



**SKRIPSI - ME091329**

# **EKSPERIMEN PENGARUH CEKUNGAN YANG DITERAPKAN PADA PLAT DATAR TERHADAP ALIRAN FLUIDA**

**MOHAMMAD AZIZ ALMUJAHIDIN  
NRP. 4208 100 040**

**Dosen Pembimbing :  
Irfan Syarif Arief ST,MT  
Edi Jatmiko ST,MT**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2012**



FINAL PROJECT - ME091329

## Experiment of Dimple Effect Implemented in Flat Plate for Fluid Flow

MOHAMMAD AZIZ ALMUJAHIDIN  
NRP. 4208 100 040

Lecturer Advisor :  
Irfan Syarif Arief ST,MT  
Edi Jatmiko ST,MT

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2012

## **EKSPERIMEN PENGARUH CEKUNGAN YANG DITERAPKAN PADA PLAT DATAR TERHADAP ALIRAN FLUIDA**

**Nama Mahasiswa** : Mohammad Aziz Almujaahidin  
**NRP** : 4208 100 040  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : 1. Irfan Syarif Arief ST. MT.  
2. Edi Jatmiko ST. MT.

### **Abstrak**

*Bentuk lambung kapal adalah salah satu bagian penting dalam pembangunan sebuah kapal. Pada dasarnya bentuk ini dipengaruhi oleh fungsi dari kapal yang akan dibangun. Dalam penelitian ini penulis bermaksud untuk melakukan percobaan pada plat datar yang nantinya diharapkan dapat diaplikasikan pada lambung kapal. Dalam Experimen ini akan dilakukan percobaan pada plat datar konvensional yang akan dilakukan sedikit modifikasi dengan cara membentuk cekungan-cekungan pada plat tersebut. Experimen ini bertujuan untuk menganalisa model aliran yang dihasilkan cekungan-cekungan pada plat. Dalam penelitian sebelumnya cekungan-cekungan pada plat dapat mengurangi gaya gesek yang terjadi antara akibad adanya kecepatan aliran fluida yang bergesekan langsung dengan sisi plat tersebut. Sedangkan pada umumnya plat konvensional biasanya mulus tanpa adanya lekukan/cekungan.*



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## EXPERIMENT OF DIMPLE EFFECT IMPLEMENTED IN FLAT PLATE FOR FLUID FLOW

**Name** : Mohammad Aziz Almujaahidin  
**NRP** : 4208 100 040  
**Department** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Supervisor** : 1. Irfan Syarif Arief ST. MT.  
2. Edi Jatmiko ST. MT.

### Abstract

*Form hull is the most important thing in the ship building. Basically forms it regarded by ship function that will be built. In this research writer intentionally to do attempt analysis on flat plate that its following is expected gets to be applied on hull. In this research will do attempt on flat plate that will do a little modification by forms hollows on that plate. this research intent is to reduce friction drag because of fluid flow on that plate.*



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR NOTASI

$Re$	= Angka Reynold (tanpa satuan)
$V$	= Kecepatan rata-rata (m/s )
$R$	= Jari-jari hydraulic(ft atau m)
$\nu$	= viskositas kinematis, $m^2/s$
$\mu$	= viskositas dinamik
$u$	= kecepatan
$C_D$	= Koefisien hambatan
$F_D$	= Gaya hambatan
$\rho$	= Massa jenis udara
$U$	= Kecepatan benda
$\pi$	= 3,14
$D$	= Diameter
$C_L$	= Koefisien Lift
$F_L$	= Gaya Lift
$\rho$	= Masa jenis udara
$\pi$	= 3,14
$d$	= Diameter
$St$	= Strouhal number
$f$	= frekuensi (Hz)
$D$	= panjang karakteristik (m)
$v$	= kecepatan fluida (m/s)
$R_{Dt}$	= Rasio Diameter Dimple terhadap tebal plat
$R_C$	= Rasio kecekungan
$b$	= Diameter dimple (m)
$r$	= Jari-jari bola (m)
$s$	= sisi bujur sangkar (m)



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Aliran Fluida**

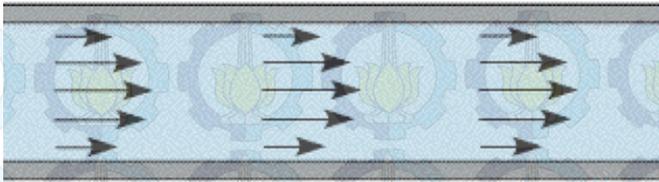
##### **2.1.1 Laminer**

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 laminar mengikuti hukum Newton tentang viskositas yang menghubungkan tegangan geser dengan laju perubahan bentuk sudut. Tetapi pada viskositas yang rendah dan kecepatan yang tinggi aliran laminar tidak stabil dan berubah menjadi aliran turbulen. [4] (*Anggraini, Meri. Viscous, Laminer, Turbulen. From viscous-laminer-dan-turbulen.html*)

Bisa diambil kesimpulan mengenai ciri-ciri aliran laminar yaitu: fluida bergerak mengikuti garis lurus, kecepatan fluidanya rendah, viskositasnya tinggi dan lintasan gerak fluida teratur antara satu dengan yang lain.

