



**SKRIPSI – ME141501**

**PENGEMBANGAN            EKSPERIMEN            PENGARUH  
CEKUNGAN (DIMPLE) YANG DITERAPKAN PADA PLAT  
DATAR TERHADAP ALIRAN FLUIDA**

**Rachmadi Wahyu Adjie**

**NRP. 4212 100 081**

**Dosen Pembimbing**

**Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



***UNDERGRADUATE THESIS – ME141501***

***DEVELOPING EXPERIMENTAL ABOUT DIMPLE EFFECT  
WHICH APPLIED ON FLAT PLATE AGAINST FLUID FLOW***

**Rachmadi Wahyu Adjie**

**NRP. 4212 100 081**

***Supervisor***

**Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.**

***DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING***

***Faculty of Marine Technology***

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGEMBANGAN EKSPERIMEN PENGARUH CEKUNGAN (DIMPLE) YANG DITERAPKAN PADA PLAT DATAR TERHADAP ALIRAN FLUIDA

#### SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada :  
Bidang studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**RACHMADI WAHYU ADJIE**  
NRP. 4212100081

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi :

**Irfan Svarif Arief, S.T., M.T.**  
NIP. 1969 1225 1997 02 1001



SURABAYA  
Juli 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGEMBANGAN EKSPERIMEN PENGARUH CEKUNGAN (DIMPLE) YANG DITERAPKAN PADA PLAT DATAR TERHADAP ALIRAN FLUIDA

#### SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada :  
Bidang studi *Marine Manufacturing and Design (MMD)*  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**RACHMADI WAHYU ADJIE**  
NRP. 4212100081

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



SURABAYA

Juli 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **PENGEMBANGAN EKSPERIMEN PENGARUH CEKUNGAN (DIMPLE) YANG DITERAPKAN PADA PLAT DATAR TERHADAP ALIRAN FLUIDA**

Nama Mahasiswa : Rachmadi Wahyu Adjie  
NRP : 4212100081  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.  
2.

## **ABSTRAK**

Dimple adalah sebuah cekungan yang biasa dilihat pada sebuah bola golf. Cekungan-cekungan ini ternyata memiliki pengaruh terhadap pergerakan dari bola golf tersebut sehingga membantu agar bola golf dapat terbang lebih jauh. Dari keuntungan yang didapatkan oleh bola golf tersebut, apakah cekungan-cekungan tersebut bisa membantu untuk mengurangi gesekan lambung kapal dengan permukaan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dimple pada plat datar dengan perbedaan jenis aliran (laminar, transisi, dan turbulen) dan seberapa pengaruhnya terhadap koefisien gesek ( $C_f$ ). Selain itu, dengan perbedaan rasio kecekungan ( $R_c$ ) bagaimana pengaruhnya terhadap koefisien gesek ( $C_f$ ). Dari pengaruh tersebut nantinya kita dapat mengetahui bagaimana perancangan dimple yang optimal pada lambung kapal. Metode simulasi yang akan dilakukan dengan Numeca Fine Open. Software ini dapat mensimulasikan bentuk rumit dimple dengan baik daripada software lainnya. Hasil dari analisa yang dilakukan akan diketahui penurunan koefisien gesek ( $C_f$ ) saat aliran laminar, transisi, dan turbulen. Dengan pengaruh yang semakin membesar ketika aliran turbulen. Selain itu semakin besar rasio kecekungan akan menurunkan koefisien gesek lebih besar daripada rasio kecekungan kecil. Pengurangan  $C_f$  terbesar dari plat datar tanpa dimple terjadi pada plat dengan  $R_c$  1 sebesar 0,083 (43%).

***Kata Kunci : Dimple, Plat Datar, CFD, Rasio Kecekungan, Koefisien Gesek***

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**DEVELOPING EXPERIMENTAL ABOUT DIMPLE EFFECT WHICH  
APPLIED ON FLAT PLATE AGAINST FLUID FLOW**

Student Name : Rachmadi Wahyu Adjie  
NRP : 4212100081  
Department : Marine Engineering  
Lecturer : 1. Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.  
2.

**ABSTRACT**

*Dimple is a concave commonly seen on a golf ball. These concaves turn out to have an effect on the movement of the golf ball so as to help the golf ball fly further. From the advantages of golf balls, whether the cavity can help to reduce the friction of the hull with the water surface. This study aims to determine the effect of dimple on flat plate with different types of flow (laminar, transition, and turbulent) and how it affects the coefficient of friction ( $C_f$ ). In addition, with the difference in the ratio of the concavity ( $R_c$ ) how it affects the coefficient of friction ( $C_f$ ). From these influences later we can know how the optimal dimple design on the hull of the ship. The simulation method will be done with Numeca Fine Open. This software can simulate the complicated shape dimple well than any other software. The result of the analysis will be known to decrease the coefficient of friction ( $C_f$ ) during laminar flow, transition, and turbulent. With a growing influence when turbulent flow. In addition, the greater the ratio of the concentration will decrease the coefficient of friction greater than the small-scale ratio. The largest  $C_f$  reduction of flat plate without dimple occurred on plate with  $R_c$  1 and  $C_f$  reduction is 0.083 (43%).*

**Keywords : Dimple, Flat Plate, CFD, Ratio of the Concavity, Coefficient of Friction**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala ridha dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan Judul : “Pengembangan Eksperimen Pengaruh Cekungan (Dimple) yang Diterapkan pada Plat Datar Terhadap Aliran Fluida“.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi mata kuliah Skripsi dan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan kali ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu terselesainya Skripsi ini, karena dalam proses penyusunan dan pengerjaan Skripsi ini, penulis menyadari tanpa bantuan berbagai pihak maka skripsi ini tidak terselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Ibu Rukmini, dan Bapak Suryadi, serta semua anggota keluarga yang telah memberikan doa, motivasi serta semangat untuk menyelesaikan Skripsi.
2. Bapak Dr. Eng., M. Badrus Zaman, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya.
3. Bapak Irfan Syarif Arief, ST. MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
4. Bapak A.A.B. Dinariyana D.P, S.T., MES., Ph.D. selaku dosen wali, yang selama ini mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
5. Teman-teman seperjuangan ITS-116 di lab MMD yang selalu memberikan dukungan serta semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman BISMARCK '12 yang selalu memberikan semangat serta doa dan dukungan.
7. Semua pengurus dan anggota Laboratorium “Marine Manufacture and Design (MMD)” yang telah memberikan semangat dan transfer ilmu selama pengerjaan tugas akhir.
8. Kurnia Irawan S.B, S.T., Achmad Maulana Yasin, S.T., dan Gagah Abdullah sebagai teman “overtime” yang selalu memberi bantuan, ilmu, serta semangat untuk segera menyelesaikan kuliah.
9. Adik Binti Nurlaily, yang telah banyak membantu dan memberikan semangat sejak awal skripsi hingga akhir.
10. Semua anggota UKM Maritime Challenge dan Crew Atlantic Challenge International 2014 (Baitasena Crew) yang selalu memberikan hiburan, motivasi, serta pengalaman yang tak terlupakan kepada penulis saat pengerjaan Skripsi.
11. Serta semua teman, sahabat dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.

Dalam pembuatan laporan Skripsi ini penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan analisa masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun bagi penulis. Akhir kata, semoga dengan semua ini mendapat berkah dan rahmat Allah SWT sehingga analisa pembuatan design dapat berkembang dan dapat diterapkan untuk industri perkapalan.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	1
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan .....	2
1.5. Manfaat .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1. Aliran Fluida .....	3
2.2. Konsep Teori Lapisan Batas .....	4
2.3. Drag .....	5
2.4. Lift .....	6
2.5. Vortex .....	6
2.6. Dimple .....	7
BAB III METODOLOGI .....	11
3.1. Identifikasi Masalah .....	11
3.2. Studi Literatur .....	11
3.3. Penentuan Parameter Desain .....	12
3.4. Penggambaran Model .....	16
3.5. Simulasi .....	22
3.6. Pengumpulan Data .....	26
3.7. Analisa Data .....	27
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....	29
4.1. Variasi Model .....	29
4.2. Pengambilan Data .....	29
4.3. Pembacaan Data .....	29

4.4.	Pembahasan .....	38
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1.	Kesimpulan.....	53
5.2.	Saran.....	53
	DAFTAR PUSTAKA.....	55
	LAMPIRAN .....	57

## DAFTAR GAMBAR

2.1. Gambar Aliran Laminer	3
2.2. Gambar Aliran Turbulen	4
2.3. Gambar Ilustrasi Rasio Bujur Sangkar	8
2.4. Gambar Rasio Kecekungan pada Plat	9
2.5. Gambar Pola Dimple pada Bola Golf	9
3.1. Gambar Panjang Domain Ideal dalam Tutorial Numeca	12
3.2. Gambar Penggambaran Dimple pada CAD	16
3.3. Gambar Penggambaran Kotak Balok Domain	17
3.4. Gambar Hasil Penggambaran pada CAD 3D	17
3.5. Gambar Hasil Pembuatan Domain pada Numeca	18
3.6. Gambar Boundary Select pada Mesh	19
3.7. Gambar Initial Mesh	19
3.8. Gambar Adapt to Geometry Mesh	20
3.9. Gambar Snap to Geometry Mesh	20
3.10. Gambar Hasil Optimize Mesh	21
3.11. Gambar Hasil Viscous Layer Mesh	21
3.12. Gambar Success Mesh	22
3.13. Gambar General Properties	23
3.14. Gambar Fluid Properties	23
3.15. Gambar Flow Properties	24
3.16. Gambar Boundary Condition Inlet	24
3.17. Gambar Initial Solution	25
3.18. Gambar Output	25
3.19. Gambar Variable Control	26
3.20. Gambar Sample Hasil Simulasi	27
4.1. Gambar Kontur dan Grafik Model Rc 1	30
4.2. Gambar Kontur Aliran pada Model Rc 1	31
4.3. Gambar Kontur dan Grafik Model Rc 0,968	31
4.4. Gambar Kontur Aliran pada Model Rc 0,968	32
4.5. Gambar Kontur dan Grafik Model Rc 0,861	33
4.6. Gambar Kontur Aliran pada Model Rc 0,861	34
4.7. Gambar Kontur dan Grafik Model Rc 0,661	34
4.8. Gambar Kontur Aliran pada Model Rc 0,661	35
4.9. Gambar Kontur dan Grafik Model Rc 0	36
4.10. Gambar Kontur Aliran pada Model Rc 0	37
4.11. Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak Model Rc 1	38
4.12. Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak Model Rc 0,968	39
4.13. Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak Model Rc 0,861	40
4.14. Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak Model Rc 0,661	41
4.15. Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak Model Rc 0	42
4.16. Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak pada V 0,096995	43
4.17. Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak pada V 0,101845	44
4.18. Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak pada V 0,106694	45

4.19 Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak pada V 0,116394	46
4.20 Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak pada V 0,150342	47
4.21 Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak pada V 0,179440	48
4.22 Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak pada V 0,198839	49
4.23 Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak pada V 0,223088	50
4.24 Gambar Grafik Cf Terhadap Jarak pada V 0,247337	51

## DAFTAR TABEL

3.1. Tabel Froude Number	13
3.2. Tabel Reynolds Number	14
3.3. Tabel Rasio Kecekungan (Rc)	16
3.4. Tabel Variasi Kecepatan saat Simulasi	22
4.1. Tabel Rekap Simulasi Model	29

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Perkembangan ilmu mekanika fluida dari waktu ke waktu semakin pesat. Demikian halnya dengan aplikasi ilmu mekanika fluida, baik itu dalam dunia industri, dunia maritim maupun dalam kehidupan sehari-hari.

Salah satu bagian yang dipelajari dalam ilmu mekanika fluida yaitu tentang aliran eksternal yang melintasi suatu *body*. Sebagai contoh adalah aliran fluida yang melintasi suatu bola pejal.

Pengetahuan mengenai karakteristik aliran fluida yang mengalir melingkupi sebuah *body* nantinya diharapkan dapat digunakan pada bidang kemaritiman. Diharapkan dengan adanya pengetahuan ini, maka konstruksi bangunan kapal dapat direkayasa sedemikian rupa sehingga dapat diperoleh suatu konstruksi bangunan kapal yang ideal dan minim akan tahanan gesek.

Suatu fluida yang mengalir melingkupi suatu benda, akan timbul gaya gesek didalamnya. Gaya gesek yang ditimbulkan ini akan sangat merugikan dan sebisa mungkin untuk diminimalisasi. Salah satu usaha yang dilakukan untuk meminimalisasi gaya gesek tersebut adalah dengan memodifikasi bentuk dari benda sendiri.

Hal yang mendasari adanya penelitian ini adalah artikel mengenai analisa bola golf yang mempunyai permukaan tidak rata alias cekung-cekung. Ternyata hal ini memiliki tujuan khusus, yaitu agar jarak yang ditempuh dapat lebih jauh. Cekungan tadi berguna untuk mengurangi daya hambat udara sehingga dapat memberi kemampuan pada bola golf untuk meluncur lebih jauh dari penelitian sebelumnya tentang analisa cekungan-cekungan pada plat yang dapat mengurangi gaya gesek.

Berdasarkan hal di atas penulis mencoba mengaplikasikan pada plat datar yang nantinya diharapkan dari penelitian ini dapat berguna untuk industri kemaritiman, khususnya dalam pembangunan konstruksi bangunan kapal. [1] Aziz Almujaheed, Mohammad, 2012. *Eksperimen Pengaruh Cekungan yang Diterapkan pada Pelat Datar Terhadap Aliran Fluida*, Skripsi. ME – ITS Surabaya.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari berbagai uraian dalam latar belakang di atas, maka didapatkan rumusan masalah seperti berikut ini:

- Bagaimana pengaruh plat datar yang diberi sebuah cekungan (*dimple*) terhadap koefisien geseknya? Dan adakah hubungannya dengan jenis aliran?
- Bagaimana perbedaan koefisien gesek pada cekungan (*dimple*) yang berbeda rasio kecekungannya?

### 1.3. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang diterapkan pada tugas akhir ini guna memfokuskan arah penelitian adalah sebagai berikut:

- Cekungan yang akan diteliti pada sebuah plat datar hanya sebuah.
- *Software* yang akan digunakan simulasi hanya menggunakan *Numeca Fine Open*.
- Kecepatan yang akan digunakan harus mencakup 3 jenis aliran (laminar, transisi, dan turbulen).
- Rasio kecekungan ( $R_c$ ) yang digunakan pada ( $R_c 1$ ,  $R_c 0,968$ ,  $R_c 0,861$ , dan  $R_c 0,661$ )

### 1.4. Tujuan

Untuk menjawab rumusan masalah di atas, pada penulisan tugas akhir ini mempunyai tujuan sebagai berikut :

- Mengetahui pengaruh sebuah cekungan (*dimple*) pada plat datar terhadap koefisien gesek ( $C_f$ ) dan perubahannya menurut jenis aliran.
- Mengetahui pengaruh perbedaan rasio kecekungan ( $R_c$ ) terhadap koefisien gesek ( $C_f$ ) plat datar.

### 1.5. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dengan penulisan tugas akhir ini:

- Untuk mengetahui pengaruh pemberian sebuah cekungan (*dimple*) pada plat datar berdasarkan perbedaan jenis aliran.
- Tugas akhir ini dapat menjadi rujukan untuk penelitian selanjutnya dengan permasalahan yang sama.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

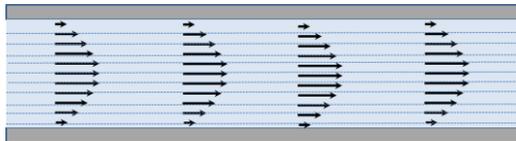
### 2.1. Aliran Fluida

Aliran fluida dibedakan menjadi dua:

#### 2.1.1. Aliran Laminer

Adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dan garis-garis arusnya halus. Dalam aliran laminer, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur secara mulus pada lapisan yang bersebelahan. Sifat kekentalan zat cair berperan penting dalam pembentukan aliran laminer. Aliran laminer bersifat *steady* maksudnya alirannya tetap. “Tetap” menunjukkan bahwa di seluruh aliran air, debit alirannya tetap atau kecepatan aliran tidak berubah menurut waktu.

Aliran fluida pada pipa, diawali dengan aliran laminer kemudian pada fase berikutnya aliran berubah menjadi aliran turbulen. Fase antara laminer menjadi turbulen disebut aliran transisi. Aliran laminer mengikuti hukum *Newton* tentang viskositas yang menghubungkan tegangan geser dengan laju perubahan bentuk sudut. Tetapi pada viskositas yang rendah dan kecepatan yang tinggi aliran laminer tidak stabil dan berubah menjadi aliran turbulen. Bisa diambil kesimpulan mengenai ciri- ciri aliran laminer yaitu: fluida bergerak mengikuti garis lurus, kecepatan fluidanya rendah, viskositasnya tinggi dan lintasan gerak fluida teratur antara satu dengan yang lain.



**Laminer**

Gambar 2.1 Aliran Laminer

#### 2.1.2. Aliran Turbulen

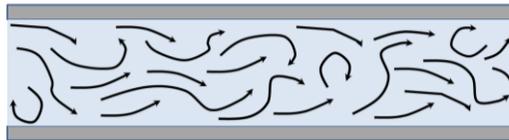
Kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminer melainkan kompleks, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Sehingga didapatkan ciri dari aliran turbulen: tidak adanya keteraturan dalam lintasan fluidanya, aliran banyak bercampur, kecepatan fluida tinggi, panjang skala aliran besar dan viskositasnya rendah. Karakteristik aliran turbulen ditunjukkan oleh terbentuknya pusaran-pusaran dalam aliran, yang menghasilkan pencampuran terus menerus antara partikel partikel cairan di seluruh penampang aliran.

Untuk membedakan aliran apakah turbulen atau laminer, terdapat suatu angka tidak bersatuan yang disebut Angka Reynold (*Reynolds Number*). Menurut hasil percobaan oleh Reynold, apabila angka Reynold

kurang daripada 2000, aliran biasanya merupakan aliran laminar. Apabila angka Reynold lebih besar daripada 4000, aliran biasanya adalah turbulen. Sedang antara 2000 dan 4000 aliran dapat laminar atau turbulen tergantung pada faktor-faktor lain yang mempengaruhi. Angka Reynold dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Re = \frac{4vR}{\theta} \dots\dots\dots [2.1]$$

- Re = Angka Reynold
- v = Kecepatan rata-rata
- R = Jari-jari
- $\theta$  = Viskositas kinematis



**Turbulento**

Gambar 2.2 Aliran Turbulen

## 2.2. Konsep Teori Lapisan Batas

Lapisan batas (boundary layer) merupakan suatu konsep untuk aliran yang terhambat, pertama kali diperkenalkan oleh Prandtl dalam tahun 1904. Lapisan batas dapat dijumpai pada suatu penampang yang dialiri fluida, profil kecepatan pada awal penampang akan terbentuk seragam, dan kemudian lambat laun sepanjang penampang akan mengalami perubahan profil kecepatan karena gaya-gaya gesekan telah memperlambat fluida di dekat dinding penampang. Kecepatan akhir yang terkembang penuh tercapai. Pada daerah masuk, fluida dekat tengah-tengah penampang tampaknya tidak dipengaruhi oleh gesekan. Sedangkan fluida pada dinding telah dipengaruhi oleh gesekan.

### 2.2.1. Aliran Viscous

Aliran fluida pada pelat rata, gaya viscous dijelaskan dengan tegangan geset ( $t$ ) pada plat diantara aliran lapisan fluida dengan rumus:

$$t = m \frac{du}{dy} \dots\dots\dots [2.2]$$

- m = viskositas dinamik
- u = kecepatan

Daerah aliran bergerak dari sisi plat d tempat observasi viskositas disebut lapisan batas (*boundary layer*). Perkembangan pertama lapisan batas adalah laminar, namun pada suatu jarak kritis dari sisi awal pelat, bergantung pada medan aliran dan sifat fluida, terjadi gangguan yang akan diperkuat, dan proses transisi terjadi hingga aliran turbulen. Daerah

turbulen bisa digambarkan sebagai sebuah gaya kocok yang bekerja sehingga bagian fluida akan bergerak bolak balik. [5]

Angka Reynold kritis untuk transisi aliran dari laminar ke turbulen secara teoritis diambil  $4 \times 10^5$ , dalam prakteknya harga ini bergantung pada kondisi kekasaran permukaan dan tingkat turbulensi aliran bebas. Kisaran normal untuk mulainya daerah transisi antara  $4 \times 10^5$  sampai dengan  $10^6$ .

Adanya *disturbansi* yang sangat besar di dalam aliran, transisi bisa mulai terjadi pada bilangan Reynold serendah  $10^5$ , dan untuk aliran yang bebas dari adanya fruktuasi, daerah transisi bisa terjadi pada bilangan Reynold  $2 \times 10^6$  atau lebih. [5]

### 2.3. Drag

Gaya hambat adalah komponen gaya fluida pada benda yang searah dengan arah aliran fluida atau gerakan benda. Gaya hambat dibedakan menjadi gaya hambat bentuk (*form drag*) dan gaya hambat gelombang (*wave drag*). Dengan pendekatan bahwa pada aliran tidak timbul gelombang maka pembahasan gaya hambat hanyalah gaya hambat bentuk saja, untuk selanjutnya disebut gaya hambat.

Dari analisa tanpa dimensi dapat ditentukan gaya hambat diduga merupakan fungsi sebagai berikut :

Parameter tanpa dimensi tersebut dinyatakan sebagai koefisien gaya hambat,  $C_D$  pada persamaan dibawah ini :

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho U^2 \frac{\pi}{4} d^2} \dots\dots\dots [2.3]$$

$C_D$  = Koefisien Hambatan

$F_D$  = Gaya Hambatan

$\rho$  = Masa jenis udara

$d$  = Diameter

Ada dua drag yang terjadi pada bola golf, yaitu *skin friction drag* (gaya hambat akibat gesekan udara dengan bola) dan *pressure drag* (gaya hambat akibat ulakan aliran dibelakang bola). Pada bola licin, aliran dari depan akan bola terbelah ke sekitar bola, bergerak ke belakang, namun aliran terlepas sebelum sampai diujung belakang, dan terjadi ulakan-ulakan kecil dibelakang bola. Alirannya adalah aliran laminar. Pada bola golf yang memiliki *dimple*, pelepasan aliran ini ini dapat ditunda, artinya titik pelepasan aliran dapat dapat digeser lebih ke belakang, ulakannya pun lebih sedikit.

Aliran pada bola dengan *dimple* adalah aliran turbulen. *Pressure drag* pada aliran turbulen lebih kecil dari aliran laminar. Jadi, dengan memberi *dimple* pada bola (menambahkan kekasaran/*roughness*) memang akan meningkatkan *skin friction drag*, tetapi pengurangan/reduksi terhadap *pressure drag* nya jauh lebih besar, sehingga *drag* totalnya lebih kecil.

## 2.4. Lift

Gaya angkat adalah komponen resultan gaya fluida tegak lurus terhadap aliran fluida. Besarnya gaya angkat untuk mengangkat benda dengan bidang angkat umumnya didefinisikan sebagai:

$$F_L = \frac{C_L \rho U^2 \frac{\pi}{4} d^2}{2} \dots\dots\dots [2.4]$$

Bidang angkat adalah bentuk-bentuk yang mampu menghasilkan daya angkat seperti : layang-layang, aerofoil, hidrofoil, baling-baling atau kipas. Dari persamaan diatas maka persamaan koefisien gaya angkat adalah:

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \rho U^2 \frac{\pi}{4} d^2} \dots\dots\dots [2.5]$$

$C_L$  = Koefisien Lift

$F_L$  = Gaya Lift

$\rho$  = Masa jenis udara

$d$  = Diameter

## 2.5 Vortex

Pada saat mengalami separasi, aliran akan terlepas dari dinding dan membentuk vortex yang kemudian vortex itu juga dapat terlepas (*shedding*) terbawa aliran. Mekanisme *shedding* ini dapat terjadi secara bergantian dan periodik, tergantung pada *Reynolds number regime*-nya. *Vortex shedding* ini disebabkan karena dua vortex di sisi *wake* yang berseberangan saling mempengaruhi.

Penjelasan mengenai mekanisme vortex *shedding*, dimana terdapat pasangan vortex A dan B dimana vortex A tumbuh lebih dulu dan makin besar sehingga mampu menarik vortex B, karena *vorticity* A dan B berlawanan tanda, maka pada suatu saat *vorticity* dari B memotong suplai *vorticity* A dan mengakibatkan Vortex A *shedding*. Setelah A *shedding* dibelakangnya terbentuk lagi vortex C, yang kemudian karena vortex B sudah lebih besar maka tertarik ke arah B dan hal yang sama pada vortex A sebelumnya terjadi pada vortex B, demikian selanjutnya mekanisme tersebut berulang. [5].

Vortex *shedding* juga menghasilkan suatu fluktuasi pada gaya-gaya yang bekerja pada benda. Gaya-gaya tersebut akan berfluktuasi pada frekuensi *shedding* tersebut. Karakteristik frekuensi dari suatu geometri dapat direpresentasikan dengan bilangan tak berdimensi. *Strouhal number*, *St*, yang nilainya juga tergantung pada *Reynold number*. Nilai *strouhal number* ini diberikan oleh:

$$St = \frac{fD}{v} \dots\dots\dots [2.6]$$

$St$  = Strouhal number

$f$  = frekuensi (Hz)

$D$  = panjang karakteristik (m)

$v$  = kecepatan fluida (m/s)

Pergeseran titik pisah untuk aliran yang melewati sebuah bola atau silinder lingkaran. Partikel-partikel lingkaran di sekitar batas pada A bergerak lebih cepat dalam lapisan batas yang turbulen ketimbang dalam lapisan batas yang laminar. Jadi, partikel-partikel tersebut mempunyai energi kinetik lebih banyak untuk mengatasi gradien tekanan yang tidak menguntungkan (naiknya tekanan) di bagian belakang bola atau silinder. Oleh sebab itu, partikel-partikel dalam lapisan batas turbulen mampu bergerak lebih jauh ke belakang sebelum akhirnya berhenti dan terpisah dari batas. Akibatnya, *wake* di situ lebih kecil, demikian pula hambatannya. Lapisan batas bisa menjadi turbulen pada angka Reynolds yang lebih rendah dari harga ini asalkan bola atau silinder kasar atau bila tingkat turbulensi atau intensitasnya [5]. Pada tahun 1920-an, tingkat atau intensitas turbulensi dalam terowongan angin sub-sonik diukur dengan cara menemukan harga kritis  $Re_D$  ketika hambatan tiba-tiba berkurang (atau ketika koefisien hambatan menjadi 0,3 misalnya) untuk sebuah bola mulus yang dipasang pada sebuah sistem pengukur gaya dalam terowongan angin. Makin tinggi intensitas turbulensi, makin rendah angka Reynolds kritis. Untuk waktu itu, alat ini sudah luar biasa. Dalam perkembangan selanjutnya, alat pengukur kecepatan temuan baru telah memungkinkan kita mempelajari fluktuasi dan intensitas turbulensi secara lebih rinci [5].

## 2.6. Dimple

Bola yang digunakan pada olahraga golf memiliki bentuk dan konfigurasi yang khusus, yaitu permukaannya yang memiliki *dimple-dimple* kecil. Bentuk ini ternyata memiliki pengaruh pada aerodinamika dari bola golf tersebut. Bola golf dibuat berlubang-lubang untuk membuat pergeseran lapisan pada udara semakin lambat karena ada lapisan kecil pada alur/lubang bola pada permukaan sehingga memperpanjang jarak geseran lapisan udara pada lapisan paling dekat pada permukaan, jadi kecepatan udara pada permukaan naik sehingga beda kecepatan dengan lapisan di atasnya lebih kecil. Hal ini juga dapat mengurangi timbulnya turbulensi pada bagian akhir bola.

Umumnya bola golf mempunyai 300-500 dimple dengan kedalaman rata-rata sekitar 0.01 inci. Gaya angkat (*lift*) dan gaya hambat (*drag*) pada bola golf sangat sensitif terhadap kedalaman *dimple*. [6]

Kemudian dari penelitian sebelumnya yang membahas pengaruh *dimple* pada plat datar, didapatkan beberapa rumus baru yang dapat digunakan dalam perancangan cekungan (*dimple*) pada plat datar untuk mengurangi gaya gesek yang terjadi pada plat datar. Lalu kemudian rumus-rumus tersebut dapat dilihat pada pembahasan di bawah.

### 2.6.1. Rasio Diameter Dimple terhadap Sisi Bujur Sangkar ( $R_{DS}$ )

Rasio ini adalah perbandingan antara besar diameter *dimple* yang akan didesain dengan sisi-sisi bujur sangkar pembentuk *dimple*. Hal ini nantinya berguna untuk menentukan seberapa besar antara *dimple* satu dengan *dimple* yang lain. Rumusnya adalah sebagai berikut:

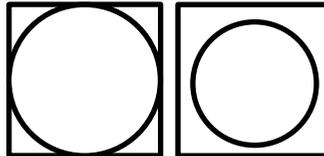
$$R_{DS} = \frac{b}{s} \dots\dots\dots[2.7]$$

Keterangan:

Rds = Rasio Diameter Dimple terhadap tebal plat

b = Diameter Dimple (m)

s = sisi bujur sangkar (m)



Gambar 2.3 Ilustrasi Rasio Bujur Sangkar terhadap Plat

**2.6.2. Rasio Kecekungan (R<sub>c</sub>)**

Rasio kecekungan adalah rasio antara diameter *dimple*/lubang yang akan didesign terhadap ketebalan plat. Rasio ini nantinya akan berpengaruh terhadap tingkat kedalaman cekungan *dimple* dari ketebalan plat. Dalam hal ini agar memenuhi persyaratan yang pertama, maka diameter *dimple* yang akan dibuat adalah setengah tebal plat.

$$R_c = \frac{b}{2r} \dots\dots\dots[2.8]$$

Keterangan:

R<sub>c</sub> = Rasio Diameter Dimple terhadap tebal plat

b = Diameter dimple (m)

r = jari-jari bola (m)

Bila diameter *dimple* adalah b ,maka kedalaman *dimple* yang terbentuk adalah ½ t, sehingga titik pusat bola dan berada tepat pada titik pusat lingkaran *dimple*.

Bila r = ½ b ,maka kedalaman cekungan maksimal yang terbentuk adalah ½ t. Sehingga titik pusat bola tepat berada titik pusat lingkaran *dimple*. Sehingga dari pengertian ini menghasilkan persamaan:

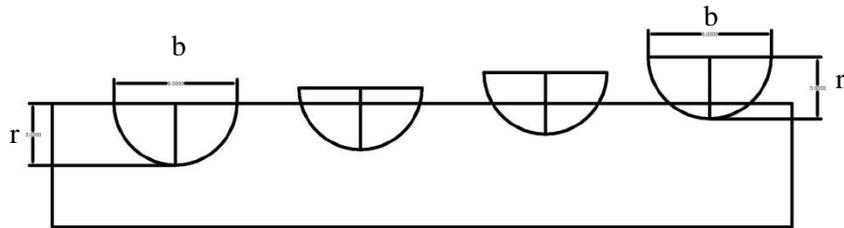
Rasio = b/r ,nilainya adalah 2

Jika r/b ,nilainya adalah 0,5

Agar rasio yang terbentuk bernilai 1 maka,

$$R_c = \frac{2r}{b} \dots\dots\dots[2.9]$$

Dengan persamaan diatas maka akan terbentuk rasio yang nilainya sebesar 1.



