1.49E-06	0.931275	3.68E-06
0.062502	1.14E-05	0.281254	3.79E-05	0.5000159	1.63E-05	0.718765	1.35E-06	0.937514	3.79E-06
0.068751	1.24E-05	0.287503	3.82E-05	0.506255	1.46E-05	0.725004	1.22E-06	0.943753	3.87E-06
0.075002	1.35E-05	0.293755	3.85E-05	0.512494	1.29E-05	0.731275	1.10E-06	0.950024	3.93E-06
0.081251	1.45E-05	0.300003	3.87E-05	0.5187649	1.11E-05	0.737514	9.86E-07	0.956263	3.97E-06
0.0875	1.55E-05	0.306255	3.88E-05	0.525004	9.34E-06	0.743753	8.89E-07	0.962502	4.00E-06
0.093751	1.65E-05	0.312504	3.90E-05	0.531243	7.60E-06	0.750024	8.03E-07	0.968773	4.00E-06
0.1	1.75E-05	0.318765	3.90E-05	0.5375139	5.89E-06	0.756263	7.32E-07	0.975012	3.97E-06
0.106252	1.84E-05	0.325004	3.91E-05	0.543753	4.23E-06	0.762502	6.72E-07	0.981251	3.93E-06
0.1125	1.94E-05	0.331243	3.91E-05	0.549992	2.65E-06	0.768773	6.24E-07	0.987522	3.85E-06
0.118752	2.04E-05	0.337514	3.90E-05	0.5562629	1.18E-06	0.775012	5.89E-07	0.993761	3.78E-06
0.125001	2.13E-05	0.343753	3.89E-05	0.562502	1.23E-07	0.781251	5.68E-07	1	3.64E-06
0.131253	2.22E-05	0.349992	3.87E-05	0.5687729	1.16E-06	0.787522	5.62E-07		
0.137501	2.31E-05	0.356263	3.85E-05	0.5750119	1.75E-06	0.793761	5.72E-07		
0.143753	2.40E-05	0.362502	3.82E-05	0.581251	2.13E-06	0.8	5.98E-07		
0.150002	2.49E-05	0.368741	3.79E-05	0.5875219	2.48E-06	0.806271	6.42E-07		
0.156253	2.58E-05	0.375012	3.75E-05	0.5937609	2.83E-06	0.81251	7.02E-07		
0.162502	2.66E-05	0.381251	3.71E-05	0.6	3.02E-06	0.818749	7.80E-07		
0.168754	2.74E-05	0.38749	3.66E-05	0.6062709	3.06E-06	0.82502	8.75E-07		
0.175002	2.82E-05	0.393761	3.60E-05	0.6125099	3.04E-06	0.831259	9.88E-07		
0.181251	2.90E-05	0.4	3.54E-05	0.618749	3.02E-06	0.837498	1.12E-06		
0.187503	2.98E-05	0.406271	3.47E-05	0.6250199	3.00E-06	0.843769	1.26E-06		
0.193751	3.05E-05	0.41251	3.40E-05	0.631259	2.96E-06	0.850008	1.42E-06		
0.200003	3.12E-05	0.418749	3.32E-05	0.637498	2.89E-06	0.856247	1.59E-06		
0.206252	3.19E-05	0.42502	3.23E-05	0.6437689	2.82E-06	0.862518	1.78E-06		
0.212504	3.25E-05	0.431259	3.13E-05	0.650008	2.74E-06	0.868757	1.97E-06		

Tabel A.2. Gaya geser pada pelat datar

$x'/l'$	TAUW	$x'/l'$	TAUW	$x'/l'$	TAUW	$x'/l'$	TAUW	$x'/l'$	TAUW
0	6.18E-08	0.004534	9.19E-05	0.1869726	1.51E-05	0.973217	9.85E-06	0.998554	2.25E-05
0.000416	3.40E-05	0.006825	7.33E-05	0.3056359	1.22E-05	0.983292	1.04E-05	0.998753	2.35E-05
0.000831	7.41E-05	0.010578	5.84E-05	0.5	9.87E-06	0.989426	1.10E-05	0.999152	5.88E-06
0.001247	2.34E-04	0.016724	4.66E-05	0.6943641	8.85E-06	0.993167	1.18E-05	0.999601	2.56E-06
0.001441	2.23E-04	0.026791	3.71E-05	0.8130175	8.68E-06	0.995461	1.28E-05	1	2.94E-09
0.00176	1.90E-04	0.043279	2.96E-05	0.8854863	8.79E-06	0.996858	1.44E-05		
0.002281	1.48E-04	0.070284	2.36E-05	0.9297257	9.06E-06	0.997706	1.66E-05		
0.003135	1.16E-04	0.114519	1.89E-05	0.9567082	9.42E-06	0.998254	1.98E-05		

Tabel A.3. Gaya geser pada ellips L/B =2/1

x'l'	TAUW	x'l'	TAUW	x'l'	TAUW	x'l'	TAUW	x'l'	TAUW
0	9.97E-07	0.04807	4.13E-05	0.174487	4.63E-05	0.85338	1.70E-07	0.955613	6.56E-06
0.00074	1.90E-06	0.048809	4.17E-05	0.1808869	4.51E-05	0.85821	2.29E-07	0.956357	6.62E-06
0.001479	2.79E-06	0.049548	4.20E-05	0.1875965	4.38E-05	0.862794	3.04E-07	0.9571	6.70E-06
0.002219	3.67E-06	0.050287	4.24E-05	0.1946282	4.24E-05	0.867212	3.95E-07	0.957843	6.80E-06
0.002958	4.54E-06	0.051026	4.28E-05	0.2019943	4.11E-05	0.871382	5.01E-07	0.958586	6.90E-06
0.003698	5.40E-06	0.051765	4.32E-05	0.2097196	4.00E-05	0.875387	6.20E-07	0.959329	6.98E-06
0.004437	6.25E-06	0.052504	4.37E-05	0.2178166	3.89E-05	0.879186	7.52E-07	0.960073	7.04E-06
0.005177	7.09E-06	0.053243	4.41E-05	0.2263017	3.77E-05	0.882861	8.97E-07	0.960816	7.09E-06
0.005916	7.91E-06	0.053982	4.45E-05	0.2351914	3.65E-05	0.886329	1.05E-06	0.961559	7.14E-06
0.006656	8.72E-06	0.054721	4.49E-05	0.2445146	3.53E-05	0.889632	1.23E-06	0.962302	7.17E-06
0.007395	9.52E-06	0.055465	4.53E-05	0.2542838	3.40E-05	0.892811	1.41E-06	0.963004	7.19E-06
0.008135	1.03E-05	0.056204	4.57E-05	0.2645237	3.26E-05	0.895826	1.62E-06	0.963747	7.21E-06
0.008874	1.11E-05	0.056943	4.61E-05	0.275255	3.10E-05	0.898675	1.85E-06	0.964491	7.22E-06
0.009614	1.18E-05	0.057682	4.65E-05	0.2865023	2.94E-05	0.901441	2.09E-06	0.965234	7.21E-06
0.010353	1.26E-05	0.058421	4.69E-05	0.2982906	2.78E-05	0.904042	2.32E-06	0.965977	7.20E-06
0.011093	1.33E-05	0.05916	4.73E-05	0.3106487	2.62E-05	0.906561	2.55E-06	0.96672	7.17E-06
0.011832	1.41E-05	0.059899	4.77E-05	0.3236013	2.45E-05	0.908956	2.76E-06	0.967464	7.13E-06
0.012572	1.48E-05	0.060638	4.80E-05	0.3371733	2.27E-05	0.911227	2.97E-06	0.968207	7.08E-06
0.013311	1.55E-05	0.061377	4.84E-05	0.3514018	2.09E-05	0.913415	3.17E-06	0.96895	7.01E-06
0.014051	1.62E-05	0.062117	4.87E-05	0.3663116	1.89E-05	0.91548	3.36E-06	0.969693	6.91E-06
0.01479	1.69E-05	0.06286	4.91E-05	0.3819439	1.70E-05	0.917461	3.54E-06	0.970436	6.79E-06
0.01553	1.76E-05	0.063599	4.94E-05	0.3937487	1.56E-05	0.91932	3.72E-06	0.971138	6.66E-06
0.016269	1.83E-05	0.064338	4.97E-05	0.4055535	1.41E-05	0.921136	3.88E-06	0.971882	6.55E-06
0.017009	1.90E-05	0.065077	4.99E-05	0.4173583	1.27E-05	0.922829	4.03E-06	0.972625	6.45E-06
0.017748	1.96E-05	0.065816	5.02E-05	0.4291672	1.14E-05	0.924481	4.18E-06	0.973368	6.37E-06
0.018488	2.03E-05	0.066555	5.04E-05	0.4409761	1.01E-05	0.92605	4.32E-06	0.974111	6.29E-06
0.019227	2.10E-05	0.067294	5.06E-05	0.452785	8.78E-06	0.926793	4.39E-06	0.974854	6.21E-06
0.019967	2.16E-05	0.068033	5.08E-05	0.4645939	7.56E-06	0.927536	4.46E-06	0.975598	6.14E-06
0.020706	2.23E-05	0.068772	5.09E-05	0.4764028	6.40E-06	0.928279	4.53E-06	0.976341	6.06E-06
0.021446	2.29E-05	0.069512	5.10E-05	0.4882117	5.30E-06	0.929023	4.61E-06	0.977084	5.99E-06
0.022185	2.36E-05	0.070255	5.11E-05	0.4999794	4.26E-06	0.929766	4.68E-06	0.977827	5.92E-06
0.022925	2.43E-05	0.070994	5.13E-05	0.5117883	3.30E-06	0.930468	4.76E-06	0.978571	5.85E-06
0.023664	2.50E-05	0.071733	5.15E-05	0.5235972	2.42E-06	0.931211	4.84E-06	0.979272	5.77E-06
0.024404	2.56E-05	0.072472	5.17E-05	0.5354061	1.62E-06	0.931954	4.92E-06	0.980016	5.70E-06
0.025143	2.63E-05	0.073211	5.19E-05	0.547215	9.06E-07	0.932697	5.00E-06	0.980759	5.62E-06
0.025883	2.71E-05	0.07395	5.21E-05	0.5590239	2.80E-07	0.933441	5.07E-06	0.981502	5.54E-06
0.026622	2.78E-05	0.075515	5.24E-05	0.5708328	2.59E-07	0.934184	5.14E-06	0.982245	5.46E-06
0.027362	2.86E-05	0.07715	5.28E-05	0.5826417	7.14E-07	0.934927	5.21E-06	0.982989	5.38E-06
0.028101	2.94E-05	0.078868	5.32E-05	0.5944506	1.10E-06	0.93567	5.28E-06	0.983732	5.29E-06
0.028841	3.03E-05	0.080668	5.36E-05	0.6062595	1.40E-06	0.936414	5.34E-06	0.984475	5.20E-06
0.02958	3.14E-05	0.082555	5.40E-05	0.6180685	1.64E-06	0.937157	5.40E-06	0.985218	5.11E-06
0.03032	3.24E-05	0.084533	5.43E-05	0.633676	1.87E-06	0.9379	5.46E-06	0.985961	5.02E-06
0.031059	3.32E-05	0.086601	5.45E-05	0.6485817	1.95E-06	0.938602	5.52E-06	0.986705	4.92E-06
0.031799	3.40E-05	0.088773	5.47E-05	0.6628267	1.99E-06	0.939345	5.57E-06	0.987448	4.82E-06
0.032538	3.47E-05	0.091052	5.48E-05	0.6764111	1.98E-06	0.940088	5.63E-06	0.98815	4.72E-06
0.033278	3.54E-05	0.093435	5.47E-05	0.6893348	1.95E-06	0.940832	5.68E-06	0.988893	4.61E-06
0.034017	3.60E-05	0.095937	5.43E-05	0.7017218	1.90E-06	0.941575	5.73E-06	0.989636	4.50E-06
0.034757	3.66E-05	0.098559	5.37E-05	0.7134894	1.86E-06	0.942318	5.78E-06	0.990379	4.39E-06
0.035496	3.71E-05	0.101305	5.27E-05	0.7247616	1.82E-06	0.943061	5.83E-06	0.991123	4.27E-06
0.036236	3.75E-05	0.104183	5.15E-05	0.7354969	1.79E-06	0.943804	5.87E-06	0.991866	4.15E-06
0.036975	3.80E-05	0.107201	5.07E-05	0.7457368	1.73E-06	0.944548	5.92E-06	0.992609	4.03E-06
0.037715	3.83E-05	0.110364	5.03E-05	0.7554812	1.64E-06	0.945291	5.96E-06	0.993352	3.90E-06
0.038454	3.87E-05	0.113679	5.00E-05	0.7648128	1.51E-06	0.946034	6.00E-06	0.994096	3.78E-06
0.039194	3.90E-05	0.117156	4.99E-05	0.7736901	1.34E-06	0.946736	6.04E-06	0.994839	3.64E-06
0.039933	3.92E-05	0.120794	4.98E-05	0.7821958	1.14E-06	0.947479	6.08E-06	0.995582	3.51E-06
0.040673	3.94E-05	0.124613	4.98E-05	0.7902886	9.39E-07	0.948222	6.12E-06	0.996284	3.37E-06
0.041414	3.95E-05	0.128614	4.98E-05	0.7980098	7.39E-07	0.948966	6.16E-06	0.997027	3.22E-06
0.042153	3.95E-05	0.132805	4.98E-05	0.8053594	5.59E-07	0.949709	6.20E-06	0.99777	3.08E-06
0.042892	3.95E-05	0.137202	4.97E-05	0.81242	4.07E-07	0.950452	6.24E-06	0.998514	2.93E-06
0.043631	3.96E-05	0.141806	4.96E-05	0.819109	2.85E-07	0.951195	6.28E-06	0.999257	2.78E-06
0.04437	3.97E-05	0.146633	4.95E-05	0.8255089	1.97E-07	0.951939	6.32E-06	1	2.62E-06
0.045109	4.00E-05	0.151695	4.94E-05	0.8316198	1.40E-07	0.952682	6.36E-06		
0.045848	4.03E-05	0.156997	4.91E-05	0.8374417	1.12E-07	0.953425	6.40E-06		
0.046587	4.06E-05	0.162554	4.84E-05	0.8430158	1.09E-07	0.954168	6.45E-06		
0.047326	4.09E-05	0.16838	4.74E-05	0.8483009	1.29E-07	0.95487	6.50E-06		

Tabel A.4. Gaya geser pada ellips L/B = 5/1

x'l'	TAUW	x'l'	TAUW	x'l'	TAUW	x'l'	TAUW	x'l'	TAUW
0	8.20E-06	0.010861	6.63E-05	0.0612719	5.71E-05	0.956017	1.30E-06	0.990004	6.32E-07
0.000178	6.62E-06	0.011039	6.70E-05	0.0656369	5.39E-05	0.95873	1.26E-06	0.990194	6.27E-07
0.000356	5.02E-06	0.011217	6.77E-05	0.0703684	5.07E-05	0.961205	1.22E-06	0.990385	6.22E-07
0.000534	3.41E-06	0.011395	6.84E-05	0.0754903	4.88E-05	0.963538	1.16E-06	0.990575	6.17E-07
0.000712	1.78E-06	0.011573	6.92E-05	0.0810358	4.73E-05	0.965632	1.08E-06	0.990718	6.13E-07
0.00089	1.03E-07	0.011751	6.99E-05	0.0870478	4.60E-05	0.967631	9.93E-07	0.990908	6.08E-07
0.001068	1.61E-06	0.011929	7.06E-05	0.0935548	4.46E-05	0.96944	9.13E-07	0.991099	6.03E-07
0.001246	3.36E-06	0.012107	7.13E-05	0.1006045	4.29E-05	0.971106	8.38E-07	0.991289	5.98E-07
0.001424	5.15E-06	0.012285	7.20E-05	0.1082397	4.06E-05	0.972677	7.72E-07	0.991432	5.93E-07
0.001602	6.98E-06	0.012463	7.26E-05	0.1165128	3.73E-05	0.974105	7.15E-07	0.991622	5.88E-07
0.00178	8.86E-06	0.012641	7.33E-05	0.1254665	3.41E-05	0.97539	6.69E-07	0.991813	5.83E-07
0.001958	1.08E-05	0.012819	7.40E-05	0.1351723	3.20E-05	0.976628	6.36E-07	0.992003	5.78E-07
0.002137	1.27E-05	0.012997	7.47E-05	0.1456778	3.04E-05	0.977723	6.20E-07	0.992146	5.73E-07
0.002315	1.47E-05	0.013175	7.54E-05	0.1570592	2.89E-05	0.97877	6.23E-07	0.992336	5.68E-07
0.002493	1.67E-05	0.013353	7.61E-05	0.1693879	2.77E-05	0.979722	6.30E-07	0.992527	5.63E-07
0.002671	1.87E-05	0.013532	7.69E-05	0.1827399	2.66E-05	0.980626	6.48E-07	0.992717	5.58E-07
0.002849	2.07E-05	0.01371	7.76E-05	0.1972011	2.57E-05	0.981436	6.81E-07	0.99286	5.53E-07
0.003027	2.28E-05	0.013888	7.83E-05	0.2128665	2.50E-05	0.982197	7.26E-07	0.99305	5.48E-07
0.003205	2.47E-05	0.014066	7.91E-05	0.2298315	2.38E-05	0.982388	7.44E-07	0.993241	5.43E-07
0.003383	2.67E-05	0.014244	8.00E-05	0.2482054	2.17E-05	0.98253	7.58E-07	0.993431	5.38E-07
0.003561	2.85E-05	0.014422	8.09E-05	0.2681121	1.98E-05	0.982721	7.67E-07	0.993574	5.33E-07
0.003739	3.03E-05	0.0146	8.18E-05	0.2896658	1.85E-05	0.982911	7.74E-07	0.993764	5.28E-07
0.003917	3.19E-05	0.014778	8.26E-05	0.3130188	1.73E-05	0.983102	7.80E-07	0.993955	5.23E-07
0.004095	3.33E-05	0.014956	8.33E-05	0.3383045	1.60E-05	0.983244	7.85E-07	0.994145	5.19E-07
0.004273	3.44E-05	0.015134	8.39E-05	0.3656988	1.46E-05	0.983435	7.88E-07	0.994288	5.14E-07
0.004451	3.53E-05	0.015312	8.45E-05	0.3953637	1.33E-05	0.983625	7.90E-07	0.994478	5.09E-07
0.004629	3.61E-05	0.01549	8.49E-05	0.427499	1.20E-05	0.983816	7.91E-07	0.994669	5.04E-07
0.004807	3.70E-05	0.015668	8.54E-05	0.4623001	1.06E-05	0.983958	7.91E-07	0.994812	5.00E-07
0.004985	3.80E-05	0.015846	8.58E-05	0.5	9.45E-06	0.984149	7.91E-07	0.995002	4.95E-07
0.005163	3.90E-05	0.016024	8.61E-05	0.5376999	8.12E-06	0.984339	7.89E-07	0.995192	4.92E-07
0.005341	3.99E-05	0.016202	8.64E-05	0.5724962	6.99E-06	0.98453	7.87E-07	0.995383	4.89E-07
0.005519	4.09E-05	0.01638	8.67E-05	0.6046268	5.89E-06	0.984673	7.84E-07	0.995526	4.87E-07
0.005697	4.19E-05	0.016558	8.69E-05	0.6342822	4.93E-06	0.984863	7.81E-07	0.995716	4.87E-07
0.005875	4.28E-05	0.016736	8.71E-05	0.6617003	4.05E-06	0.985053	7.76E-07	0.995906	4.84E-07
0.006053	4.38E-05	0.016914	8.72E-05	0.6869764	3.28E-06	0.985196	7.71E-07	0.996097	4.78E-07
0.006231	4.47E-05	0.017093	8.74E-05	0.7103484	2.56E-06	0.985387	7.65E-07	0.99624	4.70E-07
0.006409	4.57E-05	0.017271	8.75E-05	0.7318641	1.96E-06	0.985577	7.58E-07	0.99643	4.60E-07
0.006587	4.66E-05	0.017449	8.76E-05	0.7518088	1.47E-06	0.985767	7.51E-07	0.99662	4.49E-07
0.006766	4.75E-05	0.017627	8.75E-05	0.7701828	1.03E-06	0.98591	7.45E-07	0.996811	4.37E-07
0.006944	4.84E-05	0.017805	8.73E-05	0.7871287	5.67E-07	0.986101	7.39E-07	0.996954	4.25E-07
0.007122	4.93E-05	0.018558	8.67E-05	0.8027894	1.82E-07	0.986291	7.34E-07	0.997144	4.13E-07
0.0073	5.02E-05	0.019375	8.60E-05	0.8172601	1.11E-07	0.986481	7.28E-07	0.997334	4.01E-07
0.007478	5.11E-05	0.020259	8.46E-05	0.8305883	3.42E-07	0.986624	7.23E-07	0.997525	3.88E-07
0.007656	5.20E-05	0.021217	8.21E-05	0.842917	5.29E-07	0.986815	7.18E-07	0.997668	3.76E-07
0.007834	5.28E-05	0.022255	7.86E-05	0.8543412	6.81E-07	0.987005	7.13E-07	0.997858	3.64E-07
0.008012	5.37E-05	0.023379	7.63E-05	0.8648134	8.04E-07	0.987195	7.08E-07	0.998048	3.52E-07
0.00819	5.45E-05	0.024596	7.52E-05	0.874524	9.03E-07	0.987338	7.03E-07	0.998239	3.39E-07
0.008368	5.54E-05	0.025914	7.47E-05	0.883473	9.94E-07	0.987529	6.99E-07	0.998382	3.27E-07
0.008546	5.62E-05	0.027342	7.45E-05	0.8917555	1.08E-06	0.987719	6.94E-07	0.998572	3.16E-07
0.008724	5.70E-05	0.028889	7.45E-05	0.8993717	1.14E-06	0.987909	6.89E-07	0.998762	3.04E-07
0.008902	5.78E-05	0.030564	7.46E-05	0.9064642	1.18E-06	0.988052	6.84E-07	0.998905	2.92E-07
0.00908	5.87E-05	0.032379	7.47E-05	0.9129379	1.22E-06	0.988243	6.80E-07	0.999096	2.81E-07
0.009258	5.94E-05	0.034344	7.45E-05	0.9189356	1.25E-06	0.988433	6.75E-07	0.999286	2.69E-07
0.009436	6.02E-05	0.036472	7.39E-05	0.924505	1.27E-06	0.988623	6.70E-07	0.999476	2.58E-07
0.009614	6.10E-05	0.038778	7.23E-05	0.9296458	1.30E-06	0.988766	6.65E-07	0.999619	2.47E-07
0.009792	6.18E-05	0.041274	6.95E-05	0.9343583	1.34E-06	0.988957	6.61E-07	0.99981	2.34E-07
0.00997	6.26E-05	0.043979	6.74E-05	0.9387376	1.37E-06	0.989147	6.56E-07	1	2.24E-07
0.010149	6.33E-05	0.046908	6.55E-05	0.9427361	1.38E-06	0.989337	6.51E-07		
0.010327	6.41E-05	0.050081	6.37E-05	0.9464966	1.38E-06	0.98948	6.46E-07		
0.010505	6.48E-05	0.053518	6.18E-05	0.9499238	1.36E-06	0.989671	6.41E-07		
0.010683	6.55E-05	0.05724	5.97E-05	0.9530655	1.33E-06	0.989861	6.37E-07		

Tabel A.5. Gaya geser pada ellips L/B =10/1

x'/l'	TAUW	x'/l'	TAUW	x'/l'	TAUW	x'/l'	TAUW	x'/l'	TAUW
0	5.21E-06	0.003377	9.86E-05	0.051009	4.99E-05	0.966335	2.68E-07	0.996949	3.20E-07
5.92E-05	2.38E-06	0.003436	9.91E-05	0.0555124	4.64E-05	0.968944	1.59E-07	0.996998	3.21E-07
0.000118	4.51E-07	0.003496	9.97E-05	0.060439	4.31E-05	0.971355	5.58E-08	0.997047	3.21E-07
0.000178	3.28E-06	0.003555	1.00E-04	0.0658283	4.08E-05	0.973521	4.28E-08	0.997096	3.22E-07
0.000237	6.10E-06	0.003614	1.01E-04	0.0717246	3.89E-05	0.975539	1.31E-07	0.997145	3.23E-07
0.000296	8.92E-06	0.003673	1.01E-04	0.0781819	3.72E-05	0.97736	2.06E-07	0.997244	3.23E-07
0.000355	1.17E-05	0.003733	1.01E-04	0.0852446	3.56E-05	0.979033	2.70E-07	0.997293	3.23E-07
0.000415	1.45E-05	0.003792	1.02E-04	0.0929717	3.41E-05	0.980559	3.21E-07	0.997342	3.23E-07
0.000474	1.73E-05	0.003851	1.02E-04	0.1014322	3.26E-05	0.981937	3.61E-07	0.997391	3.22E-07
0.000533	2.00E-05	0.00391	1.03E-04	0.1106851	3.10E-05	0.983217	3.93E-07	0.997441	3.22E-07
0.000592	2.27E-05	0.00397	1.03E-04	0.1208091	2.94E-05	0.984398	4.17E-07	0.997539	3.21E-07
0.000652	2.54E-05	0.004029	1.03E-04	0.1318929	2.78E-05	0.985481	4.40E-07	0.997588	3.21E-07
0.000711	2.80E-05	0.004088	1.03E-04	0.1440152	2.62E-05	0.986416	4.56E-07	0.997638	3.20E-07
0.00077	3.06E-05	0.004147	1.03E-04	0.1572842	2.48E-05	0.987351	4.57E-07	0.997687	3.18E-07
0.000829	3.32E-05	0.004233	1.04E-04	0.1718033	2.35E-05	0.988139	4.45E-07	0.997736	3.17E-07
0.000889	3.57E-05	0.004327	1.04E-04	0.1876907	2.23E-05	0.988877	4.21E-07	0.997834	3.15E-07
0.000948	3.82E-05	0.004429	1.04E-04	0.2050743	2.12E-05	0.989566	3.88E-07	0.997884	3.13E-07
0.001007	4.07E-05	0.004541	1.04E-04	0.2240969	2.01E-05	0.990206	3.48E-07	0.997933	3.11E-07
0.001066	4.31E-05	0.004664	1.05E-04	0.2449109	1.90E-05	0.990747	3.01E-07	0.997982	3.09E-07
0.001126	4.55E-05	0.004798	1.05E-04	0.2676887	1.80E-05	0.991289	2.51E-07	0.998081	3.07E-07
0.001185	4.78E-05	0.004945	1.05E-04	0.2926125	1.70E-05	0.991731	2.04E-07	0.99813	3.04E-07
0.001244	5.00E-05	0.005106	1.05E-04	0.3198838	1.61E-05	0.992174	1.63E-07	0.998179	3.01E-07
0.001303	5.23E-05	0.005282	1.05E-04	0.3497293	1.52E-05	0.992568	1.23E-07	0.998228	2.98E-07
0.001363	5.44E-05	0.005474	1.05E-04	0.3823851	1.43E-05	0.992913	8.46E-08	0.998277	2.94E-07
0.001422	5.65E-05	0.005685	1.05E-04	0.4181169	1.34E-05	0.993257	4.79E-08	0.998376	2.91E-07
0.001481	5.86E-05	0.005915	1.05E-04	0.4572202	1.25E-05	0.993553	1.29E-08	0.998425	2.87E-07
0.00154	6.06E-05	0.006167	1.06E-04	0.5	1.16E-05	0.993848	2.01E-08	0.998474	2.82E-07
0.0016	6.26E-05	0.006444	1.06E-04	0.54277	1.08E-05	0.994094	5.09E-08	0.998523	2.78E-07
0.001659	6.45E-05	0.006745	1.06E-04	0.5818978	1.00E-05	0.99434	7.96E-08	0.998573	2.73E-07
0.001718	6.63E-05	0.007075	1.06E-04	0.6176297	9.32E-06	0.994537	1.06E-07	0.998671	2.68E-07
0.001777	6.81E-05	0.007437	1.06E-04	0.6502609	8.68E-06	0.994734	1.30E-07	0.99872	2.63E-07
0.001837	6.98E-05	0.007833	1.06E-04	0.6801358	8.09E-06	0.994881	1.52E-07	0.99877	2.57E-07
0.001896	7.15E-05	0.008266	1.07E-04	0.7074023	7.52E-06	0.995078	1.72E-07	0.998819	2.51E-07
0.001955	7.32E-05	0.00874	1.10E-04	0.7323063	6.99E-06	0.995226	1.90E-07	0.998868	2.45E-07
0.002014	7.48E-05	0.009258	1.13E-04	0.755094	6.49E-06	0.995324	2.07E-07	0.998966	2.39E-07
0.002074	7.63E-05	0.009825	1.14E-04	0.775913	6.01E-06	0.995472	2.21E-07	0.999016	2.32E-07
0.002133	7.78E-05	0.010446	1.14E-04	0.7949601	5.55E-06	0.99557	2.34E-07	0.999065	2.25E-07
0.002192	7.92E-05	0.011125	1.13E-04	0.8123339	5.11E-06	0.995669	2.46E-07	0.999114	2.18E-07
0.002251	8.06E-05	0.011868	1.10E-04	0.8282311	4.69E-06	0.995767	2.56E-07	0.999163	2.11E-07
0.002311	8.19E-05	0.012681	1.06E-04	0.8427503	4.31E-06	0.995866	2.64E-07	0.999262	2.03E-07
0.00237	8.32E-05	0.013571	1.01E-04	0.8559898	3.95E-06	0.995915	2.70E-07	0.999311	1.95E-07
0.002429	8.45E-05	0.014545	9.32E-05	0.8680973	3.61E-06	0.995964	2.75E-07	0.99936	1.87E-07
0.002488	8.56E-05	0.01561	8.68E-05	0.8792204	3.27E-06	0.996063	2.80E-07	0.999409	1.79E-07
0.002548	8.68E-05	0.016776	8.33E-05	0.88931	2.95E-06	0.996112	2.85E-07	0.999459	1.70E-07
0.002607	8.79E-05	0.018052	8.06E-05	0.8985629	2.64E-06	0.996161	2.89E-07	0.999557	1.61E-07
0.002666	8.90E-05	0.019448	7.86E-05	0.9070283	2.35E-06	0.99621	2.93E-07	0.999606	1.52E-07
0.002725	9.00E-05	0.020976	7.69E-05	0.9147554	2.09E-06	0.996259	2.97E-07	0.999655	1.43E-07
0.002785	9.09E-05	0.022648	7.54E-05	0.9218427	1.85E-06	0.996358	3.00E-07	0.999705	1.33E-07
0.002844	9.19E-05	0.024477	7.38E-05	0.9282902	1.63E-06	0.996407	3.03E-07	0.999754	1.23E-07
0.002903	9.28E-05	0.026478	7.22E-05	0.9341963	1.43E-06	0.996456	3.06E-07	0.999852	1.14E-07
0.002962	9.36E-05	0.028669	6.99E-05	0.939561	1.26E-06	0.996506	3.08E-07	0.999902	1.03E-07
0.003022	9.44E-05	0.031066	6.61E-05	0.9444827	1.11E-06	0.996555	3.10E-07	0.999951	9.29E-08
0.003081	9.52E-05	0.033688	6.29E-05	0.9490107	9.67E-07	0.996653	3.12E-07	1	8.28E-08
0.00314	9.60E-05	0.036558	6.03E-05	0.9530958	8.12E-07	0.996702	3.14E-07		
0.003199	9.67E-05	0.039698	5.78E-05	0.9568855	6.62E-07	0.996752	3.16E-07		
0.003259	9.73E-05	0.043134	5.53E-05	0.9603307	5.20E-07	0.996801	3.17E-07		
0.003318	9.80E-05	0.046894	5.27E-05	0.9634314	3.88E-07	0.99685	3.19E-07		