## Laminar



Gambar 2.1 Gambar yang menunjukkan jenis aliran laminar (4)

### 2.1.2 Turbulen

Kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminar melainkan kompleks, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Sehingga didapatkan Ciri dari lairan 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. [4] (*Anggraini, Meri. Viscous, Laminer, Turbulen. From viscous-laminer-dan-turbulen. html*)

Untuk membedakan aliran apakah turbulen atau laminar, terdapat suatu angka tidak bersatuan yang disebut Angka Reynold (Reynolds Number). Angka ini dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Re = (4vR)/\vartheta \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

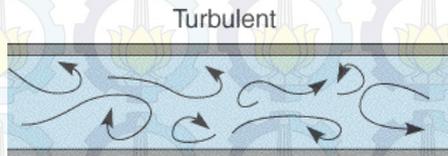
Re= Angka Reynold (tanpa satuan)

V= Kecepatan rata-rata (ft/s atau m/s)

R= Jari-jari hidraulik (ft atau m)

$\vartheta$ = Viskositas kinematis, tersedia dalam table sifat-sifat cairan (ft<sup>2</sup>/s atau m<sup>2</sup>/s)

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. [4] (*Anggraini, Meri. Viscous, Laminer, Turbulen. From viscous-laminer-dan-turbulen.html*)



Gambar 2.2 Gambar yang menunjukkan jenis aliran turbulen (4)

## 2.2 Konsep Teoritis Lapisan Batas

Lapisan batas (boundary layer) merupakan suatu konsep untuk aliran yang terhambat, pertama kali diperkenalkan oleh Prandtl dalam tahun 1904. Lapisan batas dapat dianalisa, dimana profil kecepatannya dapat berkembang yang berbanding lurus dengan jarak dari penampang. Hal ini dapat dijumpai pada suatu penampang, 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. Daerah dimana efek gesekan terlihat dengan jelas disebut titik lapisan batas (separation point). Sewaktu fluida sudah berada pada separation point, lapisan batas ini tumbuh dan akhirnya memenuhi seluruh panjang penampang.

### 2.2.1 Aliran viscous

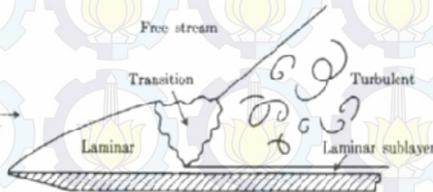
Berdasarkan gambar 2.3 dan 2.4 yaitu aliran fluida pada pelat rata, gaya viscous dijelaskan dengan tegangan geser  $\tau$  diantara lapisan fluida dengan rumus:

$$\tau = m \frac{du}{dy} \dots\dots\dots(2)$$

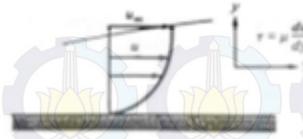
dimana:

$m$  = viskositas dinamik

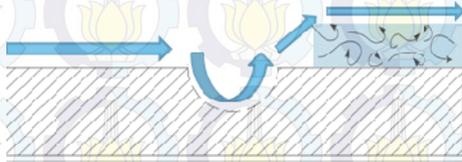
$u$  = kecepatan



Gambar 2.3 Sketsa yang menunjukkan daerah aliran lapisan batas yang berbeda pada pelat rata.(2)



Gambar 2.4 Profil kecepatan laminar pada pelat rata.(2)



Gambar 2.5 Sketsa yang menunjukkan daerah aliran

Daerah aliran yang bergerak dari sisi pelat di tempat observasi viskositas disebut *lapisan batas* (boundary layer). Pertama-tama perkembangan lapisan batas adalah *laminar* namun pada suatu jarak kritis dari sisi awal pelat, bergantung pada medan aliran dan sifat fluida, terjadi gangguan dan gangguan ini akan diperkuat, dan proses transisi terjadi hingga aliran menjadi *turbulen*. Daerah turbulen ini bisa digambarkan sebagai sebuah gaya kocok yang bekerja sehingga bagian fluida akan bergerak bolak balik. [2] (Simulasi CFD pada Helm. From [www.cctonline.com/mekanikal/tiki-index.php](http://www.cctonline.com/mekanikal/tiki-index.php))

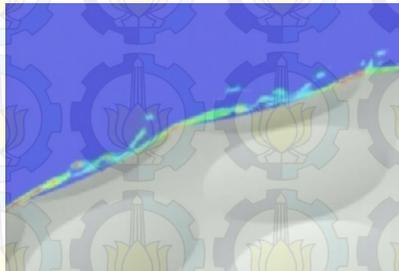
Angka Reynold kritis untuk transisi aliran dari laminar ke turbulen secara teoritis diambil  $4 \times 10^5$ , dalam prakteknya harga ini bergantung pada kondisi kekasaran permukaan dan tingkat turbulensi aliran bebas. Kisaran normal untuk mulainya daerah transisi antara  $4 \times 10^5$  sampai dengan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

Dengan 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

fluktuasi, daerah transisi bisa terjadi pada bilangan Reynold  $2 \times 10^6$  atau lebih. [2] (*Simulasi CFD pada Helm. From [www.cctonline.com/mekanikal/tiki-index.php](http://www.cctonline.com/mekanikal/tiki-index.php)*)

### 2.3Dimple

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 sekitar 0.01 inci.gaya angkat (lift) dan gaya hambat (drag) pada bola golf sangat sensitif terhadap kedalaman dimple.[1] *Rosas,Hendri,2009. Aerodinamika Pada Bola Golf. From [www.ccitonline.com/mekanikal/tiki-index.php](http://www.ccitonline.com/mekanikal/tiki-index.php)*