Gambar 2.4 Rasio Kecekungan terhadap Plat

### 2.6.3. Kesimpulan Penelitian Sebelumnya

Dari rasio bujur sangkar dan rasio kecekungan, nilai yang paling bagus dari hasil eksperimen dan simulasi penelitian sebelumnya. Untuk Rasio Bujur Sangkar ( $R_{DS}$ ) yang diteliti oleh Mohammad Aziz Almujaahidin, 2012. Rasio terbaik pada eksperimen pada pelat datar ini adalah 0.8 disesuaikan dengan alat pembuatnya yang ada di Laboratorium CNC, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS.

Sedangkan dari hasil simulasi yang dilakukan oleh Nizar Puji Kurniawan, 2011. Bahwa rasio kecekungan terbaik adalah 0.3 sehingga kedua hasil tersebut menjadi tolak ukur desain awal dari eksperimen cekungan (*dimple*) pada plat datar sebelum-sebelumnya.

Pada penelitian yang akan dilakukan saat ini, penelitian ini berfokus kepada pengaruh *dimple* tunggal pada plat datar. Dengan penelitian ini akan dilihat apakah *dimple* mengurangi koefisien gesek ( $C_f$ ) dibanding plat datar normal, atau tidak. Selain itu pengaruh jenis aliran (laminar, transisi, dan turbulen) apakah juga berpengaruh kepada koefisien gesek ( $C_f$ ) yang tercipta pada plat datar.

Selain jenis aliran dan *dimple* tunggal, pada penelitian kali ini akan digunakan 4 buah model *dimple* dengan rasio kecekungan yang berbeda. Keempat model ini nanti akan dibandingkan dengan plat datar tanpa *dimple* untuk melihat seberapa besar pengaruh pemberian *dimple* tunggal pada plat datar ini dan mencari *dimple* yang optimum.



Gambar 2.5 pola dimple pada bola golf

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB III METODOLOGI**

Selama pengerjaan tugas akhir ini, penulis membagi pengerjaan tugas ini dalam beberapa tahapan pengerjaan. Tahapan pengerjaan tugas akhir ini akan dijelaskan secara sistematis pada uraian dibawah ini:

### **3.1. Identifikasi Masalah**

Merupakan hasil identifikasi terhadap permasalahan yang diangkat dalam pengerjaan skripsi. Dari hasil identifikasi masalah dapat digunakan untuk menentukan langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pengerjaan skripsi beserta metode yang diterapkan dalam menyelesaikan masalah yang ada.

Dalam skripsi ini akan dibahas mengenai pengaruh *dimple* yang diterapkan pada plat datar, dimana nantinya hasil penelitian ini dapat diteruskan dalam bidang perkapalan dan diimplementasikan terhadap bangunan kapal.

Sebenarnya inovasi pemberian cekungan (*dimple*) pada permukaan benda telah dimulai dari bola golf hingga velg sepeda balap. Tetapi dalam bidang maritim masih belum banyak yang mengembangkan cekungan ini guna mengurangi tahanan pada kapal. Oleh karena itu penelitian ini ditujukan pada tahanan kapal khususnya tahanan gesek.

Kemudian metode yang dipilih dalam eksperimen ini adalah dengan cara simulasi pada software *Numecca Fine Open*. Oleh karena itu komponen tahanan yang dapat dicari dan disesuaikan dengan parameter output pada software adalah koefisien gesek ( $C_f$ ), jadi pada akhir analisa nantinya akan dibandingkan  $C_f$  antara plat dengan *dimple* (dengan variasi rasio kecekungan ( $R_c$ )) dan plat tanpa *dimple*.

### **3.2. Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan studi literatur terhadap berbagai referensi terkait dengan topik penelitian. Studi pustaka ini dimaksudkan untuk mencari konsep dan metode yang tepat untuk menyelesaikan masalah yang telah dirumuskan pada tahap sebelumnya dan untuk mewujudkan tujuan yang di maksud. Studi pustaka ini termasuk mencari referensi atas teori-teori terkait atau hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya tentang penerapan cekungan (*dimple*) pada plat datar.

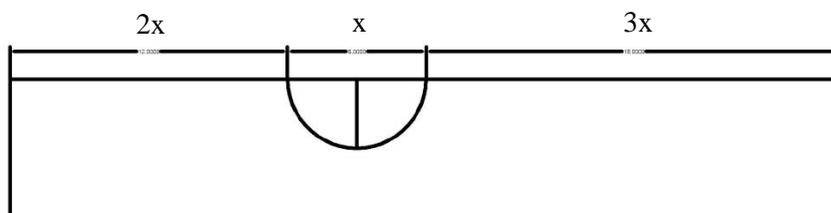
Pada studi literatur yang dilakukan dalam penelitian ini, perlu diketahui bahwa rujukan dalam melakukan penelitian ini adalah didapat dari 2 penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nizar Puji Kurniawan, 2011 dan Mohammad Aziz Almujaahidin, 2012 mengenai *dimple* pada plat datar. Sedangkan fokus penelitian saat ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh jenis aliran (laminar, transisi, dan turbulen) pada  $C_f$  yang nantinya keluar sebagai output dari simulasi penelitian ini. Selain itu perbedaan rasio kecekungan juga apakah ikut berpengaruh terhadap jenis-jenis aliran tersebut.

Selain dari kedua tugas akhir tersebut, sumber literatur yang dipakai adalah hasil percobaan *dimple* pada mobil serta *paper-paper* yang berkaitan dengan *dimple* pada plat datar.

### 3.3. Penentuan Parameter Desain

Dalam penelitian ini, desain yang akan dibuat harus memenuhi persyaratan tertentu. Hal ini bertujuan untuk membatasi dalam hal pembuatan desain dan memberikan fokus agar hasil desain dapat mendekati nilai yang diinginkan pada hasil akhirnya.

Pembatasan ini kita lakukan pada panjang plat datar. Panjang plat ini juga merupakan domain yang nantinya akan digunakan pada saat simulasi sebagai titik kordinat perhitungan. Bentuk dari domain ini sendiri biasanya balok ataupun silinder. Kedua bentuk ini menjadi selubung diatas permukaan model yang akan di simulasikan.



Gambar 3. 1 Panjang Domain Ideal dalam Tutorial Numeca

Dalam tutorial ataupun penjelasan mengenai domain dalam numeca, domain ini memiliki panjang ideal  $5x$  secara longitudinal diluar body (biasanya pada sumbu  $x$ ). sedangkan  $x$  sendiri merupakan panjang dari model atau body subjek yang akan kita simulasikan. Pada percobaan awal dibuat domain sepanjang  $15x$  dengan diameter dimple sebesar 8 mm. Dengan panjang domain sekitar 125 mm, ternyata kondisi laminar, transisi, dan turbulen memerlukan kecepatan yang sangat pelan (dibawah 0.096 m/s). Selain itu nilai Froude number berada dibawah 0.2 sehingga kurang memenuhi untuk persyaratan percobaan yang akan dilakukan.

Guna memaksimalkan domain dan ukuran plat yang akan dibuat simulasi, dilakukan penyesuaian sehingga panjang domain yang tadinya 125 mm diperpendek lagi sehingga reynold number yang didapatkan pada akhir perhitungan sesuai dengan nilai yang dibutuhkan atau diuji dalam simulasi, dan berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk memperpendek jarak domain tersebut.

Pertama kali yang kita lakukan adalah melakukan perhitungan terhadap *Froude number*. *Froude number* ini berguna dalam mengukur resistansi dari sebuah benda yang bergerak didalam air. Bilangan Froude ini tidak memiliki dimensi sehingga lebih tepat digunakan dalam skala model yang akan kita lakukan pada model plat ini sehingga memudahkan proses simulasi. Kemudian bilangan *Froude number* yang akan digunakan adalah antara 0.2 hingga 0.6.

Perhitungan *Froude number* tersebut kita gunakan untuk mencari kecepatan dengan panjang desain awal adalah 125 mm dengan diameter *dimple* 8 mm. Setelah dihitung ternyata *Reynold number* yang didapatkan adalah diatas 4000 sehingga panjang plat dikurangi hingga didapat panjang ideal yaitu 24 mm dimana 6 mm sebagai diameter dari *dimple* tersebut. Lalu jika kita hitung dari *Froude number* 0.2 hingga 0.6, maka yang kita dapatkan adalah sebagai berikut:

Table 3.1. Froude Number untuk Mencari V

Fn = (0.2 - 0.6) pada kapal konvensional			
$V = Fn \times (g \times L) \cdot 10^{0.5}$			
V	Fn	g	L
0.096995	0.2	9.8	0.024
0.101845	0.21	9.8	0.024
0.106694	0.22	9.8	0.024
0.111544	0.23	9.8	0.024
0.116394	0.24	9.8	0.024
0.121244	0.25	9.8	0.024
0.126093	0.26	9.8	0.024
0.130943	0.27	9.8	0.024
0.135793	0.28	9.8	0.024
0.140643	0.29	9.8	0.024
0.145492	0.3	9.8	0.024
0.150342	0.31	9.8	0.024
0.155192	0.32	9.8	0.024
0.160041	0.33	9.8	0.024
0.164891	0.34	9.8	0.024
0.169741	0.35	9.8	0.024
0.174591	0.36	9.8	0.024
0.179440	0.37	9.8	0.024
0.184290	0.38	9.8	0.024
0.189140	0.39	9.8	0.024
0.193990	0.4	9.8	0.024
0.198839	0.41	9.8	0.024
0.203689	0.42	9.8	0.024
0.208539	0.43	9.8	0.024
0.213389	0.44	9.8	0.024
0.218238	0.45	9.8	0.024
0.223088	0.46	9.8	0.024
0.227938	0.47	9.8	0.024
0.232788	0.48	9.8	0.024
0.237637	0.49	9.8	0.024
0.242487	0.5	9.8	0.024
0.247337	0.51	9.8	0.024

Table 3.1. Froude Number untuk Mencari V (lanjutan)

V	Fn	g	L
0.252187	0.52	9.8	0.024
0.257036	0.53	9.8	0.024
0.261886	0.54	9.8	0.024
0.266736	0.55	9.8	0.024
0.271586	0.56	9.8	0.024
0.276435	0.57	9.8	0.024
0.281285	0.58	9.8	0.024
0.286135	0.59	9.8	0.024
0.290985	0.6	9.8	0.024

Setelah kita mendapati kecepatan yang sesuai untuk *Froude number* 0.2 hingga 0.6, selanjutnya adalah mencari *Reynolds number*. Dalam proses ini kecepatan yang telah kita dapatkan kita konversi langsung menggunakan rumus *Reynolds number* dengan panjang plat 24 mm.

Reynold Number =	$Vs.L/v$		
	$Vs = x$		
	$L =$	0.024	
	$v =$	Viscositas air laut Pada 15° C	
		$1.18831 \times 10^{-6}$	
		1.2E-06	

Sehingga data yang akan kita dapatkan adalah sebagai berikut ini:

Table 3.2. Reynold Number

V (m/s)	V (knot)	Rn
0.096995	0.188544	1958.981
0.101845	0.197972	2056.93
0.106694	0.207399	2154.879
0.111544	0.216826	2252.828
0.116394	0.226253	2350.777
0.121244	0.235681	2448.726
0.126093	0.245108	2546.675
0.130943	0.254535	2644.624
0.135793	0.263962	2742.573
0.140643	0.27339	2840.522
0.145492	0.282817	2938.471

Table 3.2. Reynold Number (lanjutan)

V (m/s)	V (knot)	Rn
0.150342	0.292244	3036.42
0.155192	0.301671	3134.369
0.160041	0.311098	3232.318
0.164891	0.320526	3330.267
0.169741	0.329953	3428.216
0.174591	0.33938	3526.165
0.179440	0.348807	3624.114
0.184290	0.358235	3722.063
0.189140	0.367662	3820.012
0.193990	0.377089	3917.961
0.198839	0.386516	4015.91
0.203689	0.395943	4113.859
0.208539	0.405371	4211.808
0.213389	0.414798	4309.757
0.218238	0.424225	4407.706
0.223088	0.433652	4505.655
0.227938	0.44308	4603.605
0.232788	0.452507	4701.554
0.237637	0.461934	4799.503
0.242487	0.471361	4897.452
0.247337	0.480788	4995.401
0.252187	0.490216	5093.35
0.257036	0.499643	5191.299
0.261886	0.50907	5289.248
0.266736	0.518497	5387.197
0.271586	0.527925	5485.146
0.276435	0.537352	5583.095
0.281285	0.546779	5681.044
0.286135	0.556206	5778.993
0.290985	0.565633	5876.942

Lalu terlihat pada tabel diatas bahwa kita memilih kecepatan untuk digunakan sebagai variasi kecepatan saat pengujian pada kecepatan yang berwarna hijau. Dipilih 9 variasi kecepatan, 3 pada *reynold number* laminar, 3 pada *reynold number* transisi, dan 3 sisanya berada pada *reynold number* turbulen. Kemudian langkah selanjutnya adalah memasuki tahap penggambaran model.

### 3.4. Penggambaran Model

Pembuatan model *computer* secara 2D dilakukan dengan *software Computer Aided Design*, lalu digambar secara 3D menggunakan *software Computer Aided Design 3D* dan kemudian dilakukan simulasi terhadap model komputer tersebut dengan *software Numeca Fine Open*.

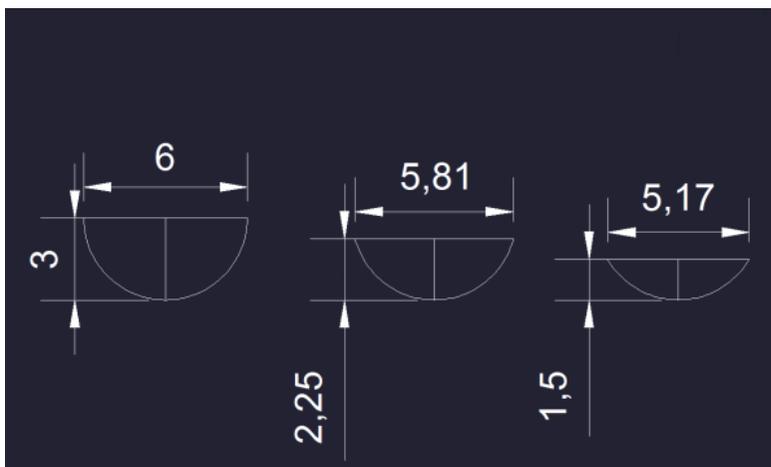
Proses penggambaran 2D menggunakan *Software Computer Aided Design* digunakan untuk menentukan besaran dimensi diameter lubang, kedalaman lubang, dan lengkungan yang akan dibuat pada model 3D nantinya. Dan berdasarkan gambaran 2D dari CAD ini akan lebih mudah memperbaiki kesalahan dimensi jika terjadi pada CAD 3D.

Pertama kali penggambaran yang dilakukan adalah membagi setengah lingkaran menjadi 4 bagian, dimana masing-masing bagian tersebut akan dicari rasio kecekungannya ( $R_c$ ).

Table 3.3. Rasio Kecekungan ( $R_c$ )

	d	b	$R_c$	0,5 b
Rc 1	3	6	1	3
Rc 0.968	2.25	5.81	0.968333	2.905
Rc 0.861	1.5	5.17	0.861667	2.585
Rc 0.661	0.75	3.97	0.661667	1.985

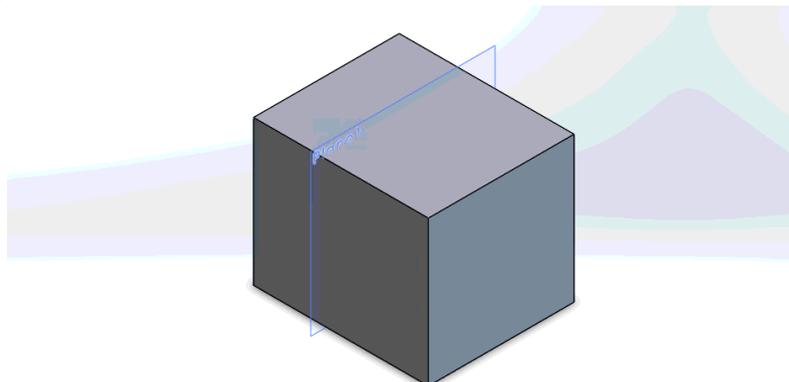
Setelah didapatkan rasio kecekungannya dan kita gambarkan tiap-tiap cekungan, maka hasilnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Penggambaran Dimple pada CAD

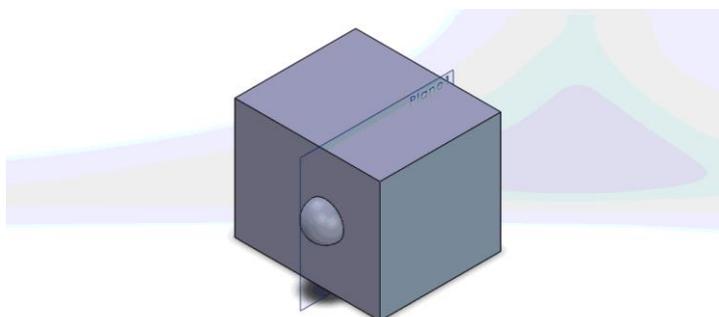
Selanjutnya setelah kita gambarkan *dimple*-nya, kita lanjutkan penggambaran pada *Solidwork*. Langkah pertama kita membuat balok yang berukuran 24 x 20 x 20 milimeter yang nantinya menjadi domain atau sebagai tempat perhitungan aliran yang melewati permukaan *dimple*. Setelah itu kita tambahkan *dimple* dengan arah menghadap balok karena yang disimulasikan

nantinya adalah permukaan dalam balok dengan tambahan *dimple* maupun tanpa *dimple*.



Gambar 3.3 Penggambaran Kotak Balok Domain pada CAD 3D

Setelah penggambaran ini, kita simpan bentuk kotak dengan tambahan *dimple* ini kedalam format parasolid (.x\_t). Mengapa diperlukan menyimpan dalam format parasolid. Hal ini dilakukan untuk memudahkan penggambaran bentuk pada *Fine Open*. Dengan mengimport gambar dalam format parasolid tersebut kita akan memudahkan dalam proses penggambaran serta editing dari model tersebut pada fasilitas *Hexpress Numeca Fine Open* (digunakan untuk pembuatan model, domain, dan *meshing* secara manual) sehingga membuat lebih cepat dalam melakukan proses *meshing*.



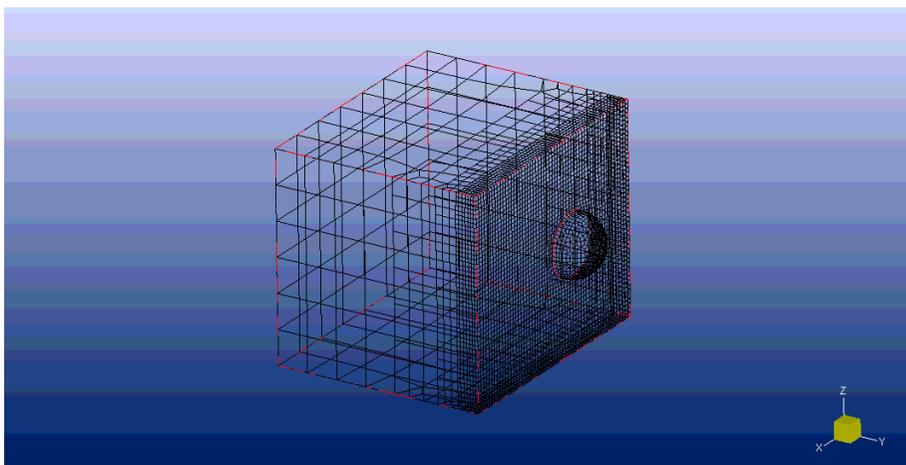
Gambar 3.4 Hasil Penggambaran pada CAD 3D

Tahap selanjutnya adalah beralih kepada *Numeca Fine Open*, dimana kita akan membuat *domain* dan *meshing* pada model yang telah kita gambar secara 3D sebelumnya pada CAD 3D. Pada saat membuka software *Numeca Fine Open* akan diarahkan untuk membuat *mesh* baru atau membuka *mesh* yang telah dibuat. Pada langkah awal ini kita harus membuat *mesh* baru melalui *Hexpress* pada *Numeca*. Langkah ini akan berjalan otomatis ketika memilih “*Create Mesh*”. Selanjutnya pada jendela *Hexpress*, dilakukan import terhadap model yang telah dijadikan

format parasolid untuk mempercepat proses *mesh* yang kita lakukan. Setelah import dilakukan, selanjutnya sesuaikan posisi dari model yang telah dibuat menggunakan “*Transform*”. *Command* ini berfungsi untuk memutar ataupun menggeser lokasi dari model yang telah kita buat. Jangan lupa untuk mengingat titik *origin* dari benda (titik 0, 0, 0). Jika tidak perlu memperbaiki posisi model maka selanjutnya yang dilakukan adalah “*Create Domain*”.

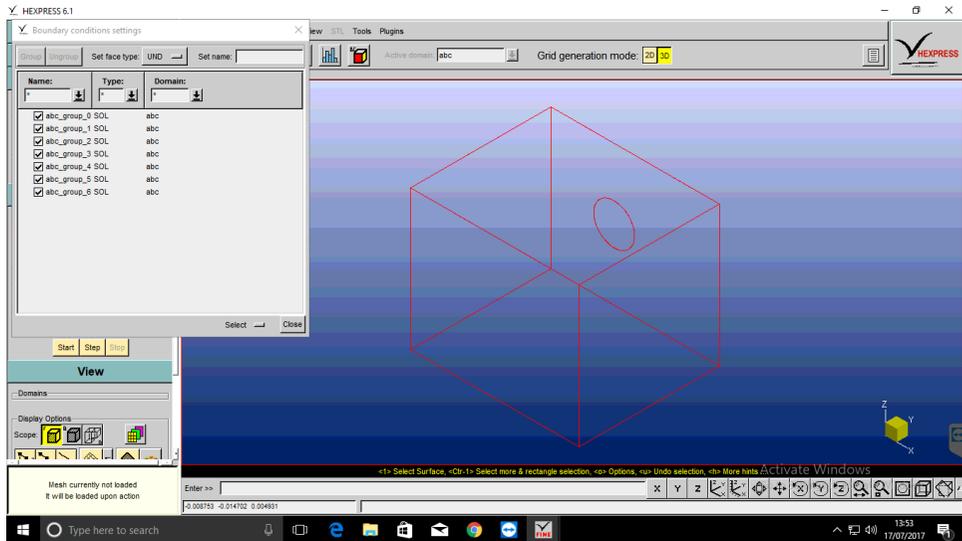
*Domain* merupakan suatu bagian solid yang berada dalam sebuah model. *Computational domain* atau domain itu sendiri terdiri atas topologi dan geometri model yang kita simulasikan. Jika dijelaskan, topologi merupakan suatu rangka dari sebuah model, pada umumnya topologi menyatakan definisi dari volume atau menyediakan informasi dari hubungan antar permukaan pada suatu model. Sedangkan geometri merupakan geometri sesungguhnya dari sebuah model tersebut. Tiap permukaan model dijelaskan secara triangulasi dan tiap kurva dijelaskan secara detail melalui titik-titik elemennya.

Pembuatan domain pada *Hexpress (Numeca Fine Open)* sangatlah mudah. Hanya perlu memasukkan nilai dari setiap parameter yang dibutuhkan. Setelah memasukkan nilai yang dikehendaki lalu “*apply*” untuk melihat *domain* yang tercipta pada model.



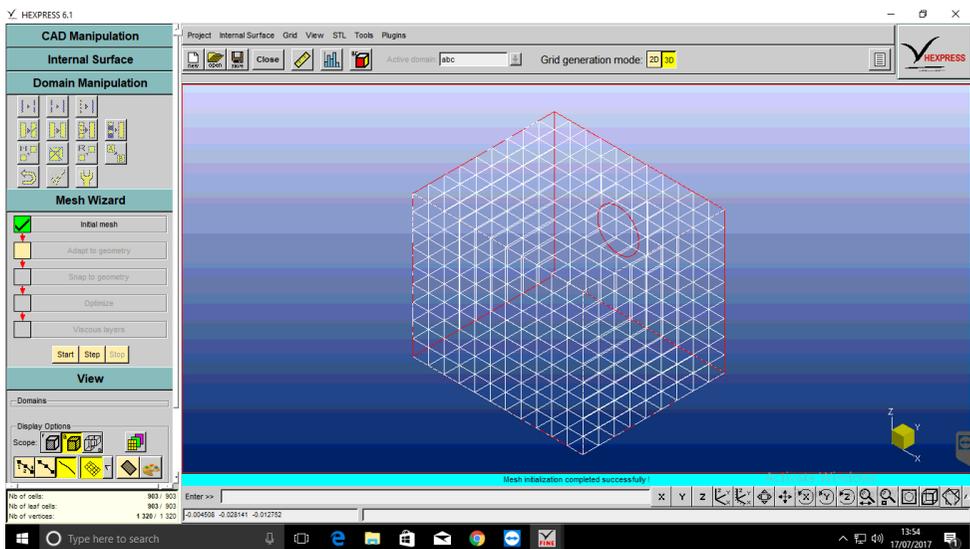
Gambar 3.5 Hasil Pembuatan Domain pada Numeca

Setelah membuat *domain* pada model, selanjutnya adalah melakukan *meshing* pada model tersebut. Langkah pertama sebelum memulai proses *mesh* adalah menentukan *boundary* pada model. *Boundary* yang digunakan pada penelitian ini adalah solid (SOL) untuk *dimple* dan permukaan plat, *inlet* (INT) dan *outlet* (OUT) pada bagian depan dan belakang yang menunjukkan sisi aliran masuk dan keluar dari *domain*, dan eksternal (EXT) untuk menunjukkan sisi eksternal yang dimodelkan sebagai sisi di dalam air.



Gambar 3.6 Boundary Select pada Mesh

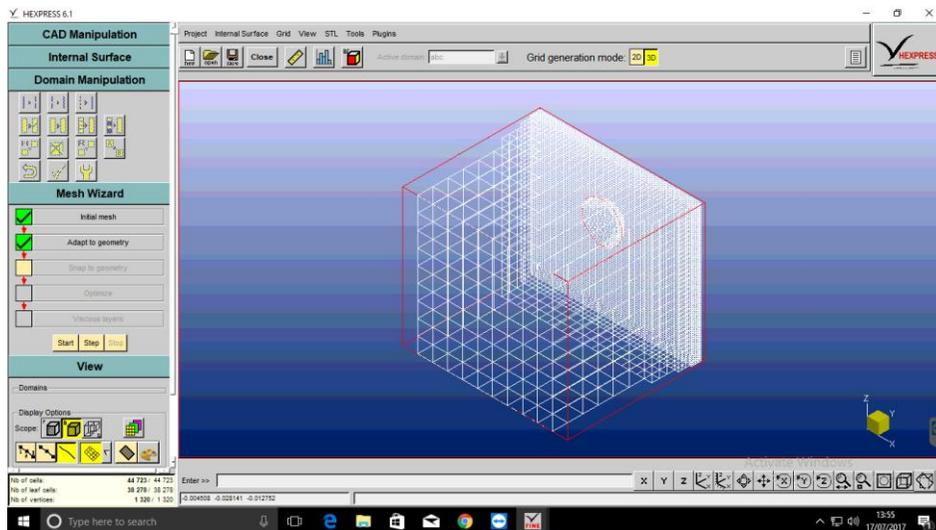
Setelah melakukan pemilihan *boundary condition*, selanjutnya adalah *Initial Mesh*. *Mesh* ini berguna Proses ini membuat *cell* secara umum dan tidak akurat dari sebuah model. Proses ini hanya memetakan secara umum bentuk dari model.



Gambar 3.7 Initial Mesh

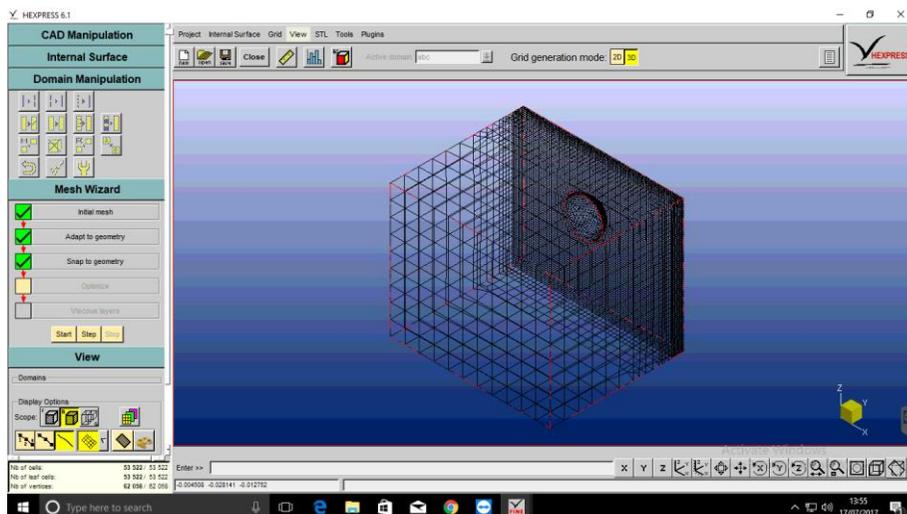
Selanjutnya kita akan melakukan *mesh Adapt to Geometry*. Proses ini merupakan proses yang penting dalam meshing menggunakan *hexpress*. Dalam proses ini *cell* yang terbentuk dalam tahap *initial mesh* akan di adaptasi oleh model. Dalam kata lain, *cell* yang dibentuk sudah menyerupai model yang dibuat. Dalam proses ini ada 2 hal penting yaitu *refinement* dan *trimming*. *Refinement* adalah membuat *cell* yang membuat bentuk dalam kurva menjadi lebih spesifik.

Dalam proses *refinement* ada 3 hal yang dapat dilakukan yaitu pada kurva, *surface* dan volume *criterion*. Sedangkan proses *trimming* mengeliminasi semua *cell* yang terdapat di luar domain. *Cell* yang berada diluar domain akan otomatis dihapus dan dilakukan penyesuaian dengan *cell* yang lain.