Tabel B.1.1. Data Grid Independence Lingkaran fluida viskos

Sudut serang : 0 derajat

Viscous Fluid

No	model	J.elemen	iterasi	V max	Cp max	Press		wall sheer		lift	drag	
						int sb x		int sb y	int sb x			
1	Lingkaran L10	3200	500	0.001	1.0827	atas	-1.21E-03	1.62E-04	3.04E-05	7.89E-06	-3.37E-05	-0.000277
						bawah	-1.24E-03	-1.76E-04	3.07E-05	-7.61E-06		
2		3200	1000	0.001	1.0825	atas	-1.21E-03	1.72E-04	3.04E-05	7.61E-06	-2.8E-05	-0.000281
						bawah	-1.24E-03	-1.70E-04	3.06E-05	-7.66E-06		
3		3200	1500	0.001	1.0816	atas	-1.21E-03	1.72E-04	3.04E-05	7.61E-06	-3.35E-04	-0.000286
						bawah	-1.55E-03	-1.75E-04	3.07E-05	-7.66E-06		
1	Lingkaran L13	25920	500	0.001	1.0503	atas	-6.10E-04	2.16E-04	3.15E-05	1.81E-05	-2.90E-05	-0.000528
						bawah	-6.34E-04	-3.75E-04	3.13E-05	-2.28E-05		
2		25920	1000	0.001	1.0401	atas	-5.10E-04	2.96E-04	3.15E-05	1.81E-05	-2.50E-05	-6.07E-04
						bawah	-5.30E-04	-3.75E-04	3.23E-05	-2.28E-05		
3		25920	1500	0.001	1.0454	atas	-5.66E-04	2.18E-04	3.14E-05	1.83E-05	-1.81E-05	-0.000378
						bawah	-5.85E-04	-2.23E-04	3.16E-05	-1.80E-05		
1	Lingkaran L12	38720	500	0.001	1.03601	atas	-6.09E-04	3.23E-04	3.42E-05	2.21E-05	-2.68E-05	-0.000632
						bawah	-6.35E-04	-3.75E-04	3.23E-05	-2.28E-05		
2		38720	1000	0.001	1.0356	atas	-6.10E-04	3.24E-04	3.42E-05	2.21E-05	-2.48E-05	-6.33E-04
						bawah	-6.34E-04	-3.75E-04	3.23E-05	-2.28E-05		
3		38720	1500	0.001	1.034	atas	-6.17E-04	3.71E-04	3.47E-05	2.11E-05	1.13E-04	-0.000585
						bawah	-5.03E-04	-2.83E-04	3.31E-05	-2.20E-05		
1	Lingkaran L11	51000	500	0.001	1.0326	atas	-7.10E-04	4.54E-04	3.34E-05	2.47E-05	8.53E-05	-0.000745
						bawah	-6.46E-04	-3.61E-04	3.60E-05	-2.55E-06		
2		51000	1000	0.001	1.0326	atas	-7.10E-04	4.12E-04	3.60E-05	2.21E-05	-2.48E-05	-6.56E-04
						bawah	-7.34E-04	-3.15E-04	3.46E-05	-2.28E-05		
3		51000	1500	0.001	1.0307	atas	-6.70E-04	4.28E-04	3.67E-05	2.38E-05	8.64E-05	-0.00075
						bawah	-5.84E-04	-3.92E-04	3.33E-05	-2.33E-05		

**Tabel B.1.2. Data Grid Independence Lingkaran fluida invisid**  
**Inviscid Fluid**

No	model	J.elemen	iterasi	V max	Cp max	Press		lift	drag	
						int sb x				
1	Lingkaran L10	3200	268	0.001	1.0827	atas	-1.21E-03	1.62E-04	-3.40E-05	-3.38E-04
						bawah	-1.24E-03	-1.76E-04		
1	Lingkaran L13	25920	379	0.001	1.0385	atas	-6.10E-04	3.62E-04	-2.19E-06	1.41E-05
						bawah	-6.12E-04	3.76E-04		
1	Lingkaran L12	38720	572	0.001	1.03601	atas	-6.09E-04	3.13E-04	-4.00E-08	1.00E-05
						bawah	-6.09E-04	3.23E-04		
1	Lingkaran L11	51000	974	0.001	1.0373	atas	-7.10E-04	3.54E-04	1.00E-07	0.00E+00
						bawah	-7.09E-04	3.54E-04		

Tabel B.1.3. Data Cp dan kecepatan lingkaran

MODEL = Lingkaran  
 a = 1  
 b = 1  
 JML. ELEMEN = 38720  
 ALIRAN = LAMINAR  
 JML. ITERASI = 572  
 TERM. CRIT = 0.001  
 $\rho$  = 999 kg/m<sup>3</sup>  
 $\mu$  = 0.00113788098  
 $v$  = 1.13902E-06  
 kecepatan = 0.001 m/det

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	NODAL	x'	x'l'	x	y	Viscous Fluid		Inviscid Fluid		0	cotg 0	u/U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
1	0	0	-1	0.00E+00	1.0356	0.18868	1	3.76E-05	0.00	7073895.384	0.00	1	
2	0.02	0.006366385	-0.99981	1.96E-02	1.0375	0.193649	0.996531	0.04141	1.12	51.29160722	0.038985325	0.998480144	
3	0.04	0.012732771	-0.99923	3.93E-02	1.0424	0.205913	0.989919	0.080932	2.25	25.46764115	0.078470558	0.993842372	
4	0.057	0.018144199	-0.99827	5.89E-02	1.0473	0.217486	0.980292	0.120067	3.37	16.97844391	0.117592638	0.986171972	
5	0.074	0.023555626	-0.99692	7.85E-02	1.0502	0.224054	0.967555	0.159331	4.50	12.71172875	0.15685042	0.975397946	
6	0.1	0.031831927	-0.99518	9.80E-02	1.0521	0.228254	0.951726	0.198615	5.63	10.1481547	0.196130238	0.96153293	
7	0.11781	0.037501194	-0.99307	1.18E-01	1.054	0.232379	0.933	0.237536	6.75	8.449907775	0.235048719	0.9447521	
8	0.13744	0.043749801	-0.99057	1.37E-01	1.0569	0.238537	0.911215	0.276504	7.87	7.230038291	0.274015146	0.9249157	
9	0.15708	0.050001592	-0.98769	1.56E-01	1.0708	0.266083	0.886484	0.315338	9.00	6.314185024	0.312847975	0.902126144	
10	0.17671	0.056250199	-0.98443	1.76E-01	0.91605	0.289741	0.858832	0.354045	10.12	5.600446358	0.351554122	0.8764097	
11	0.19635	0.062501989	-0.98079	1.95E-01	8.90E-01	0.331662	0.828289	0.392625	11.25	5.027975228	0.390133187	0.847796096	
12	0.21598	0.068750597	-0.97677	2.14E-01	8.52E-01	0.384708	0.794889	0.431074	12.37	4.558160747	0.428580761	0.816318532	
13	0.23562	0.075002387	-0.97237	2.33E-01	8.15E-01	0.430116	0.758669	0.469383	13.50	4.165306027	0.466890065	0.782013668	
14	0.25525	0.081250995	-0.9676	2.52E-01	7.80E-01	0.469042	0.71975	0.50747	14.62	3.832259837	0.504976197	0.74499904	
15	0.27488	0.087499602	-0.96246	2.71E-01	7.40E-01	0.509902	0.678175	0.545341	15.75	3.545970746	0.542847118	0.705317006	
16	0.29452	0.093751393	-0.95694	2.90E-01	6.84E-01	0.562139	0.633908	0.583066	16.88	3.296544484	0.580571568	0.662936654	
17	0.31415	0.1	-0.95106	3.09E-01	6.53E-01	0.589067	0.58716	0.620508	18.00	3.077801601	0.618012545	0.618060494	
18	0.33379	0.106251791	-0.94481	3.28E-01	6.16E-01	0.619677	0.537902	0.657733	19.12	2.883870103	0.655237557	0.570663744	
19	0.35342	0.112500398	-0.93819	3.46E-01	5.60E-01	0.663325	0.48619	0.694737	20.25	2.710586391	0.692241356	0.520801904	
20	0.37306	0.118752188	-0.93121	3.64E-01	5.10E-01	0.7	0.43216	0.731462	21.38	2.554878347	0.728966216	0.468608256	
21	0.39269	0.125000796	-0.92388	3.83E-01	4.66E-01	0.730753	0.375949	0.767861	22.50	2.414221904	0.765364607	0.414217018	
22	0.41233	0.131252586	-0.91619	4.01E-01	4.00E-01	0.774597	0.317542	0.803984	23.62	2.286221698	0.801488325	0.357616464	
23	0.43196	0.137501194	-0.90814	4.19E-01	3.51E-01	0.805605	0.257006	0.83983	24.75	2.169124435	0.837333244	0.298873038	
24	0.4516	0.143752984	-0.89975	4.36E-01	0.28631	0.844802	0.19456	0.875308	25.87	2.061728328	0.872811406	0.23820025	

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	NODAL	x'	x''/l'	x	y	Viscous Fluid		Inviscid Fluid		0	cotg θ	u/U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
25	0.47123	0.150001592	-0.89101	4.54E-01	0.23231	0.876179	0.130197	0.910464	27.00	1.962647653	0.907967356	0.17559528	
26	0.49087	0.156253382	-0.88192	4.71E-01	0.152155	0.920785	0.063992	0.945295	28.13	1.870856342	0.942798204	0.111131546	
27	0.5105	0.162501989	-0.8725	4.89E-01	0.096	0.950789	-0.003836	0.979725	29.25	1.785662713	0.977228223	0.045025	
28	0.53014	0.168753378	-0.86273	5.06E-01	0.018	0.990959	-0.073354	1.013827	30.38	1.706130036	1.011329713	-0.022787788	
29	0.54977	0.175002387	-0.85264	5.23E-01	-0.044123	1.021823	-0.14427	1.047495	31.50	1.631850535	1.044997666	-0.092020122	
30	0.5694	0.181250995	-0.84222	5.39E-01	-0.106513	1.051909	-0.216575	1.080765	32.62	1.562171923	1.078268003	-0.162661888	
31	0.58904	0.187502785	-0.83147	5.56E-01	-0.181135	1.0868	-0.290188	1.113636	33.75	1.496608024	1.111139306	-0.234630556	
32	0.60867	0.193751393	0.8204	5.72E-01	0.243123	1.114954	-0.364954	1.146077	34.88	1.434792415	1.143580063	0.30777530	
33	0.62831	0.200003183	-0.80902	5.88E-01	-0.324	1.150652	-0.440725	1.17806	36.00	1.376396721	1.175562231	-0.381946558	
34	0.64794	0.206251791	-0.79732	6.04E-01	-0.394611	1.180936	-0.517479	1.209611	37.13	1.321035556	1.207113611	-0.45712327	
35	0.66758	0.212503581	-0.78532	6.19E-01	-0.481145	1.217023	-0.594999	1.240678	38.25	1.268506887	1.238180112	-0.53308999	
36	0.68721	0.218752188	-0.77301	6.34E-01	-0.542131	1.241826	-0.673262	1.271285	39.38	1.21850175	1.268787673	-0.60982216	
37	0.70685	0.225003979	-0.76041	6.49E-01	-0.6313	1.277224	-0.752051	1.301384	40.50	1.170864294	1.298886649	-0.687106528	
38	0.72648	0.231252586	-0.74751	6.64E-01	-0.704161	1.305435	-0.83134	1.330999	41.62	1.125343433	1.32850111	-0.7649152	
39	0.74612	0.237504377	-0.73432	6.79E-01	-0.77321	1.331619	-0.910977	1.360105	42.75	1.081785882	1.35760692	-0.84309655	
40	0.76575	0.243752984	-0.72085	6.93E-01	-0.86135	1.364313	-0.99081	1.38868	43.88	1.040050863	1.386182207	-0.92150111	
41	0.78539	0.250004775	-0.70711	7.07E-01	-0.928131	1.388572	-1.070692	1.416705	45.00	1.000009104	1.414207125	-0.999981792	
42	0.80502	0.256253382	-0.69309	7.21E-01	-1.018	1.420563	-1.15059	1.4442	46.12	0.961488493	1.441702122	-1.078505008	
43	0.82465	0.262501989	-0.6788	7.34E-01	-1.096314	1.447865	-1.230355	1.471144	47.25	0.924388609	1.468646397	-1.15692224	
44	0.84429	0.268753378	-0.66425	7.48E-01	-1.17735	1.475585	-1.309839	1.497519	48.38	0.888616288	1.495020986	-1.23508775	
45	0.86392	0.275002387	-0.64945	7.60E-01	-1.264131	1.504703	-1.388899	1.523307	49.50	0.854085124	1.520808597	-1.31285879	
46	0.88356	0.281254178	-0.63439	7.73E-01	-1.332132	1.527132	-1.467499	1.548524	50.63	0.820671681	1.546026297	-1.390197312	
47	0.90319	0.287502785	-0.61909	7.85E-01	-1.41313	1.553425	-1.545442	1.573138	51.75	0.78832828	1.570640088	-1.466910288	
48	0.92283	0.293754576	-0.60356	7.97E-01	-1.47513	1.573255	-1.622593	1.597133	52.87	0.756988199	1.594635164	-1.542861306	
49	0.94246	0.300003183	-0.58779	8.09E-01	-1.537	1.592796	-1.698913	1.620525	54.00	0.726551494	1.61802709	-1.618011664	
50	0.9621	0.306254974	-0.57179	8.20E-01	-1.61E+00	1.616266	-1.774265	1.643298	55.12	0.696964877	1.640800044	-1.692224784	
51	0.98173	0.312503581	-0.55557	8.31E-01	-1.69E+00	1.641036	-1.848515	1.665438	56.25	0.668178233	1.662939536	-1.7653679	
52	1.0014	0.318764921	-0.53914	8.42E-01	-1.76E+00	1.661626	-1.921534	1.68693	57.37	0.640144449	1.68443232	-1.837312242	
53	1.021	0.325003979	-0.5225	8.53E-01	-1.84E+00	1.685823	-1.993239	1.707777	58.50	0.612803104	1.70527857	-1.907975	
54	1.0406	0.331243037	-0.50566	8.63E-01	-1.904	1.704113	-2.063505	1.727964	59.62	0.586114232	1.725465693	-1.977231858	
55	1.0603	0.337513926	-0.48862	0.8725	-1.9781	1.725717	-2.132252	1.747492	60.75	0.560025039	1.744993405	-2.045001982	
56	1.0799	0.343752984	-0.4714	0.88192	-2.025	1.739253	-2.19932	1.766337	61.87	0.534515893	1.76383904	-2.11112816	
57	1.0995	0.349992042	-0.45399	0.89101	-2.099	1.760398	-2.264673	1.784512	63.00	0.509524743	1.782013558	-2.17557232	
58	1.1192	0.356262932	-0.43641	0.89975	-2.162134	1.778239	-2.32816	1.801994	64.12	0.485035855	1.799495832	-2.238185248	
59	1.1388	0.362501989	-0.41866	0.90814	-2.233131	1.798091	-2.38971	1.818784	65.25	0.461006665	1.816286106	-2.298895218	
60	1.1584	0.368741047	-0.40075	0.91619	-2.295134	1.81525	-2.449216	1.834873	66.37	0.43741049	1.832374893	-2.35759775	
61	1.1781	0.375011937	-0.38268	0.92388	-2.351243	1.83064	-2.506612	1.85026	67.50	0.41420921	1.847761908	-2.41422407	
62	1.1977	0.381250995	-0.36447	0.93121	-2.407136	1.845843	-2.561768	1.864929	68.63	0.391391836	1.862430261	-2.468646476	
63	1.2173	0.387490053	-0.34612	0.93819	-2.454534	1.858638	-2.614623	1.878879	69.75	0.368923041	1.8763805	-2.520803782	
64	1.237	0.393760942	-0.32763	0.94481	-2.504	1.871897	-2.665115	1.892111	70.88	0.346769561	1.889612217	-2.570634332	

NO	Ansys 6.4								S. Goldstein				
	NODAL	x'	x'/l'	x	y	Viscous Fluid		Inviscid Fluid		0	cotg 0	u/U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
65	1.2566	0.4	-0.30902	0.95106	-2.534531	1.880035	-2.713132	1.904609	72.00	0.32492319	1.902111079	-2.618026558	
66	1.2763	0.40627089	-2.90E-01	0.95694	-2.565	1.888121	-2.758644	1.916382	73.13	0.303341346	1.913883509	-2.662950086	
67	1.2959	0.412509947	-0.27144	0.96246	-2.591	1.894993	-2.801527	1.927409	74.25	0.282028664	1.924910727	-2.705281306	
68	1.3155	0.418749005	-2.52E-01	0.9676	-2.62153	1.903032	-2.841755	1.937697	75.38	0.260944739	1.935199008	-2.7449952	
69	1.3352	0.425019895	-0.23345	0.97237	-2.661355	1.913467	-2.879241	1.947236	76.50	0.240083802	1.944737615	-2.78200439	
70	1.3548	0.431258953	-0.21431	0.97677	-2.687	1.920156	-2.913961	1.95603	77.62	0.219407787	1.953531391	-2.816284896	
71	1.3744	0.437498011	-0.19509	0.98079	-2.706	1.925097	-2.945838	1.964069	78.75	0.198912026	1.961570689	-2.847759568	
72	1.3941	0.4437689	-0.1758	0.98443	-2.717135	1.927987	-2.97482	1.97135	79.87	0.178581241	1.968851808	-2.87637744	
73	1.4137	0.450007958	-0.15643	0.98769	-2.736	1.932874	-3.000888	1.977877	81.00	0.158379806	1.975378096	-2.90211862	
74	1.4333	0.456247016	-0.13701	0.99057	-2.747354	1.935808	-3.02397	1.983638	82.13	0.138314351	1.981139329	-2.92491304	
75	1.453	0.462517905	-0.11754	0.99307	-2.751354	1.936841	-3.044044	1.988635	83.25	0.118360457	1.986136298	-2.944737394	
76	1.4726	0.468756963	-0.098017	0.99518	-2.763	1.939845	-3.061089	1.992868	84.38	0.098491261	1.990369481	-2.961570671	
77	1.4922	0.474996021	-0.078459	0.99692	-2.771351	1.941997	-3.075068	1.996333	85.50	0.07870161	1.993834683	-2.975376741	
78	1.5119	0.481266911	-0.058871	0.99827	-2.781342	1.944567	-3.085963	1.99903	86.62	0.058973283	1.996531197	-2.986136821	
79	1.5315	0.487505968	-0.03926	0.99923	-2.791314	1.94713	-3.093758	2.000956	87.75	0.039290292	1.998458058	-2.99383461	
80	1.5511	0.493745026	-0.019634	1.00E+00	-2.79135	1.947139	-3.098439	2.002113	88.87	0.019637785	1.999614469	-2.998458024	
81	1.5708	0.500015916	0	1.00E+00	-2.794	1.947819	-3.1	2.002498	90.00	6.12574E-17	2	-3	
82	1.5904	0.506254974	0.019634	1.00E+00	-2.791341	1.947137	-3.098439	2.002113	91.13	-0.019637785	1.999614469	-2.998458024	
83	1.61	0.512494032	0.03926	9.99E-01	-2.771343	1.941995	-3.093758	2.000956	92.25	-0.039290292	1.998458058	-2.99383461	
84	1.6297	0.518764921	0.058871	9.98E-01	-2.744531	1.935079	-3.085963	1.99903	93.38	-0.058973283	1.996531197	-2.986136821	
85	1.6493	0.525003979	0.078459	9.97E-01	-2.706	1.925097	-3.075068	1.996333	94.50	-0.07870161	1.993834683	-2.975376741	
86	1.6689	0.531243037	0.098017	9.95E-01	-2.66816	1.915244	-3.061089	1.992868	95.62	-0.098491261	1.990369481	-2.961570671	
87	1.6886	0.537513926	0.11754	9.93E-01	-2.633	1.906043	-3.044044	1.988635	96.75	-0.118360457	1.986136298	-2.944737394	
88	1.7082	0.543752984	0.13701	9.91E-01	-2.591	1.894993	-3.02397	1.983638	97.87	-0.138314351	1.981139329	-2.92491304	
89	1.7278	0.549992042	0.15643	9.88E-01	-2.549	1.883879	-3.000888	1.977877	99.00	-0.158379806	1.975378096	-2.90211862	
90	1.7475	0.556262932	0.1758	9.84E-01	-2.511345	1.873858	-2.97482	1.97135	100.13	-0.178581241	1.968851808	-2.87637744	
91	1.7671	0.562501989	0.19509	9.81E-01	-2.46134	1.860468	-2.945838	1.964069	101.25	-0.198912026	1.961570689	-2.847759568	
92	1.7868	0.568772879	0.21431	9.77E-01	-2.404	1.844993	-2.913961	1.95603	102.38	-0.219407787	1.953531391	-2.816284896	
93	1.8064	0.575011937	0.23345	9.72E-01	-2.341314	1.827926	-2.879241	1.947236	103.50	-0.240083802	1.944737615	-2.78200439	
94	1.826	0.581250995	0.25249	9.68E-01	-2.275434	1.809816	-2.841755	1.937697	104.62	-0.260944739	1.935199008	-2.7449952	
95	1.8457	0.587521884	0.27144	9.62E-01	-2.218314	1.793966	-2.801527	1.927409	105.75	-0.282028664	1.924910727	-2.705281306	
96	1.8653	0.593760942	0.29028	9.57E-01	-2.164343	1.77886	-2.758644	1.916382	106.87	-0.303341346	1.913883509	-2.662950086	
97	1.8849	0.6	0.30902	9.51E-01	-2.113413	1.764487	-2.713132	1.904609	108.00	-0.32492319	1.902111079	-2.618026558	
98	1.9046	0.60627089	0.32763	9.45E-01	-2.062341	1.749955	-2.665115	1.892111	109.12	-0.346769561	1.889612217	-2.570634332	
99	1.9242	0.612509947	0.34612	9.38E-01	-2.007	1.73407	-2.614623	1.878879	110.25	-0.368923041	1.8763805	-2.520803782	
100	1.9438	0.618749005	0.36447	9.31E-01	-1.954314	1.718812	-2.561768	1.864929	111.37	-0.391391836	1.862430261	-2.468646476	
101	1.9635	0.625019895	0.38268	9.24E-01	-1.91334	1.706851	-2.506612	1.85026	112.50	-0.41420921	1.847761908	-2.41422407	
102	1.9831	0.631258953	0.40075	9.16E-01	-1.861313	1.691542	-2.449216	1.834873	113.63	-0.43741049	1.832374893	-2.35759775	
103	2.0027	0.637498011	0.41866	9.08E-01	-1.791345	1.670732	-2.38971	1.818784	114.75	-0.461006665	1.816286106	-2.298895218	
104	2.0224	0.6437689	0.43641	9.00E-01	-1.721313	1.64964	-2.32816	1.801994	115.88	-0.485035855	1.799495832	-2.238185248	

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	NODAL	x'	x'/l'	x	y	Viscous Fluid		Inviscid Fluid		0	cotg 0	u/U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
105	2.042	0.650007958	0.45399	8.91E-01	-1.644	1.626038	-2.264673	1.784512	117.00	-0.509524743	1.782013558	-2.17557232	
106	2.0616	0.656247016	0.4714	8.82E-01	-1.563134	1.600979	-2.19932	1.766337	118.13	-0.534515893	1.76383904	-2.11112816	
107	2.0813	0.662517905	0.48862	8.73E-01	-1.499	1.580823	-2.132252	1.747492	119.25	-0.560025039	1.744993405	-2.045001982	
108	2.1009	0.668756963	0.50566	8.63E-01	-1.4313	1.559263	-2.063505	1.727964	120.38	-0.586114232	1.725465693	-1.977231858	
109	2.1205	0.674996021	0.5225	8.53E-01	-1.373134	1.540498	-1.993239	1.707777	121.50	-0.612803104	1.70527857	-1.907975	
110	2.1402	0.681266911	0.53914	8.42E-01	-1.316	1.521841	-1.921534	1.686893	122.63	-0.640144449	1.68443232	-1.837312242	
111	2.1598	0.687505968	0.55557	8.31E-01	-1.25131	1.500437	-1.848515	1.665438	123.75	-0.668178233	1.662939536	-1.7653679	
112	2.1794	0.693745026	0.57179	8.20E-01	-1.193434	1.481025	-1.774265	1.643298	124.88	-0.696964877	1.640800044	-1.692224784	
113	2.1991	0.700015916	0.58779	8.09E-01	-1.123143	1.457101	-1.698913	1.620525	126.00	-0.726551494	1.61802709	-1.618011664	
114	2.2187	0.706254974	0.60356	7.97E-01	-1.073145	1.439842	-1.622593	1.597133	127.13	-0.756988199	1.594635164	-1.542861306	
115	2.2383	0.712494032	0.61909	7.85E-01	-1.033	1.425833	-1.545442	1.573138	128.25	-0.78832828	1.570640088	-1.466910288	
116	2.258	0.718764921	0.63439	7.73E-01	-1.00531	1.41609	-1.467499	1.548524	129.37	-0.820671681	1.546026297	-1.390197312	
117	2.2776	0.725003979	0.64945	7.60E-01	-0.976	1.405703	-1.388899	1.523307	130.50	-0.854085124	1.520808597	-1.31285879	
118	2.2973	0.731274869	0.66425	7.48E-01	-0.949	1.396066	-1.309839	1.497519	131.62	-0.888616288	1.495020986	-1.23508775	
119	2.3169	0.737513926	0.6788	7.34E-01	-0.93	1.389244	-1.230355	1.471144	132.75	-0.924388609	1.468646397	-1.15692224	
120	2.3365	0.743752984	0.69309	7.21E-01	-0.907	1.380942	-1.15059	1.44442	133.88	-0.961488493	1.441702122	-1.078505008	
121	2.3562	0.750023874	0.70711	7.07E-01	-0.887434	1.373839	-1.070692	1.416705	135.00	-1.000009104	1.414207125	-0.999981792	
122	2.3758	0.756262932	0.72085	6.93E-01	-0.869	1.367114	-0.99081	1.38868	136.12	-1.040050863	1.386182207	-0.92150111	
123	2.3954	0.762501989	0.73432	6.79E-01	-0.84854	1.35961	-0.910977	1.360105	137.25	-1.081785882	1.35760692	-0.84309655	
124	2.4151	0.768772879	0.74751	6.64E-01	-0.829634	1.35264	-0.83134	1.330999	138.38	-1.125343433	1.32850111	-0.7649152	
125	2.4347	0.775011937	0.76041	6.49E-01	-0.809434	1.345152	-0.752051	1.301384	139.50	-1.170864294	1.298886649	-0.687106528	
126	2.4543	0.781250995	0.77301	6.34E-01	-0.785	1.336039	-0.673262	1.271285	140.62	-1.21850175	1.268787673	-0.60982216	
127	2.474	0.787521884	0.78532	6.19E-01	-0.774343	1.332045	-0.594999	1.240678	141.75	-1.268506887	1.238180112	-0.53308999	
128	2.4936	0.793760942	0.79732	6.04E-01	-0.747	1.321741	-0.517479	1.209611	142.87	-1.321035556	1.207113611	-0.45712327	
129	2.5132	0.80627089	0.80902	5.88E-01	-0.731453	1.315847	-0.440725	1.17806	144.00	-1.376396721	1.175562231	-0.381946558	
130	2.5329	0.80627089	0.8204	5.72E-01	-0.711343	1.308183	-0.364954	1.146077	145.12	-1.434792415	1.143580063	-0.30777536	
131	2.5525	0.812509947	0.83147	5.56E-01	-0.672453	1.293234	-0.290188	1.113636	146.25	-1.496608024	1.111139306	-0.234630556	
132	2.5721	0.818749005	0.84222	5.39E-01	-0.672343	1.293191	-0.216575	1.080765	147.38	-1.562171923	1.078268003	-0.162661886	
133	2.5918	0.825019895	0.85264	5.23E-01	-0.662433	1.289354	-0.14427	1.047495	148.50	-1.631850535	1.044997666	-0.092020122	
134	2.6114	0.831258953	0.86273	5.06E-01	-0.644	1.282186	-0.073354	1.013827	149.62	-1.706130036	1.011329713	-0.022787788	
135	2.631	0.837498011	0.8725	4.89E-01	-0.632	1.277498	-0.003836	0.979725	150.75	-1.785662713	0.977228223	0.045025	
136	2.6507	0.8437689	0.88192	4.71E-01	-0.617	1.271613	0.063992	0.945295	151.87	-1.870856342	0.942798204	0.111131546	
137	2.6703	0.850007958	0.89101	4.54E-01	-0.598	1.26412	0.130197	0.910464	153.00	-1.962647653	0.907967356	0.17559528	
138	2.6899	0.856247016	0.89975	4.36E-01	-0.586	1.259365	0.19456	0.875308	154.13	-2.061728328	0.872811406	0.23820025	
139	2.7096	0.862517905	0.90814	4.19E-01	-0.579	1.256583	0.257006	0.83983	155.25	-2.169124435	0.837333244	0.298873038	
140	2.7292	0.868756963	0.91619	4.01E-01	-0.565468	1.251187	0.317542	0.803984	156.38	-2.286221698	0.801488325	0.357616464	
141	2.7488	0.874996021	0.92388	3.83E-01	-0.565464	1.251185	0.375949	0.767861	157.50	-2.414221904	0.765364607	0.414217018	
142	2.7685	0.881266911	0.93121	3.64E-01	-0.565378	1.251151	0.43216	0.731462	158.62	-2.554878347	0.728966216	0.468608256	
143	2.7881	0.887505968	0.93819	3.46E-01	-0.568154	1.25226	0.48619	0.694737	159.75	-2.710586391	0.692241356	0.520801904	
144	2.8078	0.893776858	0.94481	3.28E-01	-0.57202	1.253802	0.537902	0.657733	160.88	-2.883870103	0.655237557	0.570663744	