Gambar2.6 Gambar yang menunjukkan aliran udara pada permukaan dimple (1)

## 2.4 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 :

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2} \dots\dots\dots(3)$$

$C_D$  = Koefisien hambatan

$F_D$  = Gaya hambatan

$\rho$  = Massa jenis udara

$U$  = Kecepatan benda

$\pi$  = 3,14

$D$  = Diameter

Ada dua drag yang terjadi pada bola golf, yaitu skin friction drag (gaya hambat akibat gesekan dengan udara degan bola) dan pressure drag (gaya hambat akibat olakan 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 ulakan2 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, olakannya pun

lebih sedikit. Aliran pada bola dengan dimple adalah aliran turbulen. Pressure drag pada aliran turbulen lebih kecil dari aliran laminer. 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. [3] (Ridwan. *Karakteristik Aliran Fluida*, From [www.google.com](http://www.google.com))

### 2.5 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:

$$F_L = \frac{C_L \cdot \rho \cdot U^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2}{2} \dots\dots\dots(4)$$

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 :

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2} \dots\dots\dots(5)$$

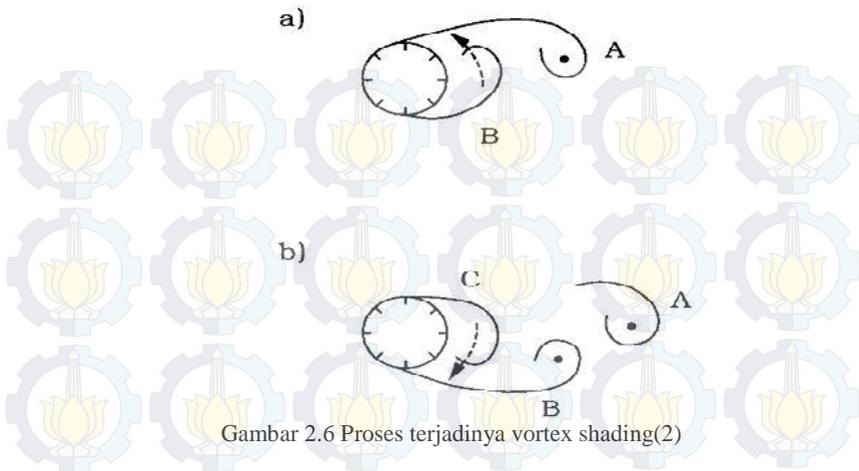
- $C_L$  = Koefisien Lift
- $F_L$  = Gaya Lift
- $\rho$  = Masa jenis udara
- $\pi$  = 3,14
- $d$  = Diameter

[3](Ridwan.Karakteristik Aliran Fluida, From [www. Google .com](http://www.Google.com))

## 2.6 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.

Gambar 2-3 membantu menjelaskan 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 di belakangnya 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. [2] (*Simulasi CFD pada Helm. From [www.cctonline.com /mekanikal/tiki-index.php](http://www.cctonline.com/mekanikal/tiki-index.php)*)



Gambar 2.6 Proses terjadinya vortex shading(2)

Vortex shedding ini 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 Reynolds number. Nilai Strouhal number ini diberikan oleh:

$$St = \frac{fD}{v} \dots\dots\dots(6)$$

$St$  = 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 dapat dilihat dalam Gambar Partikel-partikel fluida 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 [2] (*Simulasi CFD pada Helm. From [www.cctonline.com/mekanikal/tiki-index.php](http://www.cctonline.com/mekanikal/tiki-index.php)*)

Pada tahun 1920-an, tingkat atau intensitas turbulensi dalam terowongan angin sub-sonik diukur dengan cara menentukan harga kritis  $Re_D$  ketika hambatan tiba-tiba berku-rang (atau ketika koefisien hambatan menjadi 0.3, misalnya) untuk sebuah boia 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 [2] (*Simulasi CFD pada Helm. From [www.cctonline.com/mekanikal/tiki-index.php](http://www.cctonline.com/mekanikal/tiki-index.php)*)



## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Pendahuluan**

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam pengerjaan skripsi hingga tujuan dari skripsi dapat tercapai. Metodologi. Dalam pengerjaan skripsi ini terdapat beberapa langkah yang akan diterangkan pada sub bab selanjutnya.

### **3.2 Tahapan Pengerjaan Skripsi**

Selama pengerjaan tugas akhir ini, penulis membagi pengerjaan tugas ini dalam beberapa tahapan pengerjaan. Tahapan pengerjaan tugas akhir ini antara lain :

#### **1. Identifikasi Permasalahan**

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

#### **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 dimaksudkan. Studi pustaka ini termasuk mencari referensi atas teori-teori terkait atau hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

### 3. Pengumpulan data

Selama penulisan tugas akhir ini, penulis melakukan pengumpulan data untuk pengerjaan skripsi. Data yang didapat untuk menunjang pengerjaan skripsi ini di dapat baik dari internet maupun pengambilan data secara langsung dari Penelitian sebelumnya. Data yang diambil pada pengerjaan skripsi ini sebatas data-data mengenai konsep – konsep dasar aliran dan bola golf.