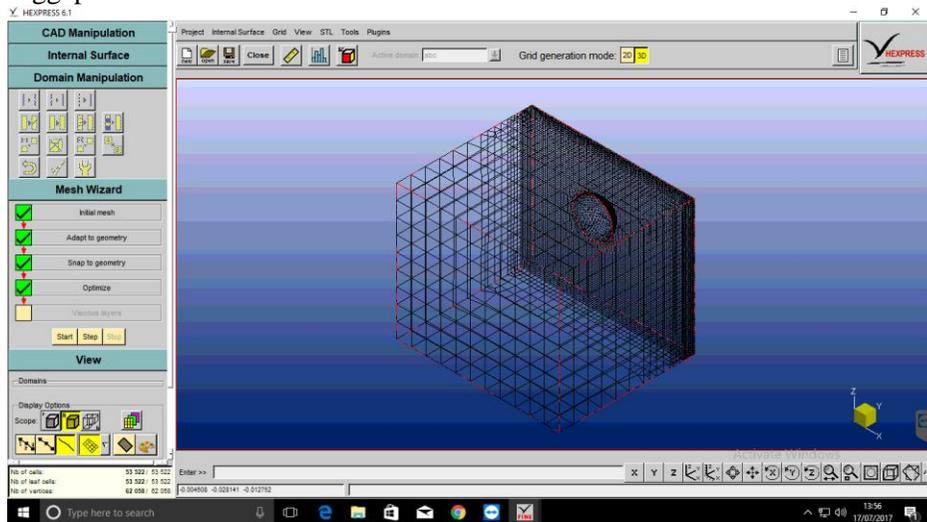
Gambar 3.8 Adapt to Geometry Mesh

Setelah mendapatkan adaptasi geometri, selanjutnya proses *meshing* yang dilakukan adalah *snap to geometry*. Tujuan dari proses ini ialah untuk menerapkan seluruh *cell* pada domain sehingga sudah tampak jelas bentuk *meshing* yang akan digunakan beserta dapat pula dianalisa jumlah *negative cell* yang ada agar menjadi pertimbangan dalam menentukan jumlah *refinement*.



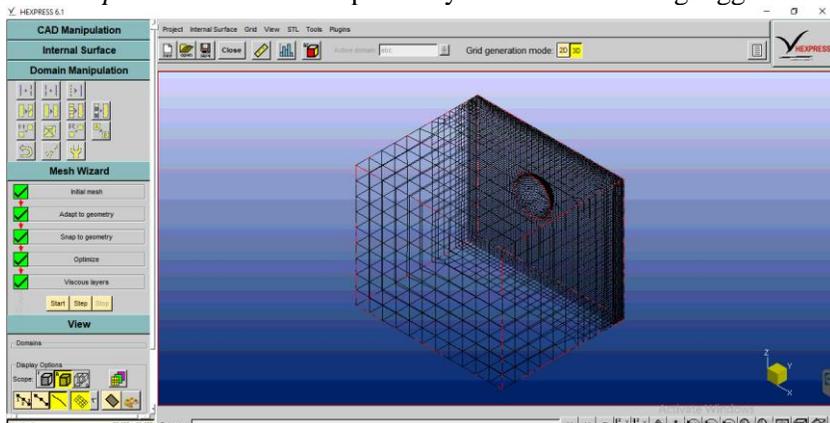
Gambar 3.9 Snap to Geometry Mesh

Setelah dilakukan snap, maka Hexpress akan menganalisa *cell* secara keseluruhan untuk menemukan *negative volume*. *Negative volume* ini terbentuk dari domain yang rumit namun tidak didukung dengan pengaturan *cell* yang baik. Namun biasanya dalam proses *Snap to Geometry* *negative cell* sudah tidak ada bila jumlah dan lokasi *refinement* dan *trimming* tepat dan sesuai. Namun selain *negative cell* ada beberapa hal yang dapat mengganggu pembentukan *well formed cell* yaitu adalah *twisted cell*. *Twisted cell* ini terbentuk karena titik kordinat dari *cell* berlawanan arah menyebabkan *cell* tidak terbentuk dengan baik. Hal ini pula yang menyebabkan *negative cell*. Oleh karena itu kita lakukan *optimize mesh* untuk menghilangkan adanya *negative cell* yang terbentuk sehingga mesh dapat dianggap berhasil.



Gambar 3.10 Hasil Optimize Mesh

Terakhir dalam *meshing* pada Numeca adalah *mesh viscous layer*. *Viscous layer* memberikan *cell* tambahan pada permukaan domain dengan *aspect ratio* yang besar. *Aspect ratio* tersebut dapat menyebabkan *solver* terganggu nantinya.



Gambar 3.11 Hasil Viscous Layer Mesh

Setelah semua tahapan dilalui dengan benar (ditandai dengan warna hijau di kotak *mesh wizard*) *mesh* siap dianalisa dalam *solver Fine Open*. Setelah itu hasil *mesh* dapat di simpan dalam format *.igg* yang menandakan bahwa proses *meshing* telah selesai.



Gambar 3.12 Success Mesh

### 3.5. Simulasi

Pada tahap simulasi ini akan dilakukan perhitungan sebanyak 9 kali (9 kecepatan atau 9 angka reynolds) yang telah dipilih sebelumnya pada tahap penentuan parameter desain. Sebagai berikut :

Table 3.4 Table variasi kecepatan pada simulasi

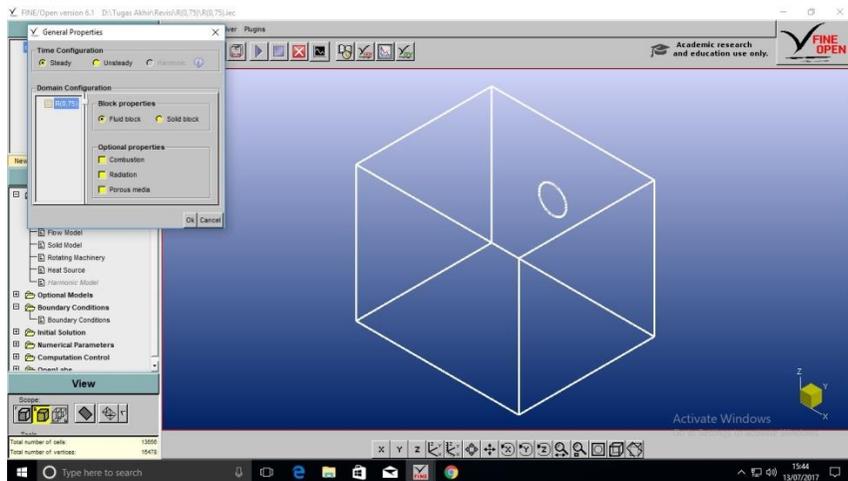
V
0.096995
0.101845
0.106694
0.116394
0.150342
0.179440
0.198839
0.223088
0.247337

Perbedaan kecepatan atau *reynold number* ini mempresentasikan keadaan aliran yang laminar, transisi, dan turbulen. Sehingga nantinya kita dapat melihat perbedaan antara ketiga keadaan tersebut bagaimana kondisi aliran dan besarnya *drag* yang terjadi.

Simulasi ini bergantung kepada banyaknya *cell* yang tercipta ketika melakukan *mesh* pada model. Semakin banyak *cell*, maka proses simulasi atau

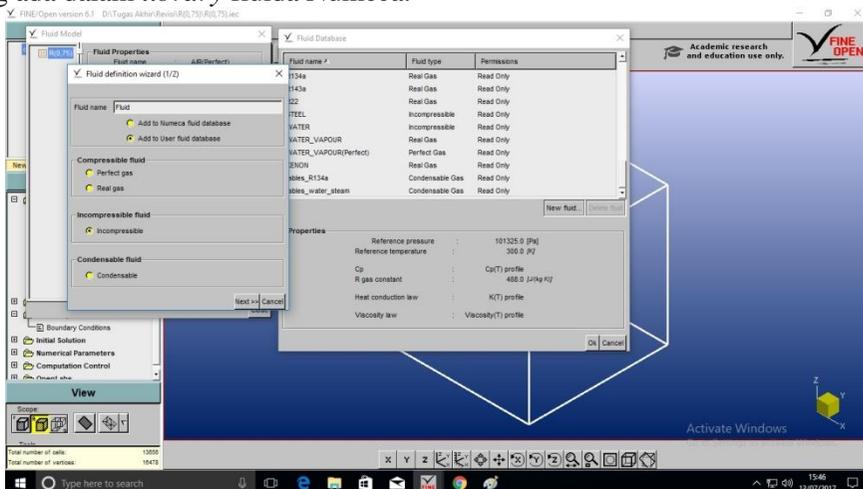
*solver* akan berjalan lebih lama untuk mendapatkan nilai yang sesuai atau mendekati kriteria yang diinginkan (mencapai konvergensi).

Proses simulasi ini menggunakan *solver* dari *numeca fine open*, sehingga perlu dilakukan beberapa pengaturan seperti pada *boundary condition*, *flow model*, *fluid model* dll. Parameter pertama yang akan kita masukkan adalah *general properties*. *General properties* merupakan parameter dasar untuk model simulasi yang akan menyangkut opsional model yang dapat ditambahkan jika memang diperlukan.



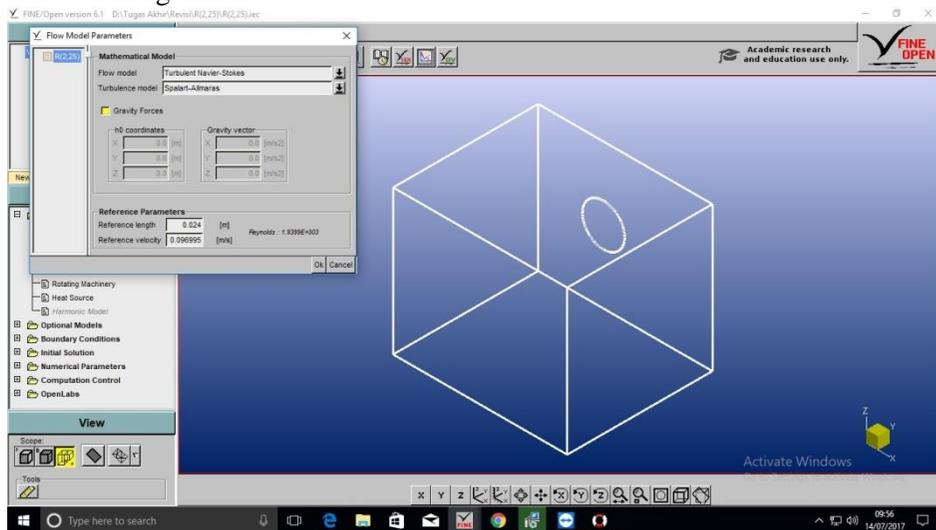
Gambar 3.13 General Properties

*Fluid model*, parameter ini merupakan pengaturan untuk fluida yang akan digunakan dalam proses simulasi nantinya sehingga disesuaikan. Fluida yang akan digunakan dalam simulasi ini adalah air laut sehingga harus membuat fluida baru yang ada dalam *library* fluida Numeca.



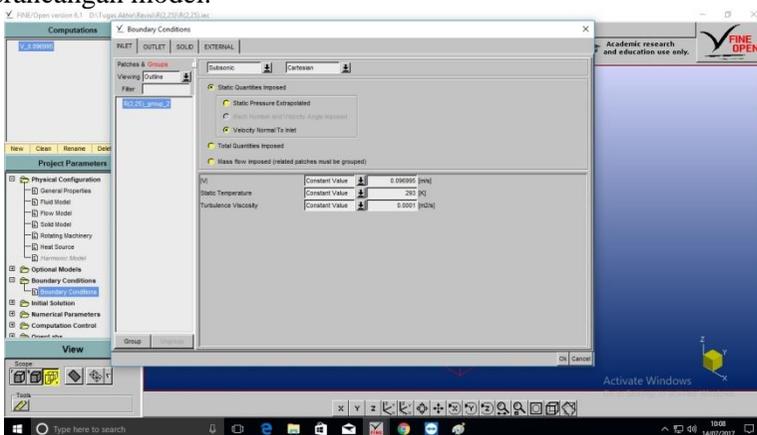
Gambar 3.14 Fluid Properties

*Flow Properties*, merupakan parameter aliran yang harus diatur agar simulasi berjalan seperti yang dikehendaki. *Flow properties* ini juga mengatur kecepatan aliran dan *reynold number* yang didapatkan dari panjang model yang akan di running.



Gambar 3.15 Flow Properties

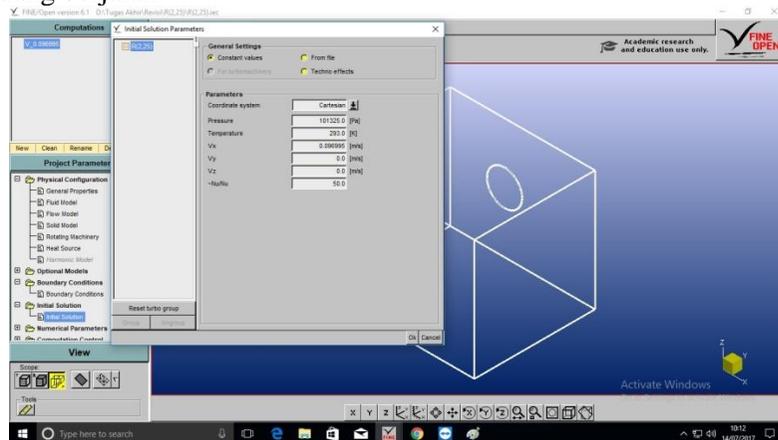
*Boundary condition*, parameter dari dinding batas yang mengatur *inlet*, *outlet*, *solid*, dan *external*. Keempat kategori ini memiliki parameter yang harus diatur sesuai kondisi yang diharapkan dalam simulasi sehingga hasil simulasi dapat sesuai dengan harapan. Pada inlet dan external, kecepatan diatur dengan angka yang sama. Kecepatan ini merupakan kecepatan yang telah ditentukan sebelumnya dalam perancangan model.



Gambar 3.16 Boundary Condition Inlet

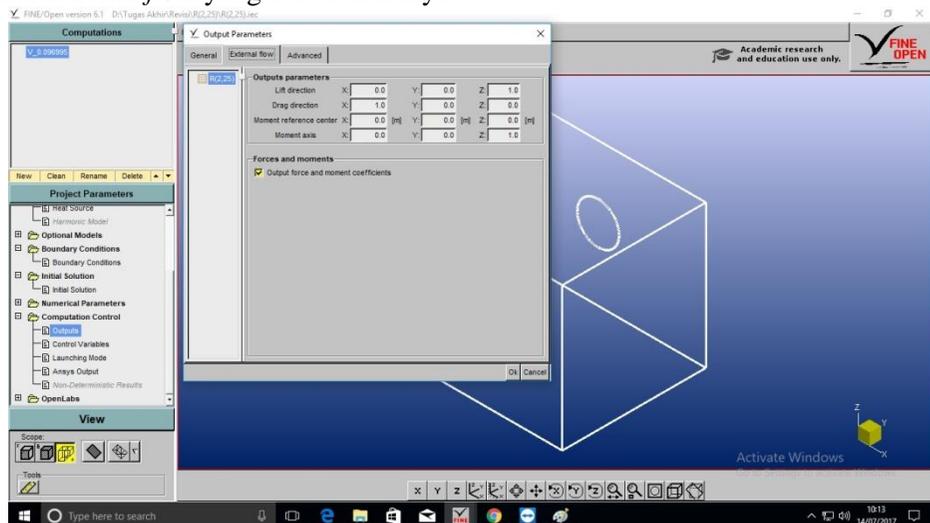
*Initial solution*, merupakan parameter keluaran atau hasil yang diinginkan berupa kecepatan, tekanan, temperatur, dll. Parameter yang dimasukkan haruslah sesuai agar simulasi dapat berjalan lancar, karena jika ada parameter yang salah

dimasukkan akan mempengaruhi jalannya simulasi bahkan menggagalkan simulasi yang sedang berjalan.



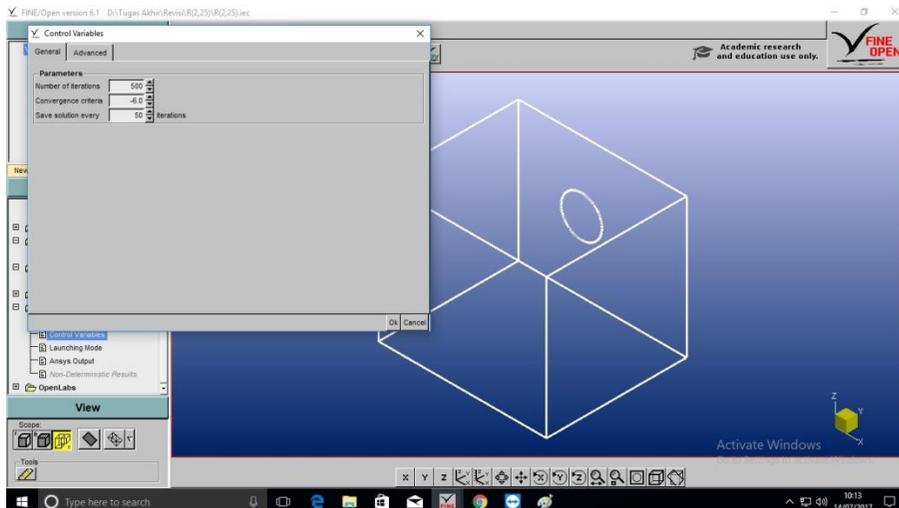
Gambar 3.17 Initial Solution

Output, merupakan nilai-nilai yang akan diukur dan dihasilkan dari proses simulasi. Nilai-nilai ini akan keluar dan dapat dibaca melalui CFView setelah simulasi telah berhasil dilaksanakan. Keluaran simulasi yang menjadi target pada penelitian ini adalah koefisien gesek ( $C_f$ ). Pada kolom output sebelumnya kita pilih *external flow*, karena *flow* model dari penelitian ini adalah mensimulasikan dinding luar kapal yang bergesekan dengan fluida air laut sehingga kita mengambil nilai *external flow* yang keluar nantinya.



Gambar 3.18 Output

*Variable control*, adalah banyaknya iterasi yang akan dilakukan dalam simulasi. Selain itu dalam *variable control* ini mengatur kriteria konvergensi yang akan mengakhiri dari simulasi. Titik konvergen ini merupakan hasil dimana output dan input telah seimbang.



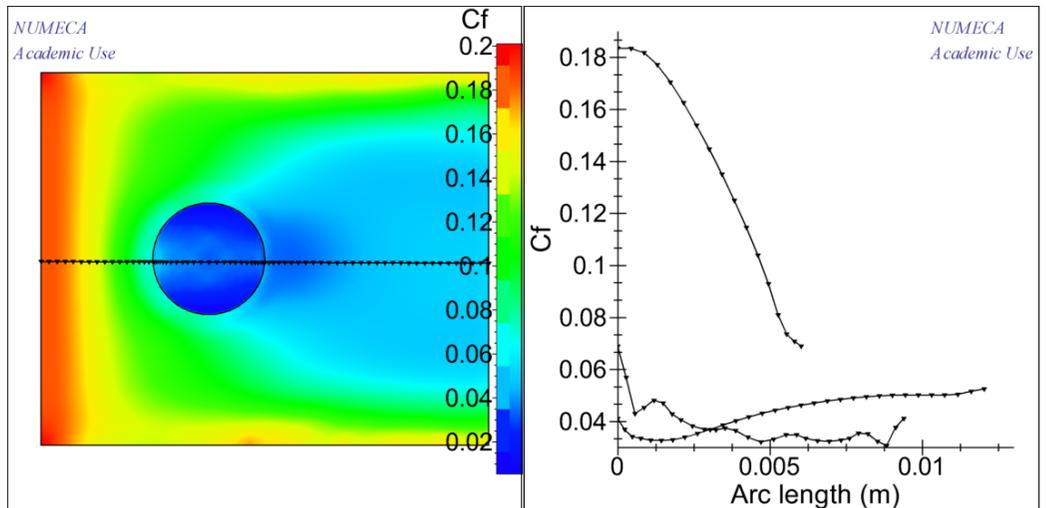
Gambar 3.19 Variable Control

Setelah semua parameter yang dikehendaki telah diatur sesuai batasan-batasan yang telah dibuat, maka kita lakukan proses solving untuk mendapatkan data-data yang kita butuhkan.

Saat kita *start*, *solver* akan melakukan perhitungan berdasar parameter-parameter yang telah kita tentukan. Beberapa kali dalam percobaan *solving* awal terjadi kegagalan yang disebabkan kurang tepatnya parameter yang dimasukkan. Tetapi setelah beberapa kali melakukan simulasi, parameter yang optimum telah ditemukan dan simulasi dapat berjalan lancar.

### 3.6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah tahap pembacaan hasil simulasi melalui CFView yang terdapat dalam software Numeca Fine Open yang berguna untuk membaca hasil simulasinya. Dalam tahap ini dikumpulkan data Cf atau koefisien gesek yang dihasilkan dari simulasi setiap model dan berbagai variasi kecepatannya. Dalam pengumpulan data nantinya terdapat 45 data yang dihasilkan oleh proses simulasi yang dilakukan. Hasil yang akan kita kumpulkan adalah sebagai berikut:



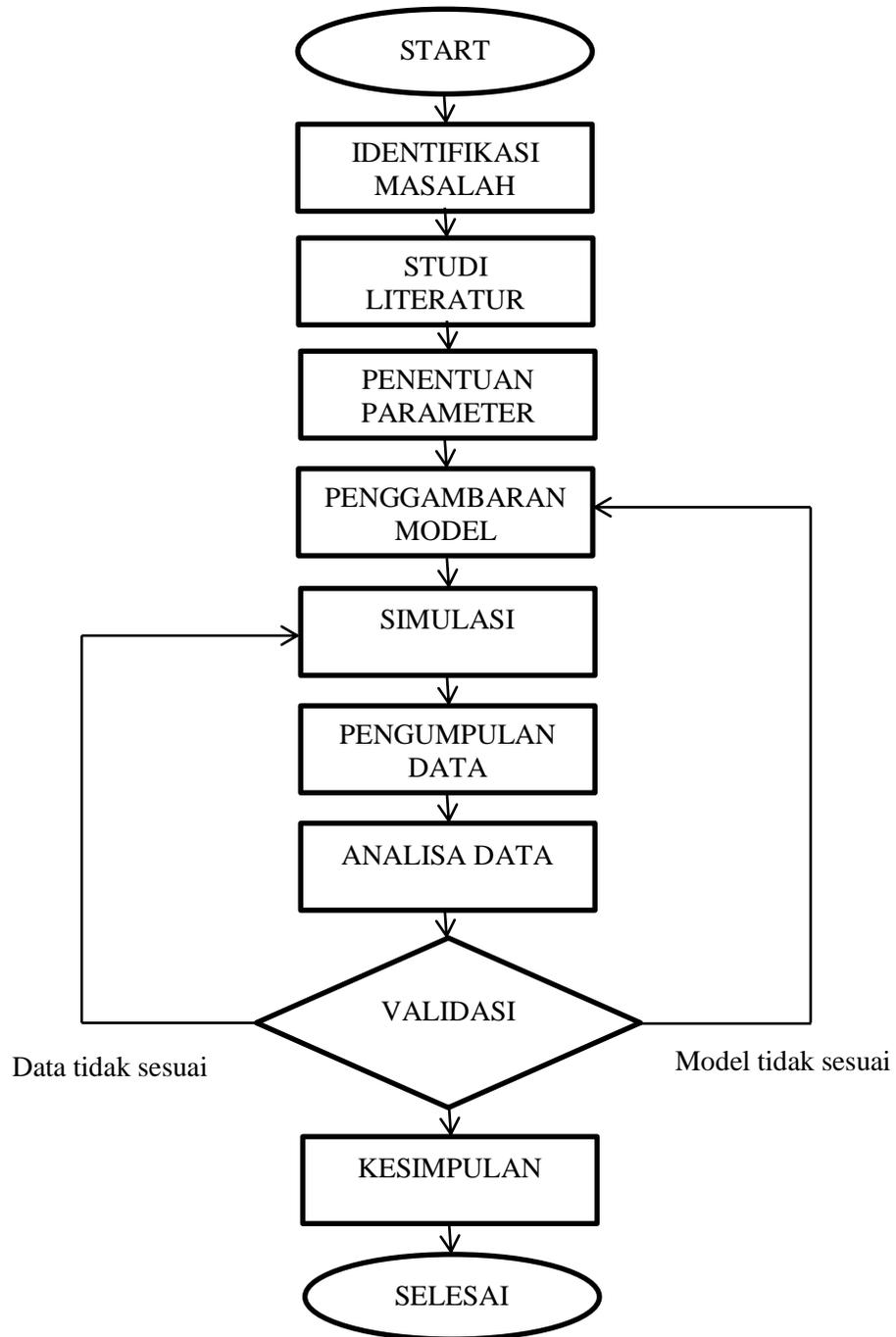
Gambar 3.20 Sample Hasil Simulasi

### 3.7. Analisa Data

Dalam analisa data ini kita akan membaca grafik  $C_f$  yang ditunjukkan oleh setiap model dan setiap kecepatan pengujiannya. Analisa ini akan membandingkan antara model dengan *dimple* dan tanpa *dimple*. Serta perbandingan antara model yang berbeda rasio kecekungannya ( $R_c$ ).

### 3.8. Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan analisa data dan perhitungan yang dikerjakan sebelumnya, Kesimpulan ini juga berisi ringkasan dan poin-poin penting dalam pengerjaan skripsi ini kedepan.



## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah analisa data berupa perancangan model dan simulasi. Perancangan model didasarkan pada batasan yang telah dijelaskan pada bab awal. Langkah-langkah ini saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan satu sama lainnya. Ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan untuk mendapatkan suatu model sehingga dapat dilanjutkan ke proses running.

### 4.1. Variasi Model

Sebelum Sebelum dilakukannya analisa data, maka harus dilakukan rekapitulasi atas variasi yang telah dibuat apakah sudah disimulasikan atau belum. Sehingga berdasarkan jumlah rasio kecekungan dan variasi kecepatan, maka jumlah simulasi yang dilakukan adalah :

Table 4. 1 Rekap Simulasi Model

	Rc 1	Rc 0.968	Rc 0.861	Rc 0.661	R 0
0.096995	o	o	o	o	o
0.101845	o	o	o	o	o
0.106694	o	o	o	o	o
0.116394	o	o	o	o	o
0.150342	o	o	o	o	o
0.179440	o	o	o	o	o
0.198839	o	o	o	o	o
0.223088	o	o	o	o	o
0.247337	o	o	o	o	o

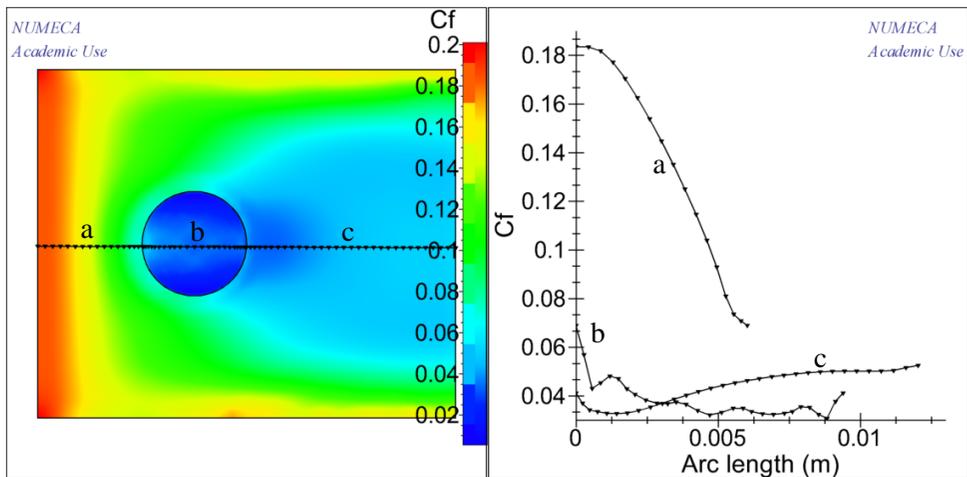
### 4.2. Pengambilan Data

Dari semua model yang telah disimulasikan, maka dapat dilakukan pengambilan data yang diperlukan untuk melakukan analisa data pada tugas akhir ini, Sehingga didapatkan data kinerja dari model plat datar yang diuji. Data-data tersebut diambil pada permukaan plat atau *surface* dengan *dimple* atau tanpa *dimple*, data yang akan diambil adalah Cf.

### 4.3. Pembacaan Data

Pembacaan data yang dimaksud dalam subbab ini adalah membaca tiap-tiap segmen yang dimiliki oleh setiap model dan variasi kecepatannya sehingga didapatkan nilai rata-ratanya yang akan dibandingkan dalam grafik dan bisa dilihat perubahannya pada setiap jenis aliran (laminar, transisi, dan turbulen). Berikut adalah tahapan pembacaan data hasil simulasi:

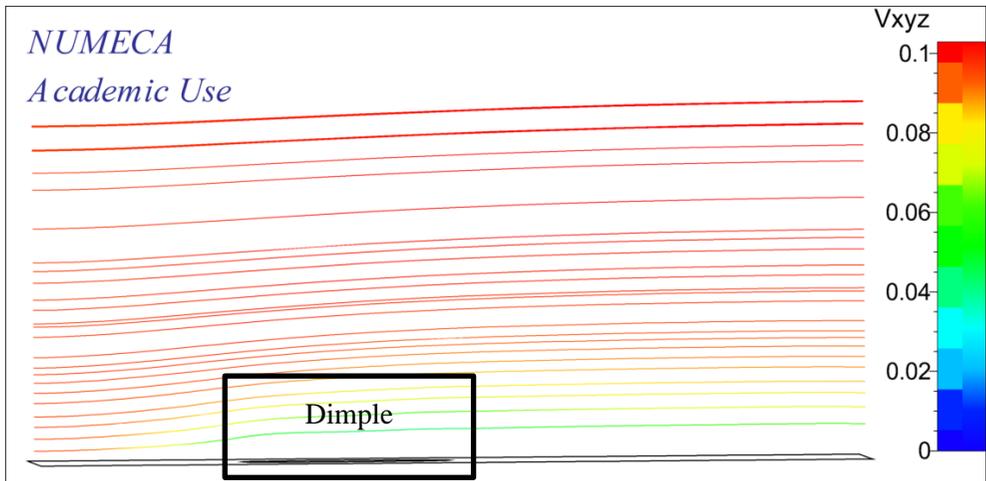
### Model Rc 1



Gambar 4. 1 Kontur dan Grafik Model Rc 1 V 0,096995

Dari grafik diatas kita pisahkan menjadi 3 segmen dimana segmen pertama (a), berada di sisi kiri dari cekungan (*dimple*), ujung sisi kiri dapat disebut titik A1. Kemudian di ujung segmen pertama dapat disebut titik B1. Dari titik B1 sampai ke ujung cekungan adalah segmen kedua (b). Titik diujung segmen kedua adalah titik C1, dan segmen terakhir (c) dari titik C1 ke ujung plat adalah titik D1. Nilai-nilai pada titik tersebut adalah A1= 0,18351, B1= 0,06896, C1= 0,04114, dan D1= 0,05254. dari keempat nilai tersebut dapat kita ketahui bahwa dari titik A1 menuju B1 terjadi penurunan  $C_f$  secara drastis sehingga dapat dikatakan hambatannya berkurang. Kemudian ketika melewati cekungan (*dimple*) nilai  $C_f$  turun hingga mendekati 0,03 setelah itu nilai  $C_f$  naik kembali hingga titik D1 yaitu 0,05254.