NO NODAL	Ansys 5.4								S. Goldstein			
	x'	x'/l'	x	y	Viscous Fluid		Inviscid Fluid		0	cotg θ	u/U	Cp
					Cp	u / U	Cp	u/U				
145	2.8274	0.900015916	0.95106	3.09E-01	-0.57585	1.255329	0.58716	0.620508	162.00	-3.077801601	0.618012545	0.618060494
146	2.847	0.906254974	0.95694	2.90E-01	-0.57958	1.256813	0.633908	0.583066	163.12	-3.296544484	0.580571568	0.662936654
147	2.8667	0.912525863	0.96246	2.71E-01	-0.5832	1.258253	0.678175	0.545341	164.25	-3.545970746	0.542847118	0.705317006
148	2.8863	0.918764921	0.9676	2.52E-01	-0.58667	1.259631	0.71975	0.50747	165.38	-3.832259837	0.504976197	0.74499904
149	2.9059	0.925003979	0.97237	2.33E-01	-0.58997	1.26094	0.758669	0.469383	166.50	-4.165306027	0.466890065	0.782013668
150	2.9256	0.931274869	0.97677	2.14E-01	-0.59308	1.262173	0.794889	0.431074	167.63	-4.558160747	0.428580761	0.816318532
151	2.9452	0.937513926	0.98079	1.95E-01	-0.59598	1.263321	0.828289	0.392625	168.75	-5.027975228	0.390133187	0.847796096
152	2.9648	0.943752984	0.98443	1.76E-01	-0.59866	1.264381	0.858832	0.354045	169.88	-5.600446358	0.351554122	0.8764097
153	2.9845	0.950023874	0.98769	1.56E-01	-0.60109	1.265342	0.886484	0.315338	171.00	-6.314185024	0.312847975	0.902126144
154	3.0041	0.956262932	0.99057	1.37E-01	-0.60325	1.266195	0.911215	0.276504	172.13	-7.230038291	0.274015146	0.9249157
155	3.0237	0.962501989	0.99307	1.18E-01	-0.60516	1.266949	0.933	0.237536	173.25	-8.449907775	0.235048719	0.9447521
156	3.0434	0.968772879	0.99518	9.80E-02	-0.60684	1.267612	0.951726	0.198615	174.37	-10.1481547	0.196130238	0.96153293
157	3.063	0.975011937	0.99692	7.85E-02	-0.60828	1.26818	0.967555	0.159331	175.50	-12.71172875	0.15685042	0.975397946
158	3.0826	0.981250995	0.99827	5.89E-02	-0.6095	1.268661	0.980292	0.120067	176.63	-16.97844391	0.117592638	0.986171972
159	3.1023	0.987521884	0.99923	3.93E-02	-0.61046	1.269039	0.989919	0.080932	177.75	-25.46764115	0.078470558	0.993842372
160	3.1219	0.993760942	0.99981	1.96E-02	-0.61127	1.269358	0.996531	0.04141	178.88	-51.29160722	0.038985325	0.998480144
161	3.1415	1	1	0.00E+00	-0.61184	1.269583	1	0	180.00	-8.16228E+15	2.4503E-16	1

abel B.2.1. Data Grid Independence ellips 1 fluida viskos

Sudut serang : 0 derajat

No	model	J.elemen	iterasi	termination criteria	V max	Cp max	Press		wall shear		lift	drag	
							int sb x		int sb y	int sb x			
1	Ellips 1 (L/B=2/1)	8320	3000	0.001	0.001	0.97403	atas	-3.29E-04	8.47E-05	3.97E-05	1.61E-05	1.30E-06	-9.03E-05
							bawah	-3.28E-04	-8.48E-05	3.95E-05	-1.62E-05		
2	Ellips 1 (L/B=2/1)	27520	835	0.001	0.001	1.0019	atas	-3.15E-04	1.01E-04	3.26E-05	1.88E-05	1.54E-05	-0.000132
							bawah	-3.00E-04	-9.59E-05	3.26E-05	-1.89E-05		
3	Ellips 1 (L/B=2/1)	41600	425	0.001	0.001	1.013	atas	-2.59E-04	9.31E-05	3.06E-05	1.74E-05	1.51E-05	-0.000125
							bawah	-2.43E-04	-9.30E-05	3.03E-05	-1.74E-05		
4	Ellips 1 (L/B=2/1)	54400	507	0.001	0.001	1.0126	atas	-2.93E-04	9.88E-05	3.13E-05	1.88E-05	1.52E-05	-1.32E-04
							bawah	-2.78E-04	-9.57E-05	3.14E-05	-1.88E-05		

abel B.2.2. Data Grid Independence ellips 1 fluida invisid

Sudut serang : 0 derajat

No	model	J.elemen	iterasi	termination criteria	V max	Cp max	Press		lift	drag	
							int sb x				
1	Ellips 1 (L/B=2/1)	8320	253	0.001	0.001	0.97403	atas	-3.49E-04	8.47E-05	2.13E-05	-1.70E-04
							bawah	-3.28E-04	-8.48E-05		
2	Ellips 1 (L/B=2/1)	27520	354	0.001	0.001	1.0019	atas	-3.15E-04	-7.09E-05	1.55E-05	-2.50E-05
							bawah	-3.00E-04	-9.59E-05		
3	Ellips 1 (L/B=2/1)	41600	684	0.001	0.001	1.013	atas	-2.59E-04	-9.90E-05	1.52E-05	6.00E-06
							bawah	-2.43E-04	-9.30E-05		
4	Ellips 1 (L/B=2/1)	54400	891	0.001	0.001	1.0126	atas	-2.91E-04	-9.47E-05	1.42E-05	-1.00E-06
							bawah	-2.77E-04	-9.57E-05		

Tabel B.2.3. Data Cp dan kecepatan ellips 1

MODEL = Ellips 1 (L/b=2/1)  
 a = 1  
 b = 0.5  
 JML. ELEMEN = 41600  
 ALIRAN = LAMINAR  
 JML. ITERASI = 425  
 TERM. CRIT = 0.001  
 $\rho$  = 999 kg/m<sup>3</sup>  
 $\mu$  = 0.00113788098  
 $v$  = 1.13902E-06  
 kecepatan = 0.001 m/det

No	Ansys 6.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
1	0	0		-1	0.00E+00	1.013	0.1140175	1.0021	0.0458258	0.00	23726566.5	1.26441E-07	1
2	0.001791	0.000739502	-0.99999	1.79E-03		1.0126	0.1122497	0.9993728	0.025044	0.26	223.6051207	0.013415972	0.999820012
3	0.003582	0.001479004	-0.99997	3.58E-03		1.01E+00	0.1095445	0.9986855	0.0362558	0.44	129.0965401	0.023235635	0.999460105
4	0.005373	0.002218506	-0.99992	5.37E-03		9.99E-01	0.0379375	0.9998256	0.0132048	0.72	79.05219801	0.037937469	0.998560748
5	0.007164	0.002958008	-0.99987	7.16E-03		9.98E-01	0.0483531	0.9992744	0.0269374	0.92	62.01132044	0.048353122	0.997661976
6	0.008955	0.00369751	-0.99979	8.95E-03		9.96E-01	0.0614398	0.982744	0.0415399	1.17	48.7873181	0.061439786	0.996225153
7	0.010746	0.004437012	-0.9997	1.07E-02		9.95E-01	0.0734131	0.9970598	0.0542235	1.40	40.81564289	0.073413148	0.99461051
8	0.012537	0.005176514	-0.9996	1.25E-02		0.9928187	0.0847427	0.9956468	0.0659787	1.62	35.34473157	0.084742718	0.992818672
9	0.014328	0.005916016	-0.99948	1.43E-02		0.9906715	0.096584	0.993896	0.078128	1.85	30.99658895	0.096584	0.990671531
10	0.016119	0.006655518	-0.99935	1.61E-02		0.9883492	0.1079388	0.9919542	0.0896984	2.07	27.72148716	0.107938752	0.988349226
11	0.01791	0.00739502	-0.9992	1.79E-02		0.9856745	0.1196892	0.9896737	0.1016184	2.29	24.9849975	0.119689202	0.985674495
12	0.019701	0.008134522	-0.99904	1.97E-02		0.9828272	0.1310452	0.9872079	0.1131022	2.51	22.80533827	0.131045174	0.982827162
13	0.021492	0.008874025	-0.99887	2.15E-02		0.9798083	0.1420975	0.9845609	0.1242541	2.72	21.0173266	0.142097451	0.979808314
14	0.023283	0.009613527	-0.99868	2.32E-02		0.9764421	0.1534857	0.9815785	0.1357257	2.94	19.44320045	0.15348571	0.976442137
15	0.025074	0.010353029	-0.99848	2.50E-02		0.9729077	0.1645974	0.9784192	0.146904	3.16	18.11622363	0.164597425	0.972907688
16	0.026865	0.011092531	-0.99827	2.68E-02		0.9692063	0.1754813	0.9750859	0.1578419	3.37	16.97844391	0.175481343	0.969206298
17	0.028656	0.011832033	-0.99804	2.86E-02		0.9651638	0.1866445	0.9714218	0.169051	3.59	15.94842582	0.186644459	0.965163846
18	0.030447	0.012571535	-0.99781	3.03E-02		0.9611333	0.1971464	0.9677478	0.1795888	3.79	15.08511771	0.197146357	0.961133314
19	0.032238	0.013311037	-0.99756	3.21E-02		0.9567658	0.2079285	0.9637472	0.1904017	4.00	14.28874866	0.20792845	0.956765759
20	0.034029	0.014050539	-0.9973	3.39E-02		0.9522383	0.2185445	0.9595818	0.2010428	4.21	13.58070407	0.218544492	0.952238305
21	0.03582	0.014790041	-0.99703	3.57E-02		0.9475526	0.2290139	0.955254	0.2115324	4.42	12.94606273	0.229013946	0.947552613
22	0.037611	0.015529543	-0.99675	3.74E-02		0.9427104	0.2393525	0.9507661	0.2218871	4.62	12.3732195	0.239352471	0.942710394
23	0.039402	0.016269045	-0.99647	3.92E-02		0.9378854	0.249228	0.9462804	0.2317749	4.82	11.86985684	0.249227982	0.937885413
24	0.041193	0.017008547	-0.99617	4.10E-02		0.9327348	0.2593553	0.9414786	0.241912	5.02	11.39292686	0.259355328	0.932734814
25	0.042984	0.017748049	-0.99586	4.27E-02		0.9274331	0.2693825	0.9365231	0.2519462	5.22	10.95552214	0.269382466	0.927433087
26	0.044775	0.018487551	-0.99554	4.45E-02		0.9219821	0.2793168	0.9314162	0.2618852	5.41	10.55263863	0.279316797	0.921982127
27	0.046566	0.019227053	-0.99522	4.63E-02		0.9165532	0.2888716	0.926319	0.2714424	5.60	10.19083458	0.288871648	0.916553171
28	0.048357	0.019966555	-0.99489	4.80E-02		0.9109775	0.2983664	0.9210739	0.2809378	5.79	9.853831666	0.298366442	0.910977466
29	0.050148	0.020706057	-0.99454	4.98E-02		0.9050891	0.3080761	0.9155247	0.2906463	5.99	9.530255817	0.308076131	0.905089097
30	0.051939	0.021445559	-0.9942	5.15E-02		0.8993937	0.317185	0.9101484	0.2997526	6.17	9.24432927	0.317184953	0.899393706

No	Ansys 5.4									S. Goldstein			
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip		Slip		θ	cotg θ	u / U	Cp
		Cp	u / U	Cp	u/U								
31	0.05373	0.022185061	-0.99384	5.33E-02	0.8933897	0.3265123	0.9044721	0.3090758	6.36	8.967697784	0.326512341	0.893389691	
32	0.055521	0.022924563	-0.99348	5.50E-02	0.8874127	0.3355404	0.8988133	0.3180986	6.55	8.714237444	0.335540382	0.887412652	
33	0.057312	0.023664065	-0.99311	5.68E-02	0.8812975	0.3445323	0.8930161	0.3270839	6.73	8.474656614	0.344532285	0.881297505	
34	0.059103	0.024403567	-0.99273	5.85E-02	0.8750463	0.3534878	0.8870826	0.3360318	6.91	8.247830199	0.353487847	0.875046342	
35	0.060894	0.025143069	-0.99235	6.03E-02	0.8688246	0.3621814	0.8811703	0.3447169	7.09	8.038061772	0.362181416	0.868824622	
36	0.062685	0.025882572	-0.99196	6.20E-02	0.8624696	0.370851	0.8751248	0.3533769	7.27	7.838371246	0.370850952	0.862469572	
37	0.064476	0.026622074	-0.99157	6.38E-02	0.8561451	0.3792821	0.8691023	0.3617979	7.44	7.652649164	0.37928209	0.856145096	
38	0.066267	0.027361576	-0.99117	6.55E-02	0.84969	0.3876984	0.8629497	0.370203	7.62	7.47504182	0.387698354	0.849689986	
39	0.068058	0.028101078	-0.99077	6.73E-02	0.8432666	0.3958957	0.8568219	0.3783888	7.79	7.309058765	0.395895724	0.843266575	
40	0.069849	0.02884058	-0.99036	6.90E-02	0.8367152	0.4040851	0.850567	0.3865657	7.96	7.149715432	0.404085096	0.836715235	
41	0.07164	0.029580082	-0.98995	7.08E-02	0.8301967	0.4120719	0.8443385	0.3945396	8.13	7.000179025	0.412071948	0.830196709	
42	0.073431	0.030319584	-0.98952	7.25E-02	0.8233952	0.4202437	0.8378348	0.4026974	8.30	6.852827195	0.420243746	0.823395194	
43	0.075222	0.031059086	-0.98907	7.42E-02	0.8163154	0.4285844	0.8310601	0.411023	8.48	6.707982403	0.428584427	0.816315389	
44	0.077013	0.031798588	-0.9886	7.60E-02	0.8089621	0.4370788	0.8240187	0.4195012	8.66	6.565903007	0.437078772	0.808962147	
45	0.078804	0.03253809	-0.98881	7.77E-02	0.8013405	0.4457124	0.8271605	0.4157397	8.85	6.628284776	0.433309986	0.812242456	
46	0.080595	0.033277592	-0.9876	7.94E-02	0.7934555	0.4544717	0.8091546	0.4368586	9.03	6.290798067	0.454471696	0.793455478	
47	0.082386	0.034017094	-0.98706	8.11E-02	0.7851593	0.4635091	0.8011944	0.4458762	9.23	6.155607556	0.463509112	0.785159303	
48	0.084177	0.034756596	-0.98651	8.28E-02	0.7767646	0.4724779	0.7931347	0.4548244	9.42	6.026291556	0.472477915	0.776764619	
49	0.085968	0.035496098	-0.98594	8.45E-02	0.7681228	0.4815363	0.7848328	0.4638612	9.62	5.900309111	0.481536293	0.768122798	
50	0.087759	0.0362356	-0.98535	8.62E-02	0.7592394	0.4906736	0.7762939	0.4729758	9.82	5.777675795	0.49067358	0.759239438	
51	0.08955	0.036975102	-0.98475	8.79E-02	0.7502692	0.4997307	0.7676667	0.4820096	10.02	5.660283221	0.499730731	0.750269197	
52	0.091341	0.037714604	-0.98412	8.96E-02	0.7409188	0.5090002	0.7586693	0.4912542	10.22	5.5441994	0.509000174	0.740918823	
53	0.093132	0.038454106	-0.98348	9.12E-02	0.731491	0.5181786	0.7495927	0.5004072	10.43	5.433086234	0.518178568	0.731490972	
54	0.094923	0.039193608	-0.98282	9.29E-02	0.7218425	0.5274063	0.7402992	0.5096085	10.64	5.32501408	0.527406347	0.721842545	
55	0.096714	0.03993311	-0.98214	9.46E-02	0.7119795	0.5366754	0.7307946	0.51885	10.84	5.219939974	0.536675435	0.711979478	
56	0.098505	0.040672612	-0.98144	9.62E-02	0.7019078	0.5459782	0.7210847	0.5281243	11.06	5.11781173	0.545978242	0.70190776	
57	0.1003	0.041413766	-0.98073	9.79E-02	0.6917755	0.5551797	0.7113123	0.5372966	11.27	5.019910374	0.555179659	0.691775546	
58	0.10209	0.042152855	-0.98	9.95E-02	0.6814444	0.5644073	0.7013442	0.5464941	11.48	4.924685295	0.564407296	0.681444405	
59	0.10388	0.042891944	-0.97926	1.01E-01	0.6710601	0.5735328	0.6913209	0.555589	11.69	4.833282893	0.573532799	0.671060128	
60	0.10567	0.043631033	-0.97852	1.03E-01	0.6607637	0.5824399	0.6813789	0.5644653	11.90	4.74659684	0.582439934	0.660763724	
61	0.10746	0.044370123	-0.97778	1.04E-01	0.6505541	0.5911395	0.6715175	0.573134	12.10	4.664231869	0.591139501	0.65055409	
62	0.10925	0.045109212	-0.97703	1.06E-01	0.6402939	0.599755	0.6616041	0.5817181	12.30	4.584803972	0.599755021	0.640293915	
63	0.11104	0.045848301	-0.97627	1.08E-01	0.6299856	0.6082881	0.6516413	0.5920192	12.51	4.508145619	0.608288099	0.629985588	
64	0.11283	0.04658739	-0.97551	1.09E-01	0.6197654	0.6166317	0.6417609	0.5985308	12.71	4.435041796	0.616631682	0.619765369	
65	0.11462	0.047326479	-0.97475	1.11E-01	0.6096321	0.6247943	0.631962	0.6066613	12.90	4.365223569	0.624794253	0.609632141	
66	0.11642	0.048069697	-0.97398	1.13E-01	0.5994532	0.6328877	0.6221166	0.6147222	13.10	4.29759038	0.632887688	0.599453175	
67	0.11821	0.048808786	-0.97321	1.14E-01	0.5893613	0.640811	0.6123531	0.622613	13.29	4.232856564	0.640811004	0.589361257	
9	0.12	0.049547876	-0.97243	1.16E-01	0.5792259	0.648671	0.6025454	0.63044	13.49	4.17002987	0.648671027	0.579225899	
10	0.12179	0.050286965	-0.97165	1.17E-01	0.5691776	0.6563706	0.59282	0.6381066	13.68	4.109778462	0.656370622	0.569177607	
11	0.12358	0.051026054	-0.97086	1.19E-01	0.559E-01	0.664012	0.5830528	0.6457145	13.87	4.051202453	0.664011969	0.559088105	
12	0.12537	0.051765143	-0.97006	1.21E-01	0.549E-01	0.6715954	0.5732461	0.653264	14.06	3.994229109	0.671595422	0.548959589	
13	0.12716	0.052504232	-0.96926	1.22E-01	0.539E-01	0.6790293	0.5635231	0.660664	14.24	3.939461215	0.67902932	0.538919183	
14	0.12895	0.053243321	-0.96846	1.24E-01	0.529E-01	0.6863193	0.5538827	0.6679202	14.43	3.886758404	0.686319349	0.528965751	
15	0.13074	0.053982411	-0.96764	1.25E-01	0.519E-01	0.6936479	0.5440861	0.675214	14.62	3.834747164	0.693647907	0.518852581	
16	0.13253	0.0547215	-0.96682	1.27E-01	0.509E-01	0.7008363	0.5343743	0.6823677	14.80	3.78464481	0.700836332	0.508828436	

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
		Cp	u / U	Cp	u/U								
17	0.13433	0.055464718	-0.966	1.29E-01	4.99E-01	0.7078897	0.5247464	0.6893084	14.98	3.736335886	0.70788971	0.498892158	
18	0.13612	0.056203807	-0.96517	1.30E-01	4.89E-01	0.7148965	0.5150854	0.6963581	15.17	3.68915595	0.714896482	0.488923021	
19	0.13791	0.056942896	-0.96433	1.32E-01	4.79E-01	0.7218566	0.5053933	0.7032828	15.35	3.643064818	0.721856597	0.478923053	
20	0.1397	0.057681985	-0.96348	1.33E-01	4.69E-01	0.72877	0.4956723	0.7101603	15.53	3.598024188	0.728770019	0.46889426	
21	0.14149	0.058421074	-0.96263	1.35E-01	4.59E-01	0.7355576	0.486037	0.7169121	15.71	3.554500885	0.735557597	0.458955022	
22	0.14328	0.059160164	-0.96176	1.36E-01	4.49E-01	0.742379	0.4762628	0.7236969	15.90	3.511436598	0.742378996	0.448873426	
23	0.14507	0.059899253	-0.9609	1.38E-01	4.39E-01	0.749001	0.466687	0.7302828	16.08	3.470260616	0.749001013	0.438997482	
24	0.14686	0.060638342	-0.96002	1.40E-01	0.428983	0.7556567	0.4569762	0.7369015	16.26	3.429482842	0.755656657	0.428983016	
25	0.14865	0.061377431	-0.95913	1.41E-01	0.4189473	0.7622682	0.4472438	0.7434757	16.44	3.389561584	0.76226815	0.418947267	
26	0.15044	0.06211652	-0.95824	1.43E-01	0.4090033	0.7687631	0.4375998	0.7499335	16.62	3.350897103	0.768763098	0.409003299	
27	0.15224	0.062859738	-0.95734	1.44E-01	0.3990397	0.7752163	0.4279361	0.7563491	16.80	3.313009216	0.775216313	0.399039668	
28	0.15403	0.063598827	-0.95643	1.46E-01	0.3931222	0.7790236	0.4182544	0.7627225	16.98	3.275874483	0.781627674	0.38905818	
29	0.15582	0.064337917	-0.95551	1.47E-01	0.3871886	0.7828227	0.4085565	0.7690536	17.16	3.239470378	0.787997073	0.379060613	
30	0.15761	0.065077006	-0.95459	1.49E-01	0.3813479	0.7865444	0.3989481	0.7752753	17.33	3.204153351	0.794256965	0.369155873	
31	0.1594	0.065816095	-0.95365	1.50E-01	0.3753864	0.790325	0.3892222	0.7815228	17.51	3.169135169	0.800543338	0.359130364	
32	0.16119	0.066555184	-0.95271	1.52E-01	0.3695191	0.7940283	0.3795872	0.7876629	17.69	3.135141823	0.806722319	0.3491991	
33	0.16298	0.067294273	-0.95176	1.53E-01	0.3636406	0.7977214	0.3699409	0.7937626	17.87	3.101777151	0.81286124	0.339256604	
34	0.16477	0.068033362	-0.95079	1.55E-01	0.3576494	0.8014678	0.360185	0.7998844	18.05	3.068687487	0.81902298	0.329201358	
35	0.16656	0.068772451	-0.94982	1.56E-01	0.3517543	0.8051371	0.350522	0.805902	18.23	3.036538006	0.825080416	0.319242308	
36	0.16835	0.069511541	-0.94984	1.58E-01	0.3458529	0.8087936	0.3408526	0.8118789	18.41	3.004966429	0.831097532	0.309276892	
37	0.17015	0.070254759	-0.94786	1.59E-01	0.3400469	0.812375	0.3312756	0.8177557	18.58	2.974266046	0.837014393	0.299406906	
38	0.17194	0.070993848	-0.94687	1.61E-01	0.3342357	0.8159438	0.3216934	0.8235937	18.76	2.944096035	0.842892801	0.289531726	
39	0.17373	0.071732937	-0.94587	1.62E-01	0.3284209	0.8194993	0.3121075	0.8293929	18.94	2.914442735	0.848732657	0.279652877	
40	0.17552	0.072472026	-0.94487	1.64E-01	0.3227012	0.8229816	0.3026138	0.8350965	19.11	2.885577715	0.854476907	0.269869216	
41	0.17731	0.073211115	-0.94385	1.65E-01	0.3168825	0.8265092	0.293024	0.8408187	19.29	2.856911093	0.860240348	0.259986543	
42	0.1791	0.073950204	-0.94284	1.67E-01	0.3112556	0.8299063	0.2836201	0.8463923	19.47	2.829263332	0.865854739	0.250295571	
43	0.18289	0.075515091	-0.94067	1.70E-01	0.2948112	0.8397552	0.2637195	0.8580679	19.84	2.772198175	0.877617671	0.229787224	
44	0.18685	0.077150171	-0.93836	1.73E-01	0.277501	0.8499994	0.242979	0.8700695	20.22	2.714694431	0.889711725	0.208413046	
45	0.19101	0.078867831	-0.93591	1.77E-01	0.2593945	0.8605844	0.2214664	0.8823455	20.62	2.657029463	0.902085098	0.186242476	
46	0.19537	0.080668071	-0.9333	1.80E-01	0.2403863	0.8715582	0.1990801	0.8949413	21.04	2.599014625	0.914783938	0.163170348	
47	0.19994	0.082555019	-0.93052	1.84E-01	0.2204736	0.8829079	0.1758177	0.9078448	21.48	2.540730813	0.927796509	0.139193638	
48	0.20473	0.084532805	-0.92757	1.87E-01	0.1997448	0.8945698	0.1517657	0.9209963	21.94	2.482460644	0.941062801	0.114400804	
49	0.20974	0.086601429	-0.92441	1.91E-01	0.177965	0.9066615	0.126697	0.9345068	22.42	2.42372677	0.954695257	0.088556966	
50	0.215	0.088773277	-0.92105	1.95E-01	0.1553267	0.9190611	0.1007991	0.948262	22.92	2.36503627	0.968579017	0.061854689	
51	0.22052	0.091052479	-0.91745	2.00E-01	0.1316322	0.9318625	0.0738813	0.9623506	23.44	2.306013483	0.982804045	0.034096209	
52	0.22629	0.093434906	-0.91361	2.04E-01	0.1070142	0.9449793	0.0460734	0.9766917	23.99	2.246996478	0.99728922	0.005414212	
53	0.23235	0.095937074	-0.90951	2.08E-01	0.0814609	0.9584045	0.0173651	0.9912794	24.56	2.187994449	1.012029194	-0.02420309	
54	0.2387	0.098558983	-0.90511	2.13E-01	0.05484	0.9721934	-0.01237	1.0061661	25.16	2.128781618	1.027077422	-0.05488803	
55	0.24535	0.101304761	-0.9004	0.21755	0.0272531	0.9862793	-0.043033	1.0212897	25.79	2.069585182	1.042371746	-0.086538857	
56	0.25232	0.104182667	-0.89538	0.2224	-0.001129	0.10005645	-0.074455	1.0365593	26.44	2.010721329	1.05782107	-0.118985417	
57	0.25963	0.107200958	-0.89008	0.22742	-0.029962	1.0148703	-0.106301	1.0518086	27.12	1.952767729	1.073257556	-0.151881781	
58	0.26729	0.110363764	-0.88447	0.23264	-0.059286	1.0292162	-0.13861	1.0670568	27.81	1.895575584	1.088701048	-0.185269971	
59	0.27532	0.113679343	-0.87853	0.23805	-0.089066	1.0435834	-0.171346	1.0822872	28.53	1.839132475	1.104135123	-0.219114371	
60	0.28374	0.117155952	-0.87225	0.24365	-0.119204	1.0579242	-0.20441	1.097456	29.28	1.783522547	1.119515787	-0.253315598	
61	0.29255	0.120793592	-0.86561	0.24944	-0.14965	1.0722172	-0.237754	1.1125438	30.05	1.728734732	1.13482405	-0.287825625	