### 4. Penentuan parameter design

Dalam penelitian ini design yang akan dibuat memiliki persyaratan tertentu. Hal ini bertujuan untuk lebih memudahkan dalam hal pembuatan design. Diketahui bahwa  $b$  adalah diameter dimple dan  $t$  adalah ketebalan plat. Syarat-syaratnya adalah sebagai berikut:

1. Bila  $b = \frac{1}{2} t$ , maka maksimal kedalaman dimple adalah setengah ketebalan plat
2. Bila  $b > \frac{1}{2} t$ , maka maksimal kedalaman dimple adalah melebihi setengah kedalaman plat.
3. Bila  $b < \frac{1}{2} t$ , maka maksimal kedalaman dimple adalah tidak sampai melebihi setengah ketebalan plat.

Syarat-syarat diatas akan sangat berpengaruh terutama untuk penentuan rasio. Dalam penelitian ini terdapat 2 rasio yang dibutuhkan, yaitu rasio diameter terhadap tebal plat dan rasio diameter terhadap sisi bujursangkar.

#### 1. Rasio Kecekungan ( $R_C$ )

Rasio ini 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.

$$R_C = \frac{b}{2r} \dots\dots\dots(7)$$

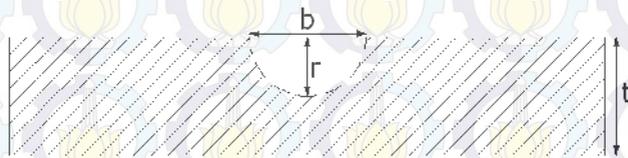
Keterangan:

$R_{D1}$  = 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  $\frac{1}{2} t$ , sehingga titik pusat bola dan berada tepat pada titik pusat lingkaran dimple. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 2.



Gambar 3.1 Rasio kecekungan terhadap plat

Bila  $r = \frac{1}{2} b$ , maka kedalaman cekungan maksimal yang terbentuk adalah  $\frac{1}{2} t$ . Sehingga titik pusat bola tepat berada titik pusat lingkaran dimple. Sehingga dari pengertian ini menghasilkan persamaan:

Rasio =  $\frac{b}{r}$ , nilainya adalah 2

Jika  $\frac{r}{b}$ , nilainya adalah 0,5,

Agar rasio yang terbentuk bernilai 1 maka,

$$R_c = \frac{2r}{b} \dots\dots\dots(8)$$

Dengan persamaan diatas maka akan terbentuk rasio yang nilainya sebesar 1, akan tetapi apabila titik pusat

bola diatas titik pusat lingkaran dimple maka nilai rasio maksimal bias melebihi dari 1. Sehingga terbentuk lah persamaan rasio baru yaitu:

$$R_C = \frac{b}{2r} \dots\dots\dots(9)$$

$R_C$  = Rasio kecekungan

$b$  = Diameter dimple (m)

$r$  = Jari-jari bola (m)

2.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 jarak antara dimple satu dengan dimple yang lain.rumusnya adalah sebagai berikut:

$$R_{Ds} = \frac{b}{s} \dots\dots\dots(10)$$

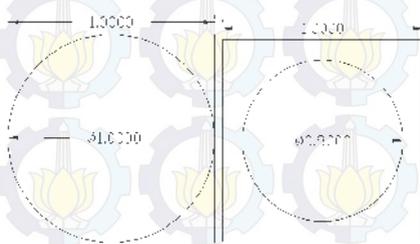
Keterangan:

$R_{Dt}$ =Rasio Diameter Dimple terhadap tebal plat

$b$  = Diameter dimple (m)

$s$  = sisi bujur sangkar (m)

Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh gambar dibawah ini:

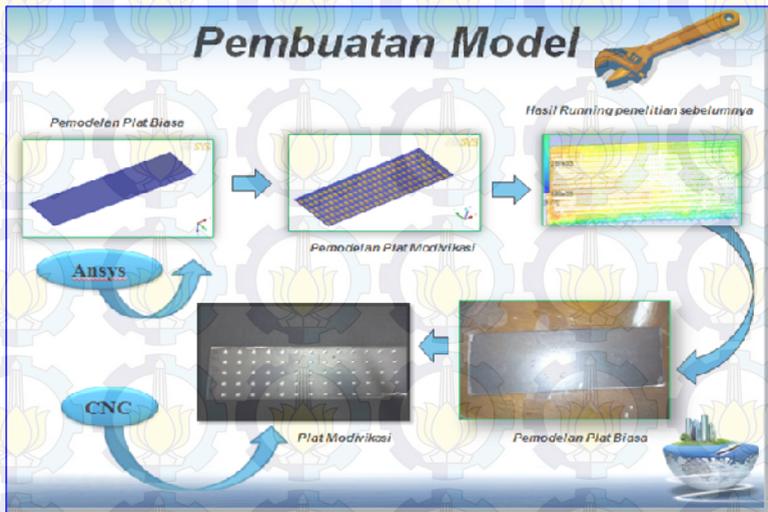


(a) (b)

Gambar 3.2 Rasio bujur sangkar terhadap plat

Pada gambar diatas dapat kita ketahui bahwa dengan memasukkan rumus diatas gambar 1.a mempunyai rasio diameter sebesar 1. Sedangkan pada gambar 1.b kita dapatkan rasio diameter sebesar 0,8.