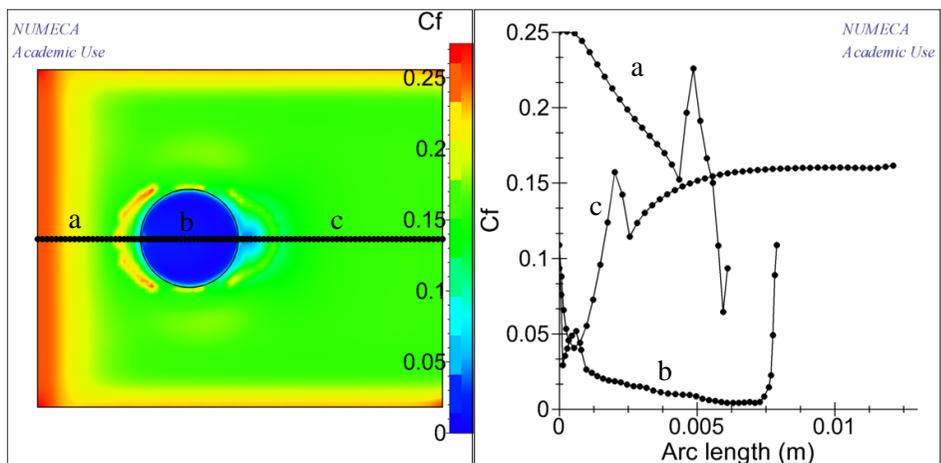
Pada kontur yang terdapat pada sebelah grafik terlihat warna merah yang mempresentasikan tingginya  $C_f$  pada saat inlet. Kemudian dapat dilihat bahwa  $C_f$  berangsur-angsur menurun ketika mendekati lubang *dimple*. Lalu disekitar lubang *dimple* dapat dilihat bahwa warna permukaan dibidang tersebut berwarna biru muda. Hal ini menandakan berkurangnya  $C_f$  disekitar lubang *dimple* diikuti dengan aliran yang terbelah.



Gambar 4. 2 Kontur Aliran pada Model Rc 1

Diatas merupakan kontur aliran dari model plat Rc 1. Terlihat aliran yang melewati permukaan plat dengan dimple ini seragam. Perubahan terjadi ketika melewati lubang dimple dimana aliran menjauhi lubang kemudian berjalan seragam kembali.

### Model Rc 0.968

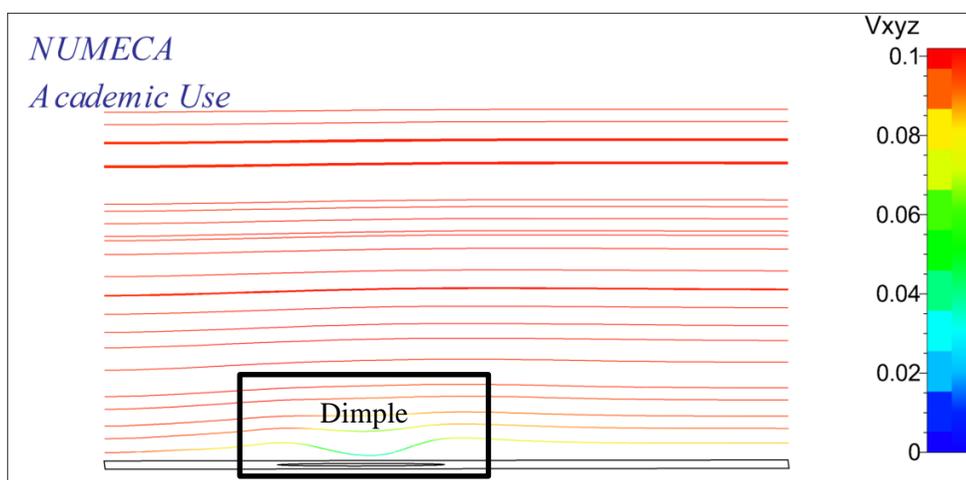


Gambar 4. 3 Kontur dan Grafik Model Rc 0,968 V 0,096995

Dari grafik diatas kita pisahkan menjadi 3 segmen dimana segmen pertama (a) berada di sisi kiri dari cekungan (*dimple*), ujung sisi kiri dapat disebut titik A2. Kemudian di ujung segmen pertama dapat disebut titik B2. Dari titik B2 sampai ke ujung cekungan adalah segmen kedua (b). Titik diujung segmen kedua adalah titik C2, dan segmen terakhir (c) dari titik C2 ke ujung plat adalah titik D2. Nilai-nilai

pada titik tersebut adalah  $A_2 = 0,25$ ,  $B_2 = 0,09368$ ,  $C_2 = 0,10885$ , dan  $D_2 = 0,16167$ . dari keempat nilai tersebut dapat kita ketahui bahwa dari titik  $A_2$  menuju  $B_2$  terjadi penurunan  $C_f$  secara drastis sehingga dapat dikatakan hambatannya berkurang. Kemudian ketika melewati cekungan (*dimple*) nilai  $C_f$  turun hingga mendekati 0,01 setelah itu nilai  $C_f$  naik kembali hingga titik  $D_2$  yaitu 0,05254.

Pada kontur yang terdapat pada sebelah grafik terlihat warna merah yang mempresentasikan tingginya  $C_f$  pada saat inlet. Kemudian dapat dilihat bahwa  $C_f$  berangsur-angsur menurun ketika mendekati lubang *dimple*. Lalu disekitar lubang *dimple* dapat dilihat bahwa warna permukaan dibidang tersebut berwarna biru muda. Hal ini menandakan berkurangnya  $C_f$  disekitar lubang *dimple* diikuti dengan aliran yang terbelah. Tetapi, warna biru muda tersebut menunjukkan bahwa lapisan batas dari aliran air tidak terlepas meskipun telah melewati *dimple*. Hal ini menandakan bahwa aliran dipermukaan *dimple* tidak terlepas dari permukaan awalnya sehingga tidak akan menimbulkan vortex setelah melewati benda (plat datar) tersebut.

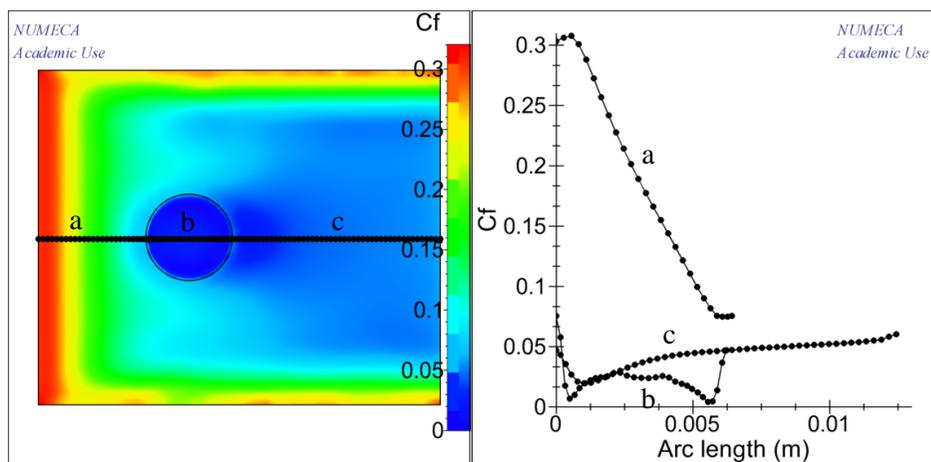


Gambar 4. 4 Kontur Aliran pada Model Rc 0,968

Dari kontur diatas kita ketahui aliran fluida untuk model Rc 0.968 bergerak seragam (uniform). Tetapi ketika melewati lubang dimple, aliran yang paling dekat dengan permukaan plat bergerak masuk kedalam dimple. Sedangkan lapisan diatasnya bergerak menjauhi permukaan plat. Setelah melewati lubang dimple aliran berjalan seragam kembali. Dengan kontur aliran ini terlihat bahwa lapisan batas tidak terlepas dari permukaan plat sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya vortex setelah ujung plat datar.

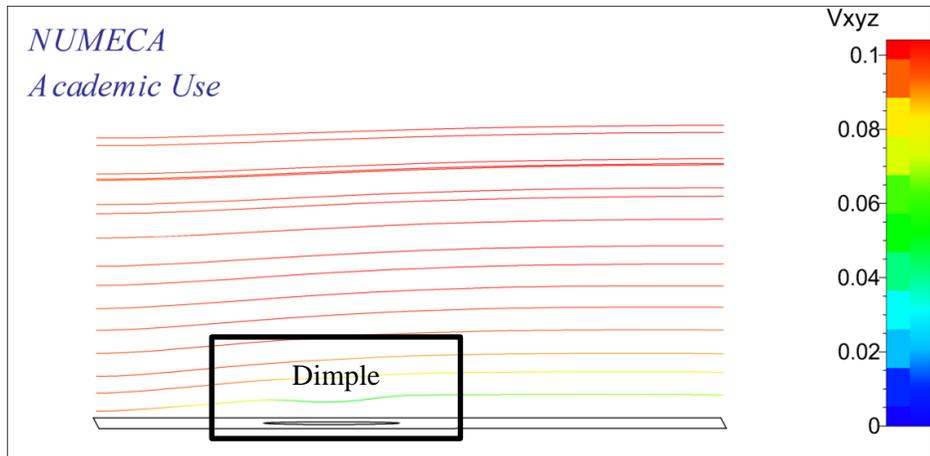
### Model Rc 0,861

Dari grafik diatas kita pisahkan menjadi 3 segmen dimana segmen pertama (a) berada di sisi kiri dari cekungan (*dimple*), ujung sisi kiri dapat disebut titik A3. Kemudian di ujung segmen pertama dapat disebut titik B3. Dari titik B3 sampai ke ujung cekungan adalah segmen kedua (b). Titik diujung segmen kedua adalah titik C3, dan segmen terakhir (c) dari titik C3 ke ujung plat adalah titik D3. Nilai-nilai pada titik tersebut adalah  $A3= 0,30345$ ,  $B3= 0,07571$ ,  $C3= 0,04715$ , dan  $D3= 0,0601$ . dari keempat nilai tersebut dapat kita ketahui bahwa dari titik A3 menuju B3 terjadi penurunan Cf secara drastis sehingga dapat dikatakan hambatannya berkurang. Kemudian ketika melewati cekungan (*dimple*) nilai Cf turun hingga mendekati 0,01 setelah itu nilai Cf naik kembali hingga titik D3 yaitu 0,0601.



Gambar 4. 5 Kontur dan Grafik Model Rc 0,861 V 0,096995

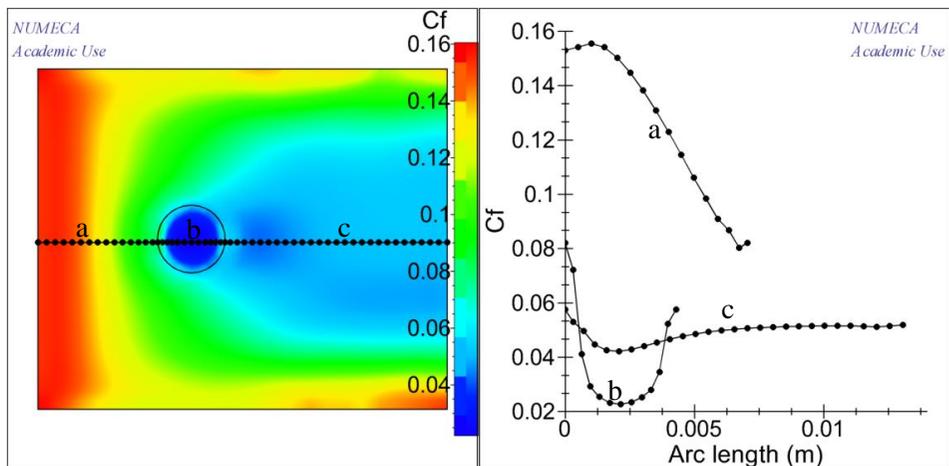
Pada kontur yang terdapat pada sebelah grafik terlihat warna merah yang mempresentasikan tingginya Cf pada saat inlet. Kemudian dapat dilihat bahwa Cf berangsur-angsur menurun ketika mendekati lubang *dimple*. Lalu disekitar lubang *dimple* dapat dilihat bahwa warna permukaan dibidang tersebut berwarna biru muda. Hal ini menandakan berkurangnya Cf disekitar lubang *dimple* diikuti dengan aliran yang terbelah. Tetapi, warna biru muda tersebut menunjukkan bahwa lapisan batas dari aliran air tidak terlepas meskipun telah melewati *dimple*. Hal ini menandakan bahwa aliran dipermukaan *dimple* tidak terlepas dari permukaan awalnya sehingga tidak akan menimbulkan vortex setelah melewati benda (plat datar) tersebut.



Gambar 4. 6 Kontur Aliran pada Model Rc 0,861

Dari kontur aliran diatas menyerupai dengan kontur pada model Rc 0,968 sebelumnya. Pada awal aliran seragam (uniform) kemudian ketika melewati dimple, aliran yang berada paling dekat dengan permukaan plat berbelok masuk ke dalam dimple. Sedangkan aliran diatasnya bergerak menjauhi permukaan plat. Kemungkinan terdapat pusaran diatas dimple sehingga aliran bergerak menjauhi permukaan plat.

### Model Rc 0,661

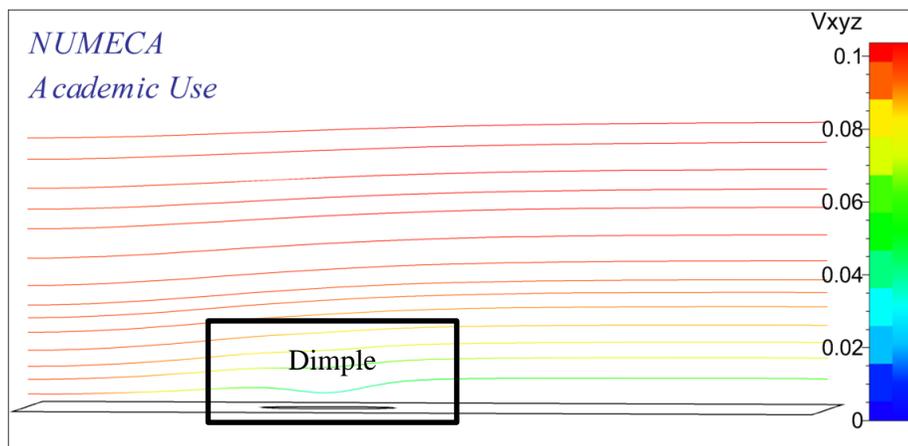


Gambar 4. 7 Kontur dan Grafik Model Rc 0,661 V 0,096995

Dari grafik diatas kita pisahkan menjadi 3 segmen dimana segmen pertama (a) berada di sisi kiri dari cekungan (*dimple*), ujung sisi kiri dapat disebut titik A4. Kemudian di ujung segmen pertama dapat disebut titik B4. Dari titik B4 sampai ke ujung cekungan adalah segmen kedua (b). Titik diujung segmen kedua adalah titik

C4, dan segmen terakhir (c) dari titik C4 ke ujung plat adalah titik D4. Nilai-nilai pada titik tersebut adalah  $A4= 0,17213$ ,  $B4= 0,09115$ ,  $C4= 0,063$ , dan  $D4= 0,05653$ . dari keempat nilai tersebut dapat kita ketahui bahwa dari titik A4 menuju B4 terjadi penurunan Cf secara drastis sehingga dapat dikatakan hambatannya berkurang. Kemudian ketika melewati cekungan (*dimple*) nilai Cf turun hingga mendekati 0,02 setelah itu nilai Cf naik kembali hingga titik D4 yaitu 0,05653.

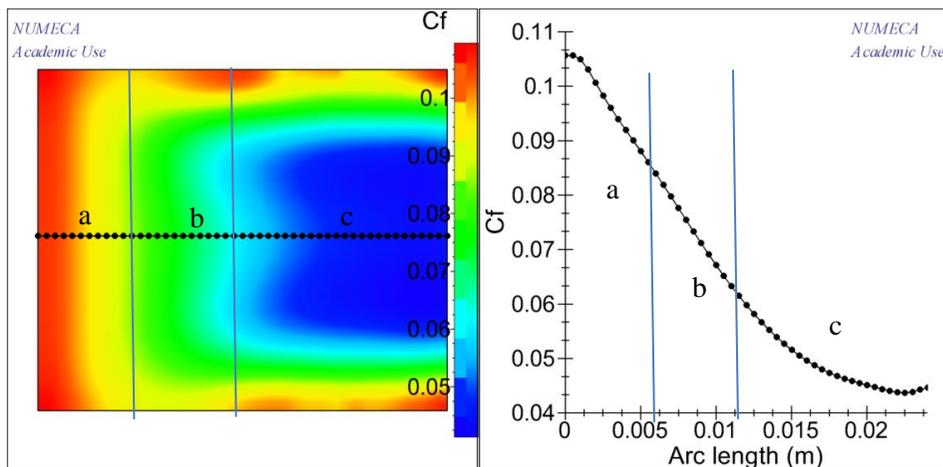
Pada kontur yang terdapat pada sebelah grafik terlihat warna merah yang mempresentasikan tingginya Cf pada saat inlet. Kemudian dapat dilihat bahwa Cf berangsur-angsur menurun ketika mendekati lubang *dimple*. Lalu disekitar lubang *dimple* dapat dilihat bahwa warna permukaan dibidang tersebut berwarna biru muda. Hal ini menandakan berkurangnya Cf disekitar lubang *dimple* diikuti dengan aliran yang terbelah. Tetapi, warna biru muda tersebut menunjukkan bahwa lapisan batas dari aliran air tidak terlepas meskipun telah melewati *dimple*. Hal ini menandakan bahwa aliran dipermukaan *dimple* tidak terlepas dari permukaan awalnya sehingga tidak akan menimbulkan vortex setelah melewati benda (plat datar) tersebut.



Gambar 4. 8 Kontur Aliran Model Rc 0,661

Pada kontur aliran diatas dapat kita lihat bahwa aliran berbentuk seragam (uniform). Kemudian ketika melewati dimple terjadi perpecahan antara lapisan yang berada dekat dengan permukaan plat dan aliran diatasnya. Perpecahan ini karena aliran yang dekat dengan plat mengalir masuk kedalam dimple sedangkan aliran diatas menjauhi dari plat. Fenomena ini terjadi sama seperti kedua model sebelumnya. Bentuk aliran ini merupakan efek dari pemberian dimple kepada plat datar sehingga aliran masih berbentuk seragam setelah melewati dimple meskipun alirannya sedikit menjauhi permukaan plat.

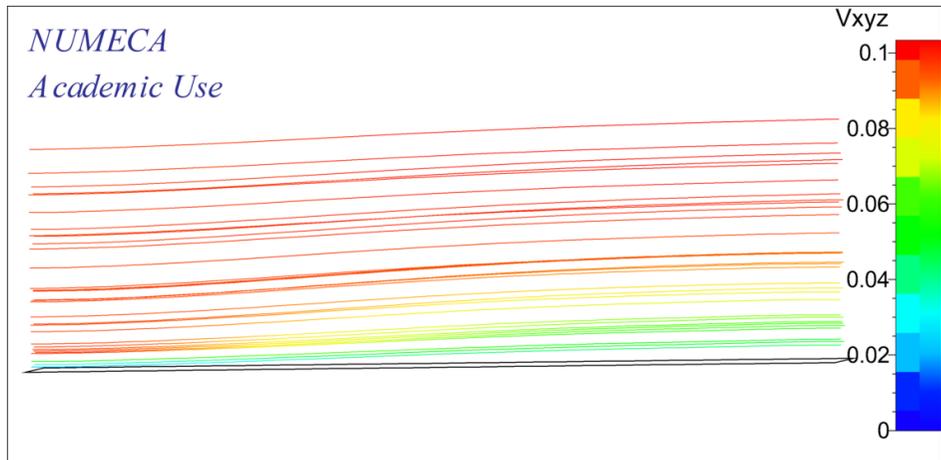
## Model Rc 0



Gambar 4. 9 Kontur dan Grafik Model Rc 0 V 0,096995

Dari grafik diatas kita pisahkan menjadi 3 segmen dimana segmen pertama berada di sisi kiri dari cekungan (*dimple*), ujung sisi kiri dapat disebut titik A1. Kemudian di ujung segmen pertama dapat disebut titik B1. Dari titik B1 sampai ke ujung cekungan adalah segmen kedua. Titik diujung segmen kedua adalah titik C1, dan segmen terakhir dari titik C1 ke ujung plat adalah titik D1. Nilai-nilai pada titik tersebut adalah  $A1 = 0.18351$ ,  $B1 = 0.06896$ ,  $C1 = 0.04114$ , dan  $D1 = 0.05254$ . dari keempat nilai tersebut dapat kita ketahui bahwa dari titik A1 menuju B1 terjadi penurunan  $C_f$  secara drastis sehingga dapat dikatakan hambatannya berkurang. Kemudian ketika melewati cekungan (*dimple*) nilai  $C_f$  turun hingga mendekati 0.03 setelah itu nilai  $C_f$  naik kembali hingga titik D1 yaitu 0.05254.

Pada kontur yang terdapat pada sebelah grafik terlihat warna merah yang mempresentasikan tingginya  $C_f$  pada saat inlet. Kemudian dapat dilihat bahwa  $C_f$  berangsur-angsur menurun ketika mendekati lubang *dimple*. Lalu disekitar lubang *dimple* dapat dilihat bahwa warna permukaan dibidang tersebut berwarna biru muda. Hal ini menandakan berkurangnya  $C_f$  disekitar lubang *dimple* diikuti dengan aliran yang terbelah. Tetapi, warna biru muda tersebut menunjukkan bahwa lapisan batas dari aliran air tidak terlepas meskipun telah melewati *dimple*. Hal ini menandakan bahwa aliran dipermukaan *dimple* tidak terlepas dari permukaan awalnya sehingga tidak akan menimbulkan vortex setelah melewati benda (plat datar) tersebut.



Gambar 4. 10 Kontur Aliran pada Model Rc 0

Pada kontur diatas diketahui bahwa aliran dari model Rc 0 berjalan seragam (uniform). Tetapi setelah jarak dimana dimple berada alirannya bergerak menjauhi permukaan plat. Selain itu pada bagian terluar hanya sedikit terpengaruh oleh aliran yang bergerak dibawahnya.

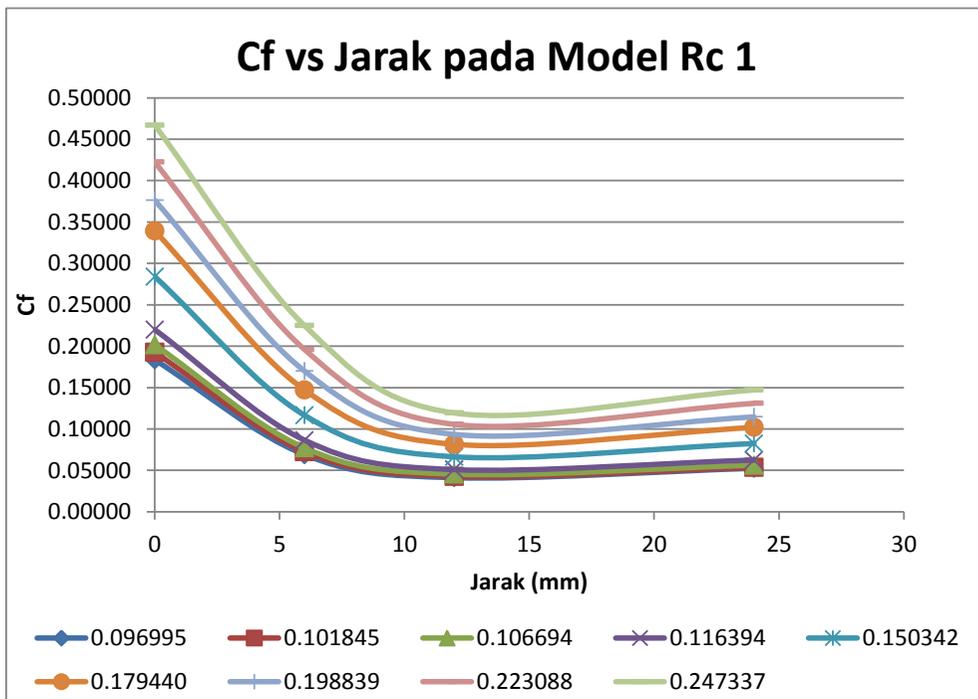
Ada kemungkinan bahwa area yang aliran fluidanya menjauh dari permukaan plat terjadi pelepasan lapisan batas yang dapat menyebabkan terjadinya vortex setelah plat datar. Tetapi hal ini belum dapat dibuktikan karena domain yang disimulasikan hanya berupa pada plat bukan setelah plat datar.

Keaneanan lainnya yang tertangkap adalah rendahnya kecepatan aliran yang sangat dekat dengan permukaan. Lalu tertangkap pada grafik dengan warna biru. Apakah memang efek dari aliran pada plat datar tanpa dimple atau kesalahan pada proses mesh.

#### 4.4. Pembahasan

Dari hasil pembacaan pada subbab sebelumnya maka akan kita simpulkan beberapa hal dari grafik-grafik diatas.

##### Perbandingan Cf Masing-Masing V pada Model Rc 1



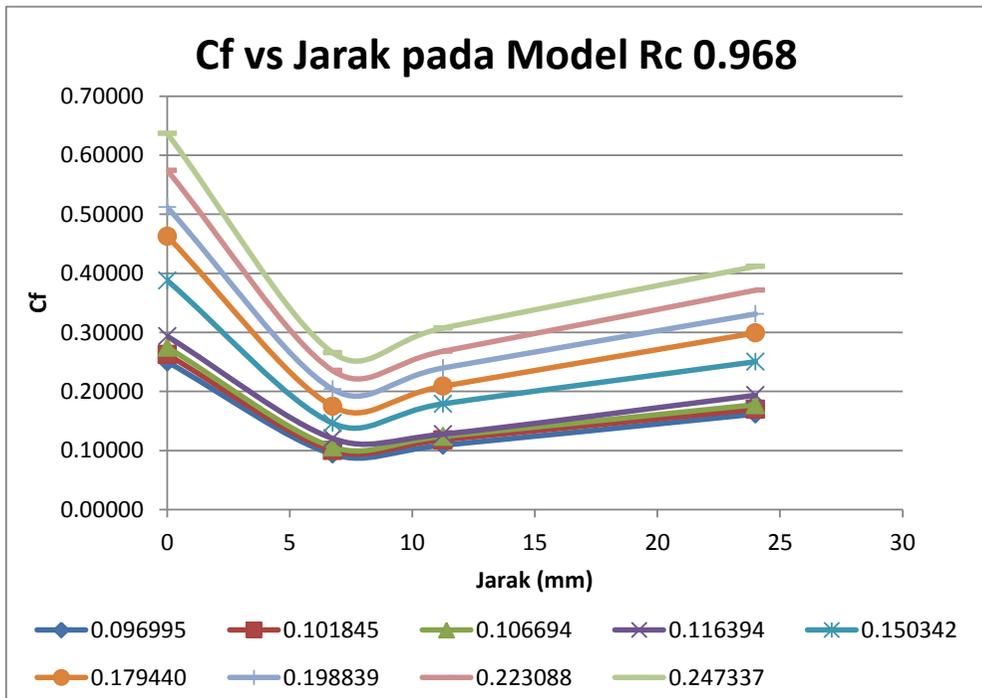
Gambar 4. 11 Grafik Cf Terhadap Jarak pada Model Rc 1

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan aliran yang mengalir dipermukaan plat maka semakin besar juga Cf yang dihasilkan. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan kecepatan tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan pada model Rc 1 telah berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap tiap variasi kecepatannya.

Pada 3 kurva pertama sebagai grafik pada aliran fluida laminar terlihat berhimpit. Hal ini dikarenakan perbedaan kecepatan diantara ketiga kurva tersebut kecil. Atau dapat dikatakan bahwa perbedaan reynold number pada ketiga kurva ini sangat kecil. Lalu jika kita melihat 3 kurva ditengah memiliki jarak yang cukup renggang. Hal ini disebabkan oleh reynold number yang digunakan dalam menentukan kecepatan ketiga kurva ini cukup jauh sehingga menghasilkan bentuk kurva tersebut. Lalu pada kurva aliran turbulen, ketiga kurva paling atas memiliki posisi yang berdekatan karena nilai reynoldnya juga berdekatan. Dan kesimpulan pada grafik ini yaitu nilai Cf turun setelah menjauhi inlet dan memasuki daerah dimple. Setelah melewati area dimple nilai cf akan sedikit naik sebagai tanda

bahwa aliran dipermukaan plat datar masih tetap terikat sehingga tidak menghasilkan vortex.

### Perbandingan $C_f$ Masing-Masing $V$ pada Model Rc 0,968



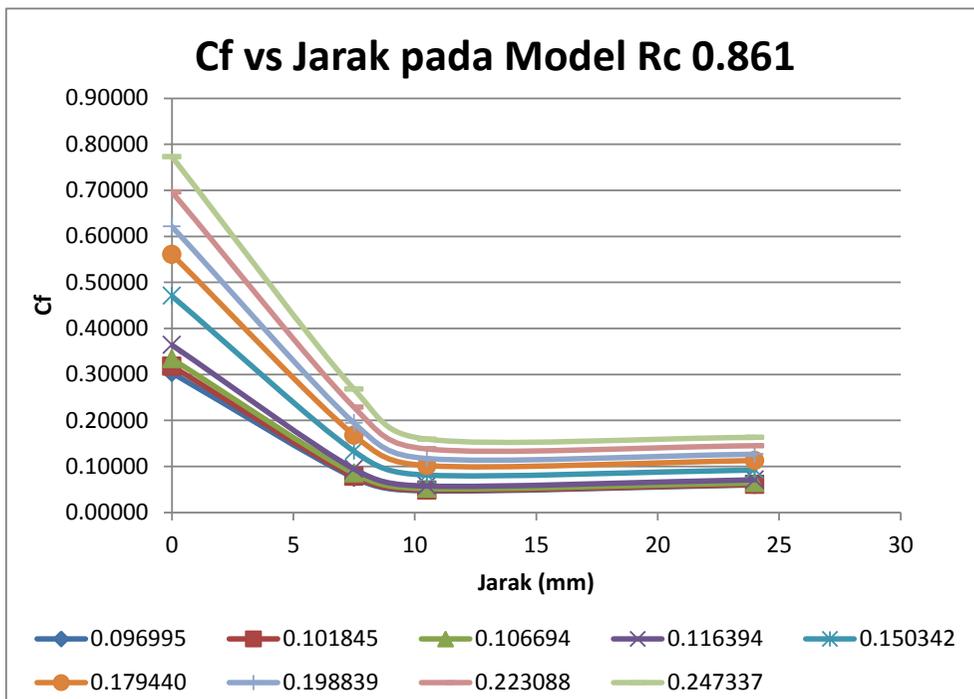
Gambar 4. 12 Grafik  $C_f$  Terhadap Jarak pada Model Rc 0,968

Diatas merupakan grafik perbandingan  $C_f$  dengan panjang plat datar. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan aliran yang mengalir dipermukaan plat maka semakin besar juga  $C_f$  yang dihasilkan. Kemudian  $C_f$  yang dihasilkan oleh keseluruhan kecepatan tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan pada model Rc 0,968 telah berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap tiap variasi kecepatannya.