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
		Cp	u / U	Cp	u/U								
62	0.3018	0.124612907	-0.85857	0.25543	-0.180445	1.0864828	-0.271415	1.1275705	30.84	1.674616929	1.150080374	-0.322684866	
63	0.31149	0.128613898	-0.85111	0.26162	-0.211512	1.100687	-0.305317	1.1425047	31.67	1.62120082	1.165253551	-0.357815839	
64	0.32164	0.132804823	-0.84322	0.26801	-0.242725	1.1147755	-0.339336	1.1572967	32.52	1.568581114	1.180293405	-0.393092522	
65	0.33229	0.137202197	-0.83485	0.27458	-0.274128	1.1287726	-0.373512	1.1719692	33.40	1.516592414	1.195223624	-0.428559512	
66	0.34344	0.14180602	-8.26E-01	0.28135	-0.305619	1.1426368	-0.407745	1.1864843	34.31	1.465284452	1.210006159	-0.464114904	
67	0.35513	0.146632809	-0.81658	0.2883	-0.337133	1.1563449	-0.44197	1.2008206	35.26	1.414647153	1.224619704	-0.49969342	
68	0.36739	0.15189495	-8.07E-01	0.29542	-0.368668	1.1699007	-0.476182	1.2149823	36.23	1.364579931	1.239068864	-0.53529165	
69	0.38023	0.156996573	-0.79602	0.3027	-0.400098	1.1832576	-0.510259	1.2289261	37.25	1.315147917	1.25331019	-0.570786432	
70	0.39369	0.162554193	-0.78477	0.3101	-0.43146	1.1964365	-0.544234	1.242672	38.30	1.266192862	1.267364311	-0.606212297	
71	0.4078	0.168380197	-0.77281	0.31759	-0.462669	1.2094087	-0.578022	1.2561933	39.39	1.217718856	1.281204631	-0.641485306	
72	0.42259	0.174486973	-0.76012	0.32517	-0.493582	1.2221221	-0.611484	1.2694425	40.53	1.169806421	1.294782787	-0.676462466	
73	0.43809	0.180886907	-0.74665	0.33284	-0.524142	1.2345616	-0.644565	1.2824058	41.70	1.12241554	1.30808496	-0.711086262	
74	0.45434	0.187596515	-0.73238	0.34061	-0.554213	1.2466807	-0.677131	1.2950409	42.91	1.075611934	1.321067997	-0.745220654	
75	0.47137	0.194628184	-0.71727	0.34847	-0.583714	1.2584569	-0.709106	1.3073279	44.17	1.029384036	1.33371124	-0.778785671	
76	0.48921	0.201994302	-0.7013	0.35643	-0.612526	1.2698529	-0.740376	1.319233	45.47	0.983774988	1.345980057	-0.811662313	
77	0.50792	0.209719642	-0.68443	0.36451	-0.640582	1.2808521	-0.770874	1.330742	46.81	0.938760264	1.357859397	-0.843782143	
78	0.52753	0.21781659	-0.66666	0.37266	-0.667848	1.2914521	-0.800571	1.3418535	48.19	0.894266213	1.369347466	-0.875112483	
79	0.54808	0.226301664	-0.64776	0.38088	-0.694269	1.3016409	-0.829413	1.3525578	49.63	0.850252293	1.380433684	-0.905597156	
80	0.56961	0.235191379	-0.62787	3.89E-01	-0.719773	1.3114011	-0.857333	1.3628401	51.11	0.806700881	1.391102066	-0.935164959	
81	0.59219	0.244514637	-0.60686	3.97E-01	-0.744333	1.3207319	-0.884308	1.372701	52.64	0.763529596	1.401352507	-0.963788849	
82	0.61585	0.254283827	-0.58469	4.06E-01	-0.767878	1.3296156	-0.910272	1.3821259	54.22	0.720721227	1.411168865	-0.991397567	
83	0.64065	0.264523721	-0.56128	4.14E-01	-0.790385	1.3380528	-0.935207	1.3911171	55.86	0.678180741	1.42055246	-1.017969291	
84	0.66664	0.275254965	-0.53658	4.22E-01	-0.811794	1.3460291	-0.959057	1.3996633	57.55	0.635871714	1.429490222	-1.043442295	
85	0.69388	0.286502333	-0.51054	4.30E-01	-0.832045	1.3535307	-0.981772	1.4077543	59.30	0.59375196	1.437969915	-1.067757476	
86	0.72243	0.298290598	-0.48309	4.38E-01	-0.851098	1.3605506	-1.003317	1.4153857	61.11	0.551742994	1.445985432	-1.090873871	
87	0.75236	0.310648664	-0.45416	4.45E-01	-0.868905	1.3670791	-1.023653	1.4225517	62.99	0.509765107	1.453528555	-1.112745259	
88	0.78373	0.323601305	-0.42369	4.53E-01	-0.88541	1.3731022	-1.042733	1.4292421	64.93	0.467748517	1.460586792	-1.133313777	
89	0.8166	0.337173294	-0.39161	4.60E-01	-0.900556	1.3786067	-1.060511	1.4354481	66.95	0.425602303	1.467148382	-1.152524376	
90	0.85106	0.351401792	-0.35784	4.67E-01	-0.914288	1.3835779	-1.078942	1.4411598	69.03	0.383215407	1.473200575	-1.170319933	
91	0.88717	0.366311574	-0.3223	4.73E-01	-0.926536	1.3879972	-1.091968	1.4463639	71.20	0.340468207	1.478726535	-1.186632165	
92	0.92503	0.381943928	-0.28492	4.79E-01	-0.937216	1.3918391	-1.105521	1.4510414	73.45	0.297240221	1.483703522	-1.201376142	
93	0.95362	0.39374871	-0.2566	4.83E-01	-0.942815	1.393849	-1.114387	1.4540933	75.13	0.265489192	1.486956287	-1.211038999	
94	0.98221	0.405553491	-0.22823	4.87E-01	-0.947221	1.3954285	-1.122148	1.4567594	76.81	0.234416908	1.489801592	-1.219508784	
95	1.0108	0.417358272	-0.19981	4.90E-01	-0.950498	1.3966021	-1.128866	1.4590634	78.47	0.203922159	1.492263226	-1.226849535	
96	1.0394	0.429167183	-0.17134	4.93E-01	-0.952699	1.39739	-1.134593	1.4610248	80.13	0.173911815	1.494360962	-1.233114683	
97	1.068	0.440976093	-0.14284	4.95E-01	-0.953885	1.3978071	-1.13937	1.4626586	81.79	0.144319886	1.496109892	-1.23834481	
98	1.0966	0.452785004	-0.11431	4.97E-01	-0.954033	1.3978674	-1.143233	1.4639784	83.44	0.115064231	1.497523687	-1.242577194	
99	1.1252	0.464593914	-0.085751	4.98E-01	-0.953233	1.3975811	-1.146209	1.4649946	85.08	0.086068023	1.498612982	-1.245840869	
100	1.1538	0.476402824	-0.057177	4.99E-01	-0.951485	1.3969555	-1.14832	1.4657149	86.72	0.057270692	1.499385391	-1.24815655	
101	1.1824	0.488211735	-0.028592	5.00E-01	-0.948804	1.3959957	-1.149581	1.4661449	88.36	0.028603694	1.499846616	-1.249539873	
102	1.2109	0.499979355	4.233E-11	5.00E-01	-0.9452	1.3947043	-1.15	1.4662878	90.00	-4.2325E-11	1.5	-1.25	
103	1.2395	0.511788265	0.028592	5.00E-01	-0.940676	1.3930814	-1.149581	1.4661449	91.64	-0.028603694	1.499846616	-1.249539873	
104	1.2681	0.523597176	0.057177	4.99E-01	-0.935229	1.3911249	-1.14832	1.4657149	93.28	-0.057270692	1.499385391	-1.24815655	
105	1.2967	0.535406086	0.085751	4.98E-01	-0.928849	1.38883	-1.146209	1.4649946	94.92	-0.086068023	1.498612982	-1.245840869	
106	1.3253	0.547214996	0.11431	4.97E-01	-0.921521	1.3861895	-1.143233	1.4639784	96.56	-0.115064231	1.497523687	-1.242577194	

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
		Cp	u / U			Cp	u/U						
107	1.3539	0.559023907	0.14284	4.95E-01	-0.913225	1.3831937	-1.13937	1.4626586	98.21	-0.144319886	1.496109892	-1.23834481	
108	1.3825	0.570832817	0.17134	4.93E-01	-0.903931	1.3798299	-1.134593	1.4610248	99.87	-0.173911815	1.494360962	-1.233114683	
109	1.4111	0.582641728	0.19981	4.90E-01	-0.893602	1.376082	-1.128866	1.4590634	101.53	-0.203922159	1.492263226	-1.226849535	
110	1.4397	0.594450638	0.22823	4.87E-01	-0.882197	1.3719318	-1.122148	1.4567594	103.19	-0.234416908	1.489801592	-1.219508784	
111	1.4683	0.606259548	0.2566	4.83E-01	-0.869663	1.3673562	-1.114387	1.4540933	104.87	-0.265489192	1.486956287	-1.211038999	
112	1.4969	0.618068459	0.28492	4.79E-01	-0.855936	1.3623275	-1.105521	1.4510414	106.55	-0.297240221	1.483703522	-1.201376142	
113	1.5347	0.633676039	0.3223	4.73E-01	-0.837128	1.355407	-1.091968	1.4463639	108.80	-0.340468207	1.478726535	-1.186632165	
114	1.5708	0.648581692	0.35784	4.67E-01	-0.816752	1.3478694	-1.076942	1.4411598	110.97	-0.383215407	1.473200575	-1.170319933	
115	1.6053	0.662826706	0.39161	4.60E-01	-0.794892	1.3397359	-1.060511	1.4354481	113.05	-0.425602303	1.467148382	-1.152524376	
116	1.6382	0.676411082	0.42369	4.53E-01	-0.771618	1.3310213	-1.042733	1.4292421	115.07	-0.467748517	1.460586792	-1.133313777	
117	1.6695	0.68933482	0.45416	4.45E-01	-0.746985	1.3217357	-1.023653	1.4225517	117.01	-0.509765107	1.453528555	-1.112745259	
118	1.6995	0.701721789	0.48309	4.38E-01	-0.72105	1.3118879	-1.003317	1.4153857	118.89	-0.551742994	1.445985432	-1.090873871	
119	1.728	0.713489409	0.51054	4.30E-01	-0.693869	1.3014874	-0.981772	1.4077543	120.70	-0.59375196	1.437969915	-1.067757476	
120	1.7553	0.724761551	0.53658	4.22E-01	-0.66549	1.2905388	-0.959057	1.3996633	122.45	-0.635871714	1.429490222	-1.043442295	
121	1.7813	0.735496924	0.56128	4.14E-01	-0.635953	1.2790439	-0.935207	1.3911171	124.14	-0.687180741	1.42055246	-1.017969291	
122	1.8061	0.745736818	0.58469	4.06E-01	-0.605318	1.2670113	-0.910272	1.3821259	125.78	-0.720721227	1.411168865	-0.991397567	
123	1.8287	0.755481234	0.60686	3.97E-01	-0.573645	1.25445	-0.884308	1.372701	127.36	-0.763529596	1.401352507	-0.963788849	
124	1.8523	0.76481275	0.62787	3.89E-01	-0.540957	1.2413529	-0.857333	1.3628401	128.89	-0.806700881	1.391102066	-0.935164959	
125	1.8738	0.773690078	0.64776	3.81E-01	-0.507325	1.2277317	-0.829413	1.3525578	130.37	-0.850252293	1.380433684	-0.905597156	
126	1.8944	0.782195797	0.6666	3.73E-01	-0.472776	1.21358	-0.800571	1.3418535	131.81	-0.894266213	1.369347466	-0.875112483	
127	1.914	0.790288616	0.68443	3.65E-01	-0.437382	1.1989087	-0.770874	1.330742	133.19	-0.938760264	1.357859397	-0.843782143	
128	1.9327	0.798009827	0.7013	3.56E-01	-0.416	1.189958	-0.740376	1.319233	134.53	-0.983774988	1.345980057	-0.811662313	
129	1.9505	0.805359429	0.71727	3.48E-01	-0.389	1.1785584	-0.709106	1.3073279	135.83	-1.029384036	1.33371124	-0.778785671	
130	1.9676	0.812420001	0.73238	3.41E-01	-0.368	1.1696153	-0.677131	1.2950409	137.09	-1.075611934	1.321067997	-0.745220654	
131	1.9838	0.819108964	0.74665	3.33E-01	-0.341	1.1580155	-0.644565	1.2824058	138.30	-1.12241554	1.30808496	-0.711086262	
132	1.9993	0.825508898	0.76012	3.25E-01	-0.308	1.1436783	-0.611484	1.2694425	139.47	-1.169806421	1.294782787	-0.676462466	
133	2.0141	0.831619803	0.77281	3.18E-01	-0.292	1.1366618	-0.578022	1.2561933	140.61	-1.217718856	1.281204631	-0.641485306	
134	2.0282	0.837441678	0.78477	3.10E-01	-0.281	1.1318127	-0.544234	1.242672	141.70	-1.266192862	1.267364311	-0.606212297	
135	2.0417	0.843015814	0.79602	3.03E-01	-0.27	1.1269428	-0.510259	1.2289261	142.75	-1.315147917	1.25331019	-0.570786432	
136	2.0545	0.848300921	0.8066	2.95E-01	-0.259	1.1220517	-0.476182	1.2149823	143.77	-1.364579931	1.239068864	-0.53529165	
137	2.0668	0.853379578	0.81658	2.88E-01	-0.254	1.1198214	-0.44197	1.2008206	144.74	-1.414647153	1.224619704	-0.49969342	
138	2.0785	0.858210496	0.82598	2.81E-01	-0.249	1.1175867	-0.407745	1.1864843	145.69	-1.465284452	1.210006159	-0.464114904	
139	2.0896	0.862793674	0.83485	2.75E-01	-0.249	1.1175867	-0.373512	1.1719692	146.60	-1.516592414	1.195223624	-0.428559512	
140	2.1003	0.867211693	0.84322	2.68E-01	-0.243	1.1148991	-0.339336	1.1572967	147.48	-1.568581114	1.180293405	-0.393092522	
141	2.1104	0.871381973	0.85111	2.62E-01	-0.238	1.1126545	-0.305317	1.1425047	148.33	-1.62120082	1.165253551	-0.357815839	
142	2.1201	0.875387093	0.85857	2.55E-01	-0.238	1.1126545	-0.271415	1.1275705	149.16	-1.674616929	1.150080374	-0.322684866	
143	2.1293	0.879185763	0.86561	2.49E-01	-0.243	1.1148991	-0.237754	1.1125438	149.95	-1.728734732	1.13482405	-0.287825625	
144	2.1382	0.882860564	0.87225	2.44E-01	-0.243	1.1148991	-0.20441	1.097456	150.72	-1.783522547	1.119515787	-0.253315598	
145	2.1466	0.886328915	0.87853	2.38E-01	-0.243	1.1148991	-0.171346	1.0822872	151.47	-1.839132475	1.104135123	-0.219114371	
146	2.1546	0.889632107	0.88447	2.33E-01	-0.249	1.1175867	-0.13861	1.0670568	152.19	-1.895575584	1.088701048	-0.185269971	
147	2.1623	0.892811429	0.89008	2.27E-01	-0.249	1.1175867	-0.106301	1.0518086	152.88	-1.952767729	1.073257556	-0.151881781	
148	2.1696	0.895825591	0.89538	2.22E-01	-0.254	1.1198214	-0.074455	1.0365593	153.56	-2.010721329	1.05782107	-0.118985417	
149	2.1765	0.898674594	0.9004	2.18E-01	-0.254	1.1198214	-0.043033	1.0212897	154.21	-2.069585182	1.042371746	-0.086538857	
150	2.1832	0.901441017	0.90511	2.13E-01	-0.254	1.1198214	-0.01237	1.0061661	154.84	-2.128781618	1.027077422	-0.05488803	
151	2.1895	0.904042281	0.90951	2.08E-01	-0.254	1.1198214	0.0173651	0.9912794	155.44	-2.187994449	1.012029194	-0.02420309	

No	Ansys 5.4										S. Goldstein			
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp	
		Cp	u / U			Cp	u/U							
152	2.1956	0.906560965	0.91361	2.04E-01	-0.259	1.1220517	0.0460734	0.9766917	156.01	-2.246996478	0.99728922	0.005414212		
153	2.2014	0.908955779	0.91745	2.00E-01	-0.25164	1.1187672	0.0738813	0.9623506	156.56	-2.306013483	0.982804045	0.034096209		
154	2.2069	0.911226723	0.92105	1.95E-01	-0.25176	1.1188208	0.1007991	0.948262	157.08	-2.36503627	0.968579017	0.061854689		
155	2.2122	0.913415087	0.92441	1.91E-01	-0.25184	1.1188566	0.126697	0.9345068	157.58	-2.42372677	0.954695257	0.088556966		
156	2.2172	0.915479582	0.92757	1.87E-01	-0.25188	1.1188744	0.1517657	0.9209963	158.06	-2.482460644	0.941062801	0.114400804		
157	2.222	0.917461497	0.93052	1.84E-01	-0.25189	1.1188789	0.1758177	0.9078448	158.52	-2.540730813	0.927796509	0.139193638		
158	2.2265	0.919319543	0.9333	1.80E-01	-0.25186	1.1188655	0.1990801	0.8949413	158.96	-2.599014625	0.914783938	0.163170348		
159	2.2309	0.921136298	0.93591	1.77E-01	-0.25182	1.1188476	0.2214664	0.8823455	159.38	-2.657029463	0.902085098	0.186242476		
160	2.235	0.922829184	0.93836	1.73E-01	-0.25175	1.1188163	0.242979	0.8700695	159.78	-2.714694431	0.889711725	0.208413046		
161	2.239	0.92448078	0.94067	1.70E-01	-0.25168	1.1187851	0.2637195	0.8580679	160.16	-2.772198175	0.877617671	0.229787224		
162	2.2428	0.926049796	0.94284	1.67E-01	-0.25162	1.1187582	0.2836201	0.8463923	160.53	-2.829263332	0.865854739	0.250295571		
163	2.2446	0.926793014	0.94385	1.65E-01	-0.25156	1.1187314	0.293024	0.8408187	160.71	-2.856911093	0.860240348	0.259986543		
164	2.2464	0.927536232	0.94487	1.64E-01	-0.25152	1.1187135	0.3026138	0.8350965	160.89	-2.885577715	0.854476907	0.269869216		
165	2.2482	0.92827945	0.94587	1.62E-01	-0.25147	1.1186912	0.3121075	0.8293929	161.06	-2.914442735	0.848732657	0.279652877		
166	2.25	0.929022668	0.94687	1.61E-01	-0.25142	1.1186689	0.3216934	0.8235937	161.24	-2.944096035	0.842892801	0.289531726		
167	2.2518	0.929765886	0.94786	1.59E-01	-0.25136	1.118642	0.3312756	0.8177557	161.42	-2.974266046	0.837014393	0.299406906		
168	2.2535	0.930467815	0.94884	1.58E-01	-0.25129	1.1186107	0.3408526	0.8118789	161.59	-3.004966429	0.831097532	0.309276892		
169	2.2553	0.931211033	0.94982	1.56E-01	-0.25121	1.118575	0.350522	0.805902	161.77	-3.036538006	0.825080416	0.319242308		
170	2.2571	0.931954251	0.95079	1.55E-01	-0.25111	1.1185258	0.360185	0.7998844	161.95	-3.068687487	0.81902298	0.329201358		
171	2.2589	0.932697469	0.95176	1.53E-01	-0.25097	1.1184677	0.3699409	0.7937626	162.13	-3.101777151	0.81286124	0.339256604		
172	2.2607	0.933440687	0.95271	1.52E-01	-0.25082	1.1184006	0.3795872	0.7876629	162.31	-3.135141823	0.806722319	0.3491991		
173	2.2625	0.934183905	0.95365	1.50E-01	-0.25087	1.1183336	0.3892222	0.7815228	162.49	-3.169135169	0.800543338	0.359130364		
174	2.2643	0.934927123	0.95459	1.49E-01	-0.25051	1.118262	0.3989481	0.7752753	162.67	-3.204153351	0.794256965	0.369155873		
175	2.2661	0.935670341	0.95551	1.47E-01	-0.25034	1.118186	0.4085565	0.7690536	162.84	-3.239470378	0.787997073	0.379060613		
176	2.2679	0.93641356	0.95643	1.46E-01	-0.25016	1.1181055	0.4182544	0.7627225	163.02	-3.275874483	0.781627674	0.38905818		
177	2.2697	0.937156778	0.95734	1.44E-01	-0.24998	1.118025	0.4279361	0.7563491	163.20	-3.313009216	0.775216313	0.399039668		
178	2.2715	0.937899996	0.95824	1.43E-01	-0.24978	1.1179356	0.4375998	0.7499335	163.38	-3.350897103	0.768763098	0.409003299		
179	2.2732	0.938601924	0.95913	1.41E-01	-0.24958	1.1178461	0.4472438	0.7434757	163.56	-3.389561584	0.76226815	0.418947267		
180	2.275	0.939345142	0.96002	1.40E-01	-0.24937	1.1177522	0.4569762	0.7369015	163.74	-3.429482842	0.755656657	0.428983016		
181	2.2768	0.940088336	0.9609	1.38E-01	-0.24915	1.1176538	0.466687	0.7302828	163.92	-3.470260616	0.749001013	0.438997482		
182	2.2786	0.940831579	0.96176	1.36E-01	-0.24893	1.1175554	0.4762628	0.7236969	164.10	-3.511436598	0.742378996	0.448873426		
183	2.2804	0.941574797	0.96263	1.35E-01	-0.2487	1.1174525	0.486037	0.7169121	164.29	-3.554500885	0.735557597	0.458955022		
184	2.2822	0.942318015	0.96348	1.33E-01	-0.24846	1.1173451	0.4956723	0.7101603	164.47	-3.598024188	0.728770019	0.46889426		
185	2.284	0.943061233	0.96433	1.32E-01	-0.24821	1.1172332	0.5053933	0.7032828	164.65	-3.643064818	0.721856597	0.478923053		
186	2.2858	0.943804451	0.96517	1.30E-01	-0.24796	1.1171213	0.5150854	0.6963581	164.83	-3.68915595	0.714896482	0.488923021		
187	2.2876	0.944547669	0.966	1.29E-01	-0.2477	1.1170049	0.5247464	0.6893864	165.02	-3.736335886	0.70788971	0.498892158		
188	2.2894	0.945290887	0.96682	1.27E-01	-0.24743	1.1168841	0.5343743	0.6823677	165.20	-3.78464481	0.700836332	0.508828436		
189	2.2912	0.946034105	0.96764	1.25E-01	-0.24716	1.1167632	0.5440861	0.675214	165.38	-3.834747164	0.693647907	0.518852581		
190	2.2929	0.946736034	0.96846	1.24E-01	-0.24688	1.1166378	0.5538827	0.6679202	165.57	-3.886758404	0.686319349	0.528965751		
191	2.2947	0.947479252	0.96926	1.22E-01	-0.2466	1.1165124	0.5635231	0.660664	165.76	-3.939461215	0.67902932	0.538919183		
192	2.2965	0.94822247	0.97006	1.21E-01	-0.24631	1.1163826	0.5732461	0.653264	165.94	-3.994229109	0.671595422	0.548959589		
193	2.2983	0.948965688	0.97086	1.19E-01	-0.24601	1.1162482	0.5830528	0.6457145	166.13	-4.051202453	0.664011969	0.559088105		
194	2.3001	0.949708906	0.97165	1.17E-01	-0.24571	1.1161138	0.59282	0.6381066	166.32	-4.109778462	0.656370622	0.569177607		
195	2.3019	0.950452124	0.97243	1.16E-01	-0.2454	1.1159749	0.6025454	0.63044	166.51	-4.17002987	0.648671027	0.579225899		
196	2.3037	0.951195342	0.97321	1.14E-01	-0.24509	1.115836	0.6123531	0.622613	166.71	-4.232856564	0.640811004	0.589361257		

No	Ansys 5.4									S. Goldstein			
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
		Cp	u / U	Cp	u/U								
197	2.3055	0.951938561	0.97398	1.13E-01	-0.24478	1.1156971	0.6221166	0.6147222	166.90	-4.29759038	0.632887688	0.599453175	
198	2.3073	0.952681779	0.97475	1.11E-01	-0.24446	1.1155537	0.631962	0.6066613	167.10	-4.365223569	0.624794253	0.609632141	
199	2.3091	0.953424997	0.97551	1.09E-01	-0.24414	1.1154102	0.6417609	0.5985308	167.29	-4.435041796	0.616631682	0.619765369	
200	2.3109	0.954168215	0.97627	1.08E-01	-0.24381	1.1152623	0.6516413	0.5902192	167.49	-4.508145619	0.608288099	0.629985588	
201	2.3126	0.954870143	0.97703	1.06E-01	-0.24348	1.1151143	0.6616041	0.5817181	167.70	-4.584803972	0.599755021	0.640293915	
202	2.3144	0.955613361	0.97778	1.04E-01	-0.24315	1.1149664	0.6715175	0.573134	167.90	-4.664231869	0.591139501	0.65055409	
203	2.3162	0.95635658	0.97852	1.03E-01	-0.24282	1.1148184	0.6813789	0.5644653	168.10	-4.74659684	0.582439934	0.660763724	
204	2.318	0.957099798	0.97926	1.01E-01	-0.24248	1.1146659	0.6913209	0.555589	168.31	-4.833282893	0.573532799	0.671060128	
205	2.3198	0.957843016	0.98	9.95E-02	-0.24209	1.1144909	0.7013442	0.5464941	168.52	-4.924685295	0.564407296	0.681444405	
206	2.3216	0.958586234	0.98073	9.79E-02	-0.24157	1.1142576	0.7113123	0.5372966	168.73	-5.019910374	0.555179659	0.691775546	
207	2.3234	0.959329452	0.98144	9.62E-02	-0.24097	1.1139883	0.7210847	0.5281243	168.94	-5.11781173	0.545978242	0.70190776	
208	2.3252	0.96007267	0.98214	9.46E-02	-0.24036	1.1137145	0.7307946	0.51885	169.16	-5.219939974	0.536675435	0.711979478	
209	2.327	0.960815888	0.98282	9.29E-02	-0.23972	1.1134271	0.7402992	0.5096085	169.36	-5.32501408	0.527406347	0.721842545	
210	2.3288	0.961559106	0.98348	9.12E-02	-0.23907	1.1131352	0.7495927	0.5004072	169.57	-5.433086234	0.518178568	0.731490972	
211	2.3306	0.962302325	0.98412	8.96E-02	-0.2384	1.1128342	0.7586693	0.4912542	169.78	-5.5441994	0.509000174	0.740918823	
212	2.3323	0.963004253	0.98475	8.79E-02	-0.23771	1.1125242	0.7676667	0.4820096	169.98	-5.660283221	0.499730731	0.750269197	
213	2.3341	0.963747471	0.98535	8.62E-02	-0.237	1.112205	0.7762939	0.4729758	170.18	-5.777675795	0.49067358	0.759239438	
214	2.3359	0.964490689	0.98594	8.45E-02	-0.23627	1.1118768	0.7848328	0.4638612	170.38	-5.900309111	0.481536293	0.768122798	
215	2.3377	0.965233907	0.98651	8.28E-02	-0.23553	1.111544	0.7931347	0.4548244	170.58	-6.026291556	0.472477915	0.776764619	
216	2.3395	0.965977125	0.98706	8.11E-02	-0.23476	1.1111976	0.8011944	0.4458762	170.77	-6.155607556	0.463509112	0.785159303	
217	2.3413	0.966720344	0.9876	7.94E-02	-0.23399	1.110851	0.8091546	0.4368586	170.97	-6.290798067	0.454471696	0.793455478	
218	2.3431	0.967463562	0.98811	7.77E-02	-0.23319	1.1104909	0.8167153	0.4281176	171.16	-6.426790785	0.44571239	0.801340465	
219	2.3449	0.96820678	0.9886	7.60E-02	-0.23238	1.1101261	0.8240187	0.4195012	171.34	-6.565903007	0.437078772	0.808962147	
220	2.3467	0.968949998	0.98907	7.42E-02	-0.23156	1.1097567	0.8310601	0.411023	171.52	-6.707982403	0.428584427	0.816315389	
221	2.3485	0.969693216	0.98952	7.25E-02	-0.23073	1.1093827	0.8378348	0.4026974	171.70	-6.852827195	0.420243746	0.823395194	
222	2.3503	0.970436434	0.98995	7.08E-02	-0.22996	1.1090356	0.8443385	0.3945396	171.87	-7.000179025	0.412071948	0.830196709	
223	2.352	0.971138362	0.99036	6.90E-02	-0.22933	1.1087516	0.850567	0.3865657	172.04	-7.149715432	0.404085096	0.836715235	
224	2.3538	0.971881581	0.99077	6.73E-02	-0.22879	1.108508	0.8568219	0.3783888	172.21	-7.309058765	0.395895724	0.843266575	
225	2.3556	0.972624799	0.99117	6.55E-02	-0.22825	1.1082644	0.8629497	0.370203	172.38	-7.47504182	0.387698354	0.849689986	
226	2.3574	0.973368017	0.99157	6.38E-02	-0.22769	1.1080117	0.8691023	0.3617979	172.56	-7.652649164	0.37928209	0.856145096	
227	2.3592	0.974111235	0.99196	6.20E-02	-0.22713	1.107759	0.8751248	0.3533769	172.73	-7.838371246	0.3708650952	0.862469572	
228	2.361	0.974854453	0.99235	6.03E-02	-0.22657	1.1075062	0.8811703	0.3447169	172.91	-8.038061772	0.362181416	0.868824622	
229	2.3628	0.975597671	0.99273	5.85E-02	-0.226	1.1072488	0.8870826	0.3360318	173.09	-8.247830199	0.353487847	0.875046342	
230	2.3646	0.976340889	0.99311	5.68E-02	-0.22543	1.1069914	0.8930161	0.3270839	173.27	-8.474656614	0.344532285	0.881297505	
231	2.3664	0.977084108	0.99348	5.50E-02	-0.22485	1.1067294	0.8988133	0.3180986	173.45	-8.714237444	0.335540382	0.887412652	
232	2.3682	0.977827326	0.99384	5.33E-02	-0.22428	1.1064719	0.9044721	0.3090758	173.64	-8.967697784	0.326512341	0.893389691	
233	2.37	0.978570544	0.9942	5.15E-02	-0.2237	1.1062097	0.9101484	0.2997526	173.83	-9.24432927	0.317184953	0.899393706	
234	2.3717	0.979272472	0.99454	4.98E-02	-0.22313	1.1059521	0.9155247	0.2906463	174.01	-9.530255817	0.308076131	0.905089097	
235	2.3735	0.98001569	0.99489	4.80E-02	-0.22255	1.1056898	0.9210739	0.2809378	174.21	-9.853831666	0.298366442	0.910977466	
236	2.3753	0.980758908	0.99522	4.63E-02	-0.22197	1.1054275	0.926319	0.2714424	174.40	-10.19083458	0.288871648	0.916553171	
237	2.3771	0.981502126	0.99554	4.45E-02	-0.22139	1.1051651	0.9314162	0.2618852	174.59	-10.55263863	0.279316797	0.921982127	
238	2.3789	0.982245345	0.99586	4.27E-02	-0.22082	1.1049072	0.9365231	0.2519462	174.78	-10.95552214	0.269382466	0.927433087	
239	2.3807	0.982988563	0.99617	4.10E-02	-0.22024	1.1046447	0.9414786	0.241912	174.98	-11.39292686	0.259355328	0.932734814	
240	2.3825	0.983731781	0.99647	3.92E-02	-0.21967	1.1043867	0.9462804	0.2317749	175.18	-11.86985684	0.249227982	0.937885413	
241	2.3843	0.984474999	0.99675	3.74E-02	-0.2191	1.1041286	0.9507661	0.2218871	175.38	-12.3732195	0.239352471	0.942710394	