#### 4. Pembuatan model



Gambar 3.3 Proses pembuatan bentuk model

Langkah berikutnya adalah pembuatan model bentuk plat. Geometri dasar pembentukan plat didapat dari parameter design. Dengan cara yang sama maka akan divariasikan untuk analisa, variasi yang ada yaitu variasi rasio diameter dimple terhadap tebal plat, rasio diameter dimple terhadap sisi bujur sangkar dan rasio kecekungan. Kemudian data geometri dimodelkan. Kemudian data geometri dimodelkan dengan menggunakan bantuan software ANSYS.

Ada tiga tahap dalam proses simulasi CFD, yaitu preprocessor, solution dan post processor. Tahap preprocessor adalah tahap untuk membuat model geometri, mendefinisikan sifat material model (mekanis dan fisika), serta proses pembuatan elemen dan node pada model (meshing). Tahap solution merupakan tahap menentukan tipe penyelesaian terhadap analisa yang dilakukan, apakah statik atau dinamik. Penyelesaian dilakukan terhadap model dalam bentuk elemen dengan pembebanan dan kondisi batas yang diberikan pada model. Sedangkan pada tahap postprocessor adalah menampilkan hasil iterasi analisa komputer terhadap model. .

Kemudian diteruskan dengan menggunakan alat CNC untuk membuat benda aslinya. Secara umum, cara mengoperasikan mesin CNC dengan cara memasukkan perintah numeric melalui tombol-tombol yang tersedia pada panel instrument di tiap-tiap mesin.

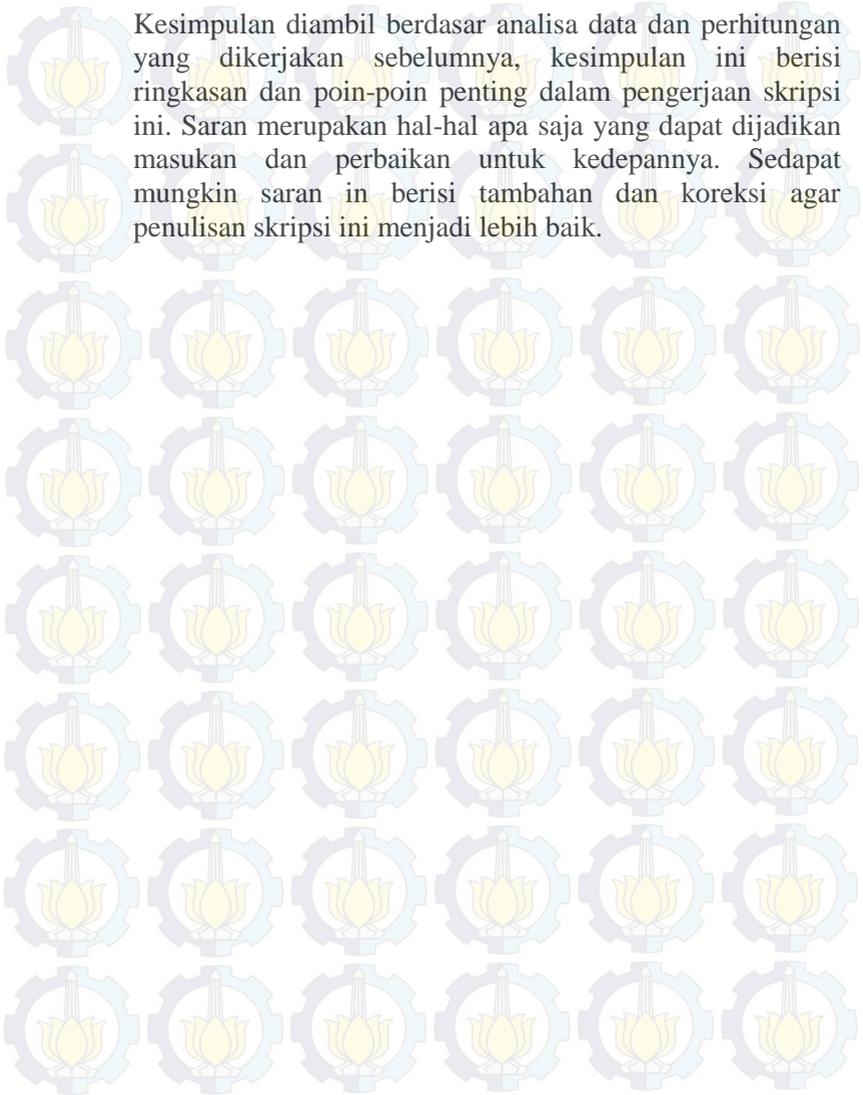
Cara mengoperasikan mesin CNC dapat dilakukan dengan dua macam cara, Sistem Absolut dan Sistem Incremental

**Sistem Absolut** Pada sistem ini titik awal penempatan alat potong yang digunakan sebagai acuan adalah menetapkan titik referensi yang berlaku tetap selama proses operasi mesin berlangsung. Untuk mesin bubut, titik referensinya diletakkan pada sumbu (pusat) benda kerja yang akan dikerjakan pada bagian ujung. Sedangkan pada mesin frais, titik referensinya diletakkan pada pertemuan antara dua sisi pada benda kerja yang akan dikerjakan.