Pada 3 kurva pertama sebagai grafik pada aliran fluida laminar terlihat berhimpit. Hal ini dikarenakan perbedaan kecepatan diantara ketiga kurva tersebut kecil. Atau dapat dikatakan bahwa perbedaan reynold number pada ketiga kurva ini sangat kecil. Lalu jika kita melihat 3 kurva ditengah memiliki jarak yang cukup renggang. Hal ini disebabkan oleh reynold number yang digunakan dalam menentukan kecepatan ketiga kurva ini cukup jauh sehingga menghasilkan bentuk kurva tersebut. Lalu pada kurva aliran turbulen, ketiga kurva paling atas memiliki posisi yang berdekatan karena nilai reynoldnya juga berdekatan.

Selain itu setelah melewati lubang dimple nilai  $C_f$  naik kembali. Hal ini dapat disebabkan oleh kesalahan pada proses meshing ataupun proses simulasi. Walaupun kondisi simulasi telah diseragamkan, tetapi hasil yang didapatkan tetap bisa dikatakan valid karena turunnya tekanan sama dengan model lainnya.

### Perbandingan Cf Masing-Masing V pada Model Rc 0,861



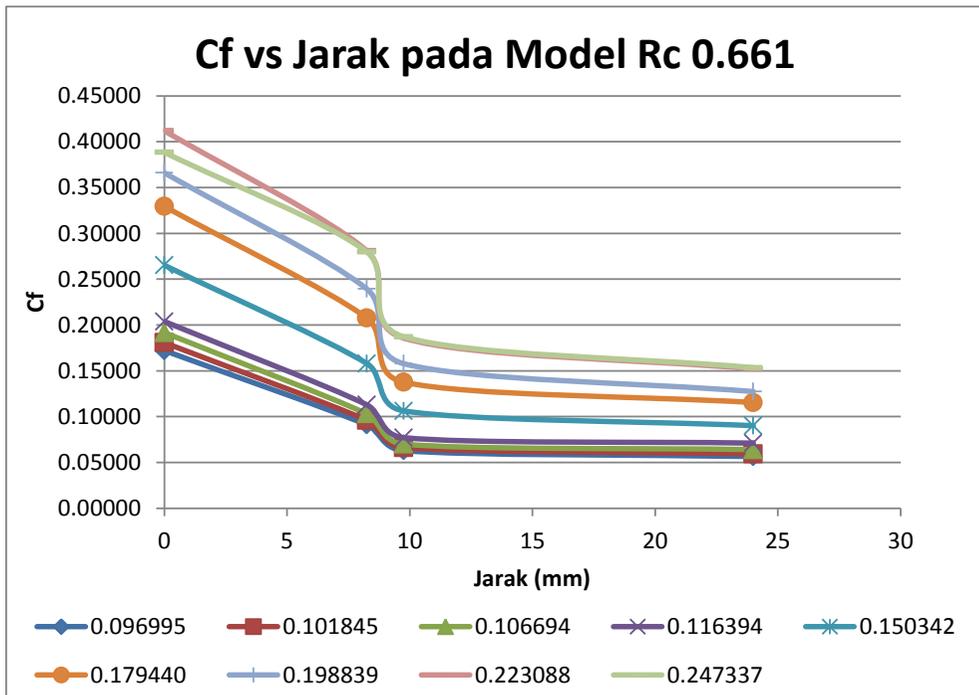
Gambar 4. 13 Grafik Cf Terhadap Jarak pada Model Rc 0,861

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan aliran yang mengalir dipermukaan plat maka semakin besar juga Cf yang dihasilkan. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan kecepatan tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan pada model Rc 0,861 telah berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap-tiap variasi kecepatannya.

Pada 3 kurva pertama sebagai grafik pada aliran fluida laminar terlihat berhimpit. Hal ini dikarenakan perbedaan kecepatan diantara ketiga kurva tersebut kecil. Atau dapat dikatakan bahwa perbedaan reynold number pada ketiga kurva ini sangat kecil. Lalu jika kita melihat 3 kurva ditengah memiliki jarak yang cukup renggang. Hal ini disebabkan oleh reynold number yang digunakan dalam menentukan kecepatan ketiga kurva ini cukup jauh sehingga menghasilkan bentuk kurva tersebut. Lalu pada kurva aliran turbulen, ketiga kurva paling atas memiliki posisi yang berdekatan karena nilai reynoldnya juga berdekatan.

Pada model ini setelah melewati dimple, nilai Cf tidak kembali naik sebanyak Model Rc 1 maupun Rc 0,968. Walaupun telah turun tapi terlihat bahwa aliran yang melewati plat belum lepas dari permukaan plat.

### Perbandingan Cf Masing-Masing V pada Model Rc 0,661



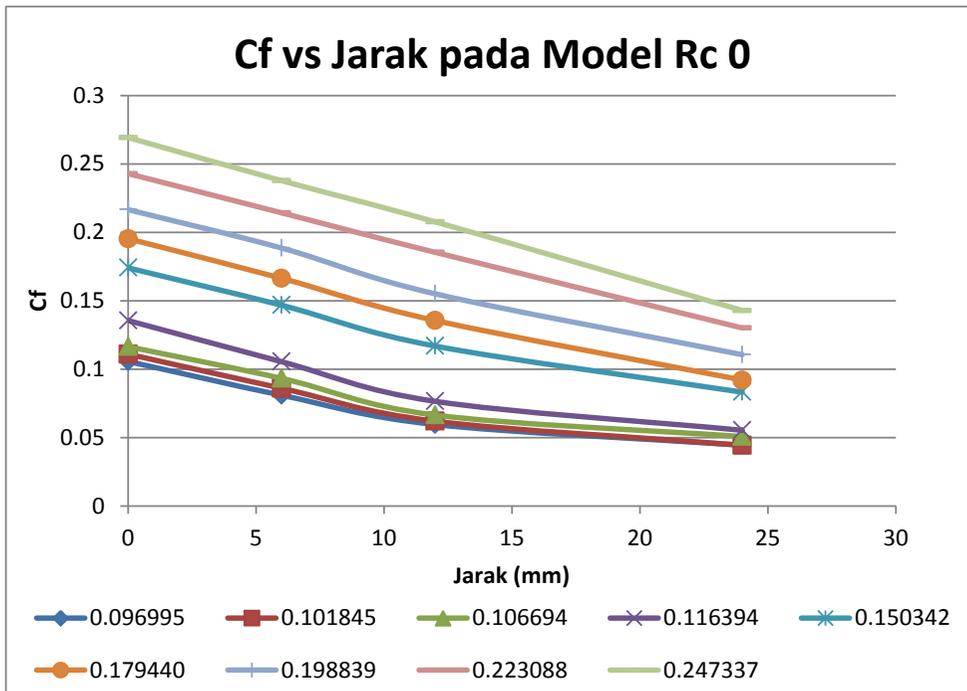
Gambar 4. 14 Grafik Cf pada Model Rc 0,661

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan aliran yang mengalir dipermukaan plat maka semakin besar juga Cf yang dihasilkan. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan kecepatan tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan pada model Rc 0,661 telah berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap tiap variasi kecepatannya.

Pada 3 kurva pertama sebagai grafik pada aliran fluida laminar terlihat berhimpit. Hal ini dikarenakan perbedaan kecepatan diantara ketiga kurva tersebut kecil. Atau dapat dikatakan bahwa perbedaan reynold number pada ketiga kurva ini sangat kecil. Lalu jika kita melihat 3 kurva ditengah memiliki jarak yang cukup renggang. Hal ini disebabkan oleh reynold number yang digunakan dalam menentukan kecepatan ketiga kurva ini cukup jauh sehingga menghasilkan bentuk kurva tersebut. Lalu pada kurva aliran turbulen, ketiga kurva paling atas memiliki posisi yang berdekatan karena nilai reynoldnya juga berdekatan.

Tetapi terdapat perbedaan atau anomali pada nilai Cf setelah melewati dimple. Nilainya malah berkurang dibandingkan model lainnya. Hal ini membuktikan bahwa model ini optimum dalam penurunan nilai Cf dengan nilai rasio kecekungan (Rc) 0.661667.

### Perbandingan Cf Masing-Masing V pada Model Rc 0

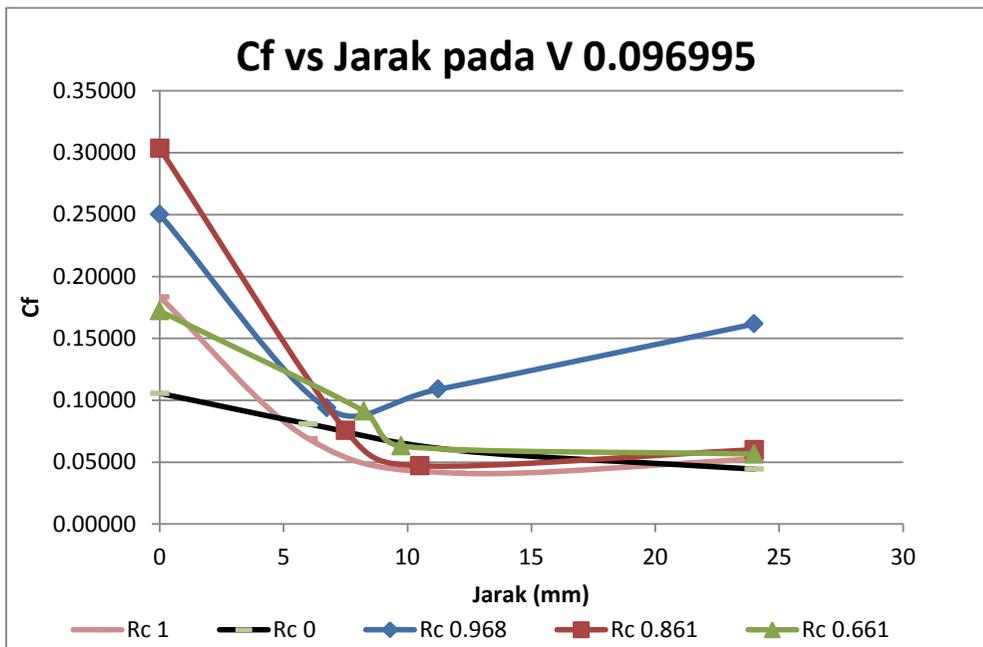


Gambar 4. 15 Grafik Cf Terhadap Jarak pada Model Rc 0

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan aliran yang mengalir dipermukaan plat maka semakin besar juga Cf yang dihasilkan. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan kecepatan tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan pada model Rc 0 telah berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap tiap variasi kecepatannya. Kemudian dapat dilihat bahwa Cf konstan turun dari inlet menuju outlet. Seperti pada pembacaan grafik dan kontur pada subbab sebelumnya, kemungkinan telah terjadi pelepasan pada aliran dipermukaan plat sehingga Cf terus menurun nilainya. Pelepasan aliran atau ini dapat menimbulkan vortex pada ujung aliran jika terjadi pada bola ataupun silinder. Dalam penelitian ini sayangnya tidak dibahas mengenai vortex yang terbentuk pada ujung aliran.

Sama seperti model-model sebelumnya, bahwa reynold number yang mempengaruhi penentuan kecepatan aliran membuat perbedaan antara kurva-kurva diatas. Aliran laminar berada pada bagian bawah grafik (3 kurva paling bawah) kemudian dilanjutkan aliran transisi pada 3 grafik ditengah dan terakhir aliran turbulen pada 3 grafik teratas.

### Perbandingan Cf Masing-Masing Model pada V 0,096995

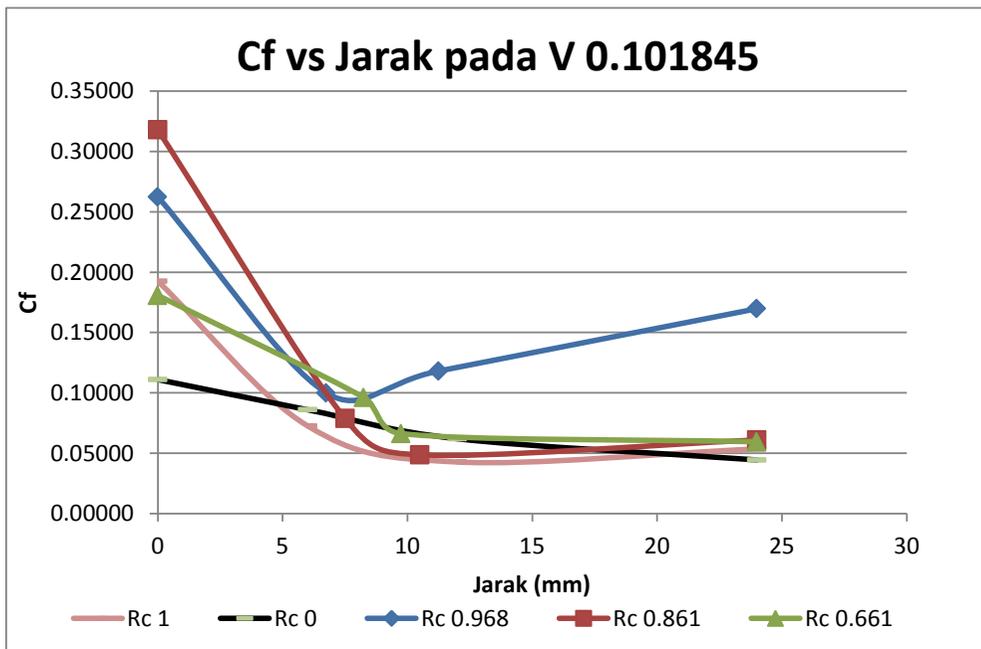


Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Cf Terhadap Jarak pada V 0,096995

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Masing-masing kurva merupakan representasi dari model yang disimulasikan sebelumnya. Pada grafik diatas diambil pada kecepatan 0,096995 m/s atau terletak pada aliran laminar. Seperti yang telah dijelaskan pada grafik sebelumnya yang membahas mengenai Cf tiap kecepatan simulasi pada masing-masing model. Rata-rata nilai Cf semakin turun ketika menjauh dari inlet (jarak 6 mm). Tetapi, pada model Rc 0,861 nilai Cf setelah dimple semakin meningkat. Hal ini bisa disebabkan oleh meshing yang kurang tepat ataupun keadaan simulasi yang tidak dikontrol sehingga nilai Cf semakin meningkat. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan model tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap tiap variasi kecepatannya.

Sama seperti model-model sebelumnya, bahwa reynold number yang mempengaruhi penentuan kecepatan aliran membuat perbedaan antara kurva-kurva diatas. Aliran laminar berada pada bagian bawah grafik (3 kurva paling bawah) kemudian dilanjutkan aliran transisi pada 3 grafik ditengah dan terakhir aliran turbulen pada 3 grafik teratas.

### Perbandingan Cf Masing-Masing Model pada V 0,101845

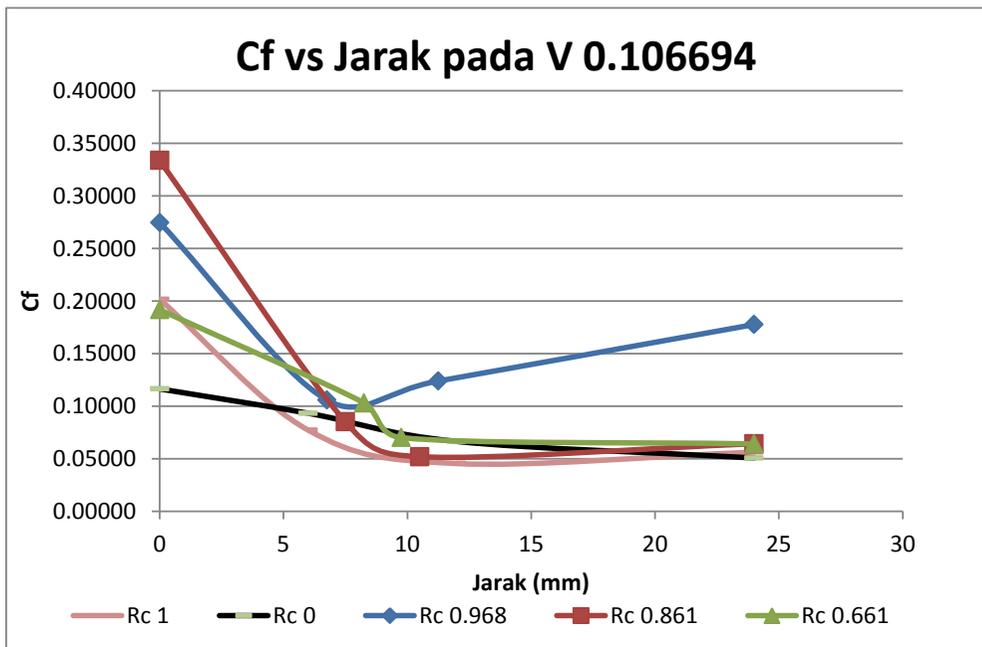


Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Cf Terhadap Jarak pada V 0,101845

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Masing-masing kurva merupakan representasi dari model yang disimulasikan sebelumnya. Pada grafik di atas diambil pada kecepatan 0,101845 m/s atau terletak pada aliran laminar. Seperti yang telah dijelaskan pada grafik sebelumnya yang membahas mengenai Cf tiap kecepatan simulasi pada masing-masing model. Rata-rata nilai Cf semakin turun ketika menjauh dari inlet dan mendekati lubang dimple (jarak 6 mm). Tetapi, pada model Rc 0,861 nilai Cf setelah dimple semakin meningkat. Hal ini bisa disebabkan oleh meshing yang kurang tepat ataupun keadaan simulasi yang tidak dikontrol sehingga nilai Cf semakin meningkat. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan model tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap-tiap variasi kecepatannya.

Sama seperti model-model sebelumnya, bahwa Reynold number yang mempengaruhi penentuan kecepatan aliran membuat perbedaan antara kurva-kurva di atas. Aliran laminar berada pada bagian bawah grafik (3 kurva paling bawah) kemudian dilanjutkan aliran transisi pada 3 grafik ditengah dan terakhir aliran turbulen pada 3 grafik teratas.

### Perbandingan Cf Masing-Masing Model pada V 0,106694

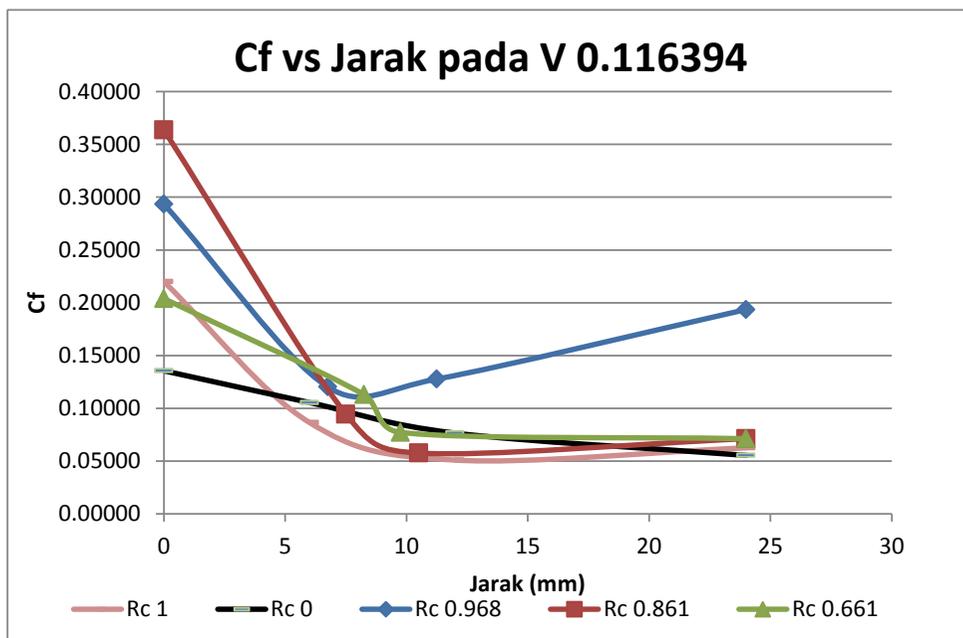


Gambar 4. 18 Grafik Perbandingan Cf Terhadap Jarak pada V 0,106694

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Masing-masing kurva merupakan representasi dari model yang disimulasikan sebelumnya. Pada grafik diatas diambil pada kecepatan 0,106694 m/s atau terletak pada aliran laminar. Seperti yang telah dijelaskan pada grafik sebelumnya yang membahas mengenai Cf tiap kecepatan simulasi pada masing-masing model. Rata-rata nilai Cf semakin turun ketika menjauh dari inlet (jarak 6 mm). Tetapi, pada model Rc 0,861 nilai Cf setelah dimple semakin meningkat. Hal ini bisa disebabkan oleh meshing yang kurang tepat ataupun keadaan simulasi yang tidak dikontrol sehingga nilai Cf semakin meningkat. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan model tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap tiap variasi kecepatannya.

Sama seperti model-model sebelumnya, bahwa reynold number yang mempengaruhi penentuan kecepatan aliran membuat perbedaan antara kurva-kurva diatas. Aliran laminar berada pada bagian bawah grafik (3 kurva paling bawah) kemudian dilanjutkan aliran transisi pada 3 grafik ditengah dan terakhir aliran turbulen pada 3 grafik teratas.

### Perbandingan Cf Masing-Masing Model pada V 0,116394

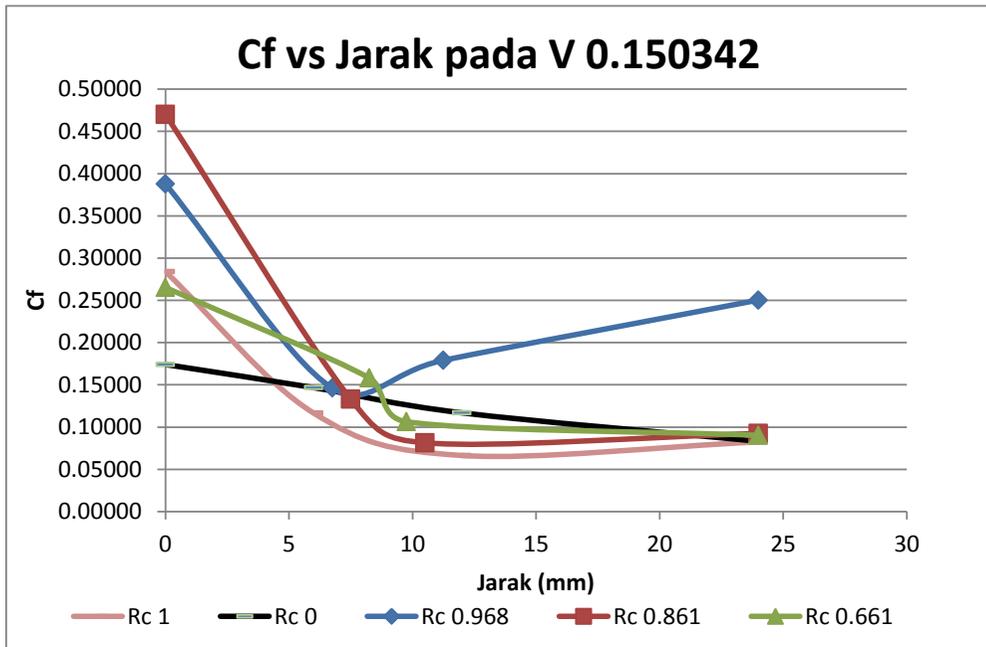


Gambar 4. 19 Grafik Perbandingan Cf Terhadap Jarak pada V 0,116394

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Masing-masing kurva merupakan representasi dari model yang disimulasikan sebelumnya. Pada grafik di atas diambil pada kecepatan 0,116394 m/s atau terletak pada aliran transisi. Seperti yang telah dijelaskan pada grafik sebelumnya yang membahas mengenai Cf tiap kecepatan simulasi pada masing-masing model. Rata-rata nilai Cf semakin turun ketika menjauh dari inlet. Tetapi, pada model Rc 0,968 nilai Cf setelah dimple semakin meningkat. Hal ini bisa disebabkan oleh meshing yang kurang tepat ataupun keadaan simulasi yang tidak dikontrol sehingga nilai Cf semakin meningkat. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan model tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap tiap variasi kecepatannya.

Jika kita amati lebih lanjut pada kurva model Rc 1, Rc 0,861 menjadi lebih panjang saat berada dibawah kurva model Rc 0 yang merupakan plat datar tanpa dimple. Dari hal tersebut dapat kita simpulkan bahwa dengan aliran yang berbeda dapat mengubah nilai Cf pada plat dengan dimple untuk mendekati plat datar tanpa dimple.

### Perbandingan Cf Masing-Masing Model pada V 0,150342

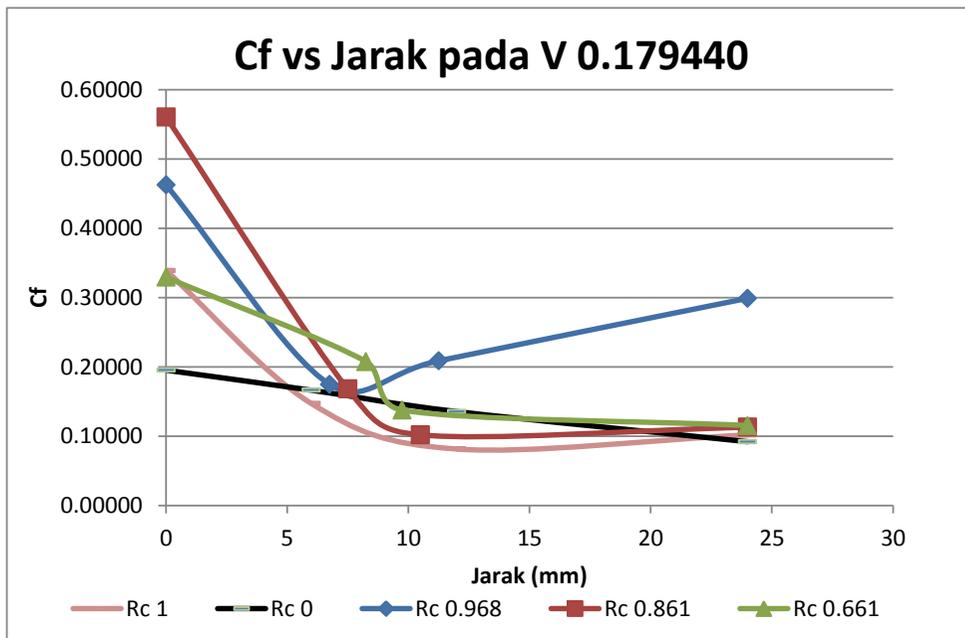


Gambar 4. 20 Grafik Perbandingan Cf Terhadap Jarak pada V 0,150342

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Masing-masing kurva merupakan representasi dari model yang disimulasikan sebelumnya. Pada grafik di atas diambil pada kecepatan 0,150342 m/s atau terletak pada aliran transisi. Seperti yang telah dijelaskan pada grafik sebelumnya yang membahas mengenai Cf tiap kecepatan simulasi pada masing-masing model. Rata-rata nilai Cf semakin turun ketika menjauh dari inlet. Tetapi, pada model Rc 0,968 nilai Cf setelah dimple semakin meningkat. Hal ini bisa disebabkan oleh meshing yang kurang tepat ataupun keadaan simulasi yang tidak dikontrol sehingga nilai Cf semakin meningkat. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan model tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap tiap variasi kecepatannya.

Jika kita amati lebih lanjut pada kurva model Rc 1, Rc 0,861 menjadi lebih panjang saat berada dibawah kurva model Rc 0 yang merupakan plat datar tanpa dimple. Dari hal tersebut dapat kita simpulkan bahwa dengan aliran yang berbeda dapat mengubah nilai Cf pada plat dengan dimple untuk mendekati plat datar tanpa dimple.

### Perbandingan Cf Masing-Masing Model pada V 0,179440

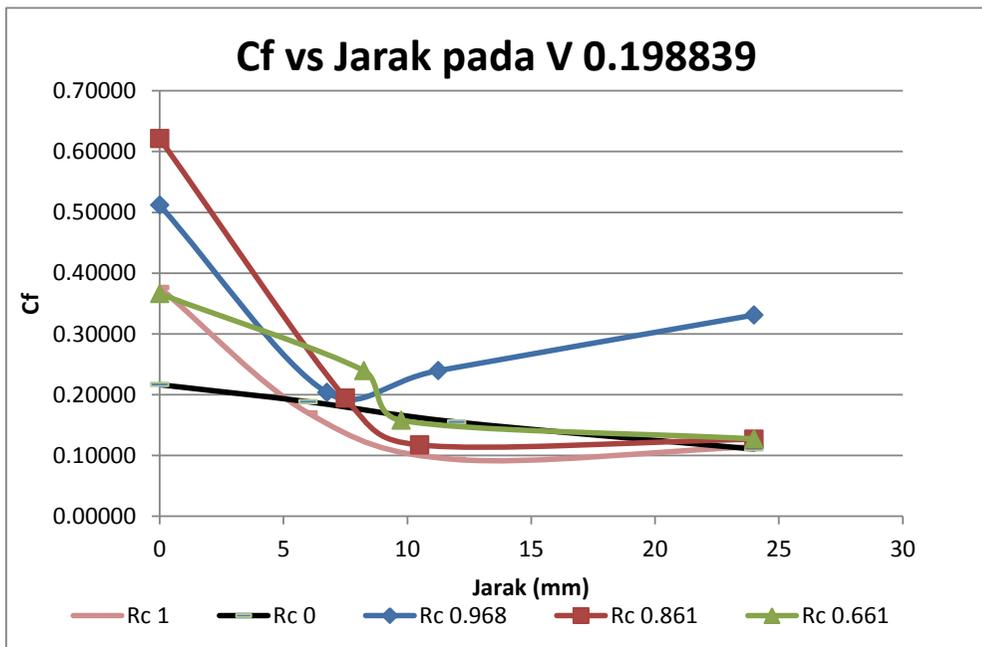


Gambar 4. 21 Grafik Perbandingan Cf Terhadap Jarak pada V 0,179440

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Masing-masing kurva merupakan representasi dari model yang disimulasikan sebelumnya. Pada grafik di atas diambil pada kecepatan 0,179440 m/s atau terletak pada aliran transisi. Seperti yang telah dijelaskan pada grafik sebelumnya yang membahas mengenai Cf tiap kecepatan simulasi pada masing-masing model. Rata-rata nilai Cf semakin turun ketika menjauh dari inlet. Tetapi, pada model Rc 0,968 nilai Cf setelah dimple semakin meningkat. Hal ini bisa disebabkan oleh meshing yang kurang tepat ataupun keadaan simulasi yang tidak dikontrol sehingga nilai Cf semakin meningkat. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan model tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap-tiap variasi kecepatannya.

Jika kita amati lebih lanjut pada kurva model Rc 1, Rc 0,861 menjadi lebih panjang saat berada dibawah kurva model Rc 0 yang merupakan plat datar tanpa dimple. Dari hal tersebut dapat kita simpulkan bahwa dengan aliran yang berbeda dapat mengubah nilai Cf pada plat dengan dimple untuk mendekati plat datar tanpa dimple.