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x'/ l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
		Cp	u / U	Cp	u/U					0	cotg 0	u / U	Cp
242	2.3861	0.985218217	0.99703	3.57E-02	-0.21854	1.103875	0.955254	0.2115324	175.58	-12.94606273	0.229013946	0.947552613	
243	2.3879	0.985961435	0.9973	3.39E-02	-0.21797	1.1036168	0.9595818	0.2010428	175.79	-13.58070407	0.218544492	0.952238305	
244	2.3897	0.986704653	0.99756	3.21E-02	-0.21742	1.1033676	0.9637472	0.1904017	176.00	-14.28874866	0.20792845	0.956765759	
245	2.3915	0.987447872	0.99781	3.03E-02	-0.21686	1.1031138	0.9677478	0.1795888	176.21	-15.08511771	0.197146357	0.961133314	
246	2.3932	0.9881498	0.99804	2.86E-02	-0.21631	1.1028645	0.9714218	0.169051	176.41	-15.94842582	0.186644459	0.965163846	
247	2.395	0.988893018	0.99827	2.68E-02	-0.21577	1.1026196	0.9750859	0.1578419	176.63	-16.97844391	0.175481343	0.969206298	
248	2.3968	0.989636236	0.99848	2.50E-02	-0.21524	1.1023792	0.9784192	0.146904	176.84	-18.11622363	0.164597425	0.972907688	
249	2.3986	0.990379454	0.99868	2.32E-02	-0.21471	1.1021388	0.9815785	0.1357257	177.06	-19.44320045	0.15348571	0.976442137	
250	2.4004	0.991122672	0.99887	2.15E-02	-0.21419	1.1019029	0.9845609	0.1242541	177.28	-21.0173266	0.142097451	0.979808314	
251	2.4022	0.99186589	0.99904	1.97E-02	-0.21368	1.1016715	0.9872079	0.1131022	177.49	-22.80533827	0.131045174	0.982827162	
252	2.404	0.992609109	0.9992	1.79E-02	-0.21318	1.1014445	0.9896737	0.1016184	177.71	-24.9849975	0.119689202	0.985674495	
253	2.4058	0.993352327	0.99935	1.61E-02	-0.21269	1.101222	0.9919542	0.0896984	177.93	-27.72148716	0.107938752	0.988349226	
254	2.4076	0.994095545	0.99948	1.43E-02	-0.21221	1.1010041	0.993896	0.078128	178.15	-30.99658895	0.096584	0.990671531	
255	2.4094	0.994838763	0.9996	1.25E-02	-0.21174	1.1007906	0.9956468	0.0659787	178.38	-35.34473157	0.084742718	0.992818672	
256	2.4112	0.995581981	0.9997	1.07E-02	-0.21128	1.1005817	0.9970598	0.0542235	178.60	-40.81564289	0.073413148	0.99461051	
257	2.4129	0.996283909	0.99979	8.95E-03	-0.21084	1.1003818	0.9982744	0.0415399	178.83	-48.7873181	0.061439786	0.996225153	
258	2.4147	0.997027127	0.99987	7.16E-03	-0.21042	1.1001909	0.9992744	0.0269374	179.08	-62.01132044	0.048353122	0.997661976	
259	2.4165	0.997770346	0.99992	5.37E-03	-0.21001	1.1000045	0.9998256	0.0132048	179.28	-79.05219801	0.037937469	0.998560748	
260	2.4183	0.998513564	0.99997	3.58E-03	-0.20961	1.0998227	0.9986855	0.0362558	179.56	-129.0965401	0.023235635	0.999460105	
261	2.4201	0.999256782	0.99999	1.79E-03	-0.20924	1.0996545	0.9993728	0.025044	179.74	-223.6051207	0.013415972	0.999820012	
262	2.4219	1	1	0.00E+00	-0.20888	1.0994908	0.98876	0.1060189	180.00	-8.16228E+15	3.67545E-16	1	

**bel B.3.1. Data Grid Independence ellips 2 fluida viskos**

Sudut serang : 0 derajat

No	model	J.elemen	iterasi	termination criteria	V max	Cp max	Press		wall sheer		lift	drag	
							int sb x		int sb y	int sb x			
1	Ellips 2 (L/B=5/1)	4800	284	0.001	0.001	1.2231	atas	-2.53E-04	1.07E-05	3.22E-05	2.59E-06	2.55E-04	2.27E-05
							bawah	1.70E-08	1.18E-06	5.18E-12	2.71E-10		
2	Ellips 2 (L/B=5/1)	19420	378	0.001	0.001	1.0278	atas	-2.12E-04	2.61E-05	3.47E-05	9.15E-06	9.64E-07	1.79E-05
							bawah	-2.11E-04	-2.57E-05	3.50E-05	-9.09E-06		
3	Ellips 2 (L/B=5/1)	34560	466	0.001	0.001	1.0248	atas	-2.29E-04	2.47E-05	3.19E-05	9.09E-06	3.08E-05	1.33E-05
							bawah	-1.98E-04	-2.56E-05	3.17E-05	-9.09E-06		
4	Ellips 2 (L/B=5/1)	54000	569	0.001	0.001	0.99686	atas	-2.20E-04	2.49E-05	2.96E-05	8.62E-06	2.58E-05	1.24E-05
							bawah	-1.94E-04	-2.11E-05	2.87E-05	-8.61E-06		

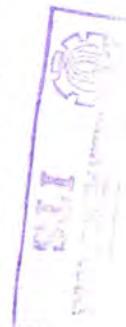
**bel B.3.2. Data Grid Independence ellips 2 fluida invisid**

No	model	J.elemen	iterasi	termination criteria	V max	Cp max	Press		lift	drag	
							int sb x				
1	Ellips 2 (L/B=5/1)	4800	165	0.001	0.001	0.587	atas	-2.53E-04	1.01E-05	2.53E-04	-1.24E-05
							bawah	1.70E-08	-2.33E-06		
2	Ellips 2 (L/B=5/1)	19420	278	0.001	0.001	0.874	atas	-2.20E-04	1.07E-05	8.88E-06	-2.71E-06
							bawah	-2.11E-04	8.00E-06		
3	Ellips 2 (L/B=5/1)	34560	489	0.001	0.001	0.996486	atas	-2.09E-04	-8.21E-06	1.08E-05	-1.00E-06
							bawah	-1.98E-04	-9.21E-06		
4	Ellips 2 (L/B=5/1)	54000	745	0.001	0.001	0.9854	atas	-2.20E-04	1.17E-06	2.58E-05	1.00E-08
							bawah	-1.94E-04	1.18E-06		

Tabel B.3.3. Data Cp dan kecepatan ellips 2

MODEL Ellips 2 (L/b=5/1)  
 1  
 0.2  
 JML. ELEMEN 54000  
 ALIRAN LAMINAR  
 JML. ITERASI 569  
 TERM. CRIT 0.001  
 999 kg/m<sup>3</sup>  
 0.00113788098  
 1.13902E-06  
 kecepatan 0.001 m/det

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
		Cp	u / U	Cp	u/U								
1	0	0	-1	-1	0.00E+00	0.99686	0.056036	0.996486	2.05E-05	0.00	23726566.5	2.52881E-07	1
2	0.000374	0.000178046	-1	3.74E-04		0.9973	0.051962	0.998174	0.000213	0.00	223606.7885	2.68328E-05	0.999999999
3	0.0007481	0.000356088	-1	7.48E-04		9.98E-01	0.047854	0.999999	0.000721	0.00	22360.67883	0.000268328	0.999999928
4	0.0011221	0.00053413	-0.9999999	1.12E-03		9.98E-01	0.044045	0.999988	0.003416	0.03	2236.067812	0.002683275	0.9999928
5	0.0014961	0.000712157	-0.99999	1.50E-03		9.98E-01	0.040743	0.999236	0.027647	0.26	223.6051207	0.026826311	0.999280349
6	0.0018702	0.000890232	-0.99998	1.87E-03		9.98E-01	0.038987	0.998498	0.038754	0.36	158.1115113	0.037928941	0.998561395
7	0.0022442	0.00106826	-0.99997	2.24E-03		9.98E-01	0.038987	0.997766	0.047269	0.44	129.0965401	0.046442026	0.997843138
8	0.0026183	0.001246335	-0.99996	2.62E-03		0.99831	0.04111	0.997036	0.054441	0.51	111.8000447	0.053613651	0.997125576
9	0.0029923	0.001424362	-0.99995	2.99E-03		0.99795	0.045277	0.996309	0.060756	0.57	99.99624996	0.059927382	0.996408709
10	0.0033663	0.00160239	-0.99993	3.37E-03		0.99739	0.051088	0.994859	0.071703	0.68	84.51098835	0.070872753	0.994977053
11	0.0037404	0.001780465	-0.99991	3.74E-03		9.97E-01	0.05831	0.993414	0.081154	0.77	74.530568	0.080323332	0.993548162
12	0.0041144	0.001958492	-0.99988	4.11E-03		9.96E-01	0.066708	0.991255	0.093514	0.89	64.54391282	0.092682286	0.991409994
13	0.0044884	0.002136519	-0.99985	4.48E-03		9.94E-01	0.076026	0.989105	0.10438	0.99	57.72853153	0.103547078	0.989278003
14	0.0048625	0.002314594	-0.99982	4.86E-03		9.93E-01	0.086081	0.986962	0.114182	1.09	52.69751228	0.113348305	0.987152162
15	0.0052365	0.002492622	-0.99978	5.23E-03		9.91E-01	0.096799	0.984117	0.126026	1.20	47.66526304	0.12519094	0.984327229
16	0.0056105	0.002670649	-0.99973	5.60E-03		9.88E-01	0.108074	0.980579	0.13936	1.33	43.02443359	0.138523367	0.980811277
17	0.0059846	0.002848724	-0.99968	5.97E-03		9.86E-01	0.119958	0.977059	0.151462	1.45	39.51898329	0.150624976	0.977312117
18	0.0063586	0.003026752	-0.99962	6.34E-03		9.82E-01	0.132325	0.972859	0.164744	1.58	36.26347365	0.163905092	0.973135121
19	0.0067326	0.003204779	-0.99956	6.71E-03		9.79E-01	0.145155	0.968685	0.17696	1.70	33.69886781	0.176119485	0.968981927
20	0.0071067	0.003382854	-0.99949	7.08E-03		9.75E-01	0.158461	0.963847	0.190139	1.83	31.29923674	0.189297787	0.964166348
21	0.0074807	0.003560882	-0.99941	7.44E-03		9.70E-01	0.172163	0.958358	0.204063	1.97	29.09824223	0.203219701	0.958701753



No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
22	0.0078547	0.003738909	-0.99932	7.81E-03	9.65E-01	0.186306	0.952234	0.218553	2.11	27.10247595	0.217708168	0.952603153	
23	0.0082288	0.003916984	-0.99923	8.17E-03	9.60E-01	0.200898	0.946164	0.232027	2.25	25.46764115	0.231179846	0.946555879	
24	0.0086028	0.004095011	-0.99913	8.53E-03	0.95348	0.215685	0.939479	0.24601	2.39	23.95751975	0.245160976	0.939896096	
25	0.0089768	0.004273039	-0.99902	8.89E-03	0.94752	0.229085	0.932199	0.260386	2.54	22.57109222	0.259535041	0.932641563	
26	0.0093509	0.004451114	-0.9989	9.24E-03	0.94284	0.239082	0.924342	0.275059	2.69	21.30247854	0.274205511	0.924811338	
27	0.0097249	0.004629141	-0.99878	9.60E-03	0.93914	0.246698	0.916573	0.288837	2.83	20.22587991	0.287980613	0.917067167	
28	0.010099	0.004807216	-0.99866	9.95E-03	0.93548	0.254008	0.90889	0.301844	2.97	19.29726654	0.30098565	0.909407638	
29	0.010473	0.004985244	-0.99854	1.03E-02	0.93171	0.261324	0.901291	0.31418	3.10	18.4855602	0.313318731	0.901831373	
30	0.010847	0.005163271	-0.99842	1.07E-02	0.92783	0.268645	0.893775	0.325922	3.22	17.76811453	0.325058425	0.89433702	
31	0.011221	0.005341299	-0.9983	1.10E-02	0.92387	0.275917	0.88634	0.337134	3.34	17.1279847	0.336268852	0.886923259	
32	0.011595	0.005519326	-0.99817	1.14E-02	0.91984	0.283125	0.878376	0.348746	3.47	16.50679474	0.347877664	0.878981131	
33	0.011969	0.005697353	-0.99804	1.17E-02	0.91575	0.290259	0.870505	0.359855	3.59	15.94842582	0.358984036	0.871130462	
34	0.012343	0.005875381	-0.99792	1.21E-02	0.91159	0.297338	0.863319	0.369704	3.70	15.48014456	0.368831251	0.863963509	
35	0.012717	0.006053408	-0.99779	1.24E-02	0.90738	0.304335	0.85562	0.379974	3.81	15.0164783	0.379098485	0.856284339	
36	0.013091	0.006231436	-0.99765	1.28E-02	0.9031	0.311288	0.847427	0.390607	3.93	14.56077785	0.389728519	0.848111681	
37	0.013465	0.006409463	-0.99752	1.31E-02	0.89878	0.318151	0.839908	0.400115	4.04	14.17262197	0.3992349	0.840611495	
38	0.013839	0.006587479	-0.99739	1.35E-02	0.89439	0.324977	0.832473	0.4093	4.14	13.81380498	0.408417357	0.833195262	
39	0.014213	0.006765518	-0.99725	1.38E-02	0.88995	0.331738	0.82456	0.418856	4.25	13.45617056	0.417970295	0.825300832	
40	0.014587	0.006943545	-0.99711	1.42E-02	0.88546	0.338438	0.816741	0.428088	4.36	13.12481399	0.42719968	0.817500433	
41	0.014961	0.007121573	-0.99697	1.45E-02	0.88091	0.345094	0.809015	0.437019	4.46	12.81666419	0.436127968	0.809792396	
42	0.015335	0.0072996	-0.99683	1.49E-02	0.87631	0.351696	0.801379	0.445669	4.56	12.5291302	0.444775124	0.802175089	
43	0.015709	0.007477628	-0.99669	1.52E-02	0.87166	0.358246	0.793834	0.454055	4.66	12.26000882	0.453159001	0.79464692	
44	0.016084	0.007656131	-0.99655	1.55E-02	0.86696	0.364746	0.786376	0.462194	4.76	12.00741305	0.461295638	0.787206334	
45	0.016458	0.007834158	-0.9964	1.59E-02	0.86221	0.371201	0.778482	0.470657	4.86	11.75326932	0.469755529	0.779329743	
46	0.016832	0.008012186	-0.99626	1.62E-02	0.85741	0.377611	0.771202	0.478329	4.96	11.52997433	0.477424564	0.772065786	
47	0.017206	0.008190213	-0.99611	1.66E-02	0.85256	0.383979	0.763494	0.486319	5.06	11.30421123	0.485412123	0.76437507	
48	0.01758	0.008368241	-0.99596	1.69E-02	0.84766	0.390308	0.75588	0.494085	5.15	11.09111727	0.493175499	0.756777927	
49	0.017954	0.008546268	-0.99581	1.73E-02	0.84271	0.396598	0.748358	0.501639	5.25	10.88954853	0.500726812	0.749272659	
50	0.018328	0.008724296	-0.99566	1.76E-02	0.838E-01	0.40284	0.740927	0.508992	5.34	10.69850069	0.50807715	0.74185761	
51	0.018702	0.008902323	-0.9955	1.79E-02	0.833E-01	0.409048	0.733098	0.516625	5.44	10.50531651	0.515707433	0.734045844	
52	0.019076	0.00908035	-0.99535	1.83E-02	0.828E-01	0.415211	0.725849	0.523594	5.53	10.33331817	0.522673735	0.726812166	
53	0.01945	0.009258378	-0.99519	1.86E-02	0.822E-01	0.421343	0.718211	0.530838	5.62	10.15877486	0.52991479	0.719190315	
54	0.019824	0.009436405	-0.99503	1.90E-02	0.8173	0.427434	0.710668	0.537896	5.71	9.992709569	0.536969471	0.711663787	
55	0.020198	0.009614433	-0.99487	0.019304	0.81209	0.433486	0.703219	0.544776	5.81	9.834456255	0.543846665	0.704230805	
56	0.020572	0.00979246	-0.99471	0.019642	0.80683	0.439511	0.695862	0.551487	5.90	9.683419924	0.550554596	0.696889637	
57	0.020946	0.009970487	-0.99455	0.019979	0.80153	0.4455	0.688596	0.558036	5.98	9.539067165	0.557100897	0.68963859	

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x''/l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
58	0.02132	0.010148515	-0.99439	0.020315	0.79619	0.451453	0.681418	0.56443	6.07	9.400918197	0.563492664	0.682476018	
59	0.021694	0.010326542	-0.99422	0.020651	0.79081	0.457373	0.673887	0.571063	6.16	9.260448958	0.570121982	0.674960926	
60	0.022068	0.01050457	-0.99405	0.020985	0.78539	0.46326	0.666453	0.577535	6.25	9.126026486	0.576591697	0.667542014	
61	0.022442	0.010682597	-0.99389	0.02132	0.77993	0.469116	0.659542	0.583488	6.34	9.004655832	0.582541221	0.660645726	
62	0.022816	0.010860625	-0.99372	0.021653	0.77443	0.474942	0.652289	0.58967	6.42	8.880800745	0.588720374	0.653408321	
63	0.02319	0.011038652	-0.99355	0.021986	0.76889	0.480739	0.645128	0.595711	6.51	8.761859888	0.594758915	0.646261833	
64	0.023564	0.011216679	-0.99337	0.022318	0.76332	0.486498	0.637643	0.601961	6.60	8.640926617	0.601005684	0.638792167	
65	0.023938	0.011394707	-0.9932	0.022649	0.75771	0.49223	0.630663	0.607731	6.69	8.531135016	0.60677216	0.631827546	
66	0.024312	0.011572734	-9.93E-01	0.022979	0.75206	0.497936	0.623367	0.613704	6.77	8.419270359	0.612742384	0.624546771	
67	0.024686	0.011750762	-0.99285	0.023309	0.74638	0.503607	0.616563	0.619223	6.86	8.317509657	0.618257905	0.617757163	
68	0.02506	0.011928789	-9.93E-01	0.023638	0.74066	0.509254	0.60945	0.62494	6.94	8.213631574	0.623972592	0.610658204	
69	0.025434	0.012106816	-0.99249	0.023966	0.73492	0.514859	0.602427	0.630534	7.03	8.113497299	0.629563252	0.603650111	
70	0.025809	0.01228532	-0.99231	0.024294	0.72914	0.520442	0.595493	0.636008	7.11	8.016886603	0.635034526	0.596731151	
71	0.026183	0.012463347	-0.99213	0.024621	0.72333	0.525994	0.588648	0.641368	7.19	7.923596984	0.640390791	0.589899634	
72	0.026557	0.012641375	-0.99194	0.024947	0.71749	0.531517	0.581515	0.646905	7.28	7.828521638	0.645924427	0.582781635	
73	0.026931	0.012819402	-0.99176	0.025272	0.71162	0.53701	0.574844	0.65204	7.36	7.741488611	0.651057036	0.576124735	
74	0.027305	0.01299743	-0.99157	0.025596	0.70572	0.542476	0.567892	0.657349	7.44	7.652649164	0.656363069	0.569187522	
75	0.027679	0.013175457	-0.99138	0.02592	0.6998	0.547905	0.56103	0.662548	7.53	7.566751122	0.661558402	0.562340481	
76	0.028053	0.013353484	-0.9912	0.026242	0.69386	0.553299	0.554612	0.667374	7.61	7.487942753	0.666381719	0.555935404	
77	0.028427	0.013531512	-0.99101	0.026564	0.6879	0.558659	0.547921	0.672368	7.69	7.4073262	0.671372482	0.54925899	
78	0.028801	0.013709539	-0.99081	0.026885	0.68192	0.563986	0.540971	0.677517	7.77	7.325170179	0.676518184	0.542323147	
79	0.029175	0.013887567	-0.99062	0.027206	0.67595	0.569254	0.534453	0.68231	7.85	7.249557371	0.681307735	0.53581977	
80	0.029549	0.014065594	-0.99043	2.75E-02	0.67	0.574456	0.528018	0.687009	7.93	7.17619718	0.686004178	0.529398268	
81	0.029923	0.014243621	-0.99023	2.78E-02	0.66403	0.579629	0.521331	0.691859	8.02	7.10128861	0.690850523	0.522725555	
82	0.030297	0.014421649	-0.99003	2.82E-02	0.65775	0.585021	0.514732	0.696612	8.10	7.028634565	0.695600379	0.516140113	
83	0.030671	0.014599676	-0.98983	2.85E-02	0.65073	0.590991	0.508218	0.701272	8.18	6.958123756	0.700256922	0.509640243	
84	0.031045	0.014777704	-0.98963	2.88E-02	0.64319	0.597336	0.501788	0.705841	8.26	6.889652438	0.704823179	0.503224286	
85	0.031419	0.014955731	-0.98943	2.91E-02	0.63563	0.603631	0.495441	0.710324	8.34	6.823123768	0.70930203	0.49689063	
86	0.031793	0.015133759	-0.98922	2.94E-02	0.62813	0.609811	0.488863	0.714939	8.42	6.755260472	0.713913758	0.490327146	
87	0.032167	0.015311786	-0.98901	2.97E-02	0.62067	0.615898	0.482372	0.719463	8.50	6.689341276	0.718435182	0.483850889	
88	0.032541	0.015489813	-0.9888	3.00E-02	0.61326	0.621884	0.475968	0.723901	8.58	6.625274713	0.72286919	0.477460134	
89	0.032915	0.015667841	-0.98858	3.03E-02	0.60589	0.627782	0.469348	0.728459	8.67	6.560051282	0.727423583	0.470854931	
90	0.033289	0.015845868	-0.98837	3.06E-02	0.59857	0.633585	0.463113	0.732725	8.75	6.499517186	0.731687058	0.46463405	
91	0.033663	0.016023896	-0.98815	3.10E-02	0.5913	0.639296	0.456668	0.73711	8.83	6.437824392	0.736068432	0.458203263	
92	0.034037	0.016201923	-0.98793	3.13E-02	0.58408	0.644919	0.45031	0.741411	8.91	6.377816133	0.740365414	0.451859054	
93	0.034411	0.01637995	-0.9877	3.16E-02	0.57691	0.650454	0.443754	0.745819	9.00	6.31679931	0.744770328	0.445317158	

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg θ	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
94	0.034785	0.0165557978	-0.98748	3.18E-02	0.56981	0.655889	0.437567	0.749955	9.08	6.260006158	0.748902742	0.439144683	
95	0.035159	0.016736005	-0.98725	3.21E-02	0.56278	0.661226	0.431187	0.754197	9.16	6.202200436	0.753140968	0.432778682	
96	0.035533	0.016914033	-0.98702	3.24E-02	0.55582	0.666468	0.424894	0.758358	9.24	6.145928273	0.757297922	0.426499858	
97	0.035908	0.017092536	-0.98678	3.27E-02	0.54897	0.671588	0.418418	0.762615	9.33	6.088772134	0.761551664	0.420039063	
98	0.036282	0.017270564	-0.98655	3.30E-02	0.54224	0.67658	0.412298	0.766617	9.41	6.035429879	0.765550192	0.413932903	
99	0.036656	0.017448591	-0.98631	3.33E-02	0.53546	0.681572	0.406	0.770714	9.49	5.981198253	0.769643706	0.407648566	
100	0.03703	0.017626618	-0.98607	3.36E-02	0.52792	0.687081	0.399788	0.774733	9.57	5.928364694	0.773659124	0.401451559	
101	0.037404	0.017804646	-0.98583	3.39E-02	0.51978	0.692979	0.393663	0.778677	9.66	5.876869829	0.777598819	0.395340077	
102	0.038987	0.0185558168	-0.98479	3.51E-02	0.49672	0.709422	0.368066	0.794943	10.01	5.667894284	0.793849264	0.369803346	
103	0.040703	0.019375	-0.98362	3.63E-02	0.47083	0.727441	0.340988	0.811795	10.38	5.45683928	0.810684281	0.342790996	
104	0.042561	0.020259425	-0.98231	3.77E-02	0.44509	0.744923	0.312632	0.829076	10.79	5.245644596	0.827946311	0.314504906	
105	0.044573	0.021217155	-0.98085	3.90E-02	0.41935	0.762004	0.283229	0.846623	11.23	5.036077587	0.845472395	0.28517643	
106	0.046753	0.022254855	-0.97922	4.05E-02	0.39827	0.775713	0.25285	0.864379	11.70	4.828480347	0.863204614	0.254877794	
107	0.049114	0.023378713	-0.97744	4.20E-02	0.38109	0.786708	0.222293	0.881877	12.19	4.627739485	0.88067876	0.224404922	
108	0.051671	0.024595868	-0.9755	4.37E-02	0.36263	0.798355	0.191732	0.899037	12.71	4.434102361	0.897812704	0.193932348	
109	0.054441	0.025914414	-0.97338	4.55E-02	0.34241	0.810919	0.161204	0.915858	13.25	4.246909748	0.914606067	0.163495743	
110	0.057441	0.027342441	-0.97107	4.74E-02	0.32043	0.82436	0.13091	0.93225	13.82	4.066542322	0.930968332	0.133297965	
111	0.06069	0.0288888995	-0.96854	4.94E-02	0.29643	0.838791	0.100811	0.948256	14.41	3.891939498	0.946942606	0.103299701	
112	0.064209	0.030564071	-0.96576	5.16E-02	0.27018	0.854295	0.070935	0.96388	15.04	3.722520421	0.962533231	0.07352978	
113	0.068021	0.032378618	-0.96272	5.39E-02	0.24182	0.870735	0.041545	0.979007	15.69	3.559039994	0.977624519	0.0442503	
114	0.072149	0.034343583	-0.95937	5.63E-02	0.21151	0.88797	0.012532	0.993714	16.39	3.400200254	0.992293322	0.015353962	
115	0.076621	0.036472296	-0.95568	5.88E-02	0.17954	0.905792	-0.015966	1.007951	17.12	3.246113676	1.006489659	-0.013021434	
116	0.081464	0.038777609	-0.95161	6.15E-02	0.14621	0.924008	-0.043869	1.021699	17.90	3.096596858	1.02019408	-0.040795961	
117	0.086709	0.041274276	-0.94712	6.42E-02	0.11606	0.940181	-0.071073	1.034926	18.72	2.951636862	1.033375021	-0.067863935	
118	0.092391	0.04397896	-0.9422	6.70E-02	0.088794	0.954571	-0.097311	1.047526	19.58	2.812109359	1.04592556	-0.093960277	
119	0.098545	0.046908321	-0.93682	7.00E-02	0.060896	0.969074	-0.122482	1.059472	20.48	2.678068693	1.057820234	-0.118983647	
120	0.10521	0.050080922	-0.93093	7.31E-02	0.032928	0.983398	-0.146583	1.070786	21.42	2.549112678	1.069079324	-0.142930601	
121	0.11243	0.053517708	-0.92448	7.64E-02	0.00506	0.997467	-0.169594	1.081478	22.41	2.42498931	1.079713606	-0.165781471	
122	0.12025	0.057240099	-0.91742	7.97E-02	-0.022342	1.011109	-0.19149	1.091554	23.45	2.30553722	1.089729905	-0.187511266	
123	0.12872	0.061271896	-0.90968	8.32E-02	-0.048745	1.024083	-0.2123	1.101045	24.54	2.19036445	1.099157442	-0.208147083	
124	0.13789	0.0656369	-0.90122	8.67E-02	-0.072704	1.035714	-0.231966	1.10994	25.68	2.079601505	1.10798568	-0.227632266	
125	0.14783	0.070368431	-0.89197	9.03E-02	-0.091847	1.044915	-0.250514	1.118264	26.88	1.972972068	1.116240554	-0.245992974	
126	0.15859	0.075490289	-0.88192	9.42E-02	-0.10982	1.05348	-0.267867	1.125996	28.13	1.870856342	1.123900934	-0.26315331	
127	0.17024	0.081035796	-0.87098	9.82E-02	-0.1295	1.062779	-0.284112	1.133187	29.43	1.772740192	1.131016866	-0.279199151	
128	0.18287	0.087047791	-0.85909	1.02E-01	-0.14999	1.072376	-0.299276	1.139858	30.79	1.678485326	1.137610683	-0.294158067	
129	0.19654	0.093554836	-0.84613	1.07E-01	-0.17158	1.082395	-0.313453	1.14606	32.21	1.587555719	1.143732354	-0.308123699	