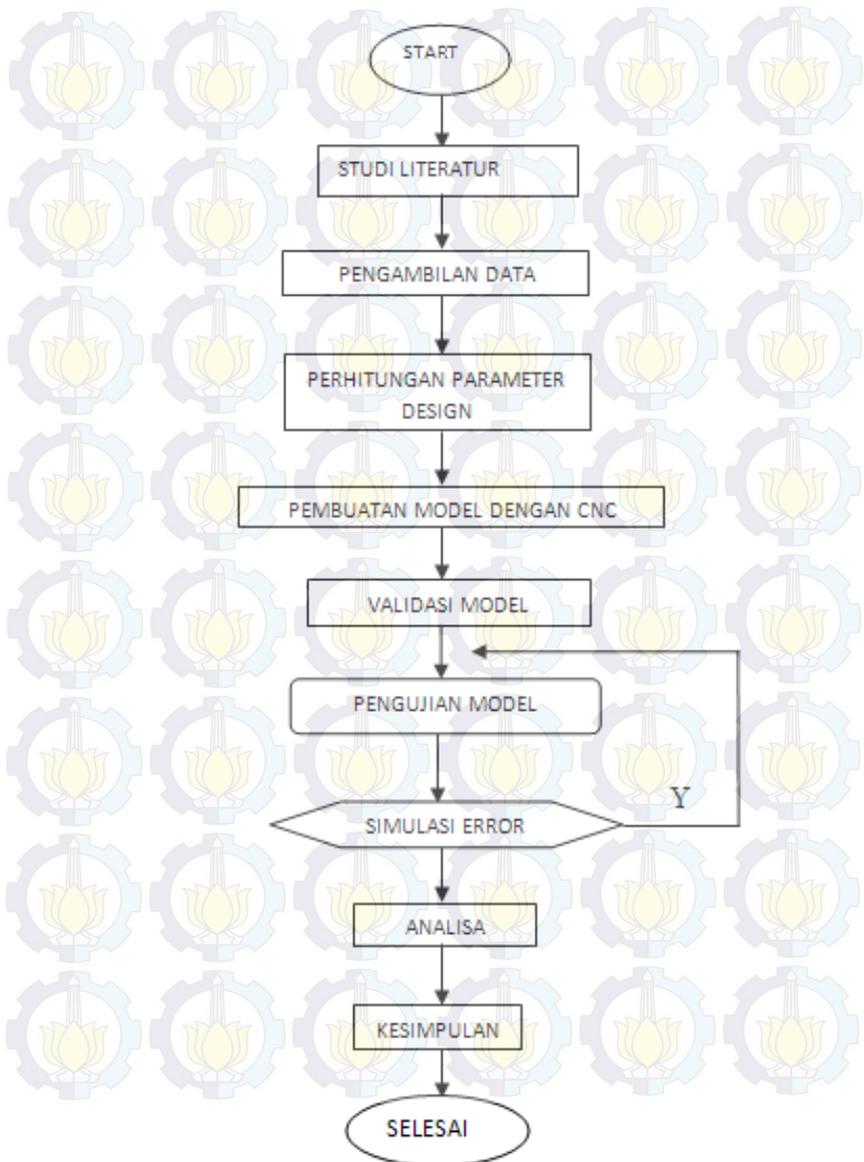
**Sistem Incremental** Pada system ini titik awal penempatan yang digunakan sebagai acuan adalah selalu berpindah sesuai dengan titik actual yang dinyatakan terakhir. Untuk mesin bubut maupun mesin frais diberlakukan cara yang sama. Setiap kali suatu gerakan pada proses pengerjaan benda kerja berakhir, maka titik akhir dari gerakan alat potong itu dianggap sebagai titik awal gerakan alat potong pada tahap berikutnya.

## 5. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan diambil berdasar analisa data dan perhitungan yang dikerjakan sebelumnya, kesimpulan ini berisi ringkasan dan poin-poin penting dalam pengerjaan skripsi ini. Saran merupakan hal-hal apa saja yang dapat dijadikan masukan dan perbaikan untuk kedepannya. Sedapat mungkin saran ini berisi tambahan dan koreksi agar penulisan skripsi ini menjadi lebih baik.



### 3.3 Flowchart Pengerjaan Skripsi



## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Umum**

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 tulisan ini. 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 .

#### **4.2. Variasi Model**

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa variasi yang dilakukan dalam analisa ini adalah pada rasio kecekungan dan rasio diameter dimple terhadap bujrsangkar.

Adapun data-data utama yang dibutuhkan untuk proses penggambaran model dan simulasi pada percobaan ini direncanakan sebagai berikut:

- Lebar plat : 0,11 m
- Panjang plat : 0,30 m
- Variasi rasio cekungan : 0,3 cm (*diambil yang terbaik dari penelitian sebelumnya*)
- Variasi rasio bujur sangkar : (0;0,8;1,0;1,2) cm
- Variasi kecepatan : (0,8;1,0;1,2) m/s

Permodelan plat konvensional dan modifikasinya dapat dilihat pada gambar dihalaman selanjutnya.



Gambar 4.1 model plat konvensional



Gambar 4.2 model plat modifikasi diameter 8 mm

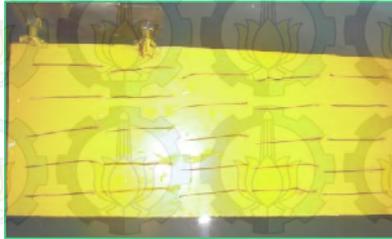


Gambar 4.3 model plat modifikasi diameter 10 mm



Gambar 4.4 model plat modifikasi diameter 12 mm

Berikut ini adalah data visual yang diambil dari tahap percobaan berdasarkan proses simulasi.