### Perbandingan Cf Masing-Masing Model pada V 0,198839

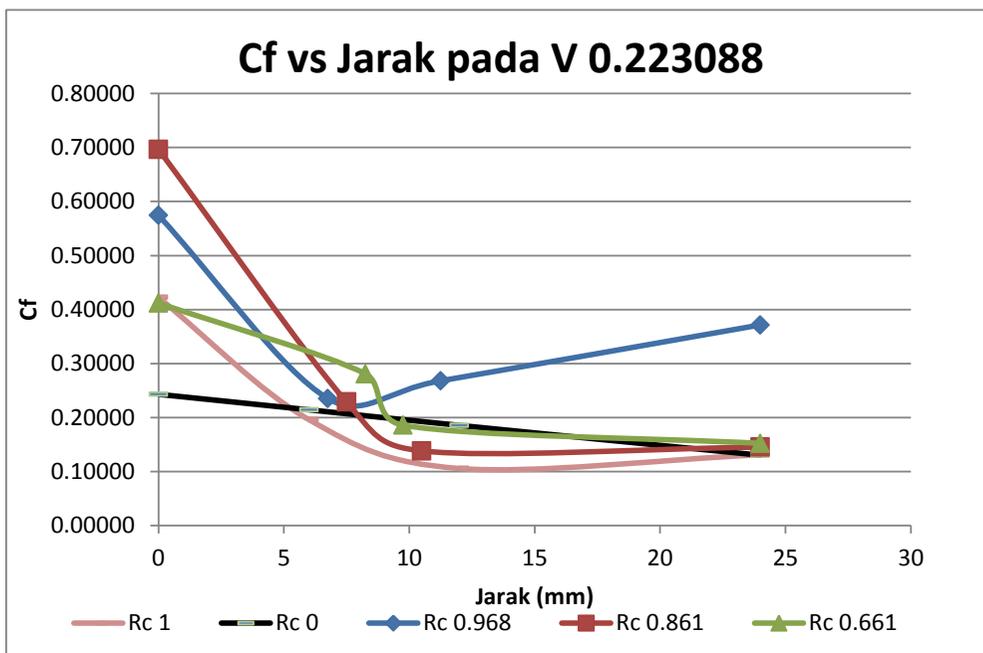


Gambar 4. 22 Grafik Perbandingan Cf Terhadap Jarak pada V 0,198839

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Masing-masing kurva merupakan representasi dari model yang disimulasikan sebelumnya. Pada grafik diatas diambil pada kecepatan 0,198839 m/s atau terletak pada aliran turbulen. Seperti yang telah dijelaskan pada grafik sebelumnya yang membahas mengenai Cf tiap kecepatan simulasi pada masing-masing model. Rata-rata nilai Cf semakin turun ketika menjauh dari inlet. Tetapi, pada model Rc 0,968 nilai Cf setelah dimple semakin meningkat. Hal ini bisa disebabkan oleh meshing yang kurang tepat ataupun keadaan simulasi yang tidak dikontrol sehingga nilai Cf semakin meningkat. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan model tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap tiap variasi kecepatannya.

Sama seperti perbandingan pada kecepatan aliran transisi, pada grafik diatas nilai kurva model Rc 1, Rc 0,861 menjadi lebih panjang saat berada dibawah kurva model Rc 0 yang merupakan plat datar tanpa dimple. Hal ini menandakan bahwa jenis aliran fluida memiliki pengaruh terhadap penurunan Cf.

### Perbandingan Cf Masing-Masing Model pada V 0,223088

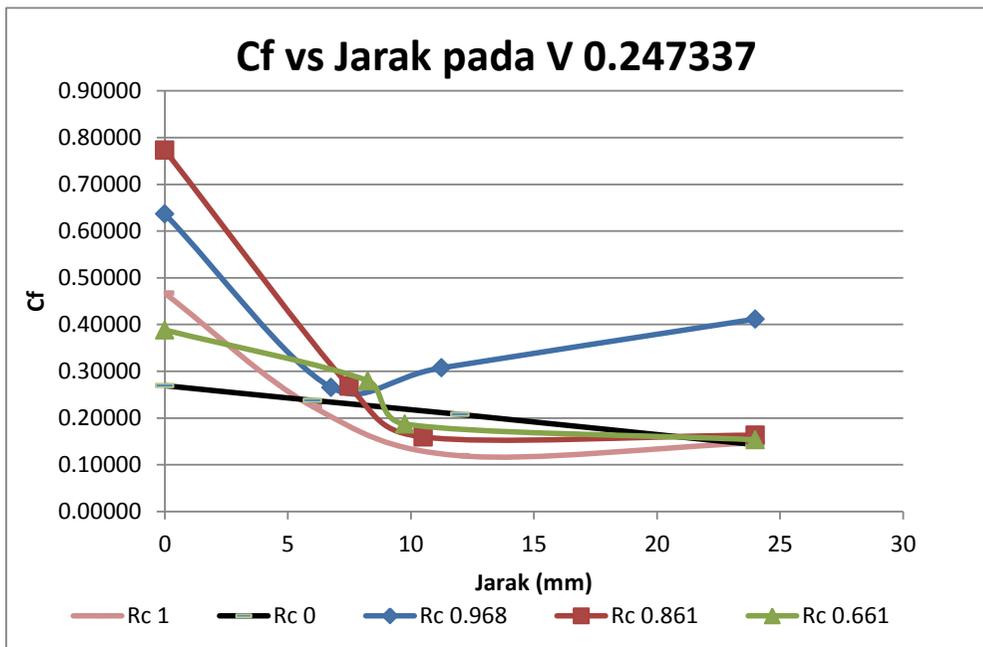


Gambar 4. 23 Grafik Perbandingan Cf Terhadap Jarak pada V 0,223088

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Masing-masing kurva merupakan representasi dari model yang disimulasikan sebelumnya. Pada grafik di atas diambil pada kecepatan 0,223088 m/s atau terletak pada aliran turbulen. Seperti yang telah dijelaskan pada grafik sebelumnya yang membahas mengenai Cf tiap kecepatan simulasi pada masing-masing model. Rata-rata nilai Cf semakin turun ketika menjauh dari inlet. Tetapi, pada model Rc 0,968 nilai Cf setelah dimple semakin meningkat. Hal ini bisa disebabkan oleh meshing yang kurang tepat ataupun keadaan simulasi yang tidak dikontrol sehingga nilai Cf semakin meningkat. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan model tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap tiap variasi kecepatannya.

Sama seperti perbandingan pada kecepatan aliran transisi, pada grafik di atas nilai kurva model Rc 1, Rc 0,861 menjadi lebih panjang saat berada dibawah kurva model Rc 0 yang merupakan plat datar tanpa dimple. Hal ini menandakan bahwa jenis aliran fluida memiliki pengaruh terhadap penurunan Cf.

### Perbandingan Cf Masing-Masing Model pada V 0,247337



Gambar 4. 24 Grafik Perbandingan Cf Terhadap Jarak pada V 0,247337

Diatas merupakan grafik perbandingan Cf dengan panjang plat datar. Masing-masing kurva merupakan representasi dari model yang disimulasikan sebelumnya. Pada grafik di atas diambil pada kecepatan 0,247337 m/s atau terletak pada aliran turbulen. Seperti yang telah dijelaskan pada grafik sebelumnya yang membahas mengenai Cf tiap kecepatan simulasi pada masing-masing model. Rata-rata nilai Cf semakin turun ketika menjauh dari inlet. Tetapi, pada model Rc 0,968 nilai Cf setelah dimple semakin meningkat. Hal ini bisa disebabkan oleh meshing yang kurang tepat ataupun keadaan simulasi yang tidak dikontrol sehingga nilai Cf semakin meningkat. Kemudian Cf yang dihasilkan oleh keseluruhan model tampak seragam kurvanya. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa simulasi yang telah dilakukan berjalan semestinya dan berlangsung sama pada tiap variasi kecepatannya.

Sama seperti perbandingan pada kecepatan aliran transisi, pada grafik di atas nilai kurva model Rc 1, Rc 0,861 menjadi lebih panjang saat berada dibawah kurva model Rc 0 yang merupakan plat datar tanpa dimple. Hal ini menandakan bahwa jenis aliran fluida memiliki pengaruh terhadap penurunan Cf.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil simulasi, analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Terjadi Penurunan koefisien gesek ( $C_f$ ) pada plat dengan dimple. Penurunan ini hanya terjadi pada area disekitar dimple. Hal ini menandakan bahwa dimple berpengaruh terhadap pengurangan gesekan terhadap plat datar oleh aliran fluida.
2. Penurunan terbesar koefisien gesek ( $C_f$ ) adalah pada model Rc 1 yang memiliki rasio kecekungan yang paling besar diantara model lainnya. Penurunannya adalah sebesar 0.083 (43%) dibandingkan plat datar tanpa dimple.
3. Semakin besar kecepatan membuat  $C_f$  akan semakin meningkat. Tetapi perbedaan  $C_f$  antara plat dengan dimple dan tanpa dimple relatif berkurang (antara 20 – 30%).
4. Dengan rasio kecekungan (Rc) 1 dan aliran diantara transisi turbulen, membuat dimple menjadi optimal dalam mengurangi koefisien gesek ( $C_f$ ). (antara 20-30%)

#### **5.2. Saran**

Adapun penelitian ini tidak lepas dari kesalahan-kesalahan, oleh karena itu berikut saran untuk penelitian mengenai dimple ini:

1. Metode simulasi yang digunakan sebaiknya tidak hanya memakai 1 macam software.
2. Penelitian yang telah dilakukan ini perlu dilakukan pengujian langsung agar mendapatkan hasil yang lebih baik.
3. Perlu dilakukan perhitungan komponen tahanan selain  $C_f$  tentang pengaruh efek dimple ini agar dapat diketahui pengaruh dimple pada kapal seutuhnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aziz Almujaahidin, Mohammad, 2012. *Eksperimen Pengaruh Cekungan yang Diterapkan pada Pelat Datar Terhadap Aliran Fluida*, Skripsi. ME – ITS Surabaya.
- [2] Harvald, S A, 1983. *Resistance and Propulsion of ships*. Jhon Wiley and sons, toronto, Canada.
- [3] Puji Kurniawan Nizar, 2011. *Analisa Pengaruh Cekungan yang Diterapkan pada Pelat Datar Terhadap Aliran Fluida untuk Mendukung Teknologi Maritim Pendekatan CFD*, Thesis. ME – ITS Surabaya.
- [4] Anggraini, Meri. *Viscous, Laminer, Turbulen*. (diunduh tanggal 6 Januari 2017) <http://viscous-laminer-dan-turbulen.html>
- [5] Rosas, Hendri, 2009. *Simulasi CFD pada Helm*. (diunduh tanggal 6 Februari 2017) [www.cctonline.com/mekanika/tiki-index.php](http://www.cctonline.com/mekanika/tiki-index.php)
- [6] Rosas, Hendri, 2009. *Aerodinamika pada Bola Golf* (diunduh tanggal 6 Februari 2017) [www.cctonline.com/mekanika/tiki-index.php](http://www.cctonline.com/mekanika/tiki-index.php)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# LAMPIRAN

Lisensi Numeca Fine Open Student Version

---

Your free NUMECA student version



Inbox x



**NUMECA Academic Group** <academic@numeca.be>

to me ▾

Hello,

Thanks for choosing \*NUMECA\* and its Student Version!

Please find below your login and password to access the Customer Area on [www.numeca.com](http://www.numeca.com).

\*Customer Area ID\*

\*Username: [wahyu.adjie12@mhs.ne.its.ac.id](mailto:wahyu.adjie12@mhs.ne.its.ac.id)

\*Password: \*

\*In order to ensure the security of your access, please reset your password according to the following rules: minimum 8 characters, 1 uppercase letter, 1 lowercase letter and 1 number.\*

From the Products page of the Customer Area, get started with your free \*Student Version v6.1\* and download:

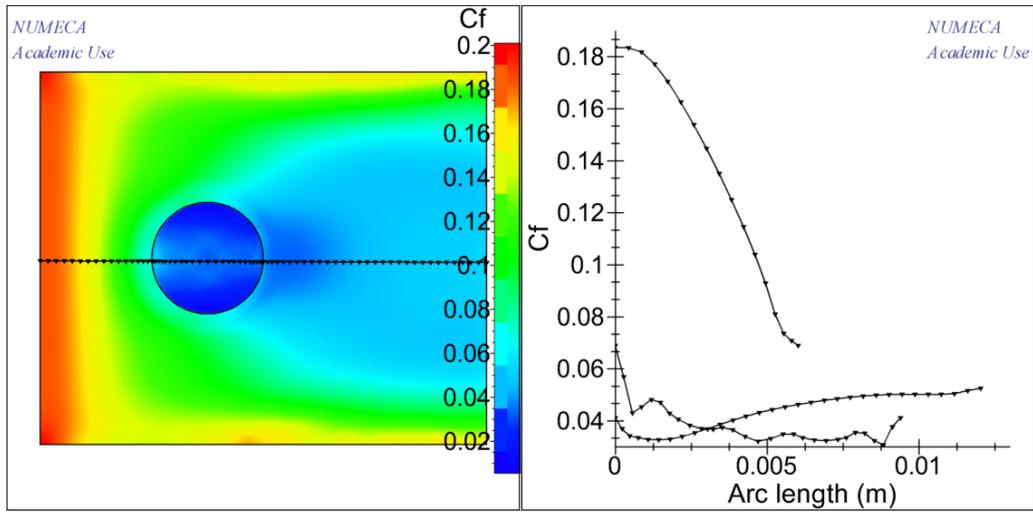
- the documentation archive with detailed information on the system requirements and installation notes,
- the installation archive for the selected OS,
- the tutorials archive with necessary files for the tutorials in the documentation,
- the demo cases archive with the files needed to run the demo cases described in the documentation.