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x'l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
130	0.21135	0.100604532	-0.832	1.11E-01	-0.19294	1.092218	-0.326692	1.151821	33.70	1.499705385	1.149410181	-0.321143764	
131	0.22739	0.108239718	-0.81659	1.16E-01	-0.2135	1.10159	-0.339038	1.157168	35.26	1.414699149	1.154671166	-0.333265501	
132	0.24477	0.116512757	-0.79977	1.20E-01	-0.23001	1.109058	-0.350544	1.162129	36.89	1.332269334	1.159543336	-0.344540749	
133	0.26358	0.125466489	-0.78147	0.12442	-0.23986	1.11349	-0.361218	1.166713	38.60	1.252470545	1.164035542	-0.354978744	
134	0.28397	0.135172315	-0.7616	0.12896	-0.24783	1.117063	-0.371091	1.170936	40.39	1.175222666	1.168165572	-0.364610804	
135	0.30604	0.145677837	-0.74003	0.13368	-0.25597	1.120701	-0.380213	1.174825	42.27	1.10029551	1.171958823	-0.373487484	
136	0.32995	0.157059216	-0.71663	0.13857	-0.26441	1.12446	-0.388628	1.1784	44.22	1.027494961	1.175437374	-0.38165302	
137	0.35585	0.169387852	-0.69123	0.14362	-0.27322	1.128371	-0.396385	1.181687	46.27	0.956541227	1.178625643	-0.389158407	
138	0.3839	0.182739909	-0.66367	0.14884	-0.28261	1.132524	-0.403523	1.184704	48.42	0.887229126	1.181542539	-0.396042772	
139	0.41428	0.197201066	-0.63376	0.15423	-0.29241	1.136842	-0.410081	1.187468	50.67	0.819309155	1.184206919	-0.402346028	
140	0.44719	0.212866527	-0.60133	0.15978	-0.30369	1.141792	-0.416088	1.189995	53.03	0.752602528	1.186632861	-0.408097547	
141	0.48283	0.229831493	-0.5661	0.16515	-0.31585	1.147105	-0.421582	1.192301	55.52	0.686734056	1.188839171	-0.413338574	
142	0.52143	0.248205446	-0.5278	0.17003	-0.32453	1.150882	-0.42659	1.1944	58.14	0.621402708	1.1908386	-0.418096572	
143	0.56325	0.268112148	-0.48625	0.17472	-0.32874	1.15271	-0.43112	1.196294	60.91	0.556464884	1.192636656	-0.422382194	
144	0.60853	0.289665842	-0.44121	0.17942	-0.33185	1.154058	-0.435184	1.197992	63.82	0.491651537	1.194240423	-0.426210189	
145	0.65759	0.31301885	-0.39237	0.18397	-0.33497	1.155409	-0.438792	1.199497	66.90	0.426578401	1.195656438	-0.429594319	
146	0.71071	0.338304455	-0.33941	0.18814	-0.33721	1.156378	-0.441946	1.20081	70.16	0.36082936	1.196887404	-0.432539459	
147	0.76826	0.365698781	-0.28199	0.19188	-0.33774	1.156607	-0.444635	1.20193	73.62	0.293917972	1.197932051	-0.435041199	
148	0.83058	0.395363671	-0.21974	0.19511	-0.33722	1.156382	-0.446839	1.202846	77.31	0.22524534	1.198784199	-0.437083556	
149	0.89809	0.427499048	-0.15229	0.19767	-0.33468	1.155284	-0.448517	1.203544	81.24	0.154087297	1.199430576	-0.438633707	
150	0.9712	0.462300076	-0.07919	0.19937	-0.3314	1.153863	-0.449605	1.203996	85.46	0.079439476	1.199848574	-0.439636599	
151	1.0504	0.5	0	0.2	-0.32415	1.150717	-0.45	1.204159	90.00	6.12574E-17	1.2	-0.44	
152	1.1296	0.537699924	0.07919	0.19937	-0.31469	1.146599	-0.449605	1.203996	94.54	-0.079439476	1.199848574	-0.439636599	
153	1.2027	0.572496192	0.15229	0.19767	-0.30585	1.142738	-0.448517	1.203544	98.76	-0.154087297	1.199430576	-0.438633707	
154	1.2702	0.604626809	0.21974	0.19511	-0.29627	1.138539	-0.446839	1.202846	102.69	-0.22524534	1.198784199	-0.437083556	
155	1.3325	0.634282178	0.28199	0.19188	-0.28703	1.134473	-0.444635	1.20193	106.38	-0.293917972	1.197932051	-0.435041199	
156	1.3901	0.661700305	0.33941	0.18814	-0.27783	1.130411	-0.441946	1.20081	109.84	-0.36082936	1.196887404	-0.432539459	
157	1.4432	0.68697639	0.39237	0.18397	-0.26915	1.126566	-0.438792	1.199497	113.10	-0.426578401	1.195656438	-0.429594319	
158	1.4923	0.710348439	0.44121	0.17942	-0.26077	1.12284	-0.435184	1.197992	116.18	-0.491651537	1.194240423	-0.426210189	
159	1.5375	0.731864052	0.48625	0.17472	-0.25295	1.119352	-0.43112	1.196294	119.09	-0.556464884	1.192636656	-0.422382194	
160	1.5794	0.751808835	0.5278	0.17003	-0.24576	1.116136	-0.42659	1.1944	121.86	-0.621402708	1.1908386	-0.418096572	
161	1.618	0.770182788	0.5661	0.16515	-0.23931	1.113243	-0.421582	1.192301	124.48	-0.686734056	1.188839171	-0.413338574	
162	1.6536	0.787128713	0.60133	0.15978	-0.2333	1.11054	-0.416088	1.189995	126.97	-0.752602528	1.186632861	-0.408097547	
163	1.6865	0.802789414	0.63376	0.15423	-0.22771	1.108021	-0.410081	1.187468	129.33	-0.819309155	1.184206919	-0.402346028	
164	1.7169	0.817260091	0.66367	0.14884	-0.2227	1.105758	-0.403523	1.184704	131.58	-0.887229126	1.181542539	-0.396042772	
165	1.7449	0.830588347	0.69123	0.14362	-0.21825	1.103744	-0.396385	1.181687	133.73	-0.956541227	1.178625643	-0.389158407	

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x'l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
166	166	1.7708	0.842916984	0.71663	0.13857	-0.2143	1.101953	-0.388628	1.1784	135.78	-1.027494961	1.175437374	-0.38165302
167	167	1.7948	0.854341203	0.74003	0.13368	-0.21081	1.100368	-0.380213	1.174825	137.73	-1.10029551	1.171958823	-0.373487484
168	168	1.8168	0.864813404	0.7616	0.12896	-0.20771	1.098959	-0.371091	1.170936	139.61	-1.175222666	1.168165572	-0.364610804
169	169	1.8372	0.874523991	0.78147	0.12442	-0.20498	1.097716	-0.361218	1.166713	141.40	-1.252470545	1.164035542	-0.354978744
170	170	1.856	0.883472963	0.79977	0.12006	-0.20256	1.096613	-0.350544	1.162129	143.11	-1.332269334	1.159543336	-0.344540749
171	171	1.8734	0.891755522	0.81659	0.1157	-0.20037	1.095614	-0.339038	1.157168	144.74	-1.414699149	1.154671166	-0.333265501
172	172	1.8894	0.899371668	0.832	0.11124	-0.19843	1.094728	-0.326692	1.151821	146.30	-1.499705385	1.149410181	-0.321143764
173	173	1.9043	0.906464204	0.84613	0.10679	-0.19673	1.093952	-0.313453	1.14606	147.79	-1.587555719	1.143732354	-0.308123699
174	174	1.9179	0.912937928	0.85909	0.10243	-0.19524	1.09327	-0.299276	1.139858	149.21	-1.678485326	1.137610683	-0.294158067
175	175	1.9305	0.918935644	0.87098	0.098213	-0.19393	1.092671	-0.284112	1.133187	150.57	-1.772740192	1.131016866	-0.279199151
176	176	1.9422	0.92450495	0.88192	0.094171	-0.19279	1.092149	-0.267867	1.125996	151.87	-1.870856342	1.123900934	-0.26315331
177	177	1.953	0.929645849	0.89197	0.090328	-0.19178	1.091687	-0.250514	1.118264	153.12	-1.972972068	1.116240554	-0.245992974
178	178	1.9629	0.93435834	0.90122	0.086693	-0.19086	1.091265	-0.231966	1.10994	154.32	-2.079601505	1.10798568	-0.227632266
179	179	1.9721	0.938737624	0.90968	0.083169	-0.18996	1.090853	-0.2123	1.101045	155.46	-2.19036445	1.099157442	-0.208147083
180	180	1.9805	0.942736101	0.91742	0.079717	-0.18911	1.090463	-0.19149	1.091554	156.55	-2.30553722	1.089729905	-0.187511266
181	181	1.9884	0.946496573	0.92448	0.076361	-0.18834	1.09011	-0.169594	1.081478	157.59	-2.42498931	1.079713606	-0.165781471
182	182	1.9956	0.949923839	0.93093	0.073118	-0.18763	1.089784	-0.146583	1.070786	158.58	-2.549112678	1.069079324	-0.142930601
183	183	2.0022	0.953065499	0.93682	0.07	-0.18698	1.089486	-0.122482	1.059472	159.52	-2.678068693	1.057820234	-0.118983647
184	184	2.0084	0.956016756	0.9422	0.067015	-0.18639	1.089215	-0.097311	1.047526	160.42	-2.812109359	1.04592556	-0.093960277
185	185	2.0141	0.958730008	0.94712	0.06417	-0.18585	1.088967	-0.071073	1.034926	161.28	-2.951636862	1.033375021	-0.067863935
186	186	2.0193	0.961205255	0.95161	0.06146	-0.18533	1.088729	-0.043869	1.021699	162.10	-3.096596858	1.02019408	-0.040795961
187	187	2.0242	0.9635377	0.95568	0.058836	-0.18482	1.088494	-0.015966	1.007951	162.88	-3.246113676	1.006489659	-0.013021434
188	188	2.0286	0.96563214	0.95937	0.056307	-0.18439	1.088297	0.012532	0.993714	163.61	-3.400200254	0.992293322	0.015353962
189	189	2.0328	0.967631379	0.96272	0.05389	-0.18402	1.088127	0.041545	0.979007	164.31	-3.559039994	0.977624519	0.0442503
190	190	2.0366	0.969440213	0.96576	0.051595	-0.18372	1.087989	0.070935	0.96388	164.96	-3.722520421	0.962533231	0.07352978
191	191	2.0401	0.971106245	0.96854	0.049429	-0.18346	1.087869	0.100811	0.948256	165.59	-3.891939498	0.946942606	0.103299701
192	192	2.0434	0.972677075	0.97107	0.047392	-0.18325	1.087773	0.13091	0.93225	166.18	-4.066542322	0.930968332	0.133297965
193	193	2.0464	0.974105103	0.97338	0.045483	-0.18307	1.08769	0.161204	0.915858	166.75	-4.246909748	0.914606067	0.163495743
194	194	2.0491	0.975390327	0.9755	0.043699	-0.18291	1.087617	0.191732	0.899037	167.29	-4.434102361	0.897812704	0.193932348
195	195	2.0517	0.976627951	0.97744	0.042034	-0.18276	1.087548	0.222293	0.881877	167.81	-4.627739485	0.88067876	0.224404922
196	196	2.054	0.977722772	0.97922	0.040484	-0.18263	1.087488	0.25285	0.864379	168.30	-4.828480347	0.863204614	0.254877794
197	197	2.0562	0.978769992	0.98085	0.039036	-0.18247	1.087414	0.283229	0.846623	168.77	-5.036077587	0.845472395	0.28517643
198	198	2.0582	0.979722011	0.98231	0.037653	-0.18226	1.087318	0.312632	0.829076	169.21	-5.245644596	0.827946311	0.314504906
199	199	2.0601	0.980626428	0.98362	0.036333	-0.18204	1.087217	0.340988	0.811795	169.62	-5.45683928	0.810684281	0.342790996
200	200	2.0618	0.981435644	0.98479	0.035078	-0.18174	1.087079	0.368066	0.794943	169.99	-5.667894284	0.793849264	0.369803346
201	201	2.0634	0.982197258	0.98583	0.033886	-0.18135	1.086899	0.393663	0.778677	170.34	-5.876869829	0.777598819	0.395340077

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
202	2.0638	0.982387662	0.98607	0.0336	-0.1812	1.08683	0.399788	0.774733	170.43	-5.928364694	0.773659124	0.401451559	
203	2.0641	0.982530465	0.98631	0.033313	-0.18101	1.086743	0.406	0.770714	170.51	-5.981198253	0.769643706	0.407648566	
204	2.0645	0.982720868	0.98655	0.033023	-0.18082	1.086655	0.412298	0.766617	170.59	-6.035429879	0.765550192	0.413932903	
205	2.0649	0.982911272	0.98678	0.032732	-0.18062	1.086563	0.418418	0.762615	170.67	-6.088772134	0.761551664	0.420039063	
206	2.0653	0.983101676	0.98702	0.032439	-0.18042	1.086471	0.424894	0.758358	170.76	-6.145928273	0.757297922	0.426499858	
207	2.0656	0.983244478	0.98725	0.032145	-0.18022	1.086379	0.431187	0.754197	170.84	-6.202200436	0.753140968	0.432778682	
208	2.066	0.983434882	0.98748	0.031849	-0.18001	1.086283	0.437567	0.749955	170.92	-6.260006158	0.748902742	0.439144683	
209	2.0664	0.983625286	0.9877	0.031551	-0.1798	1.086186	0.443754	0.745819	171.00	-6.31679931	0.744770328	0.445317158	
210	2.0668	0.983815689	0.98793	0.031251	-0.17958	1.086085	0.45031	0.741411	171.09	-6.377816133	0.740365414	0.451859054	
211	2.0671	0.983958492	0.98815	0.03095	-0.17937	1.085988	0.456668	0.73711	171.17	-6.437824392	0.736068432	0.458203263	
212	2.0675	0.984148896	0.98837	0.030647	-0.17915	1.085887	0.463113	0.732725	171.25	-6.499517186	0.731687058	0.46463405	
213	2.0679	0.984339299	0.98858	0.030342	-0.17893	1.085785	0.469348	0.728459	171.33	-6.560051282	0.727423583	0.470854931	
214	2.0683	0.984529703	0.9888	0.030036	-0.17871	1.085684	0.475968	0.723901	171.42	-6.625274713	0.72286919	0.477460134	
215	2.0686	0.984672506	0.98901	0.029728	-0.17849	1.085583	0.482372	0.719463	171.50	-6.689341276	0.718435182	0.483850889	
216	2.069	0.984862909	0.98922	0.029418	-0.17827	1.085481	0.488863	0.714939	171.58	-6.755260472	0.713913758	0.490327146	
217	2.0694	0.985053313	0.98943	0.029106	-0.17805	1.08538	0.495441	0.710324	171.66	-6.823123768	0.70930203	0.49689063	
218	2.0697	0.985196116	0.98963	0.028793	-0.17783	1.085279	0.501788	0.705841	171.74	-6.889652438	0.704823179	0.503224286	
219	2.0701	0.985386519	0.98983	0.028478	-0.17761	1.085177	0.508218	0.701272	171.82	-6.958123756	0.700256922	0.509640243	
220	2.0705	0.985576923	0.99003	0.028161	-0.17739	1.085076	0.514732	0.696612	171.90	-7.028634565	0.695600379	0.516140113	
221	2.0709	0.985767327	0.99023	0.027844	-0.17718	1.084979	0.521331	0.691859	171.98	-7.10128861	0.690850523	0.522725555	
222	2.0712	0.985910129	0.99043	0.027525	-0.17698	1.084887	0.528018	0.687009	172.07	-7.17619718	0.686004178	0.529398268	
223	2.0716	0.986100533	0.99062	0.027206	-0.17677	1.08479	0.534453	0.68231	172.15	-7.249557371	0.681307735	0.53581977	
224	2.072	0.986290937	0.99081	0.026885	-0.17657	1.084698	0.540971	0.677517	172.23	-7.325170179	0.676518184	0.542323147	
225	2.0724	0.98648134	0.99101	0.026564	-0.17636	1.084601	0.547921	0.672368	172.31	-7.4073262	0.671372482	0.54925899	
226	2.0727	0.986624143	0.9912	0.026242	-0.17616	1.084509	0.554612	0.667374	172.39	-7.487942753	0.666381719	0.555935404	
227	2.0731	0.986814547	0.99138	0.02592	-0.17595	1.084412	0.56103	0.662548	172.47	-7.566751122	0.661558402	0.562340481	
228	2.0735	0.98700495	0.99157	0.025596	-0.17574	1.084315	0.567892	0.657349	172.56	-7.652649164	0.656363069	0.569187522	
229	2.0739	0.987195354	0.99176	0.025272	-0.17554	1.084223	0.574844	0.65204	172.64	-7.741488611	0.651057036	0.576124735	
230	2.0742	0.987338157	0.99194	0.024947	-0.17533	1.084126	0.581515	0.646905	172.72	-7.828521638	0.645924427	0.582781635	
231	2.0746	0.987528561	0.99213	0.024621	-0.17513	1.084034	0.588648	0.641368	172.81	-7.923596984	0.640390791	0.589899634	
232	2.075	0.987718964	0.99231	0.024294	-0.17492	1.083937	0.595493	0.636008	172.89	-8.016886603	0.635034526	0.596731151	
233	2.0754	0.987909368	0.99249	0.023966	-0.17472	1.083845	0.602427	0.630534	172.97	-8.113497299	0.629563252	0.603650111	
234	2.0757	0.988052171	0.99267	0.023638	-0.17451	1.083748	0.60945	0.62494	173.06	-8.213631574	0.623972592	0.610658204	
235	2.0761	0.988242574	0.99285	0.023309	-0.17431	1.083656	0.616563	0.619223	173.14	-8.317509657	0.618257905	0.617757163	
236	2.0765	0.988432978	0.99302	0.022979	-0.17411	1.083564	0.623367	0.613704	173.23	-8.419270359	0.612742384	0.624546771	
237	2.0769	0.988623382	0.9932	0.022649	-0.1739	1.083467	0.630663	0.607731	173.31	-8.531135016	0.60677216	0.631827546	

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
238	2.0772	0.988766184	0.99337	0.022318	-0.1737	1.083374	0.637643	0.601961	173.40	-8.640926617	0.601005684	0.638792167	
239	2.0776	0.988956588	0.99355	0.021986	-0.17349	1.083277	0.645128	0.595711	173.49	-8.761859888	0.594758915	0.646261833	
240	2.078	0.989146992	0.99372	0.021653	-0.17329	1.083185	0.652289	0.58967	173.58	-8.880800745	0.588720374	0.653408321	
241	2.0784	0.989337395	0.99389	0.02132	-0.17309	1.083093	0.659542	0.583488	173.66	-9.004655832	0.582541221	0.660645726	
242	2.0787	0.989480198	0.99405	0.020985	-0.17288	1.082996	0.666453	0.577535	173.75	-9.126026486	0.576591697	0.667542014	
243	2.0791	0.989670602	0.99422	0.020651	-0.17268	1.082904	0.673887	0.571063	173.84	-9.260448958	0.570121982	0.674960926	
244	2.0795	0.989861005	0.99439	0.020315	-0.17248	1.082811	0.681418	0.56443	173.93	-9.400918197	0.563492664	0.682476018	
245	2.0798	0.990003808	0.99455	0.019979	-0.17228	1.082719	0.688596	0.558036	174.02	-9.539067165	0.557100897	0.68963859	
246	2.0802	0.990194212	0.99471	0.019642	-0.17207	1.082622	0.695862	0.551487	174.10	-9.683419924	0.550554596	0.696889637	
247	2.0806	0.990384615	0.99487	0.019304	-0.17187	1.082529	0.703219	0.544776	174.19	-9.834456255	0.543846665	0.704230805	
248	2.081	0.990575019	0.99503	0.018966	-0.17167	1.082437	0.710668	0.537896	174.29	-9.992709569	0.536969471	0.711663787	
249	2.0813	0.990717822	0.99519	0.018627	-0.17147	1.082345	0.718211	0.530838	174.38	-10.15877486	0.52991479	0.719190315	
250	2.0817	0.990908225	0.99535	0.018287	-0.17126	1.082248	0.725849	0.523594	174.47	-10.33331817	0.522673735	0.726812166	
251	2.0821	0.991098629	0.9955	0.017947	-0.17106	1.082155	0.733098	0.516625	174.56	-10.50531651	0.515707433	0.734045844	
252	2.0825	0.991289033	0.99566	0.017606	-0.17086	1.082063	0.740927	0.508992	174.66	-10.69850069	0.50807715	0.74185761	
253	2.0828	0.991431835	0.99581	0.017264	-0.17066	1.08197	0.748358	0.501639	174.75	-10.88954853	0.500726812	0.749272659	
254	2.0832	0.991622239	0.99596	0.016922	-0.17046	1.081878	0.75588	0.494085	174.85	-11.09111727	0.493175499	0.756777927	
255	2.0836	0.991812643	0.99611	0.016579	-0.17025	1.081781	0.763494	0.486319	174.94	-11.30421123	0.485412123	0.76437507	
256	2.084	0.992003046	0.99626	0.016236	-0.17005	1.081688	0.771202	0.478329	175.04	-11.52997433	0.477424564	0.772065786	
257	2.0843	0.992145849	0.9964	0.015891	-0.16985	1.081596	0.778482	0.470657	175.14	-11.75326932	0.469755529	0.779329743	
258	2.0847	0.992336253	0.99655	0.015547	-0.16965	1.081504	0.786376	0.462194	175.24	-12.00741305	0.461295638	0.787206334	
259	2.0851	0.992526657	0.99669	0.015201	-0.16945	1.081411	0.793834	0.454055	175.34	-12.26000882	0.453159001	0.79464692	
260	2.0855	0.992717106	0.99683	0.014855	-0.16924	1.081314	0.801379	0.445669	175.44	-12.5291302	0.444775124	0.802175089	
261	2.0858	0.992859863	0.99697	0.014509	-0.16904	1.081222	0.809015	0.437019	175.54	-12.81666419	0.436127968	0.809792396	
262	2.0862	0.993050267	0.99711	0.014161	-0.16884	1.081129	0.816741	0.428088	175.64	-13.12481399	0.42719968	0.817500433	
263	2.0866	0.99324067	0.99725	0.013814	-0.16864	1.081037	0.82456	0.418856	175.75	-13.45617056	0.417970295	0.825300832	
264	2.087	0.993431074	0.99739	0.013465	-0.16843	1.080939	0.832473	0.4093	175.86	-13.81380498	0.408417357	0.833195262	
265	2.0873	0.993573877	0.99752	0.013116	-0.16823	1.080847	0.839908	0.400115	175.96	-14.17262197	0.3992349	0.840611495	
266	2.0877	0.99376428	0.99765	0.012767	-0.16803	1.080754	0.847427	0.390607	176.07	-14.56077785	0.389728519	0.848111681	
267	2.0881	0.993954684	0.99779	0.012417	-0.16782	1.080657	0.85562	0.379974	176.19	-15.0164783	0.379098485	0.856284339	
268	2.0885	0.994145088	0.99792	0.012066	-0.16762	1.080565	0.863319	0.369704	176.30	-15.48014456	0.368831251	0.863963509	
269	2.0888	0.99428789	0.99804	0.011715	-0.16742	1.080472	0.870505	0.359855	176.41	-15.94842582	0.358984036	0.871130462	
270	2.0892	0.994478294	0.99817	0.011363	-0.16721	1.080375	0.878376	0.348746	176.53	-16.50679474	0.347877664	0.878981131	
271	2.0896	0.994668698	0.9983	0.01101	-0.16701	1.080282	0.88634	0.337134	176.66	-17.1279847	0.336268852	0.886923259	
272	2.0899	0.9948115	0.99842	0.010658	-0.1668	1.080185	0.893775	0.325922	176.78	-17.76811453	0.325058425	0.89433702	
273	2.0903	0.995001904	0.99854	0.010304	-0.1666	1.080093	0.901291	0.31418	176.90	-18.4855602	0.313318731	0.901831373	

No	Ansys 5.4								S. Goldstein			
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip		Slip		0	cotg 0	u / U
		Cp	u / U	Cp	u/U	0	cotg 0	u / U	Cp			
274	2.0907	0.995192308	0.99866	0.00995	-0.16639	1.079995	0.90889	0.301844	177.03	-19.29726654	0.30098565	0.909407638
275	2.0911	0.995382711	0.99878	0.009596	-0.16618	1.079898	0.916573	0.288837	177.17	-20.22587991	0.287980613	0.917067167
276	2.0914	0.995525514	0.9989	0.009241	-0.16598	1.079806	0.924342	0.275059	177.31	-21.30247854	0.274205511	0.924811338
277	2.0918	0.995715918	0.99902	0.008885	-0.16575	1.079699	0.932199	0.260386	177.46	-22.57109222	0.259535041	0.932641563
278	2.0922	0.995906321	0.99913	0.008528	-0.16551	1.079588	0.939479	0.24601	177.61	-23.95751975	0.245160976	0.939896096
279	2.0926	0.996096725	0.99923	0.008168	-0.16526	1.079472	0.946164	0.232027	177.75	-25.46764115	0.231179846	0.946555879
280	2.0929	0.996239528	0.99932	0.007806	-0.16501	1.079356	0.952234	0.218553	177.89	-27.10247595	0.217708168	0.952603153
281	2.0933	0.996429931	0.99941	0.007442	-0.16476	1.07924	0.958358	0.204063	178.03	-29.09824223	0.203219701	0.958701753
282	2.0937	0.996620335	0.99949	0.007076	-0.16453	1.079134	0.963847	0.190139	178.17	-31.29923674	0.189297787	0.964166348
283	2.0941	0.996810739	0.99956	0.006709	-0.16429	1.079023	0.968685	0.17696	178.30	-33.69886781	0.176119485	0.968981927
284	2.0944	0.996953542	0.99962	0.00634	-0.16406	1.078916	0.972859	0.164744	178.42	-36.26347365	0.163905092	0.973135121
285	2.0948	0.997143945	0.99968	0.005971	-0.16384	1.078814	0.977059	0.151462	178.55	-39.51898329	0.150624976	0.977312117
286	2.0952	0.997334349	0.99973	0.0056	-0.16361	1.078708	0.980579	0.13936	178.67	-43.02443359	0.138523367	0.980811277
287	2.0956	0.997524752	0.99978	0.005229	-0.16339	1.078606	0.984117	0.126026	178.80	-47.66526304	0.12519094	0.984327229
288	2.0959	0.997667555	0.99982	0.004857	-0.16318	1.078508	0.986962	0.114182	178.91	-52.69751228	0.113348305	0.987152162
289	2.0963	0.997857959	0.99985	0.004485	-0.16297	1.078411	0.986962	0.10438	179.01	-57.72853153	0.103547078	0.989278003
290	2.0967	0.998048363	0.99988	0.004112	-0.16276	1.078313	0.991255	0.093514	179.11	-64.54391282	0.092682286	0.991409994
291	2.0971	0.998238766	0.99991	0.003739	-0.16256	1.078221	0.993414	0.081154	179.23	-74.530568	0.080323332	0.993548162
292	2.0974	0.998381569	0.99993	0.003365	-0.16235	1.078123	0.994859	0.071703	179.32	-84.51098835	0.070872753	0.994977053
293	2.0978	0.998571973	0.99995	0.002992	-0.16215	1.078031	0.996309	0.060756	179.43	-99.99624996	0.059927382	0.996408709
294	2.0982	0.998762376	0.99996	0.002618	-0.16196	1.077942	0.997036	0.054441	179.49	-111.8000447	0.053613651	0.997125576
295	2.0985	0.998905179	0.99997	0.002244	-0.16177	1.077854	0.997766	0.047269	179.56	-129.0965401	0.046442026	0.997843138
296	2.0989	0.999095583	0.99998	0.00187	-0.16158	1.077766	0.998498	0.038754	179.64	-158.1115113	0.037928941	0.998561395
297	2.0993	0.999285986	0.99999	0.001496	-0.16139	1.077678	0.999236	0.027647	179.74	-223.6051207	0.026826311	0.999280349
298	2.0997	0.99947639	1	0.001122	-0.1612	1.07759	0.9992	0.028277	180.00	-8.16228E+15	7.35089E-16	1
299	2.1	0.999619193	1	0.000748	-0.16102	1.077506	0.999628	0.019287	180.00	-8.16228E+15	7.35089E-16	1
300	2.1004	0.999809596	1	0.000374	-0.16084	1.077423	0.999728	0.016492	180.00	-8.16228E+15	7.35089E-16	1
301	2.1008	1	1	0	-0.16067	1.077344	0.999912	0.009381	180.00	-8.16228E+15	7.35089E-16	1

Tabel B.4.3. Data Cp dan kecepatan ellips 3

MODEL = Ellips 3 (L/b=10/1)  
 a = 1  
 b = 0.1  
 JML. ELEMEN = 47040  
 ALIRAN LAMINAR  
 JML. ITERASI 569  
 TERM. CRIT 0.001  
 $\rho$  999 kg/m<sup>3</sup>  
 $\mu$  0.00113788098  
 $\nu$  1.13902E-06  
 kecepatan 0.001 m/det

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	viscou flow		Inviscid flow		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
1	0	0		-1	0.00E+00	1.0004	0.02	0.99865	6.51E-06	0.00	23726566.5	4.63615E-07	1
2	0.00012	5.9248E-05		-1	1.20E-04	1.0006	0.024495	0.99941	6.51E-06	0.00	23726566.5	4.63615E-07	1
3	0.000241	0.000118496		-1	2.41E-04	1.0005	0.022361	0.99848	6.51E-06	0.00	23726566.5	4.63615E-07	1
4	0.000361	0.000177744	-0.99999	3.61E-04	1.0001	0.01	0.99758	0.04919	0.26	223.6051207	0.049144744	0.997584794	
5	0.000482	0.000236992	-0.99999	4.81E-04	0.99937	0.0251	0.99758	0.04919	0.26	223.6051207	0.049144744	0.997584794	
6	0.000602	0.00029624	-0.99998	6.01E-04	0.99839	0.040125	0.995173	0.069478	0.36	158.1115113	0.069432422	0.995179139	
7	0.000722	0.000355488	-0.99997	7.22E-04	0.99713	0.053572	0.992775	0.084999	0.44	129.0965401	0.084953061	0.992782977	
8	0.000843	0.000414736	-0.99996	8.41E-04	0.9956	0.066332	0.990387	0.098044	0.51	111.8000447	0.097998705	0.990396254	
9	0.000963	0.000473979	-0.99995	9.61E-04	0.99381	0.078677	0.988009	0.109504	0.57	99.99624996	0.109458155	0.988018912	
10	0.001083	0.000533222	-0.99994	1.08E-03	0.99176	0.090774	0.98564	0.119833	0.63	91.28298495	0.119787738	0.985650898	
11	0.001204	0.00059248	-0.99992	1.20E-03	0.98945	0.102713	0.98093	0.138094	0.72	79.05219801	0.13804843	0.980942631	
12	0.001324	0.000651737	-0.9999	1.32E-03	0.98689	0.114499	0.976257	0.154088	0.81	70.70537471	0.154042136	0.97627102	
13	0.001445	0.000710995	-0.99989	1.44E-03	0.98409	0.126135	0.973934	0.16145	0.85	67.41442397	0.161403756	0.973948827	
14	0.001565	0.000770204	-0.99987	1.56E-03	0.98106	0.137623	0.969315	0.175171	0.92	62.01132044	0.175124518	0.969331403	
15	0.001685	0.000829462	-0.99985	1.68E-03	0.9778	0.148997	0.964732	0.187797	0.99	57.72853153	0.187750948	0.964749581	
16	0.001806	0.000888719	-0.99982	1.79E-03	0.97431	0.160281	0.957924	0.205125	1.09	52.69751228	0.205078747	0.957942707	
17	0.001926	0.000947977	-0.9998	1.91E-03	0.97062	0.171406	0.953428	0.215805	1.15	49.99249969	0.215758869	0.95344811	
18	0.002046	0.001007186	-0.99977	2.03E-03	0.96673	0.182401	0.946749	0.230762	1.23	46.61719717	0.230715828	0.946770207	
19	0.002167	0.001066444	-0.99975	2.15E-03	0.96263	0.193313	0.942338	0.240129	1.28	44.71297386	0.240082553	0.942360368	