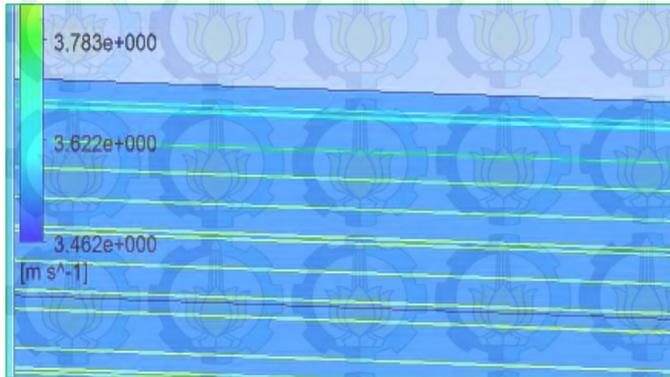


Gambar 4.5 model aliran plat halus

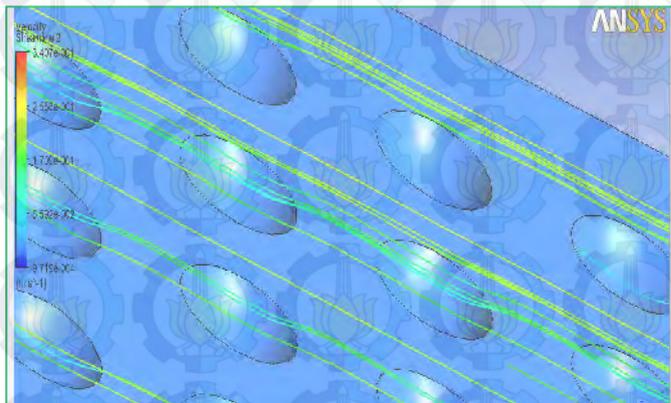


Gambar 4.6 model aliran plat modifikasi

Sedangkan berikut ini adalah data visual yang diambil berdasarkan proses simulasi.

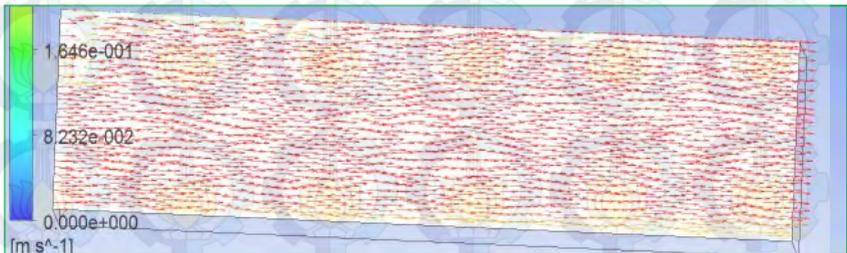


Gambar 4.7 model aliran di plat biasa

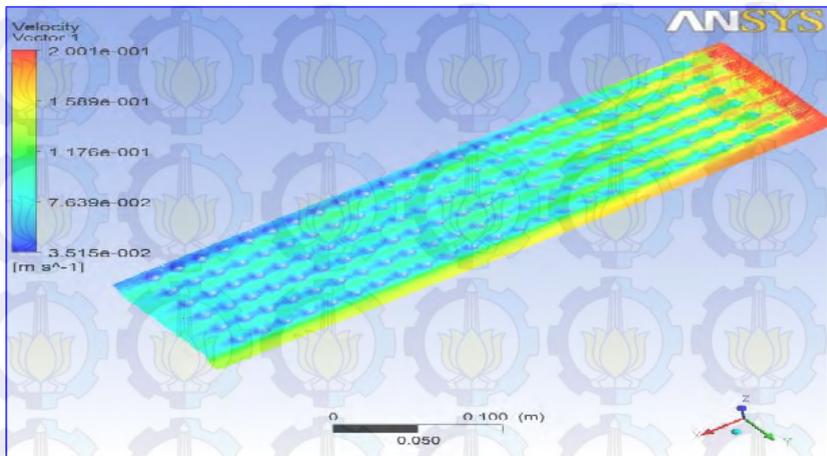


Gambar 4.8 model aliran di plat cekungan

Berikut ini adalah data visual Velocity vector yang diambil dari tahap post berdasarkan proses simulasi.