Install your Student Version on the machine of your choice. At the end of

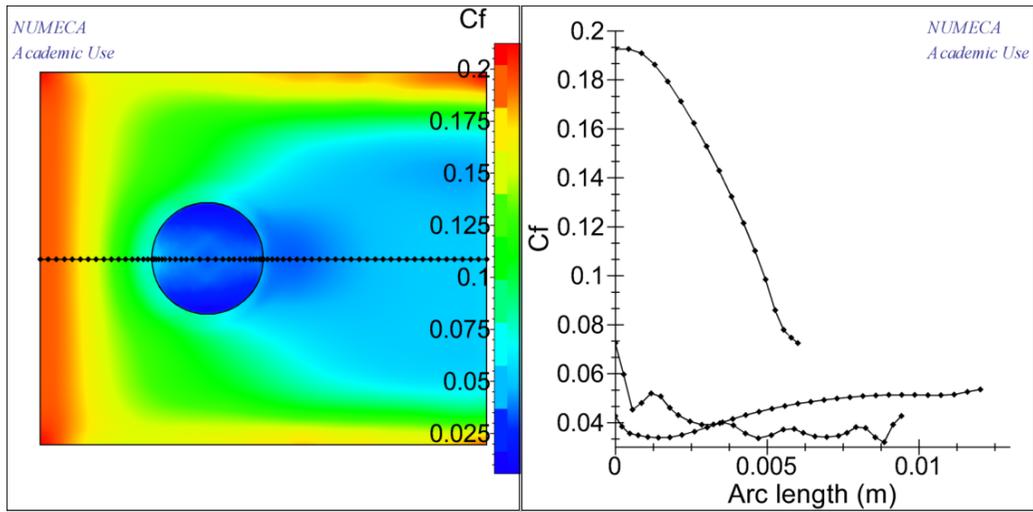
---

**Rc 1**

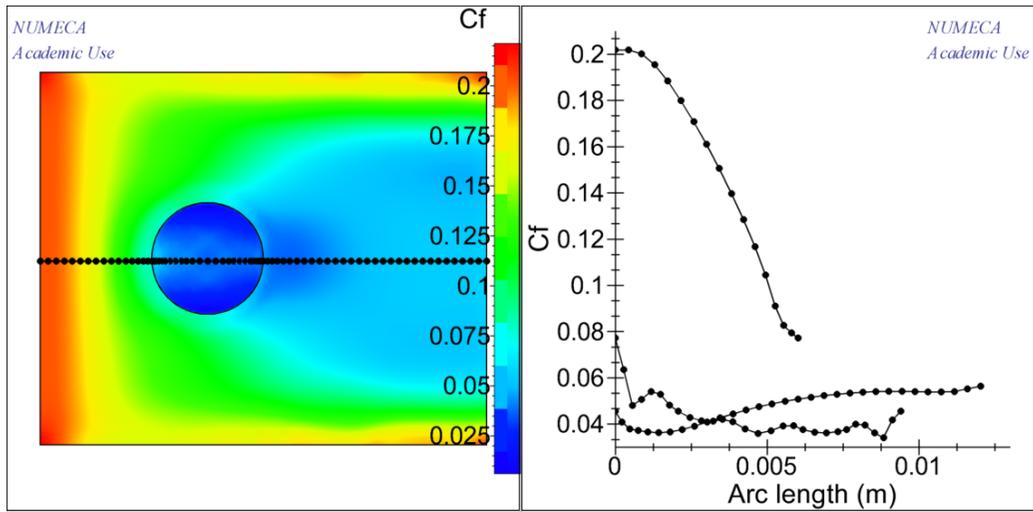
**V 0,096995**



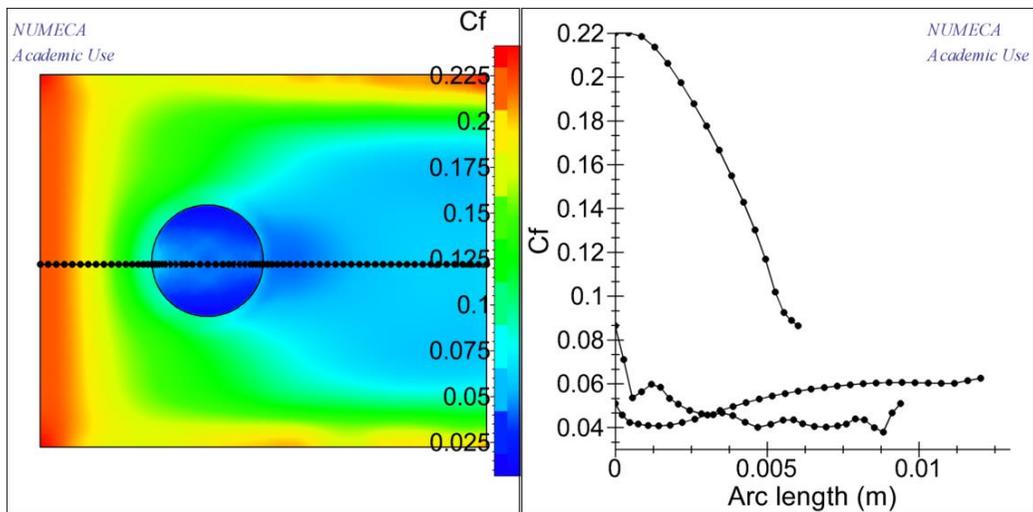
**V 0,101845**



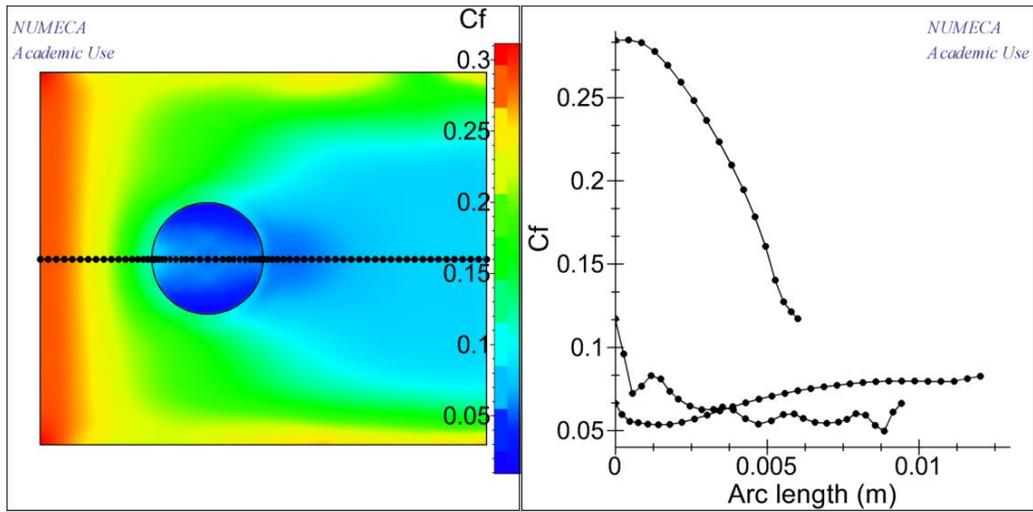
V 0,106694



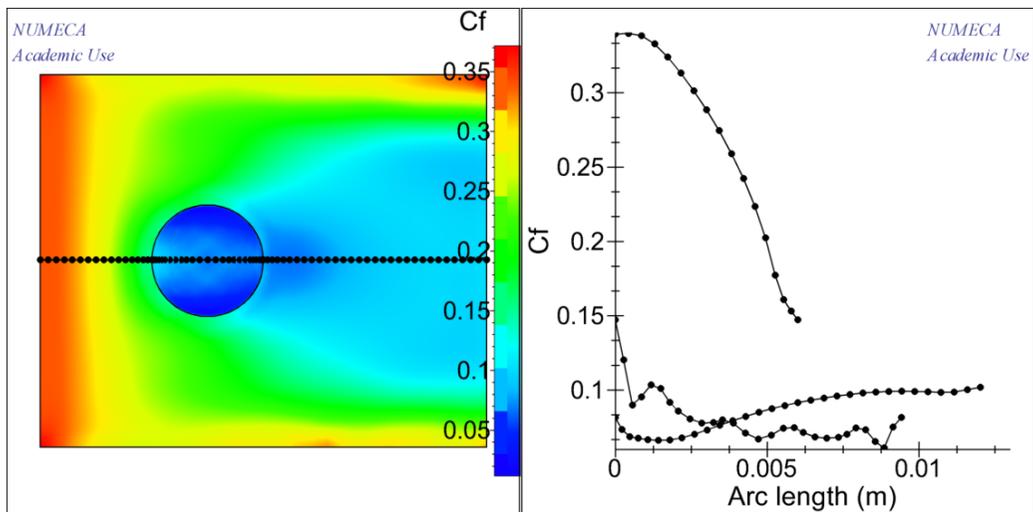
V 0,116394



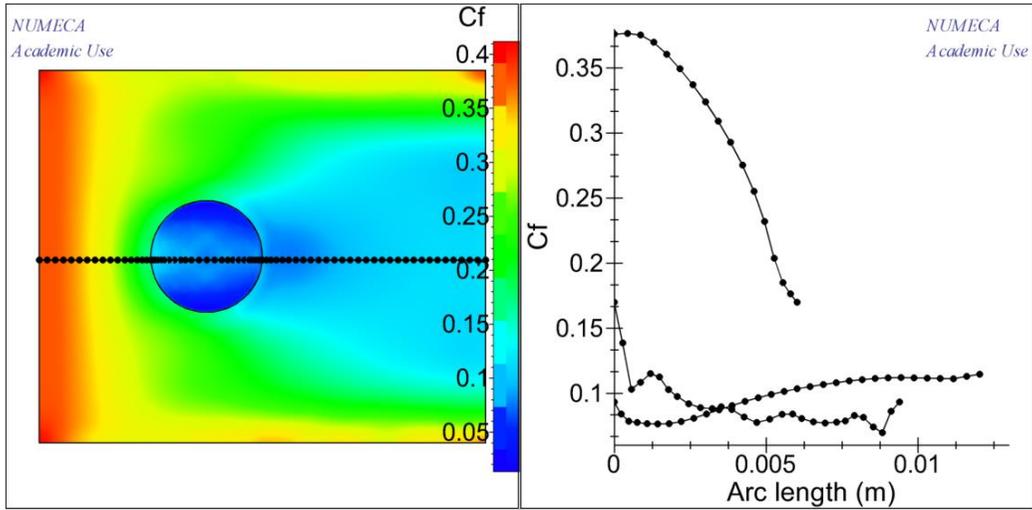
**V 0,150342**



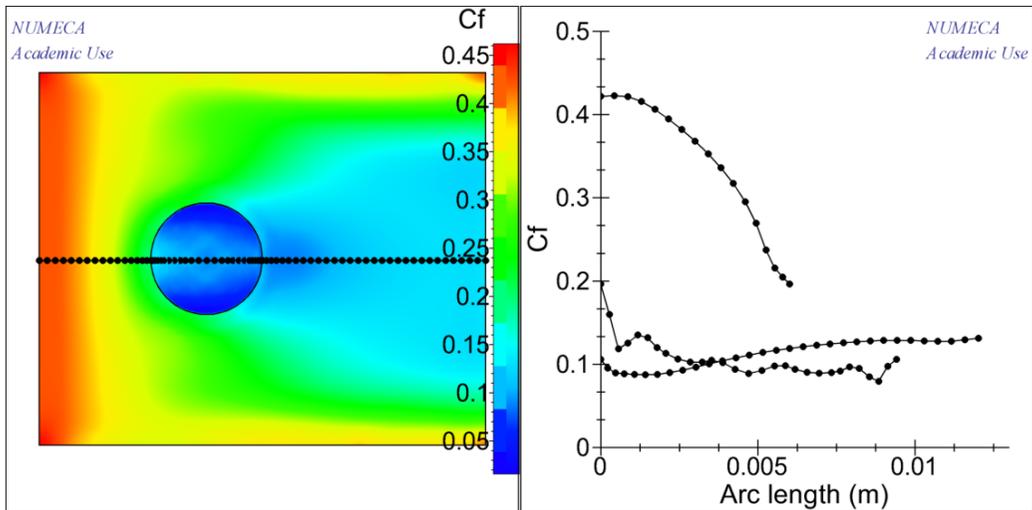
**V 0,179440**



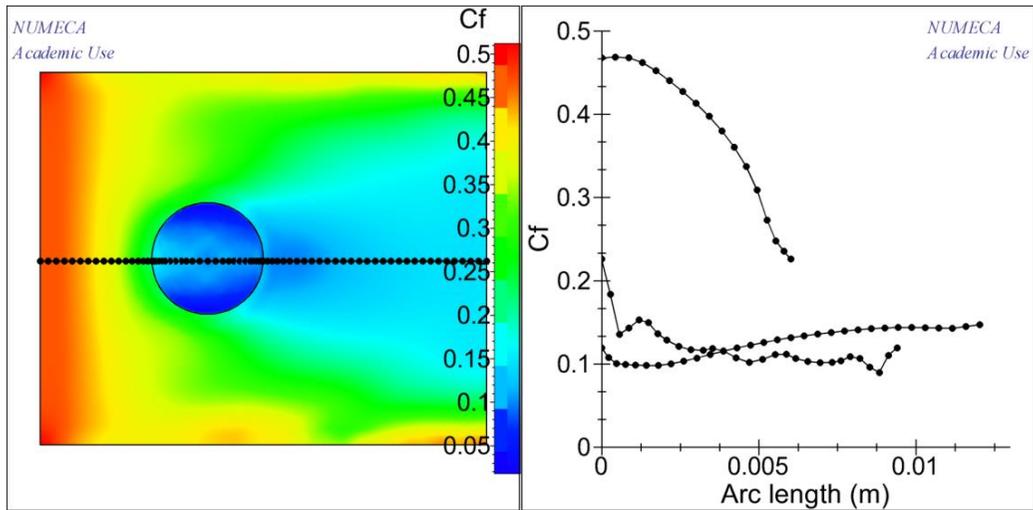
V 0,198839



V 0,223088

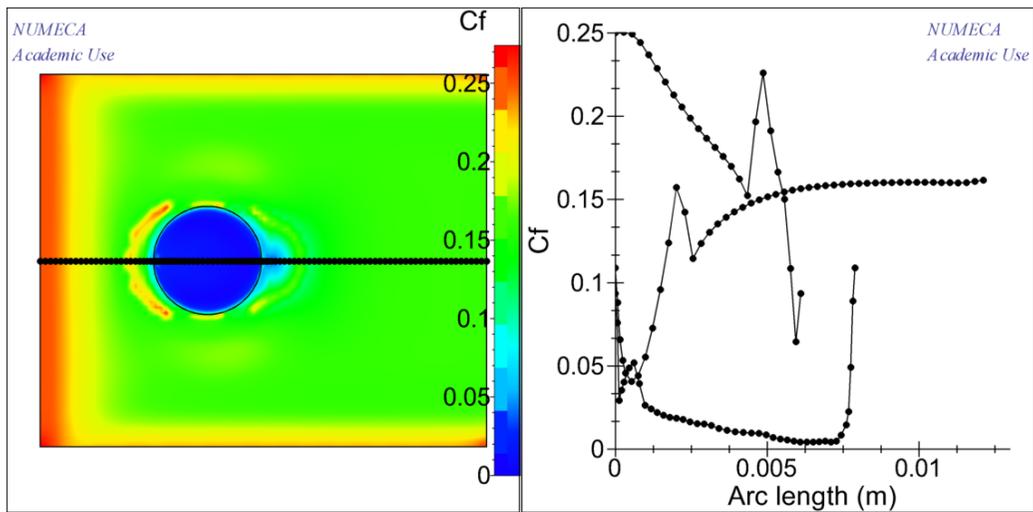


**V 0,247337**

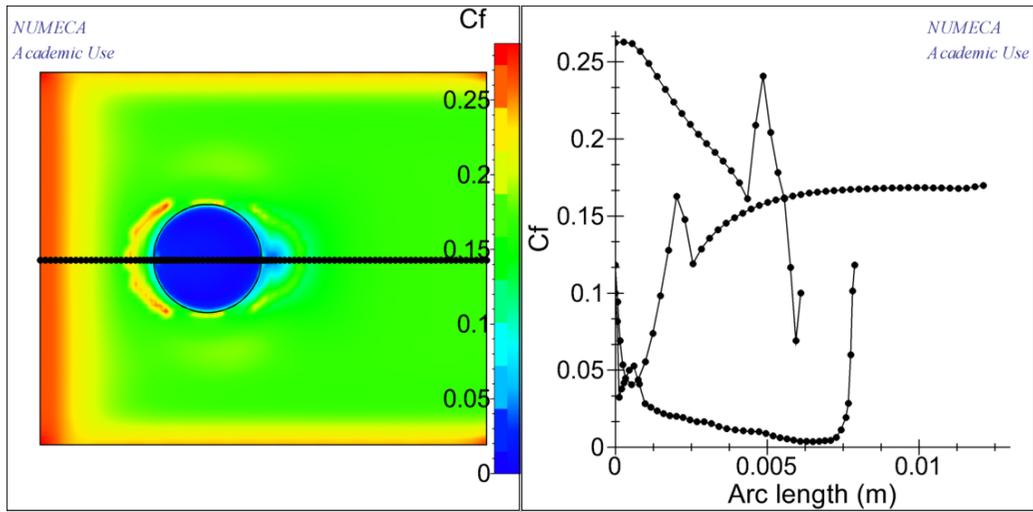


**Rc 0,968**

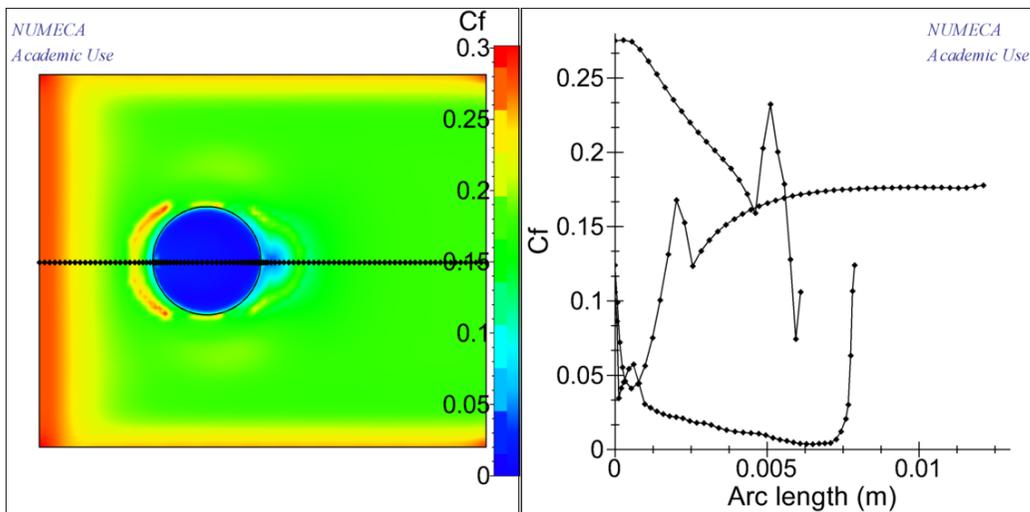
**V 0,096995**



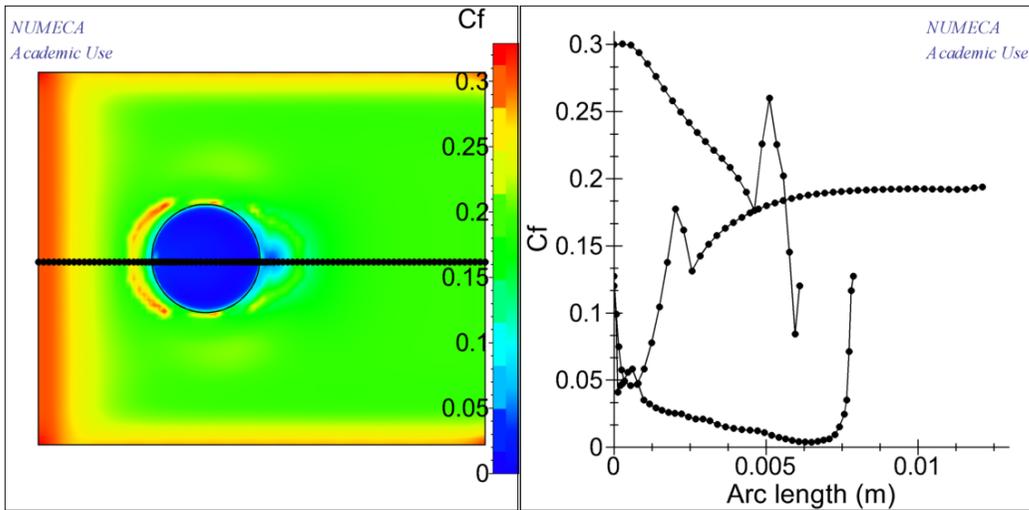
V 0,101845



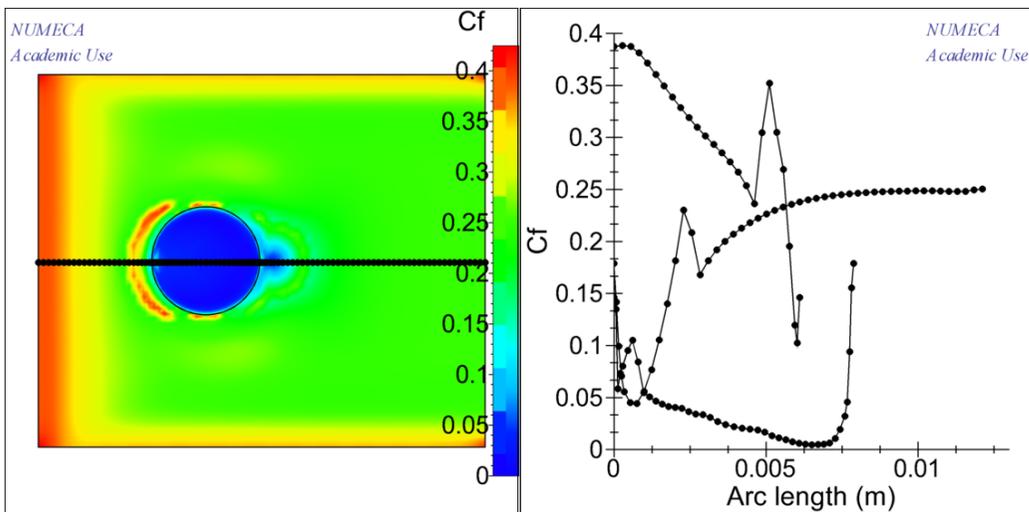
V 0,106694



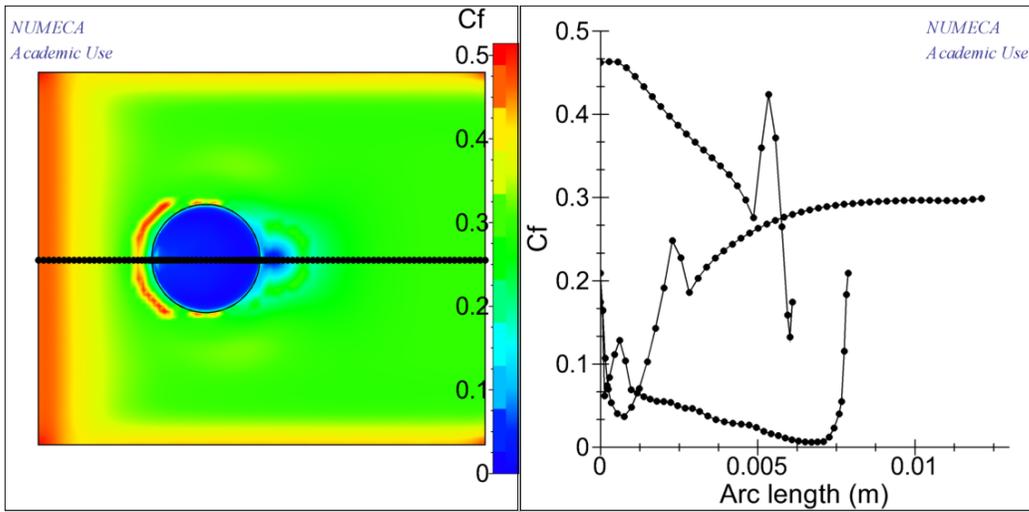
V 0,116394



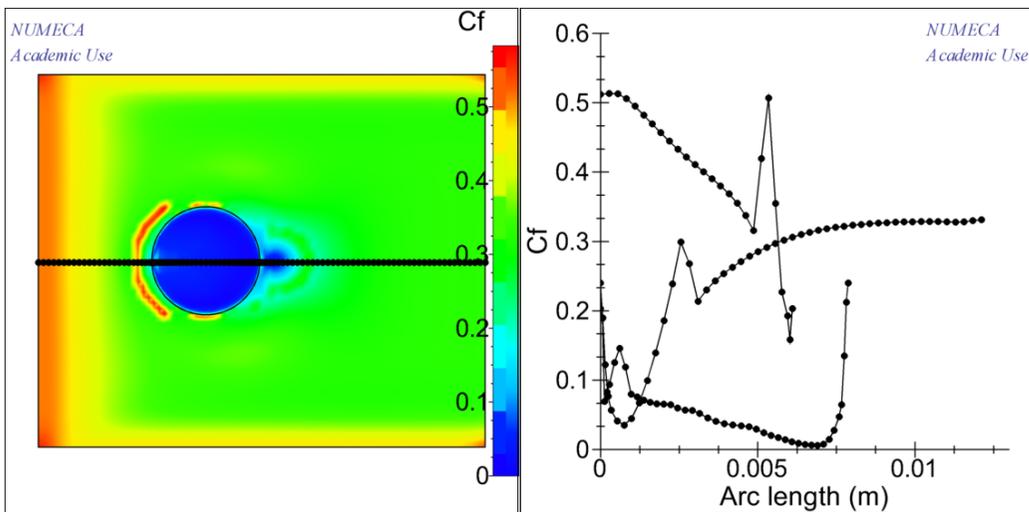
V 0,150342



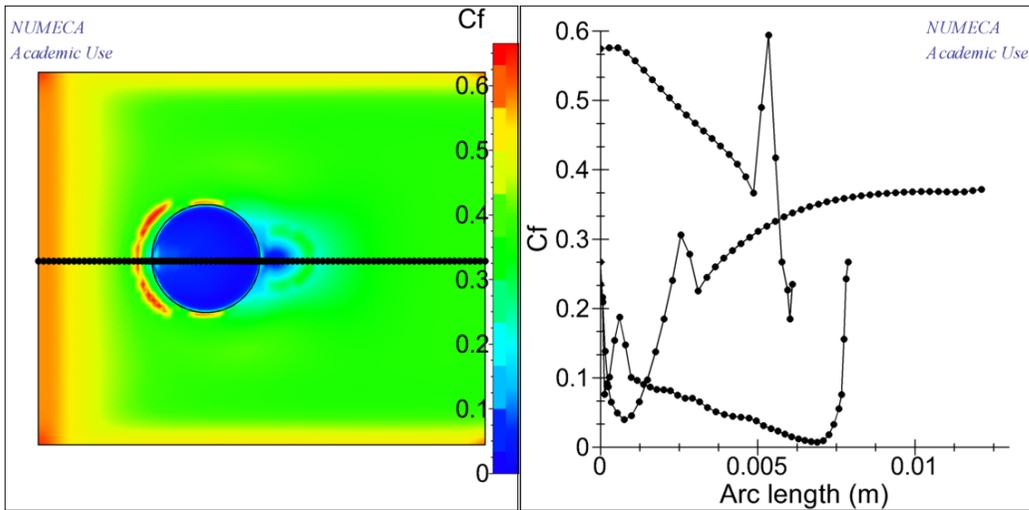
V 0,179440



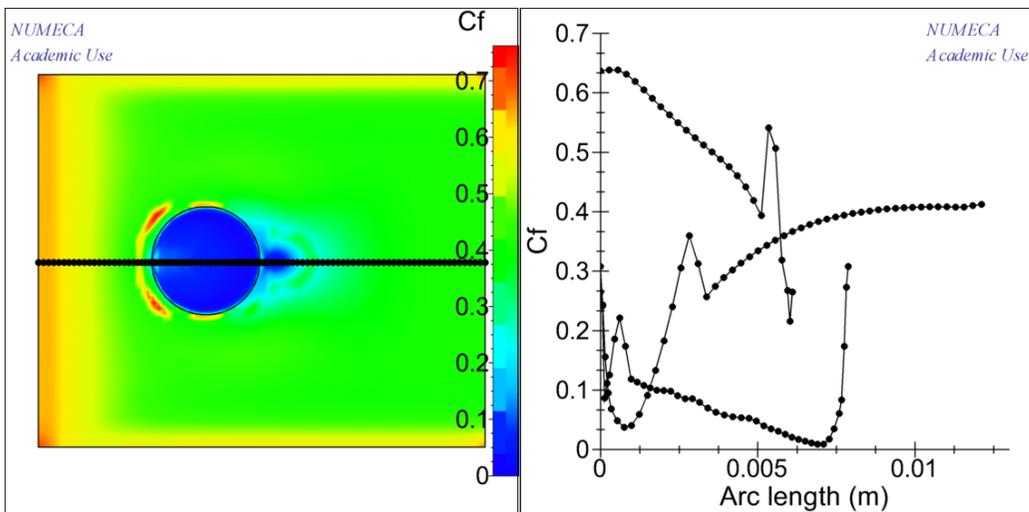
V 0,198839



V 0,223088

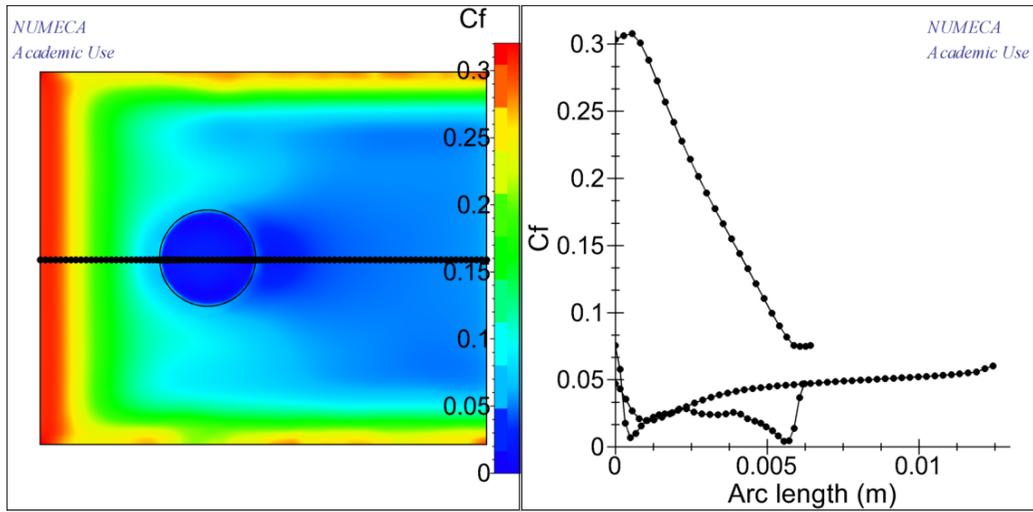


V 0,247337

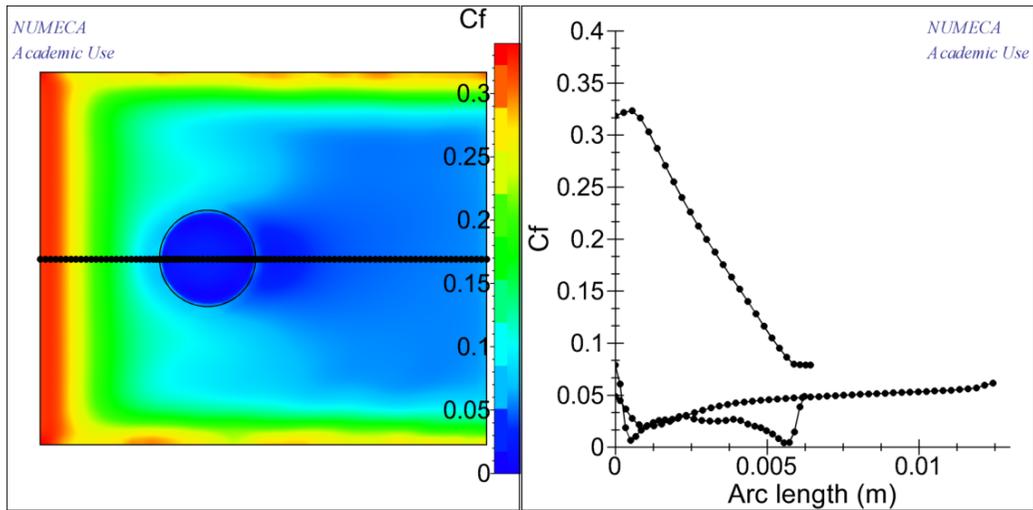


**Rc 0,861**

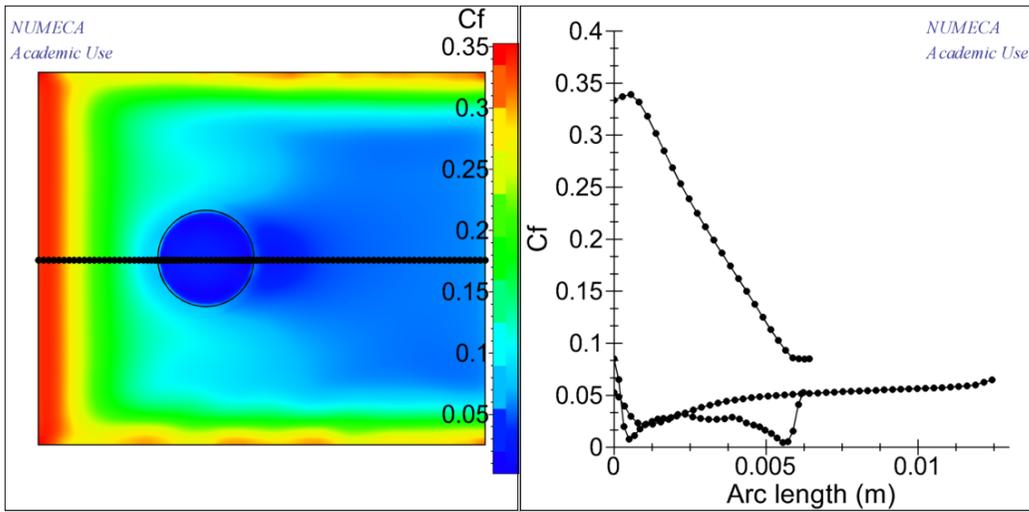
**V 0,096995**



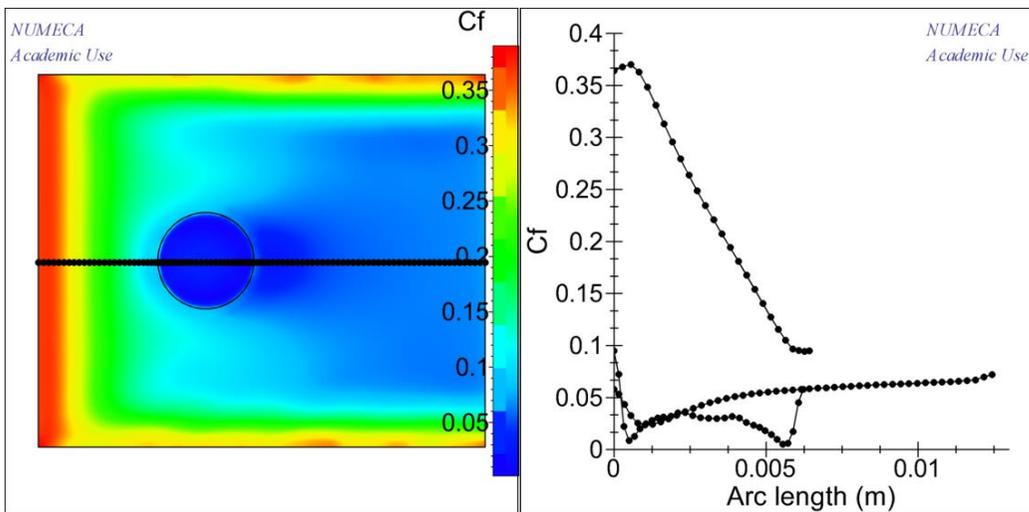
**V 0,101845**



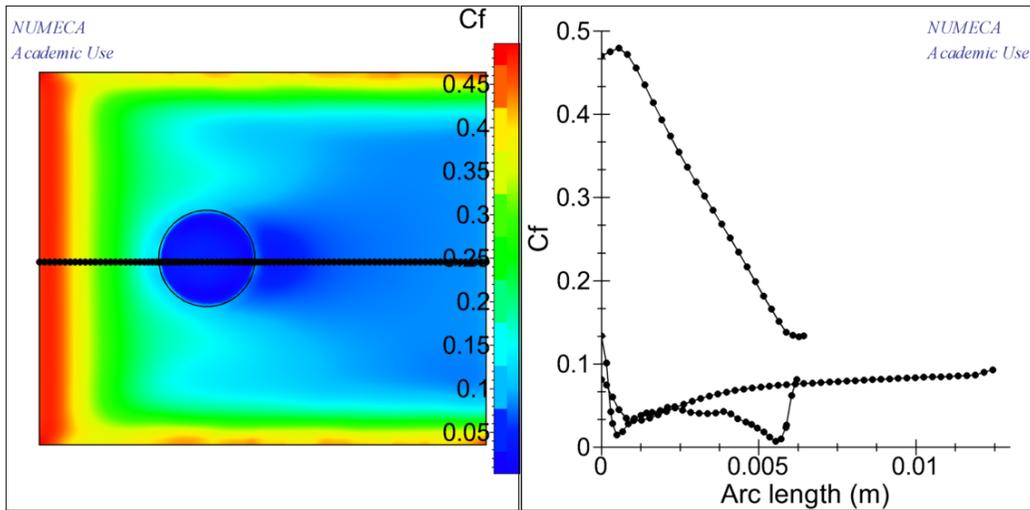
V 0,106694



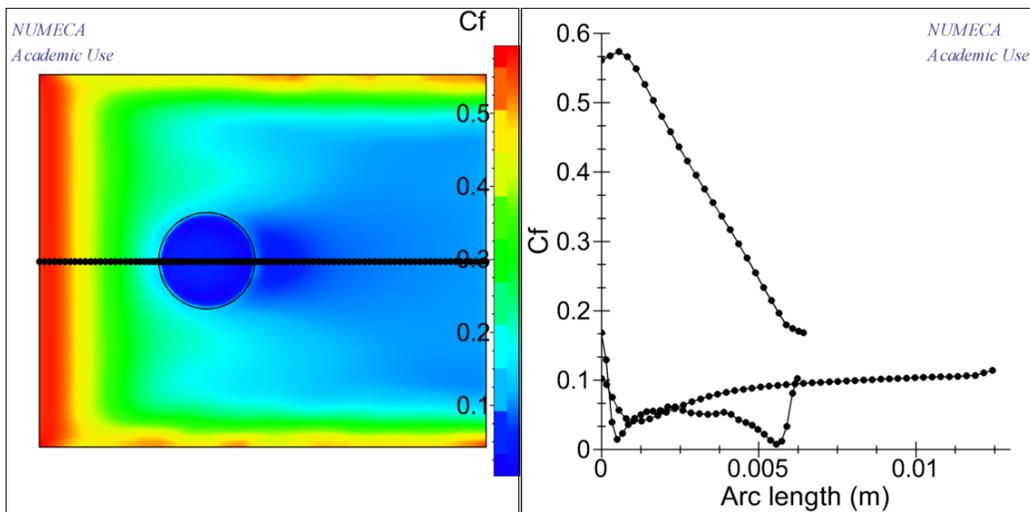
V 0,116394



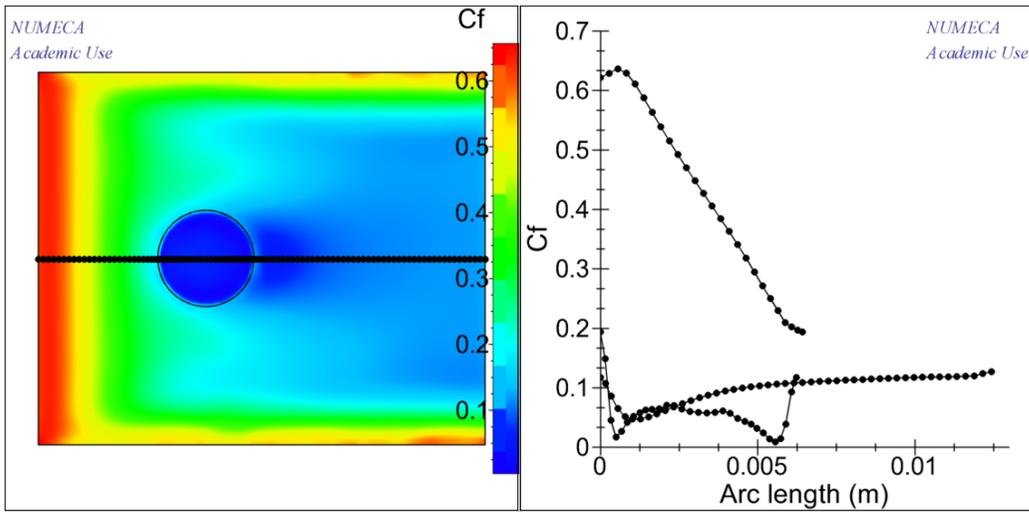
V 0,150342



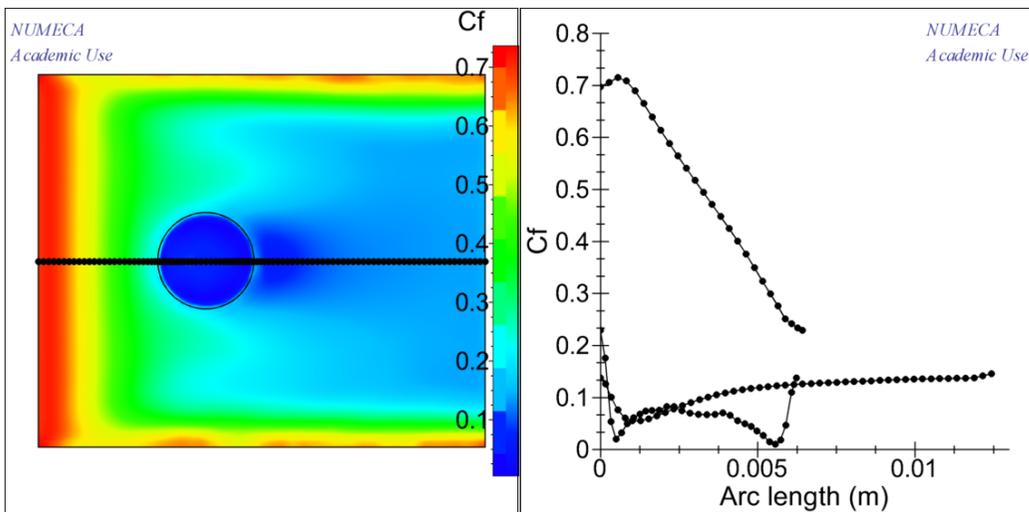
V 0,179440



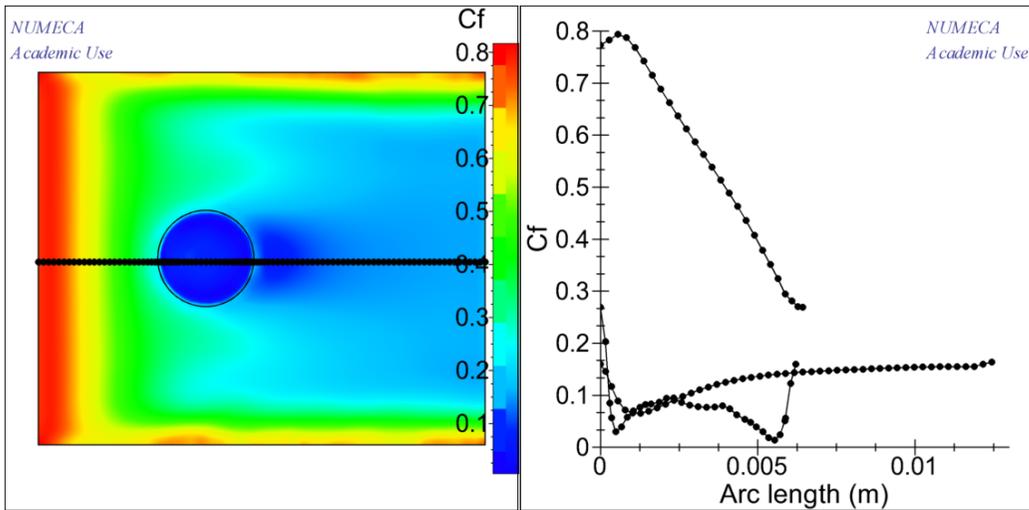
V 0,198839



V 0,223088

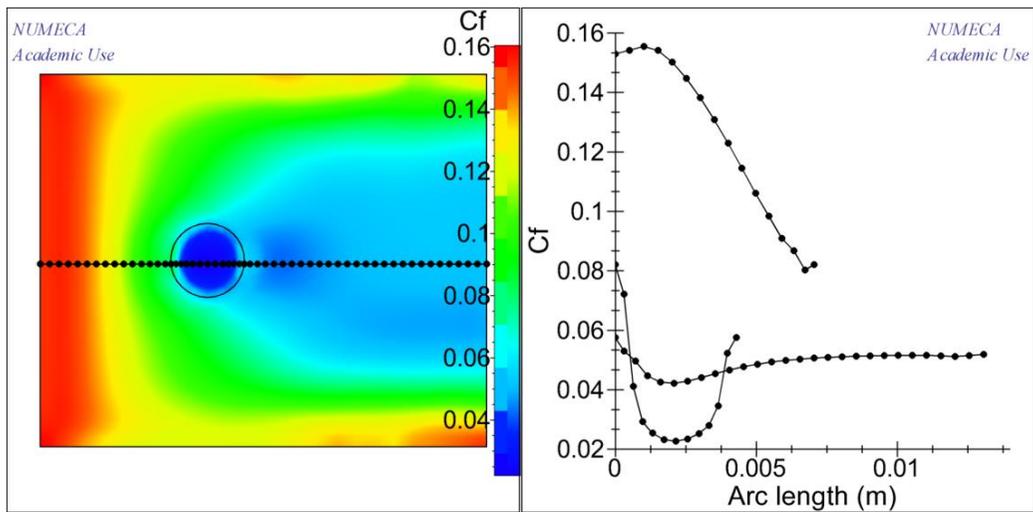


**V 0,247337**

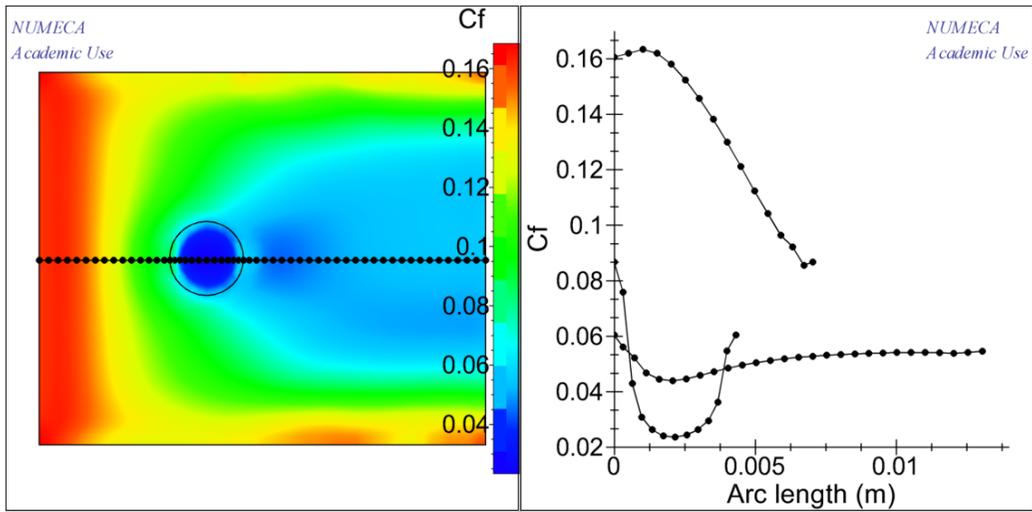


**Rc 0,661**

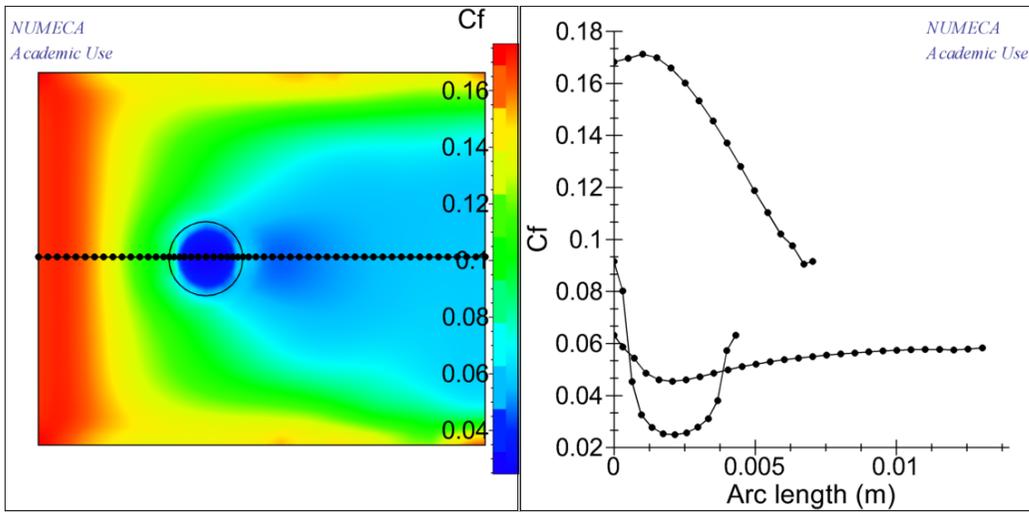
**V 0,096995**



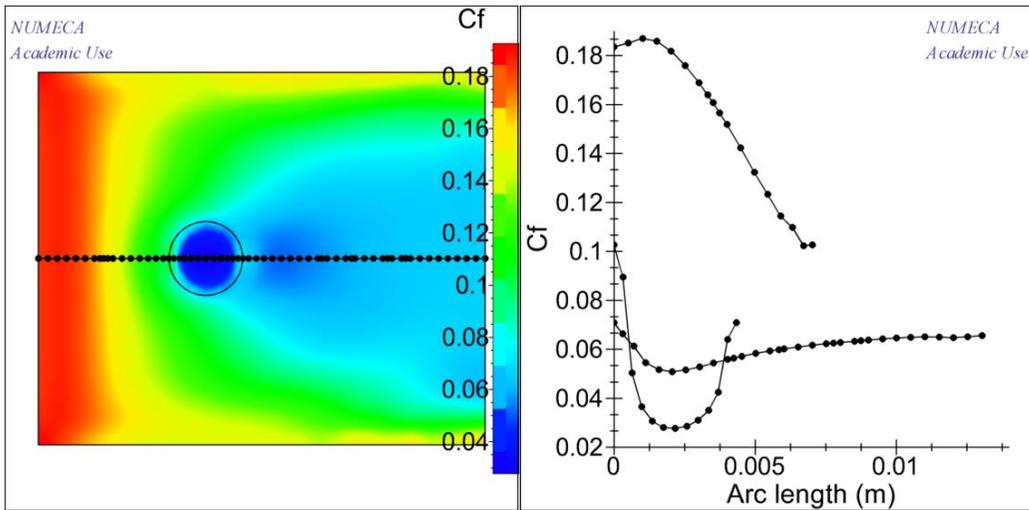
V 0,101845



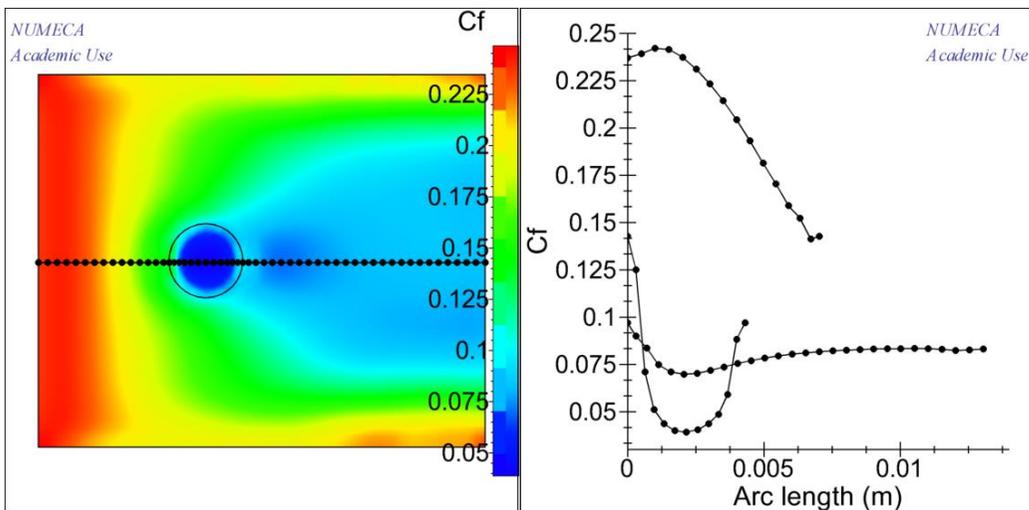
V 0,106694



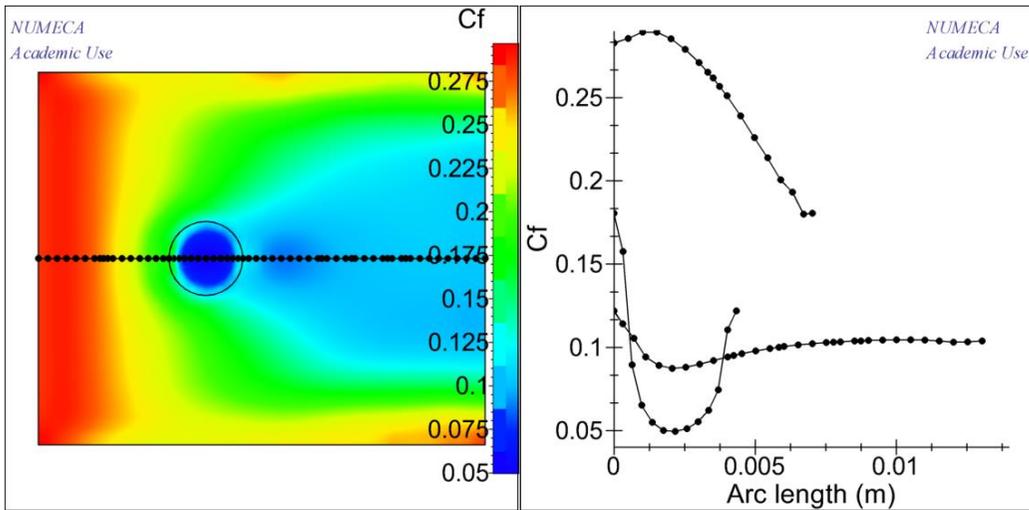
V 0,116394



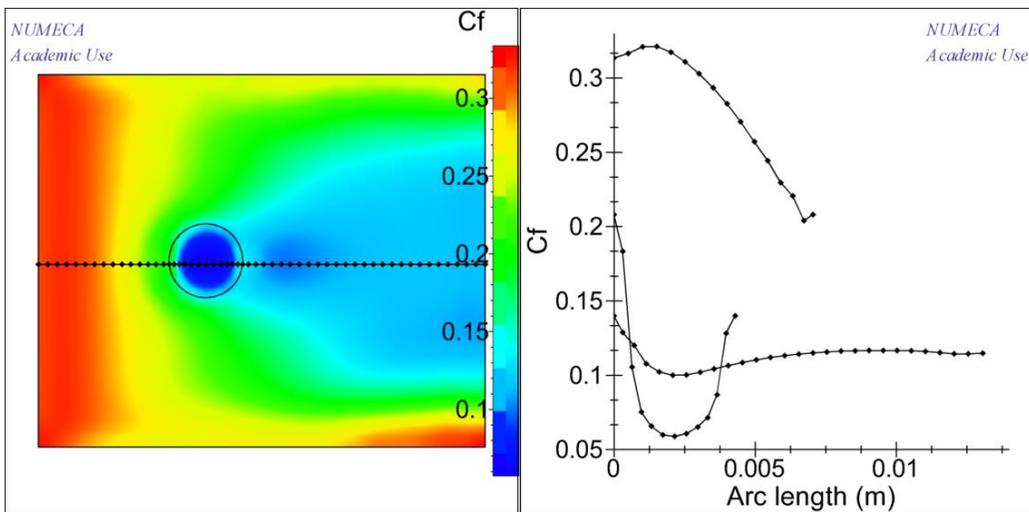
V 0,150342



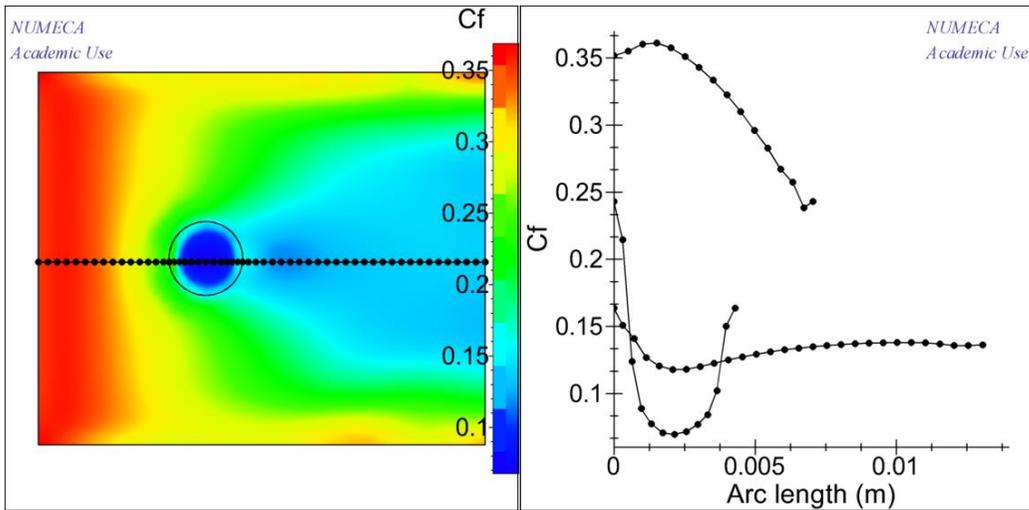
V 0,179440



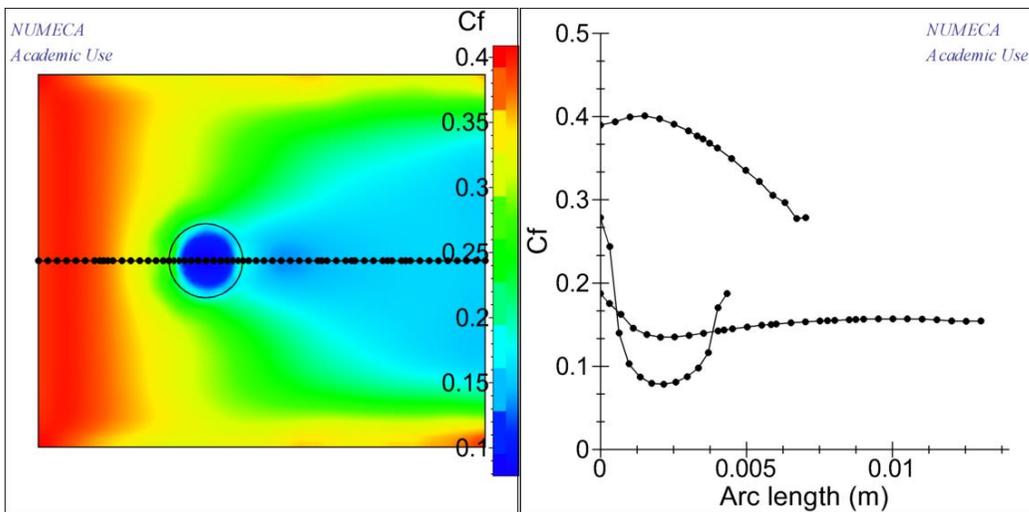
V 0,198839



V 0,223088

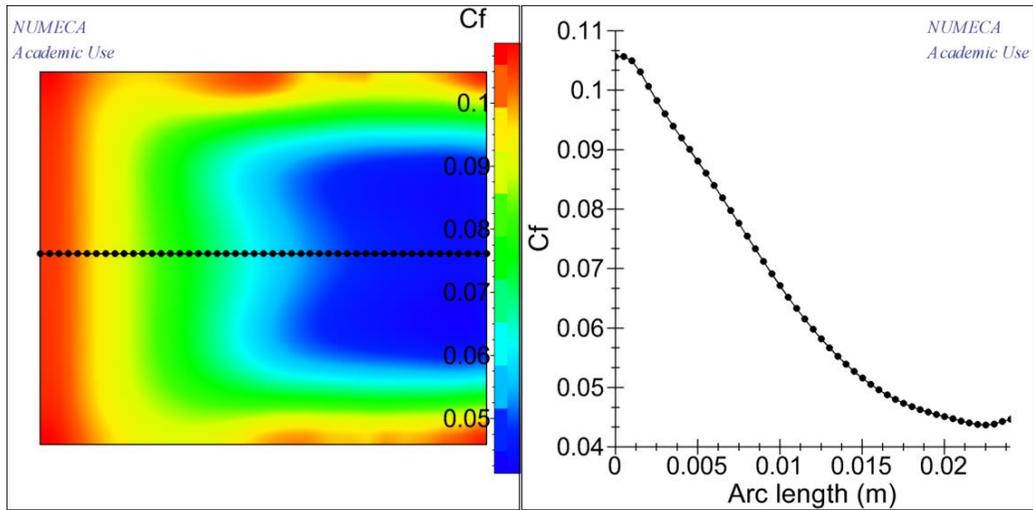


V 0,247337

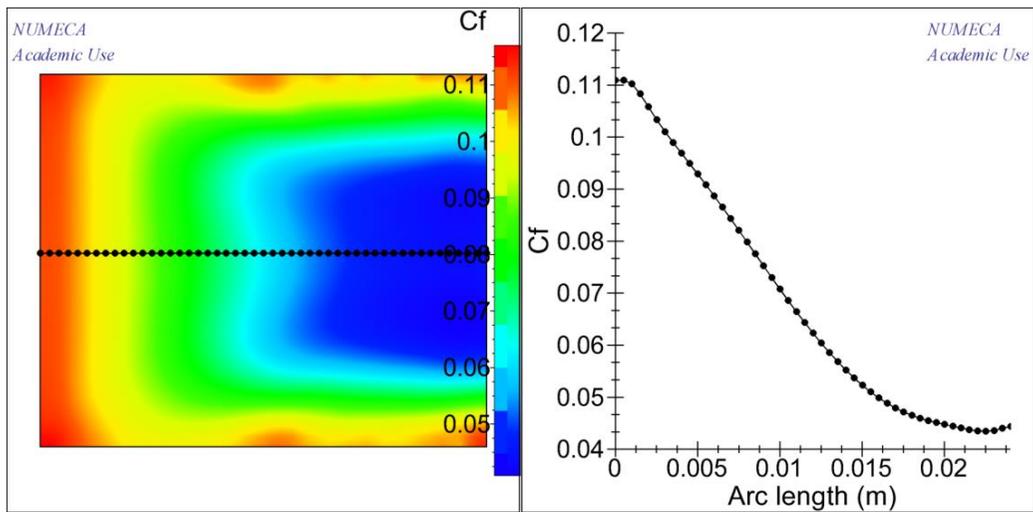


**Rc 0**

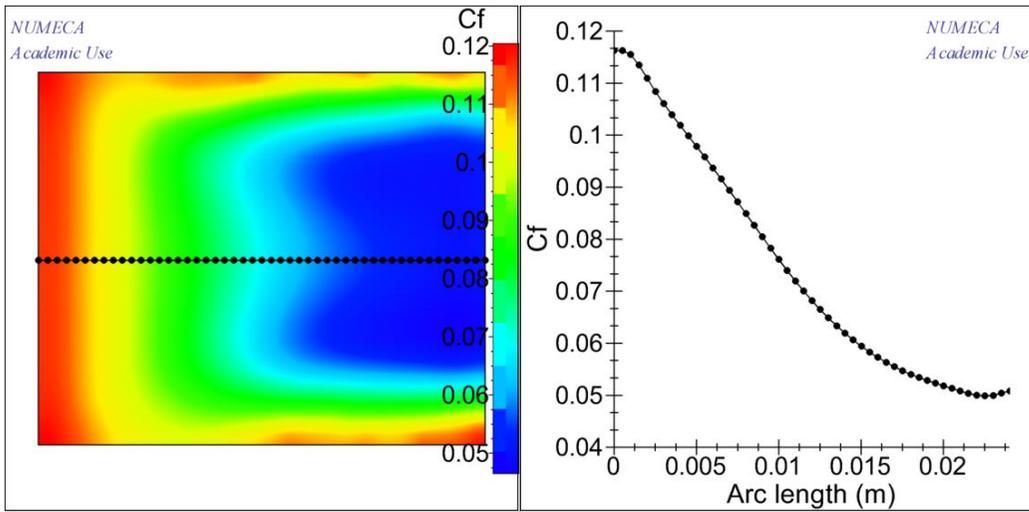
**V 0,096995**



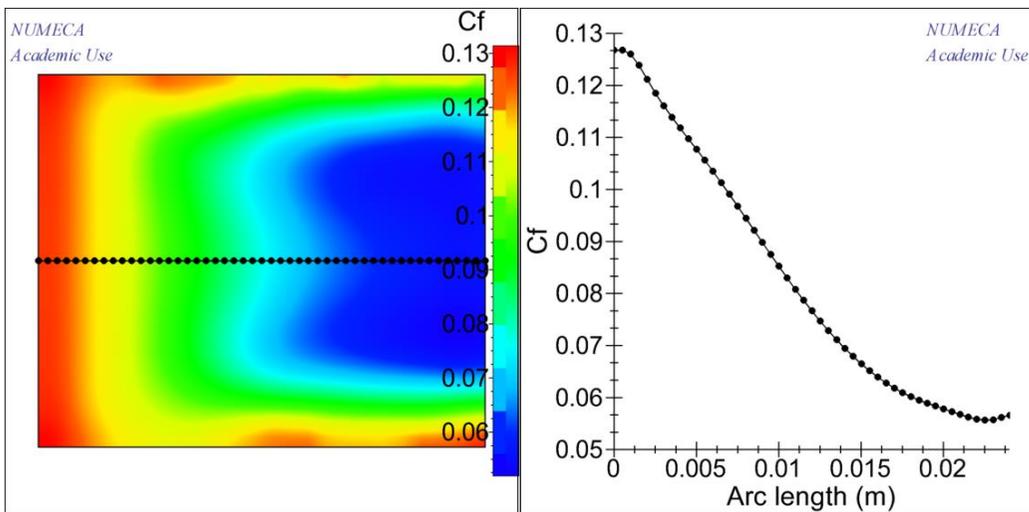
**V 0,101845**



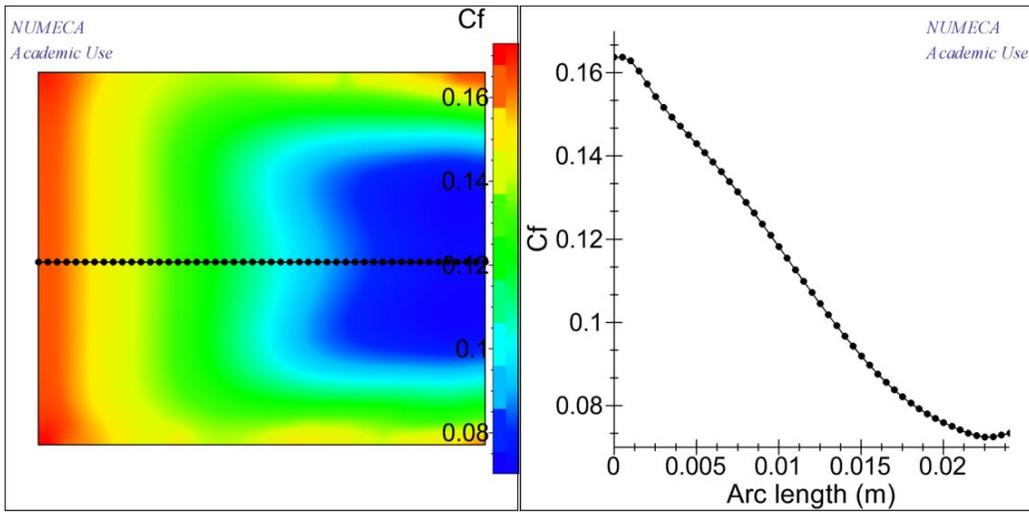
V 0,106694



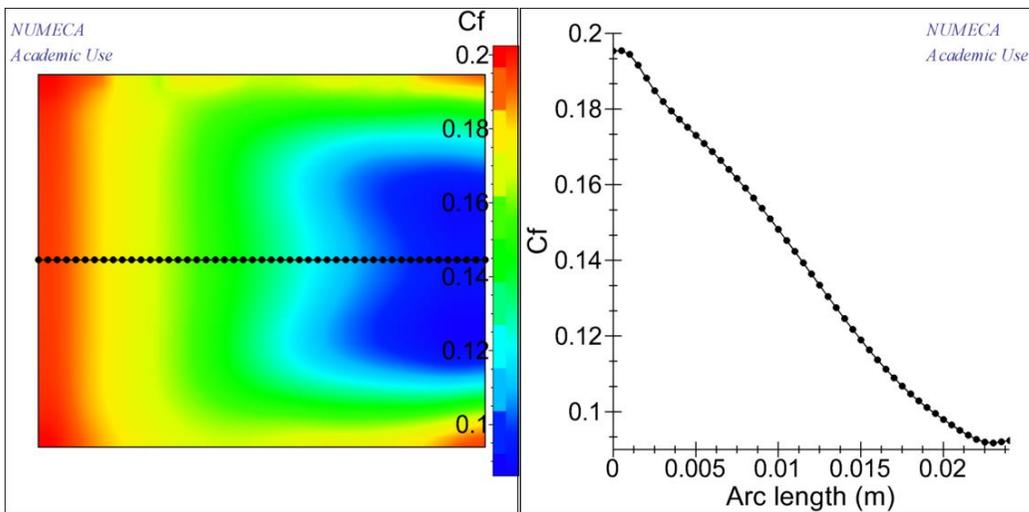
V 0,116394



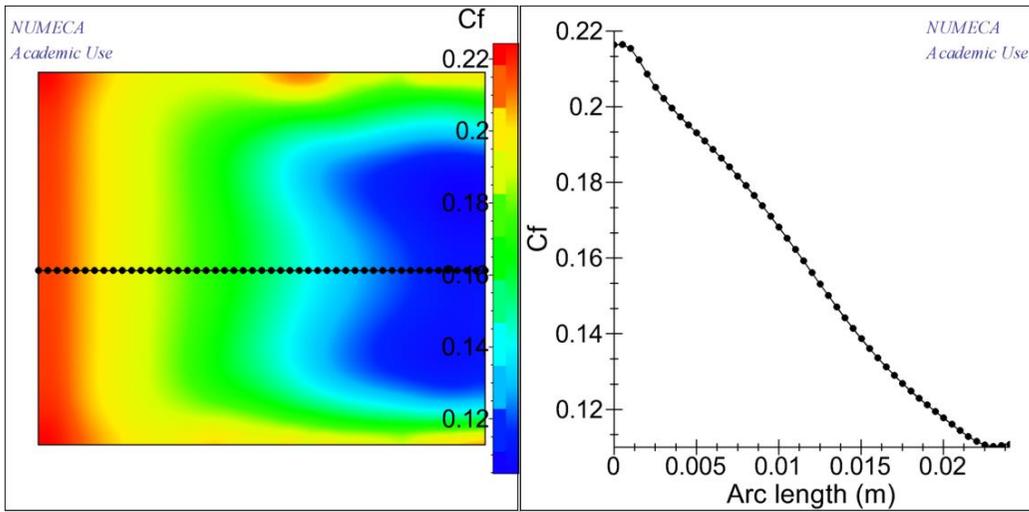
V 0,150342



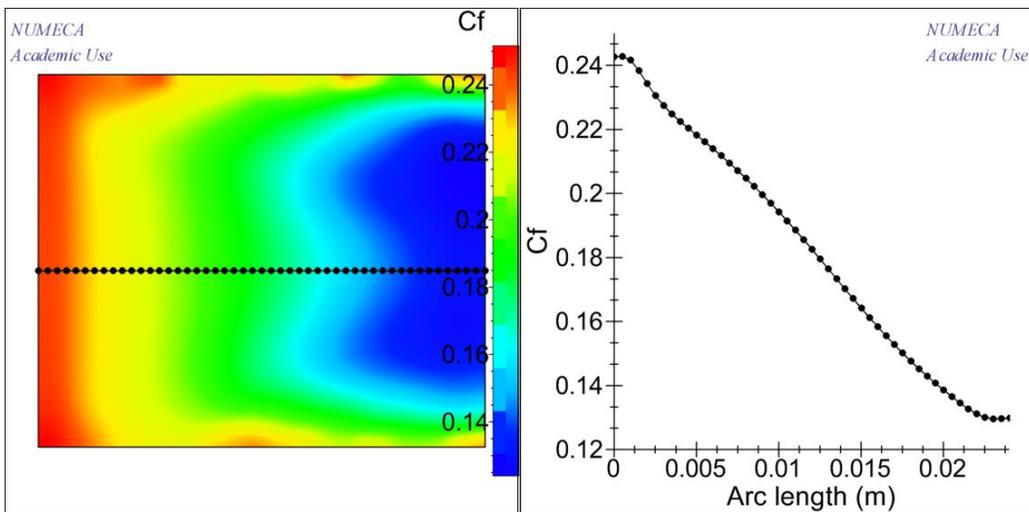
V 0,179440



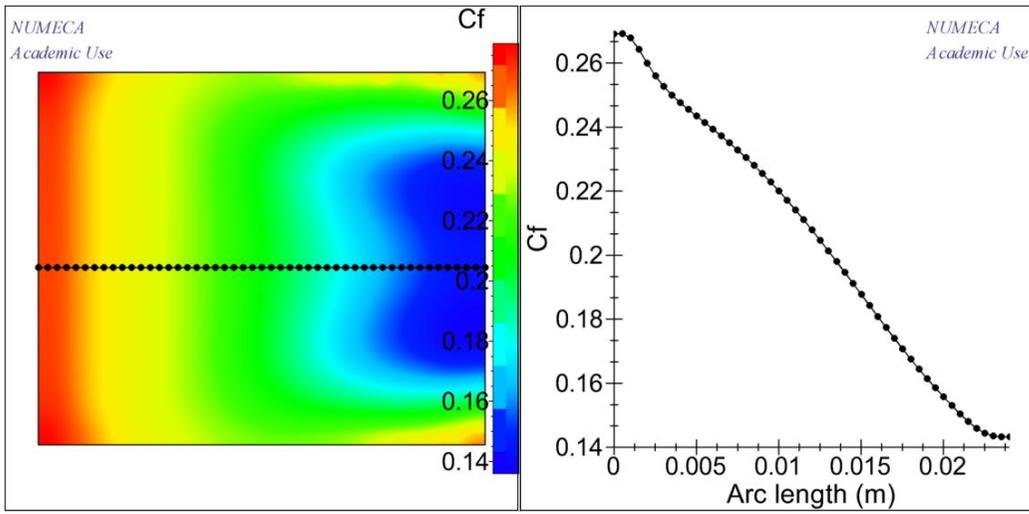
V 0,198839



V 0,223088



V 0,247337



Rc 1	A1	B1	C1	D1	Rc 0.968	A2	B2	C2	D2
0.096995	0.18351	0.06896	0.04114	0.05254	0.096995	0.25000	0.09368	0.10885	0.16167