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein			
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	viscou flow		inviscid flow		0	cotg 0	u / U
20						Cp	u / U	Cp	u/U			
20	0.002287	0.001125701	-0.99972	2.26E-03	0.95836	0.204059	0.935784	0.253408	1.36	42.2488381	0.25336179	0.935807804
21	0.002408	0.001184959	-0.99969	2.38E-03	0.9539	0.214709	0.929304	0.265887	1.43	40.15162842	0.265840635	0.929328757
22	0.002528	0.001244217	-0.99966	2.50E-03	0.94927	0.225233	0.922896	0.277676	1.49	38.33846995	0.277629255	0.922921997
23	0.002648	0.001303426	-0.99962	2.61E-03	0.94448	0.235627	0.914462	0.292468	1.58	36.26347365	0.292420894	0.914490021
24	0.002769	0.001362683	-0.99959	2.73E-03	0.93954	0.245886	0.908219	0.302954	1.64	34.91077551	0.302907086	0.908247298
25	0.002889	0.001421941	-0.99956	2.84E-03	0.93445	0.256027	0.902043	0.31298	1.70	33.69886781	0.312932975	0.902072953
26	0.00301	0.001481199	-0.99952	2.96E-03	0.92923	0.266026	0.893914	0.325709	1.78	32.26324111	0.32566097	0.893944933
27	0.00313	0.001540457	-0.99948	3.07E-03	0.92387	0.275917	0.885902	0.337784	1.85	30.99658895	0.337736718	0.88593391
28	0.00325	0.001599665	-0.99944	3.19E-03	0.9184	0.285657	0.878004	0.349279	1.92	29.86816387	0.349231478	0.878037375
29	0.003371	0.001658923	-0.9994	3.30E-03	0.91282	0.295263	0.870218	0.360252	1.98	28.85452145	0.360204258	0.870252892
30	0.003491	0.0017178181	-0.99936	3.41E-03	0.90713	0.304746	0.862542	0.370753	2.05	27.93743152	0.370704609	0.862578093
31	0.003611	0.001777439	-0.99932	3.53E-03	0.90134	0.314102	0.854974	0.380823	2.11	27.10247595	0.380774637	0.855010676
32	0.003732	0.001836697	-0.99927	3.64E-03	0.89546	0.323326	0.845661	0.39286	2.19	26.15686522	0.392811652	0.845699006
33	0.003852	0.001895905	-0.99923	3.75E-03	0.8895	0.332415	0.838326	0.402087	2.25	25.46764115	0.40203842	0.838365109
34	0.003973	0.001955163	-0.99918	3.86E-03	0.88347	0.341365	0.829298	0.413161	2.32	24.67805098	0.413111865	0.829338587
35	0.004093	0.002014421	-0.99914	3.97E-03	0.87737	0.350186	0.822186	0.42168	2.38	24.09658599	0.421630685	0.822227565
36	0.004213	0.002073679	-0.99909	4.08E-03	0.8712	0.358887	0.813431	0.431937	2.44	23.42436047	0.43188738	0.813473291
37	0.004334	0.002132936	-0.99904	4.19E-03	0.86497	0.367464	0.804821	0.44179	2.51	22.80533827	0.441740902	0.804864975
38	0.004454	0.002192145	-0.99899	4.30E-03	0.8587	0.375899	0.796354	0.451271	2.58	22.23285027	0.451221676	0.796398999
39	0.004574	0.002251403	-0.99894	4.41E-03	0.85238	0.384213	0.788026	0.460407	2.64	21.70134203	0.460356536	0.78807186
40	0.004695	0.00231066	-0.99888	4.52E-03	0.84602	0.392403	0.77821	0.470945	2.71	21.11110399	0.470895109	0.778257796
41	0.004815	0.002369918	-0.99883	4.63E-03	0.83963	0.400462	0.770176	0.4794	2.77	20.65431126	0.479349216	0.770224329
42	0.004936	0.002429176	-0.99878	4.73E-03	0.8332	0.408412	0.76227	0.487576	2.83	20.22587991	0.487525139	0.762319239
43	0.005056	0.002488385	-0.99872	4.84E-03	0.82675	0.416233	0.752948	0.497044	2.90	19.74525665	0.496992661	0.752998295
44	0.005176	0.002547642	-0.99866	4.95E-03	0.82028	0.423934	0.743801	0.506161	2.97	19.29726654	0.506109941	0.743852728
45	0.005297	0.0026069	-0.99861	5.05E-03	0.8138	0.431509	0.736309	0.513508	3.02	18.94630318	0.513457059	0.736361848
46	0.005417	0.002666158	-0.99855	5.16E-03	0.8073	0.438976	0.727471	0.522043	3.09	18.54933335	0.521991186	0.727525202
47	0.005538	0.002725416	-0.99849	5.26E-03	0.80079	0.446329	0.718796	0.530287	3.15	18.1762487	0.530235321	0.718850504
48	0.005658	0.002784624	-0.99843	5.37E-03	0.79428	0.453564	0.710277	0.538259	3.21	17.82474499	0.53820689	0.710333344
49	0.005778	0.002843882	-0.99837	5.47E-03	0.78776	0.460695	0.701912	0.545974	3.27	17.49281767	0.545921728	0.701969467
50	0.005899	0.00290314	-0.99831	5.57E-03	0.78125	0.467707	0.693697	0.553447	3.33	17.17871356	0.553394277	0.693754774
51	0.006019	0.002962398	-0.99825	5.68E-03	0.77474	0.474616	0.685626	0.56069	3.39	16.8808917	0.560637755	0.685685307
52	0.006139	0.003021656	-0.99818	5.78E-03	0.76824	0.481415	0.676389	0.568868	3.46	16.55220536	0.568815088	0.676449395
53	0.00626	0.003080864	-0.99812	5.88E-03	0.76175	0.488109	0.66862	0.575656	3.51	16.28519825	0.575602582	0.668681668

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	viscou flow		inviscid flow		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
54	0.00638	0.003140122	-0.99805	5.98E-03	0.75528	0.494692	0.659725	0.583331	3.58	15.98938712	0.583277022	0.659787916	
55	0.006501	0.00319938	-0.99799	6.08E-03	0.74882	0.501179	0.652242	0.58971	3.63	15.74822118	0.589656412	0.652305315	
56	0.006621	0.003258638	-0.99792	6.19E-03	0.74238	0.507563	0.643671	0.596933	3.70	15.48014456	0.596879338	0.643735056	
57	0.006741	0.003317895	-0.99786	6.29E-03	0.73596	0.513848	0.636457	0.602945	3.75	15.26090193	0.602891229	0.636522166	
58	0.006862	0.003377104	-0.99779	6.39E-03	0.72956	0.520038	0.628192	0.609761	3.81	15.0164783	0.609706433	0.628258065	
59	0.006982	0.003436362	-0.99772	6.48E-03	0.72319	0.526127	0.620085	0.616373	3.87	14.78338699	0.616318043	0.62015207	
60	0.007102	0.00349562	-0.99765	6.58E-03	0.71685	0.532118	0.612131	0.622791	3.93	14.56077785	0.62273615	0.612199687	
61	0.007223	0.003554877	-0.99758	6.68E-03	0.71054	0.538015	0.604327	0.629025	3.99	14.34788741	0.628970119	0.60439659	
62	0.007343	0.003614135	-0.99751	6.78E-03	0.70427	0.543811	0.596668	0.635084	4.04	14.14402787	0.635028649	0.596738615	
63	0.007464	0.003673344	-0.99744	6.88E-03	0.69804	0.549509	0.58915	0.640976	4.10	13.94857772	0.640919847	0.58922175	
64	0.007584	0.003732602	-0.99737	6.97E-03	0.69186	0.555104	0.58177	0.646707	4.16	13.76097372	0.646651273	0.581842131	
65	0.007704	0.003791859	-0.9973	7.07E-03	0.68572	0.560607	0.574523	0.652286	4.21	13.58070407	0.652229996	0.574596033	
66	0.007825	0.003851117	-0.99723	7.17E-03	0.67964	0.566004	0.567405	0.657719	4.27	13.40730256	0.65766263	0.567479865	
67	0.007945	0.003910375	-0.99715	7.26E-03	0.67363	0.571288	0.559426	0.663757	4.33	13.21699486	0.663700413	0.559501762	
68	0.008065	0.003969584	-0.99708	7.36E-03	0.66771	0.576446	0.552576	0.668897	4.38	13.05692315	0.668840408	0.552652508	
69	0.008186	0.004028841	-0.997	7.45E-03	0.66184	0.581515	0.544893	0.674616	4.44	12.88087894	0.674558469	0.544970871	
70	0.008306	0.004088099	-0.99693	7.55E-03	0.65595	0.586558	0.538295	0.679488	4.49	12.7325109	0.679430797	0.538373792	
71	0.008427	0.004147357	-0.99685	7.64E-03	0.65004	0.591574	0.530893	0.684914	4.55	12.56903151	0.684855898	0.530972399	
72	0.0086	0.004232897	-0.99675	7.78E-03	0.64239	0.598005	0.521841	0.69149	4.62	12.3732195	0.69143214	0.521921595	
73	0.008791	0.004326558	-0.99662	7.92E-03	0.63433	0.604707	0.510395	0.699718	4.71	12.13175244	0.699659174	0.51047704	
74	0.008999	0.004429028	-0.99649	8.08E-03	0.62589	0.611645	0.499297	0.707604	4.80	11.90380536	0.707544627	0.499380601	
75	0.009227	0.004541146	-0.99634	8.26E-03	0.61703	0.618846	0.486904	0.716307	4.90	11.65600619	0.716247724	0.486989199	
76	0.009476	0.004663845	-0.99618	8.44E-03	0.60775	0.626299	0.474147	0.725157	5.01	11.40791527	0.725097036	0.474234288	
77	0.009749	0.004798061	-0.996	8.65E-03	0.59803	0.634011	0.460335	0.734619	5.13	11.14677088	0.734557799	0.46042484	
78	0.010047	0.004944876	-0.9958	8.87E-03	0.58785	0.641989	0.445621	0.744567	5.25	10.87649508	0.744505075	0.445712194	
79	0.010374	0.005105818	-0.99558	9.11E-03	0.5772	0.650231	0.430153	0.754882	5.39	10.60060025	0.754819854	0.430246989	
80	0.010731	0.005281524	-0.99533	9.37E-03	0.56605	0.658749	0.413427	0.76588	5.54	10.31101189	0.765817372	0.413523753	
81	0.011122	0.005473964	-0.99506	9.65E-03	0.55438	0.667548	0.396305	0.776978	5.70	10.02323271	0.776914444	0.396403946	
82	0.01155	0.005684615	-0.99475	9.95E-03	0.54217	0.676631	0.377754	0.788826	5.87	9.720532558	0.788761018	0.377856056	
83	0.012018	0.005914952	-0.99442	1.03E-02	0.5294	0.686003	0.359196	0.800502	6.06	9.42636909	0.800436331	0.359301681	
84	0.012531	0.006167438	-0.99405	1.06E-02	0.51607	0.695651	0.339715	0.812579	6.25	9.126026486	0.812512371	0.339823647	
85	0.013092	0.006443548	-0.99364	1.10E-02	0.50216	0.705578	0.319604	0.824861	6.47	8.824236496	0.824792707	0.31971699	
86	0.013705	0.006745251	-0.99318	1.14E-02	0.48768	0.715765	0.298697	0.837438	6.70	8.518488035	0.837368814	0.29881347	
87	0.014376	0.0070755	-0.99268	1.19E-02	0.47265	0.726189	0.277737	0.849861	6.94	8.219302239	0.849789751	0.27785738	

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	viscou flow		inviscid flow		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
88	0.015111	0.007437248	-0.99212	1.24E-02	0.45716	0.736777	0.256187	0.862446	7.20	7.918507785	0.862373133	0.25631258	
89	0.015915	0.007832956	-0.99151	1.29E-02	0.44133	0.747442	0.234744	0.874789	7.47	7.625213495	0.874714829	0.234873968	
90	0.016795	0.008266069	-0.99083	1.34E-02	0.42567	0.757846	0.21301	0.887125	7.77	7.333265206	0.887048377	0.213145176	
91	0.017757	0.008739541	-0.99009	1.40E-02	0.40765	0.769643	0.191605	0.899108	8.07	7.050200827	0.899029725	0.191745554	
92	0.01881	0.009257801	-0.98926	1.47E-02	0.38168	0.786333	0.169986	0.911051	8.40	6.768034026	0.910971024	0.170131793	
93	0.019963	0.009825278	-0.98833	1.54E-02	0.3504	0.805978	0.148313	0.922869	8.76	6.48817145	0.922786421	0.148465221	
94	0.021224	0.01044591	-0.98729	1.61E-02	0.31907	0.825185	0.126767	0.93447	9.14	6.212141497	0.934384527	0.126925557	
95	0.022604	0.011125111	-0.98612	1.68E-02	0.28791	0.843854	0.105358	0.945855	9.56	5.939259371	0.945767164	0.105524471	
96	0.024114	0.011868294	-0.98481	1.76E-02	0.25751	0.861679	0.084327	0.956908	10.00	5.671710998	0.956817311	0.084500634	
97	0.025766	0.012681366	-0.98335	1.83E-02	0.22873	0.87822	0.063881	0.967533	10.47	5.411296402	0.967438659	0.064062441	
98	0.027574	0.013571218	-0.98172	1.91E-02	0.20129	0.893706	0.044078	0.977713	10.97	5.157965071	0.977615179	0.044268561	
99	0.029552	0.014544739	-0.97992	1.99E-02	0.17981	0.905643	0.025196	0.987322	11.50	4.914563446	0.987220561	0.025395565	
100	0.031717	0.015610296	-0.97792	2.08E-02	0.16597	0.913252	0.007156	0.996416	12.06	4.679499797	0.996310935	0.007364521	
101	0.034086	0.016776258	-0.97574	2.17E-02	0.15318	0.920228	-0.009704	1.00484	12.65	4.456806866	1.004731186	-0.009484756	
102	0.036679	0.018052466	-0.97335	2.27E-02	0.13867	0.928079	-0.025522	1.012681	13.26	4.244420139	1.012567285	-0.025292506	
103	0.039515	0.019448272	-0.97072	2.38E-02	0.12298	0.936493	-0.040383	1.019992	13.90	4.041066333	1.019873755	-0.040142475	
104	0.042619	0.020975982	-0.96784	2.49E-02	0.1059	0.945569	-0.054246	1.026765	14.57	3.847252186	1.026642382	-0.05399458	
105	0.046016	0.022647898	-0.96467	2.62E-02	0.087517	0.95524	-0.067219	1.033063	15.28	3.661526209	1.03293546	-0.066955664	
106	0.049732	0.024476819	-0.96119	2.75E-02	0.067751	0.96553	-0.079301	1.038894	16.01	3.483995516	1.038761505	-0.079025464	
107	0.053799	0.026478492	-0.95736	2.88E-02	0.047173	0.976129	-0.09056	1.044299	16.79	3.313838395	1.044160695	-0.090271557	
108	0.058249	0.028668668	-0.95314	3.02E-02	0.025344	0.987247	-0.101042	1.049306	17.61	3.150568064	1.04916143	-0.100739706	
109	0.063119	0.031065558	-0.94849	3.17E-02	0.005844	0.997074	-0.110781	1.053936	18.47	2.99390414	1.053785549	-0.110463983	
110	0.068447	0.033687863	-0.94338	3.32E-02	-0.010554	1.005263	-0.119789	1.058201	19.37	2.843955966	1.058044107	-0.119457333	
111	0.074278	0.036557732	-0.93777	3.48E-02	-0.026677	1.013251	-0.128103	1.062122	20.32	2.700507083	1.061958438	-0.127755724	
112	0.080658	0.039697805	-0.93161	3.64E-02	-0.042561	1.021059	-0.135769	1.065725	21.31	2.563174166	1.065554049	-0.135405432	
113	0.08764	0.043134167	-0.92484	3.82E-02	-0.058135	1.028657	-0.142836	1.069035	22.36	2.431509114	1.068857024	-0.142455338	
114	0.095279	0.046893887	-0.91741	3.99E-02	-0.072894	1.035806	-0.149335	1.07207	23.45	2.305378522	1.071884629	-0.148936658	
115	0.10364	0.051008958	-0.90925	4.17E-02	-0.086764	1.04248	-0.15531	1.074854	24.60	2.184382021	1.074659922	-0.154893949	
116	0.11279	0.055512354	-0.90028	4.35E-02	-0.098325	1.04801	-0.160804	1.077406	25.81	2.06812921	1.077204332	-0.160369172	
117	0.1228	0.06043902	-0.89045	4.54E-02	-0.10637	1.051841	-0.165837	1.079739	27.07	1.956684252	1.079528614	-0.165382029	
118	0.13375	0.06582833	-0.87967	4.74E-02	-0.11343	1.055192	-0.170448	1.081872	28.40	1.849660481	1.08165262	-0.169972391	
119	0.14573	0.071724579	-0.86787	4.95E-02	-0.12082	1.058688	-0.174663	1.083819	29.79	1.746950644	1.083589573	-0.174166362	
120	0.15885	0.078181908	-0.85494	5.17E-02	-0.12837	1.062248	-0.17852	1.085596	31.25	1.648150502	1.085357446	-0.178000786	
121	0.1732	0.085244611	-0.84078	5.40E-02	-0.13616	1.065908	-0.182044	1.087219	32.78	1.55303992	1.086969614	-0.181502941	

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	viscou flow		inviscid flow		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
122	0.1889	0.092971749	-0.82526	5.64E-02	-0.14405	1.069603	-0.185267	1.0887	34.39	1.461276034	1.088440497	-0.184702715	
123	0.20609	0.101432228	-0.80826	5.89E-02	-0.15188	1.073257	-0.188212	1.090051	36.07	1.372664137	1.089781047	-0.187622731	
124	0.22489	0.110685107	-0.78963	6.14E-02	-0.15934	1.076727	-0.190901	1.091284	37.85	1.286915734	1.091002766	-0.190287036	
125	0.24546	0.120809135	-0.76921	6.40E-02	-0.16606	1.079843	-0.193356	1.092408	39.72	1.203778924	1.092115625	-0.192716539	
126	0.26798	0.131892903	-0.74685	6.66E-02	-0.17188	1.082534	-0.195593	1.093432	41.68	1.123095307	1.093127559	-0.19492786	
127	0.29261	0.144015159	-0.72235	6.92E-02	-0.17669	1.084753	-0.197631	1.094363	43.75	1.044571406	1.094047457	-0.196939837	
128	0.31957	0.157284182	-0.69553	7.18E-02	-0.1807	1.0866	-0.199485	1.09521	45.93	0.968034586	1.094881942	-0.198766468	
129	0.34907	0.171803327	-0.66615	7.46E-02	-0.18425	1.088233	-0.201169	1.095979	48.23	0.893180624	1.095638336	-0.200423363	
130	0.38135	0.187690718	-0.63399	7.73E-02	-0.18759	1.089766	-0.202695	1.096675	50.65	0.819806269	1.096322076	-0.201922094	
131	0.41667	0.205074318	-0.59878	8.01E-02	-0.19061	1.091151	-0.204075	1.097304	53.22	0.747621265	1.096938671	-0.203274447	
132	0.45532	0.22409686	-0.56023	8.28E-02	-0.19327	1.092369	-0.205319	1.09787	55.93	0.676330931	1.097492769	-0.204490378	
133	0.49761	0.244910916	-0.51802	8.55E-02	-0.19548	1.09338	-0.206434	1.098378	58.80	0.605610327	1.097988331	-0.205578374	
134	0.54389	0.267688749	-0.47182	8.82E-02	-0.19719	1.094162	-0.207427	1.09883	61.85	0.535128425	1.098428381	-0.206544909	
135	0.59453	0.292612462	-0.42124	9.07E-02	-0.19843	1.094728	-0.208302	1.099228	65.09	0.464458205	1.098815448	-0.207395389	
136	0.64994	0.319883847	-0.36588	9.31E-02	-0.19934	1.095144	-0.209063	1.099574	68.54	0.393139492	1.099150911	-0.208132726	
137	0.71058	0.349729304	-0.30528	9.52E-02	-0.20002	1.095454	-0.20971	1.099868	72.22	0.320583828	1.099435178	-0.208757711	
138	0.77693	0.382385077	-0.23896	9.71E-02	-0.20013	1.095504	-0.210239	1.100108	76.17	0.246089353	1.099667071	-0.209267668	
139	0.84953	0.418116941	-0.16637	9.86E-02	-0.1996	1.095263	-0.210642	1.100292	80.42	0.168721403	1.099843465	-0.209655648	
140	0.92898	0.457220199	-0.08693	9.96E-02	-0.19832	1.094678	-0.210904	1.100411	85.01	0.087263365	1.09995812	-0.209907867	
141	1.0159	0.5	0	1.00E-01	-0.19593	1.093586	-0.211	1.100454	90.00	6.12574E-17	1.1	-0.21	
142	1.1028	0.542769958	0.086933	9.96E-02	-0.19287	1.092186	-0.210904	1.100411	94.99	-0.087263365	1.09995812	-0.209907867	
143	1.1823	0.581897825	0.16637	9.86E-02	-0.18948	1.090633	-0.210642	1.100292	99.58	-0.168721403	1.099843465	-0.209655648	
144	1.2549	0.617629688	0.23896	9.71E-02	-0.18563	1.088866	-0.210239	1.100108	103.83	-0.246089353	1.099667071	-0.209267668	
145	1.3212	0.650260852	0.30528	9.52E-02	-0.1815	1.086968	-0.20971	1.099868	107.78	-0.320583828	1.099435178	-0.208757711	
146	1.3819	0.68013584	0.36588	9.31E-02	-0.17716	1.08497	-0.209063	1.099574	111.46	-0.393139492	1.099150911	-0.208132726	
147	1.4373	0.707402303	0.42124	9.07E-02	-0.1727	1.082913	-0.208302	1.099228	114.91	-0.464458205	1.098815448	-0.207395389	
148	1.4879	0.732306329	0.47182	8.82E-02	-0.16818	1.080824	-0.207427	1.09883	118.15	-0.535128425	1.098428381	-0.206544909	
149	1.5342	0.755094005	0.51802	8.55E-02	-0.16366	1.078731	-0.206434	1.098378	121.20	-0.605610327	1.097988331	-0.205578374	
150	1.5765	0.775912984	0.56023	8.28E-02	-0.15918	1.076652	-0.205319	1.09787	124.07	-0.676330931	1.097492769	-0.204490378	
151	1.6152	0.794960134	0.59878	8.01E-02	-0.15479	1.074612	-0.204075	1.097304	126.78	-0.747621265	1.096938671	-0.203274447	
152	1.6505	0.812333891	0.63399	7.73E-02	-0.1505	1.072614	-0.202695	1.096675	129.35	-0.819806269	1.096322076	-0.201922094	
153	1.6828	0.828231125	0.66615	7.46E-02	-0.14633	1.070668	-0.201169	1.095979	131.77	-0.893180624	1.095638336	-0.200423363	
154	1.7123	0.842750271	0.69553	7.18E-02	-0.14233	1.068798	-0.199485	1.09521	134.07	-0.968034586	1.094881942	-0.198766468	
155	1.7392	0.855989763	0.72235	6.92E-02	-0.13854	1.067024	-0.197631	1.094363	136.25	-1.044571406	1.094047457	-0.196939837	

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	viscou flow		inviscid flow		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
156	1.7638	0.868097254	0.74685	6.66E-02	-0.13496	1.065345	-0.195593	1.093432	138.32	-1.123095307	1.093127559	-0.19492786	
157	1.7864	0.879220396	0.76921	6.40E-02	-1.32E-01	1.063757	-0.193356	1.092408	140.28	-1.203778924	1.092115625	-0.192716539	
158	1.8069	0.889309971	0.78963	6.14E-02	-1.28E-01	1.062257	-0.190901	1.091284	142.15	-1.286915734	1.091002766	-0.190287036	
159	1.8257	0.898562851	0.80826	5.89E-02	-1.25E-01	1.060835	-0.188212	1.090051	143.93	-1.372664137	1.089781047	-0.187622731	
160	1.8429	0.907028251	0.82526	5.64E-02	-1.23E-01	1.0595	-0.185267	1.0887	145.61	-1.461276034	1.088440497	-0.184702715	
161	1.8586	0.914755389	0.84078	5.40E-02	-1.20E-01	1.058244	-0.182044	1.087219	147.22	-1.55303992	1.086969614	-0.181502941	
162	1.873	0.921842701	0.85494	5.17E-02	-0.11742	1.057081	-0.17852	1.085596	148.75	-1.648150502	1.085357446	-0.178000786	
163	1.8861	0.928290186	0.86787	4.95E-02	-0.11514	1.056002	-0.174663	1.083819	150.21	-1.746950644	1.083589573	-0.174166362	
164	1.8981	0.934196279	0.87967	4.74E-02	-0.11305	1.055012	-0.170448	1.081872	151.60	-1.849660481	1.08165262	-0.169972391	
165	1.909	0.93956098	0.89045	4.54E-02	-1.11E-01	1.054102	-0.165837	1.079739	152.93	-1.956684252	1.079528614	-0.165382029	
166	1.919	0.944482725	0.90028	4.35E-02	-1.09E-01	1.053281	-0.160804	1.077406	154.19	-2.06812921	1.077204332	-0.160369172	
167	1.9282	0.949010729	0.90925	4.17E-02	-1.08E-01	1.052545	-0.15531	1.074854	155.40	-2.184382021	1.074659922	-0.154893949	
168	1.9365	0.953095777	0.91741	3.99E-02	-1.06E-01	1.05187	-0.149335	1.07207	156.55	-2.305378522	1.071884629	-0.148936658	
169	1.9442	0.956885552	0.92484	3.82E-02	-1.05E-01	1.051247	-0.142836	1.069035	157.64	-2.431509114	1.068857024	-0.142455338	
170	1.9512	0.960330741	0.93161	3.64E-02	-1.04E-01	1.050671	-0.135769	1.065725	158.69	-2.563174166	1.065554049	-0.135405432	
171	1.9575	0.96343144	0.93777	3.48E-02	-1.03E-01	1.050138	-0.128103	1.062122	159.68	-2.700507083	1.061958438	-0.127755724	
172	1.9634	0.966335269	0.94338	3.32E-02	-1.02E-01	1.049657	-0.119789	1.058201	160.63	-2.843955966	1.058044107	-0.119457333	
173	1.9687	0.968943794	0.94849	3.17E-02	-1.01E-01	1.049209	-0.110781	1.053936	161.53	-2.99390414	1.053785549	-0.110463983	
174	1.9736	0.971355448	0.95314	3.02E-02	-1.00E-01	1.048807	-0.101042	1.049306	162.39	-3.150568064	1.04916143	-0.100739706	
175	1.978	0.973521016	0.95736	2.88E-02	-9.92E-02	1.048431	-0.09056	1.044299	163.21	-3.313838395	1.044160695	-0.090271557	
176	1.9821	0.975538931	0.96119	2.75E-02	-9.85E-02	1.048083	-0.079301	1.038894	163.99	-3.483995516	1.038761505	-0.079025464	
177	1.9858	0.977359976	0.96467	2.62E-02	-9.78E-02	1.04776	-0.067219	1.033063	164.72	-3.661526209	1.03293546	-0.066955664	
178	1.9892	0.979033369	0.96784	2.49E-02	-0.097181	1.047464	-0.054246	1.026765	165.43	-3.847252186	1.026642382	-0.05399458	
179	1.9923	0.98055911	0.97072	2.38E-02	-0.096612	1.047192	-0.040383	1.019992	166.10	-4.041066333	1.019873755	-0.040142475	
180	1.9951	0.981937199	0.97335	2.27E-02	-0.096092	1.046944	-0.025522	1.012681	166.74	-4.244420139	1.012567285	-0.025292506	
181	1.9977	0.983216852	0.97574	2.17E-02	-0.095619	1.046718	-0.009704	1.00484	167.35	-4.456806866	1.004731186	-0.009484756	
182	2.0001	0.984398071	0.97792	2.08E-02	-0.095192	1.046514	0.007156	0.996416	167.94	-4.679499797	0.996310935	0.007364521	
183	2.0023	0.985480854	0.97992	1.99E-02	-0.094797	1.046325	0.025196	0.987322	168.50	-4.914563446	0.987220561	0.025395565	
184	2.0042	0.986415986	0.98172	1.91E-02	-0.094404	1.046138	0.044078	0.977713	169.03	-5.157965071	0.977615179	0.044268561	
185	2.0061	0.987351117	0.98335	1.83E-02	-0.094026	1.045957	0.063881	0.967533	169.53	-5.411296402	0.967438659	0.064062441	
186	2.0077	0.988138596	0.98481	1.76E-02	-0.093685	1.045794	0.084327	0.956908	170.00	-5.671710998	0.956817311	0.084500634	
187	2.0092	0.988876858	0.98612	1.68E-02	-0.09338	1.045648	0.105358	0.945855	170.44	-5.939259371	0.945767164	0.105524471	
188	2.0106	0.989565902	0.98729	1.61E-02	-0.093113	1.04552	0.126767	0.93447	170.86	-6.212141497	0.934384527	0.126925557	
189	2.0119	0.990205729	0.98833	1.54E-02	-0.092886	1.045412	0.148313	0.922869	171.24	-6.48817145	0.922786421	0.148465221	