0.101845	0.19262	0.07263	0.04272	0.05352	0.101845	0.26246	0.10002	0.11809	0.16974
0.106694	0.20165	0.07716	0.04542	0.05629	0.106694	0.27474	0.10591	0.12392	0.17764
0.116394	0.22000	0.08654	0.05090	0.06249	0.116394	0.29346	0.12033	0.12767	0.19355
0.150342	0.28404	0.11652	0.06638	0.08246	0.150342	0.38789	0.14621	0.17904	0.25037
0.179440	0.33923	0.14711	0.08150	0.10194	0.179440	0.46277	0.17470	0.20883	0.29908
0.198839	0.37628	0.16993	0.09347	0.11462	0.198839	0.51186	0.20371	0.23968	0.33121
0.223088	0.42238	0.19600	0.10558	0.13097	0.223088	0.57442	0.23533	0.26794	0.37141
0.247337	0.46699	0.22482	0.11930	0.14716	0.247337	0.63683	0.26570	0.30739	0.41168
Rc 0.861					Rc 0.661				
	A3	B3	C3	D3		A4	B4	C4	D4
0.096995	0.30345	0.07571	0.04715	0.06010	0.096995	0.17213	0.09115	0.06300	0.05653
0.101845	0.31795	0.07874	0.04866	0.06099	0.101845	0.18076	0.09619	0.06629	0.05945
0.106694	0.33378	0.08506	0.05193	0.06426	0.106694	0.19170	0.10312	0.07012	0.06411
0.116394	0.36382	0.09454	0.05755	0.07120	0.116394	0.20386	0.11296	0.07717	0.07117
0.150342	0.47018	0.13299	0.08139	0.09240	0.150342	0.26521	0.15806	0.10637	0.09021
0.179440	0.56082	0.16810	0.10194	0.11298	0.179440	0.32946	0.20771	0.13768	0.11546
0.198839	0.62137	0.19438	0.11741	0.12673	0.198839	0.36612	0.23943	0.15788	0.12739
0.223088	0.69652	0.22864	0.13811	0.14518	0.223088	0.41196	0.28098	0.18580	0.15210
0.247337	0.77310	0.26786	0.15948	0.16331	0.247337	0.38843	0.27970	0.18722	0.15348



## **BIODATA PENULIS**



Penulis lahir di Kota Sidoarjo pada tanggal 2 Februari 1994. Merupakan anak tunggal dari pasangan orang tua Suryadi dan Rukmini. Masa kecil penulis dihabiskan di Kota Sidoarjo. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Buncitan Sidoarjo, SMPN 1 Sidoarjo, dan SMAN 1 Gedangan Sidoarjo. Penulis kemudian melanjutkan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2012 pada S1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan melalui jalur SNMPTN Tulis.

Selama masa studi di ITS, penulis aktif mengikuti kegiatan di UKM Maritime Challenge dengan prestasi mengikuti ajang Atlantic Challenge International 2014 yang diselenggarakan di Vannes, Perancis dan membawa pulang Trophy Spirit of Atlantic Challenge. Penulis juga pernah menjadi Asisten Divisi Logistik pada Proyek Pembangunan Kapal Kayu “Wooden Sailing Boat Project 3” dan berhasil membangun sebuah kapal yole de’ bantry bernama “Baitasena”. Selama aktif mengikuti kegiatan di UKM Maritime Challenge, penulis menjadi wakil kepala divisi Training pada periode 2013-2014. Penulis juga tergabung pada Laboratorium Marine Manufacturing Design (MMD) Departemen Teknik Sistem Perkapalan dan mengambil tugas akhir di bidang Marine Manufacturing Design (MMD).