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	viscou flow		inviscid flow		0	cotg θ	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
190	2.013	0.990747121	0.98926	1.47E-02	-0.092697	1.045321	0.169986	0.911051	171.60	-6.768034026	0.910971024	0.170131793	
191	2.0141	0.991288513	0.99009	1.40E-02	-0.092556	1.045254	0.191605	0.899108	171.93	-7.050200827	0.899029725	0.191745554	
192	2.015	0.99173147	0.99083	1.34E-02	-0.09246	1.045208	0.21301	0.887125	172.23	-7.333265206	0.887048377	0.213145176	
193	2.0159	0.992174427	0.99151	1.29E-02	-0.092387	1.045173	0.234744	0.874789	172.53	-7.625213495	0.874714829	0.234873968	
194	2.0167	0.992568166	0.99212	1.24E-02	-0.092331	1.045146	0.256187	0.862446	172.80	-7.918507785	0.862373133	0.25631258	
195	2.0174	0.992912688	0.99268	1.19E-02	-0.092292	1.045128	0.277737	0.849861	173.06	-8.219302239	0.849789751	0.27785738	
196	2.0181	0.99325721	0.99318	1.14E-02	-0.092268	1.045116	0.298697	0.837438	173.30	-8.518488035	0.837368814	0.29881347	
197	2.0187	0.993552515	0.99364	1.10E-02	-0.092259	1.045112	0.319604	0.824861	173.53	-8.824236496	0.824792707	0.31971699	
198	2.0193	0.99384782	0.99405	1.06E-02	-0.092262	1.045113	0.339715	0.812579	173.75	-9.126026486	0.812512371	0.339823647	
199	2.0198	0.994093907	0.99442	1.03E-02	-0.092276	1.04512	0.359196	0.800502	173.94	-9.42636909	0.800436331	0.359301681	
200	2.0203	0.994339994	0.99475	9.95E-03	-0.0923	1.045132	0.377754	0.788826	174.13	-9.720532558	0.788761018	0.377856056	
201	2.0207	0.994536864	0.99506	9.65E-03	-0.092331	1.045146	0.396305	0.776978	174.30	-10.02323271	0.776914444	0.396403946	
202	2.0211	0.994733734	0.99533	9.37E-03	-0.092369	1.045165	0.413427	0.76588	174.46	-10.31101189	0.765817372	0.413523753	
203	2.0214	0.994881386	0.99558	9.11E-03	-0.092413	1.045186	0.430153	0.754882	174.61	-10.60060025	0.754819854	0.430246989	
204	2.0218	0.995078256	0.99558	8.87E-03	-9.25E-02	1.045209	0.445621	0.744567	174.75	-10.87649508	0.744505075	0.445712194	
205	2.0221	0.995225908	0.996	8.65E-03	-9.25E-02	1.045234	0.460335	0.734619	174.87	-11.14677088	0.734557799	0.46042484	
206	2.0223	0.995324343	0.99618	8.44E-03	-9.26E-02	1.04526	0.474147	0.725157	174.99	-11.40791527	0.725097036	0.474234288	
207	2.0226	0.995471995	0.99634	8.26E-03	-9.26E-02	1.045288	0.486904	0.716307	175.10	-11.65600619	0.716247724	0.486989199	
208	2.0228	0.99557043	0.99649	8.08E-03	-0.092685	1.045316	0.499297	0.707604	175.20	-11.90380536	0.707544627	0.499380601	
209	2.023	0.995668865	0.99662	8.007923	-0.092746	1.045345	0.510395	0.699718	175.29	-12.13175244	0.699659174	0.51047704	
210	2.0232	0.9957673	0.99675	8.007776	-0.092807	1.045374	0.521841	0.69149	175.38	-12.3732195	0.69143214	0.521921595	
211	2.0234	0.995865735	0.99685	8.007641	-0.092867	1.045403	0.530893	0.684914	175.45	-12.56903151	0.684855898	0.530972399	
212	2.0235	0.995914952	0.99693	8.007547	-0.092915	1.045426	0.538295	0.679488	175.51	-12.7325109	0.679430797	0.538373792	
213	2.0236	0.99596417	0.997	8.007452	-0.092967	1.045451	0.544893	0.674616	175.56	-12.88087894	0.674558469	0.544970871	
214	2.0238	0.996062605	0.99708	8.007358	-0.09302	1.045476	0.552576	0.668897	175.62	-13.05692315	0.668840408	0.552652508	
215	2.0239	0.996111822	0.99715	8.007262	-0.093075	1.045502	0.559426	0.663757	175.67	-13.21699486	0.663700413	0.559501762	
216	2.024	0.996161039	0.99723	8.007167	-0.09313	1.045529	0.567405	0.657719	175.73	-13.40730256	0.65766263	0.567479865	
217	2.0241	0.996210257	0.9973	8.007071	-0.093187	1.045556	0.574523	0.652286	175.79	-13.58070407	0.652229996	0.574596033	
218	2.0242	0.996259474	0.99737	8.006974	-0.093245	1.045584	0.58177	0.646707	175.84	-13.76097372	0.646651273	0.581842131	
219	2.0244	0.996357909	0.99744	8.006877	-0.093303	1.045611	0.58915	0.640976	175.90	-13.94857772	0.640919847	0.58922175	
220	2.0245	0.996407127	9.98E-01	8.006678	-0.093362	1.04564	0.596668	0.635084	175.96	-14.14402787	0.635028649	0.596738615	
221	2.0246	0.996456344	0.99758	8.006682	-0.093421	1.045668	0.604327	0.629025	176.01	-14.34788741	0.628970119	0.60439659	
222	2.0247	0.996505562	9.98E-01	8.006583	-0.093482	1.045697	0.612131	0.622791	176.07	-14.56077785	0.62273615	0.612199687	
223	2.0248	0.996554779	0.99772	8.006485	-0.093543	1.045726	0.620085	0.616373	176.13	-14.78338699	0.616318043	0.62015207	

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	viscou flow		inviscid flow		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
224	2.025	0.996653214	0.99779	0.006385	-0.093604	1.045755	0.628192	0.609761	176.19	-15.0164783	0.609706433	0.628258065	
225	2.0251	0.996702431	0.99786	0.006286	-0.093666	1.045785	0.636457	0.602945	176.25	-15.26090193	0.602891229	0.636522166	
226	2.0252	0.996751649	0.99792	0.006185	-0.093729	1.045815	0.643671	0.596933	176.30	-15.48014456	0.596879338	0.643735056	
227	2.0253	0.996800866	0.99799	0.006085	-0.093792	1.045845	0.652242	0.58971	176.37	-15.74822118	0.589656412	0.652305315	
228	2.0254	0.996850084	0.99805	0.005984	-0.093856	1.045876	0.659725	0.583331	176.42	-15.98938712	0.583277022	0.659787916	
229	2.0256	0.996948519	0.99812	0.005882	-0.09392	1.045906	0.66862	0.575656	176.49	-16.28519825	0.575602582	0.668681668	
230	2.0257	0.996997736	0.99818	0.00578	-0.093986	1.045938	0.676389	0.568868	176.54	-16.55220536	0.568815088	0.676449395	
231	2.0258	0.997046953	0.99825	0.005678	-0.094051	1.045969	0.685626	0.56069	176.61	-16.8808917	0.560637755	0.685685307	
232	2.0259	0.997096171	0.99831	0.005575	-0.094118	1.046001	0.693697	0.553447	176.67	-17.17871356	0.553394277	0.693754774	
233	2.026	0.997145388	0.99837	0.005471	-0.094185	1.046033	0.701912	0.545974	176.73	-17.49281767	0.545921728	0.701969467	
234	2.0262	0.997243823	0.99843	5.37E-03	-0.094252	1.046065	0.710277	0.538259	176.79	-17.82474499	0.53820689	0.710333344	
235	2.0263	0.997293041	0.99849	5.26E-03	-0.094321	1.046098	0.718796	0.530287	176.85	-18.1762487	0.530235321	0.718850504	
236	2.0264	0.997342258	0.99855	5.16E-03	-0.09439	1.046131	0.727471	0.522043	176.91	-18.54933335	0.521991186	0.727525202	
237	2.0265	0.997391476	0.99861	5.05E-03	-0.094459	1.046164	0.736309	0.513508	176.98	-18.94630318	0.513457059	0.736361848	
238	2.0266	0.997440693	0.99866	4.95E-03	-0.094529	1.046197	0.743801	0.506161	177.03	-19.29726654	0.506109941	0.743852728	
239	2.0268	0.997539128	0.99872	4.84E-03	-0.0946	1.046231	0.752948	0.497044	177.10	-19.74525665	0.496992661	0.752998295	
240	2.0269	0.997588345	0.99878	4.73E-03	-0.094672	1.046266	0.76227	0.487576	177.17	-20.22587991	0.487525139	0.762319239	
241	2.027	0.997637563	0.99883	4.63E-03	-0.094744	1.0463	0.770176	0.4794	177.23	-20.65431126	0.479349216	0.770224329	
242	2.0271	0.99768678	0.99888	4.52E-03	-0.094818	1.046336	0.77821	0.470945	177.29	-21.11110399	0.470895109	0.778257796	
243	2.0272	0.997735998	0.99894	4.41E-03	-0.094891	1.04637	0.788026	0.460407	177.36	-21.70134203	0.460356536	0.78807186	
244	2.0274	0.997834433	0.99899	4.30E-03	-0.094966	1.046406	0.796354	0.451271	177.42	-22.23285027	0.451221676	0.796398999	
245	2.0275	0.99788365	0.99904	4.19E-03	-0.095041	1.046442	0.804821	0.44179	177.49	-22.80533827	0.441740902	0.804864975	
246	2.0276	0.997932867	0.99909	4.08E-03	-0.095116	1.046478	0.813431	0.431937	177.56	-23.42436047	0.43188738	0.813473291	
247	2.0277	0.997982085	0.99914	3.97E-03	-0.095193	1.046515	0.822186	0.42168	177.62	-24.09658599	0.421630685	0.822227565	
248	2.0279	0.99808052	0.99918	3.86E-03	-0.09527	1.046551	0.829298	0.413161	177.68	-24.67805098	0.413111865	0.829338587	
249	2.028	0.998129737	0.99923	3.75E-03	-0.095348	1.046589	0.838326	0.402087	177.75	-25.46764115	0.40203842	0.838365109	
250	2.0281	0.998178955	0.99927	3.64E-03	-0.095426	1.046626	0.845661	0.39286	177.81	-26.15686522	0.392811652	0.845699006	
251	2.0282	0.998228172	0.99932	3.53E-03	-0.095505	1.046664	0.854974	0.380823	177.89	-27.10247595	0.380774637	0.855010676	
252	2.0283	0.99827739	0.99936	3.41E-03	-0.095584	1.046701	0.862542	0.370753	177.95	-27.93743152	0.370704609	0.862578093	
253	2.0285	0.998375824	0.9994	3.30E-03	-0.095664	1.04674	0.870218	0.360252	178.02	-28.85452145	0.360204258	0.870252892	
254	2.0286	0.998425042	0.99944	3.19E-03	-0.095745	1.046778	0.878004	0.349279	178.08	-29.86816387	0.349231478	0.878037375	
255	2.0287	0.998474259	0.99948	3.07E-03	-0.095826	1.046817	0.885902	0.337784	178.15	-30.99658895	0.337736718	0.88593391	
256	2.0288	0.998523477	0.99952	2.96E-03	-0.095908	1.046856	0.893914	0.325709	178.22	-32.26324111	0.32566097	0.893944933	
257	2.0289	0.998572694	0.99956	2.84E-03	-0.09599	1.046895	0.902043	0.31298	178.30	-33.69886781	0.312932975	0.902072953	

NO	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x' / l'	x	y	viscou flow		inviscid flow		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
258	2.0291	0.998671129	0.99959	2.73E-03	-0.096072	1.046935	0.908219	0.302954	178.36	-34.91077551	0.302907086	0.908247298	
259	2.0292	0.998720346	0.99962	2.61E-03	-0.096155	1.046974	0.914462	0.292468	178.42	-36.26347365	0.292420894	0.914490021	
260	2.0293	0.998769564	0.99966	2.50E-03	-0.096239	1.047014	0.922896	0.277676	178.51	-38.33846995	0.277629255	0.922921997	
261	2.0294	0.998818781	0.99969	2.38E-03	-0.096322	1.047054	0.929304	0.265887	178.57	-40.15162842	0.265840635	0.929328757	
262	2.0295	0.998867999	0.99972	2.26E-03	-0.096406	1.047094	0.935784	0.253408	178.64	-42.2488381	0.25336179	0.935807804	
263	2.0297	0.998966434	0.99975	2.15E-03	-0.09649	1.047134	0.942338	0.240129	178.72	-44.71297386	0.240082553	0.942360368	
264	2.0298	0.999015651	0.99977	2.03E-03	-0.096575	1.047175	0.946749	0.230762	178.77	-46.61719717	0.230715828	0.946770207	
265	2.0299	0.999064869	0.9998	1.91E-03	-0.09666	1.047215	0.953428	0.215805	178.85	-49.99249969	0.215758869	0.95344811	
266	2.03	0.999114086	0.99982	1.79E-03	-0.096745	1.047256	0.957924	0.205125	178.91	-52.69751228	0.205078747	0.957942707	
267	2.0301	0.999163303	0.99985	1.68E-03	-0.09683	1.047297	0.964732	0.187797	179.01	-57.72853153	0.187750948	0.964749581	
268	2.0303	0.999261738	0.99987	1.56E-03	-0.096915	1.047337	0.969315	0.175171	179.08	-62.01132044	0.175124518	0.969331403	
269	2.0304	0.999310956	0.99989	1.44E-03	-0.097	1.047378	0.973934	0.16145	179.15	-67.41442397	0.161403756	0.973948827	
270	2.0305	0.999360173	0.9999	1.32E-03	-0.097085	1.047418	0.976257	0.154088	179.19	-70.70537471	0.154042136	0.97627102	
271	2.0306	0.999409391	0.99992	1.20E-03	-0.097117	1.047459	0.98093	0.138094	179.28	-79.05219801	0.13804843	0.980942631	
272	2.0307	0.999458608	0.99994	1.08E-03	-0.097255	1.047499	0.98564	0.119833	179.37	-91.28298495	0.119787738	0.985650898	
273	2.0309	0.999557043	0.99995	9.61E-04	-0.097339	1.047539	0.988009	0.109504	179.43	-99.99624996	0.109458155	0.988018912	
274	2.031	0.99960626	0.99996	8.41E-04	-0.097424	1.04758	0.990387	0.098044	179.49	-111.8000447	0.097998705	0.990396254	
275	2.0311	0.999655478	0.99997	7.22E-04	-0.097508	1.04762	0.992775	0.084999	179.56	-129.0965401	0.084953061	0.992782977	
276	2.0312	0.999704695	0.99998	6.01E-04	-0.097592	1.04766	0.995173	0.069478	179.64	-158.1115113	0.069432422	0.995179139	
277	2.0313	0.999753913	0.99999	4.81E-04	-0.097675	1.0477	0.99758	0.04919	179.74	-223.6051207	0.049144744	0.997584794	
278	2.0315	0.999852348	0.99999	3.61E-04	-0.097758	1.047739	0.99858	0.04919	179.74	-223.6051207	0.049144744	0.997584794	
279	2.0316	0.999901565	1	2.41E-04	-0.09784	1.047779	0.99888	0.033462	180.00	-8.16228E+15	1.34766E-15	1	
280	2.0317	0.999950783	1	1.20E-04	-0.097922	1.047818	0.99958	0.020486	180.00	-8.16228E+15	1.34766E-15	1	
281	2.0318	1	1	0.00E+00	-0.098002	1.047856	0.99988	0.01094	180.00	-8.16228E+15	1.34766E-15	1	

Tabel B.5.1. Data Grid Independence pelat datar fluida viskos

Sudut serang : 0 derajat

No	model	J.elemen	iterasi	termination criteria	V max	Cp max	Press		wall sheer		lift	drag	
							int sb x	int sb y	int sb x	int sb y			
1	Pelat datar	3600	251	0.001	0.001	0.53134	atas bawah	-2.97E-05 -3.14E-05	9.83E-07 -9.84E-07	2.05E-05 2.08E-05	9.67E-08 -8.61E-08	-1.66E-06	3.93E-05
2	Pelat datar	5760	376	0.001	0.001	1.0702	atas bawah	-4.36E-05 -4.36E-05	1.47E-06 -1.47E-06	2.69E-05 2.69E-05	1.71E-07 -1.70E-07	2.28E-09	5.09E-05
3	Pelat datar	16000	542	0.001	0.001	1.1534	atas bawah	-4.69E-05 -4.68E-05	1.74E-06 -1.74E-06	2.90E-05 2.90E-05	2.19E-07 -2.19E-07	8.23E-08	5.45E-05
4	Pelat datar	23040	841	0.001	0.001	1.034	atas bawah	-1.11E-05 -1.15E-05	1.74E-06 -1.17E-06	3.00E-05 2.40E-05	9.31E-08 -1.13E-07	-4.76E-07	5.10E-05

Tabel B.5.2. Data Grid Independence pelat datar fluida invisid

No	model	J.elemen	iterasi	termination criteria	V max	Cp max	Press		lift	drag	
							int sb x	int sb y			
1	Pelat datar	3600	271	0.001	0.001	0.874	atas bawah	-2.97E-05 -3.14E-05	9.83E-07 -9.84E-07	-1.67E-06	-1.97E-06
2	Pelat datar	5760	376	0.001	0.001	1.0698	atas bawah	-4.36E-05 -4.36E-05	-1.60E-06 -1.59E-06	2.00E-09	1.00E-08
3	Pelat datar	16000	642	0.001	0.001	1.058	atas bawah	-4.69E-05 -4.68E-05	-1.65E-06 -1.70E-06	8.20E-08	-5.00E-08
4	Pelat datar	23040	743	0.001	0.001	1.068	atas bawah	-1.11E-05 -1.10E-05	-1.60E-06 -1.77E-06	4.40E-08	-1.70E-07

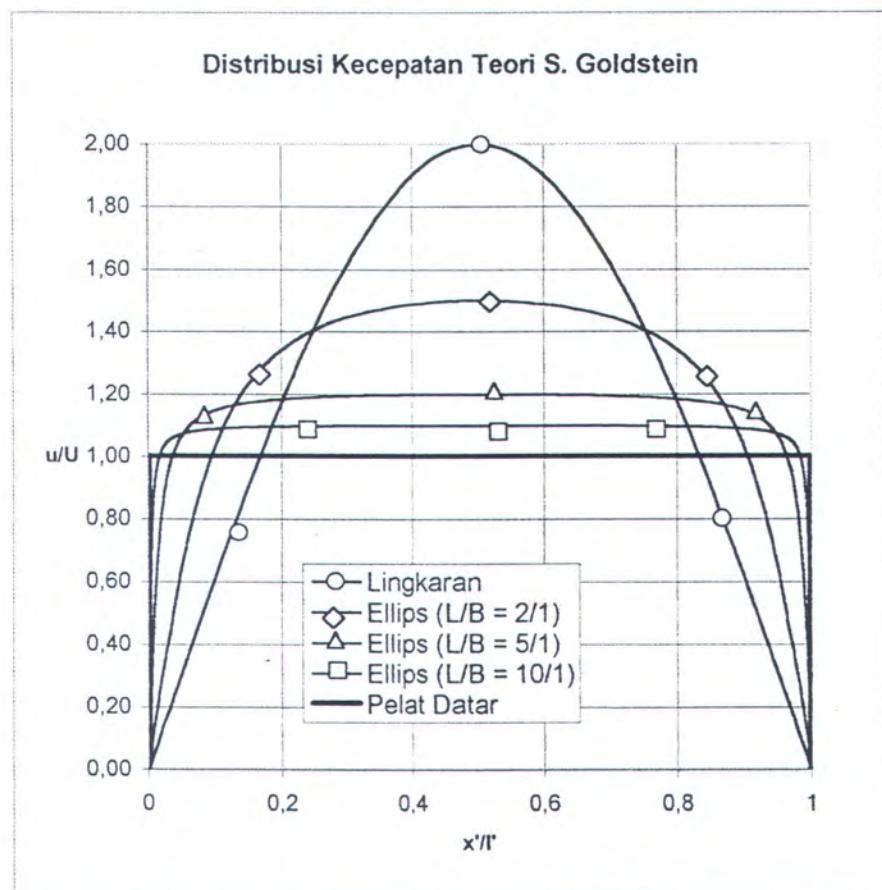
Tabel B.5.3. Data Cp dan kecepatan pelat datar

MODEL = Pelat Datar  
 a = 1  
 b = 0.0025  
 JML. ELEMEN = 5760  
 ALIRAN = LAMINAR  
 JML. ITERASI = 542  
 TERM. CRIT = 0.001  
 $\rho$  = 999 kg/m<sup>3</sup>  
 $\mu$  = 0.00113788098  
 $v$  = 1.13902E-06  
 kecepatan = 0.001 m/det

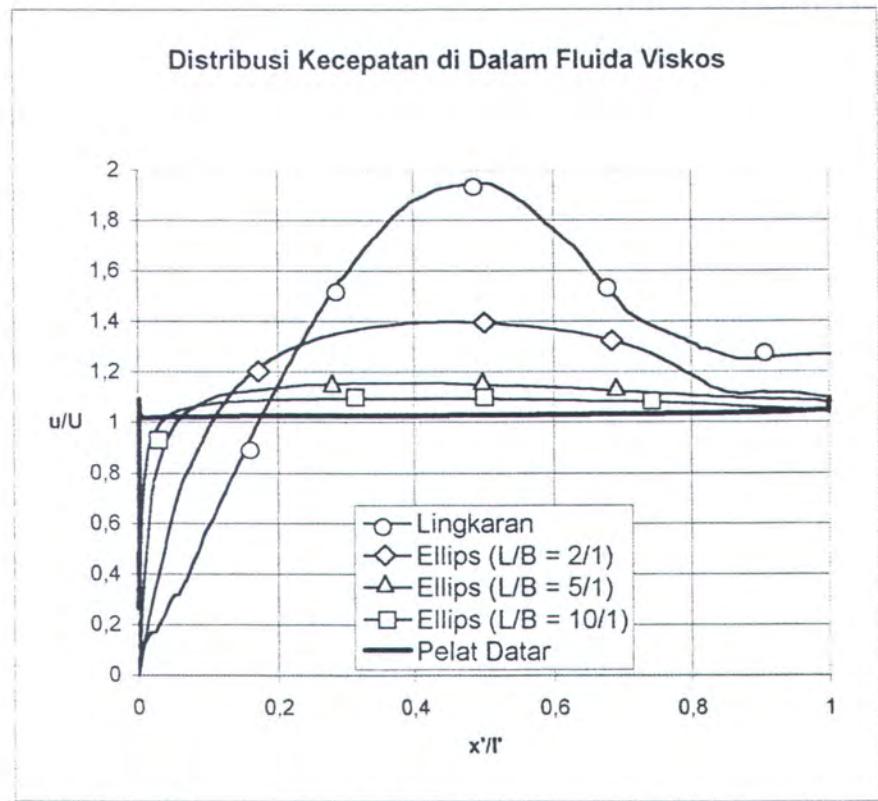
No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip Cond.		Slip Cond.		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
1	0	0		-1	0.00E+00	1.0702	0.264953	1.0698	5E-19	0.00	23726566.5	1.69009E-05	1
2	0.000833	0.000415626		-1	8.33E-04	1.10E+00	0.318277	0.999678	1.04E-07	0.00	22360.67883	0.017930397	0.999678501
3	0.001667	0.000831272		-1	1.67E-03	1.0996	0.315595	0.996793	1.03E-05	0.01	7071.06778	0.056619445	0.996794238
4	0.0025	0.001246883		-1	2.50E-03	0.56378	0.66047	0.996793	1.03E-05	0.01	7071.06778	0.056619445	0.996794238
5	0.00289	0.001441247	-0.99961	2.50E-03	-4.73E-02	1.023398	0.002699	0.99461	1.60	35.79526967	0.998509872	0.002978035	
6	0.003528	0.001759601	-0.99897	2.50E-03	-1.95E-01	1.092932	-0.002425	1.004855	2.60	22.0156086	1.000985008	-0.001970985	
7	0.004573	0.002280998	-0.99793	2.50E-03	-1.14E-01	1.055419	-0.004139	1.008295	3.69	15.51760783	1.001746481	-0.003496013	
8	0.006286	0.003135012	-0.99621	2.50E-03	-6.75E-02	1.033222	-0.005053	1.010131	4.99	11.45323518	1.002089301	-0.004182967	
9	0.00909	0.004533815	-0.99341	2.50E-03	-4.80E-02	1.023739	-0.005681	1.011394	6.58	8.66737334	1.002264735	-0.0045346	
10	0.013684	0.006824938	-0.98882	2.50E-03	-4.01E-02	1.019849	-0.006221	1.012481	8.58	6.631298854	1.002362266	-0.004730112	
11	0.021208	0.010577556	-0.98129	2.50E-03	-3.80E-02	1.018809	-0.006768	1.013583	11.10	5.096669306	1.002418632	-0.004843113	
12	0.033531	0.016723691	-0.96897	2.50E-03	-3.88E-02	1.019203	-0.007382	1.014818	14.31	3.920124805	1.00245186	-0.004909732	
13	0.053715	0.026790524	-0.94878	2.50E-03	-4.10E-02	1.020309	-0.008109	1.016284	18.42	3.003062199	1.002471748	-0.004949606	
14	0.086775	0.043279302	-0.91572	2.50E-03	-4.40E-02	1.021744	-0.008992	1.018064	23.69	2.27894802	1.00248373	-0.004973629	
15	0.14092	0.070284289	-0.86158	2.50E-03	-4.71E-02	1.023281	-0.010064	1.02023	30.51	1.697287194	1.002490975	-0.004988155	
16	0.22961	0.114518703	-0.77289	2.50E-03	-5.01E-02	1.024755	-0.011342	1.022813	39.39	1.218031905	1.002495352	-0.004996931	
17	0.37488	0.186972569	-0.62762	2.50E-03	-5.28E-02	1.026077	-0.012787	1.025738	51.13	0.806170852	1.002497964	-0.005002168	
18	0.6128	0.30563591	-0.3897	2.50E-03	-5.53E-02	1.027259	-0.014215	1.028631	67.06	0.423153748	1.002499439	-0.005005125	
19	1.0025	0.5	0	2.50E-03	-5.84E-02	1.028792	-0.015006	1.030238	90.00	6.12574E-17	1.0025	-0.00500625	
20	1.3922	0.69436409	0.3897	2.50E-03	-6.51E-02	1.032052	-0.014215	1.028631	112.94	-0.423153748	1.002499439	-0.005005125	

No	Ansys 5.4								S. Goldstein				
	Nodal	x'	x'/l'	x	y	No Slip Cond.		Slip Cond.		0	cotg 0	u / U	Cp
						Cp	u / U	Cp	u/U				
21	1.6301	0.813017456	0.62762	2.50E-03	-7.26E-02	1.035684	-0.012787	1.025738	128.87	-0.806170852	1.002497964	-0.005002168	
22	1.7754	0.885486284	0.77289	2.50E-03	-7.94E-02	1.038944	-0.011342	1.022813	140.61	-1.218031905	1.002495352	-0.004996931	
23	1.8641	0.929725686	0.86158	2.50E-03	-8.50E-02	1.04164	-0.010064	1.02023	149.49	-1.697287194	1.002490975	-0.004988155	
24	1.9182	0.956708229	0.91572	2.50E-03	-8.95E-02	1.043811	-0.008992	1.018064	156.31	-2.27894802	1.00248373	-0.004973629	
25	1.9513	0.973216958	0.94878	2.50E-03	-9.31E-02	1.045527	-0.008109	1.016284	161.58	-3.003062199	1.002471748	-0.004949606	
26	1.9715	0.983291771	0.96897	2.50E-03	-9.59E-02	1.046848	-0.007382	1.014818	165.69	-3.920124805	1.00245186	-0.004909732	
27	1.9838	0.989426434	0.98129	2.50E-03	-9.79E-02	1.047786	-0.006768	1.013583	168.90	-5.096669306	1.002418632	-0.004843113	
28	1.9913	0.993167082	0.98882	2.50E-03	-9.89E-02	1.048307	-0.006221	1.012481	171.42	-6.631298854	1.002362266	-0.004730112	
29	1.9959	0.995461347	0.99341	2.50E-03	-9.90E-02	1.048348	-0.005681	1.011394	173.42	-8.66737334	1.002264735	-0.0045346	
30	1.9987	0.996857855	0.99621	2.50E-03	-9.78E-02	1.04777	-0.005053	1.002523	175.01	-11.45323518	1.002089301	-0.004182967	
31	2.0004	0.997705736	0.99793	2.50E-03	-9.45E-02	1.046177	-0.004139	1.002067	176.31	-15.51760783	1.001746481	-0.003496013	
32	2.0015	0.998254364	0.99897	2.50E-03	-8.87E-02	1.043426	-0.002425	1.001212	177.40	-22.0156086	1.000985008	-0.001970985	
33	2.0021	0.998553616	0.99961	2.50E-03	-9.99E-02	1.048765	0.002699	0.99865	178.40	-35.79526967	0.998509872	0.002978035	
34	2.0025	0.998753117	1	2.50E-03	-1.47E-01	1.070958	0.002187	0.998906	180.00	-8.16228E+15	4.91285E-14	1	
35	2.0033	0.99915212	1	1.67E-03	-1.83E-01	1.087529	0.000415	0.999792	180.00	-8.16228E+15	4.91285E-14	1	
36	2.0042	0.999600998	1	8.33E-04	-1.76E-01	1.084574	0.000405	0.999798	180.00	-8.16228E+15	4.91285E-14	1	
37	2.005	1	1	0.00E+00	-1.72E-01	1.082372	0.994874	0.999798	180.00	-8.16228E+15	4.91285E-14	1	

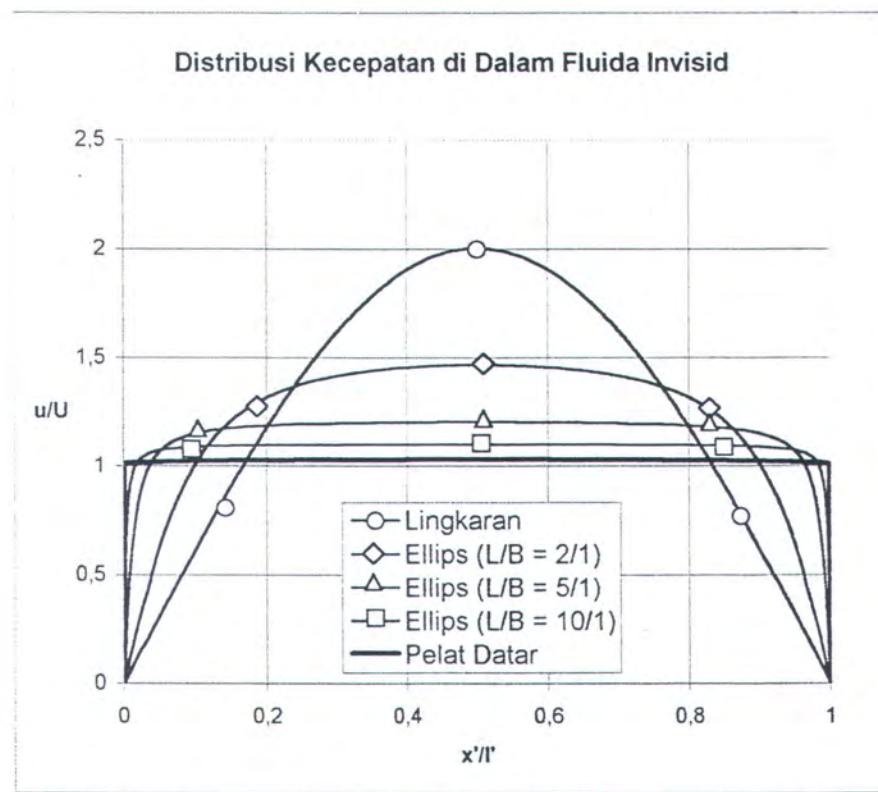
## **LAMPIRAN C**



Grafik A.1.3. Grafik distribusi kecepatan lingkaran, ellips, dan pelat datar menurut teori Goldstein



Grafik A.1.1. Grafik distribusi kecepatan lingkaran, ellips, dan pelat datar di dalam fluida viskos



Grafik A.1.2. Grafik distribusi kecepatan lingkaran, ellips, dan pelat datar di dalam fluida invisid