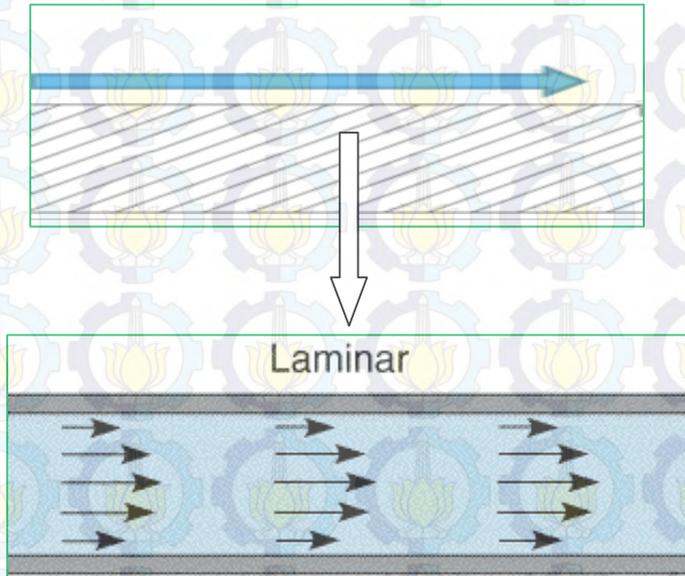


Gambar 4.9 Velocity vector plat datar



Gambar 4.10 Velocity vector plat dengan cekungan

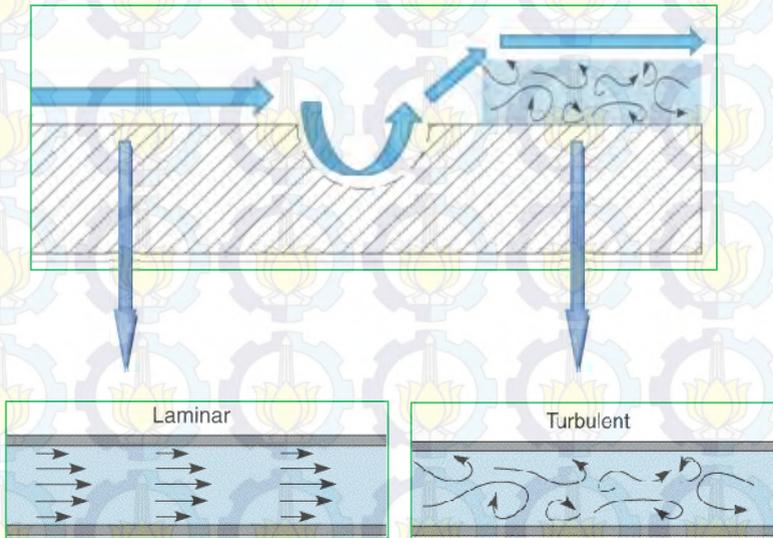
Dari gambar-gambar yang telah ditampilkan diketahui bahwa fenomena yang terjadi adalah aliran air di lapisan plat tersebut (boundary layer) sangatlah halus. Aliran jenis ini disebut laminar. Seperti digambarkan dibawah ini.



Gambar 4.11 Model Aliran laminar Yang Terjadi dipelat datar

Untuk sebuah plat dengan permukaan halus, boundary layer terpisah dari permukaan plat terlalu dini, sehingga menciptakan turbulen yang lebar di belakang plat. Turbulen ini menimbulkan gaya gesek yang besar pada plat.

Ketika cekungan-cekungan kecil ditambahkan ke permukaan plat, maka akan menciptakan turbulensi di dalam (boundary layer) itu sendiri. Turbulen dalam (boundary layer) ini memiliki lebih banyak energi daripada laminar boundary layer (lihat gambar di atas), sehingga aliran air akan terpisah lebih lambat dibandingkan dengan bola yang mulus. Seperti digambarkan dibawah ini.



Gambar 4.12 Model Aliran laminar dan turbulen di pelat cekung

Jika aliran air ini terpisah lebih lambat, maka lebar turbulen udara di belakang plat akan lebih sempit, dengan kata lain akan mengurangi gaya gesek terhadap plat,

### 4.3 Analisa Data Hasil Simulasi

Pada tahap analisa ini, data yang diperoleh dari proses simulasi diambil untuk menentukan proses variasi dari percobaan yang dilakukan.

#### 4.3.1 Variasi

Pada model plat yang akan dimodifikasi dilakukan beberapa variasi modifikasi untuk mendapatkan fenomena yang terjadi dalam model aliran antara plat datar dengan plat cekung

Pada model baik plat datar konvensional maupun plat datar modifikasi mempunyai 1 ukuran luasan yaitu lebar 0,11 m dan panjang 0,30 m.

### 4.4 Pembahasan

Data - data yang ditabulasikan dalam bentuk table pada subbab sebelumnya, kemudian di jabarkan untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing model variasi yang telah dibuat.

1. Model 1: Model plat biasa
2. Model 2: Model dengan rasio bujursangkar 0,8
3. Model 3: Model dengan rasio bujursangkar 1,0
4. Model 4: Model dengan rasio bujursangkar 1,2

#### 4.4.1 Nilai tabel perhitungan dari variasi plat datar modifikasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Perhitungan

No	Model Plat	Kecepatan
1	Tanpa Cekungan	0.80
		1.00
		1.20

2	Dengan Cekungan (D = 0,8)	0.80
		1.00
		1.20
3	Dengan Cekungan (D = 1,0)	0.80
		1.00
		1.20
4	Dengan Cekungan (D = 1,2)	0.80
		1.00
		1.20

#### 4.4.2. Data yang Diperoleh dari Hasil Simulasi Variasi Plat Modifikasi

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Variasi Plat Modifikasi

Model datar	
Velocity	Gaya gesek
0,8	0.0125
1	0.0191
1,2	0,0225

Model cekungan 0,8	
Velocity	Gaya gesek
0,8	0,00997
1	0,0149
1,2	0,0196

Model cekungan 1,0	
Velocity	Gaya gesek
0,8	0,0102
1,0	0,0160
1,2	0,0203

Model cekungan 1,2	
Velocity	Gaya gesek
0,8	0,0103
1,0	0,0161
1,2	0,0204

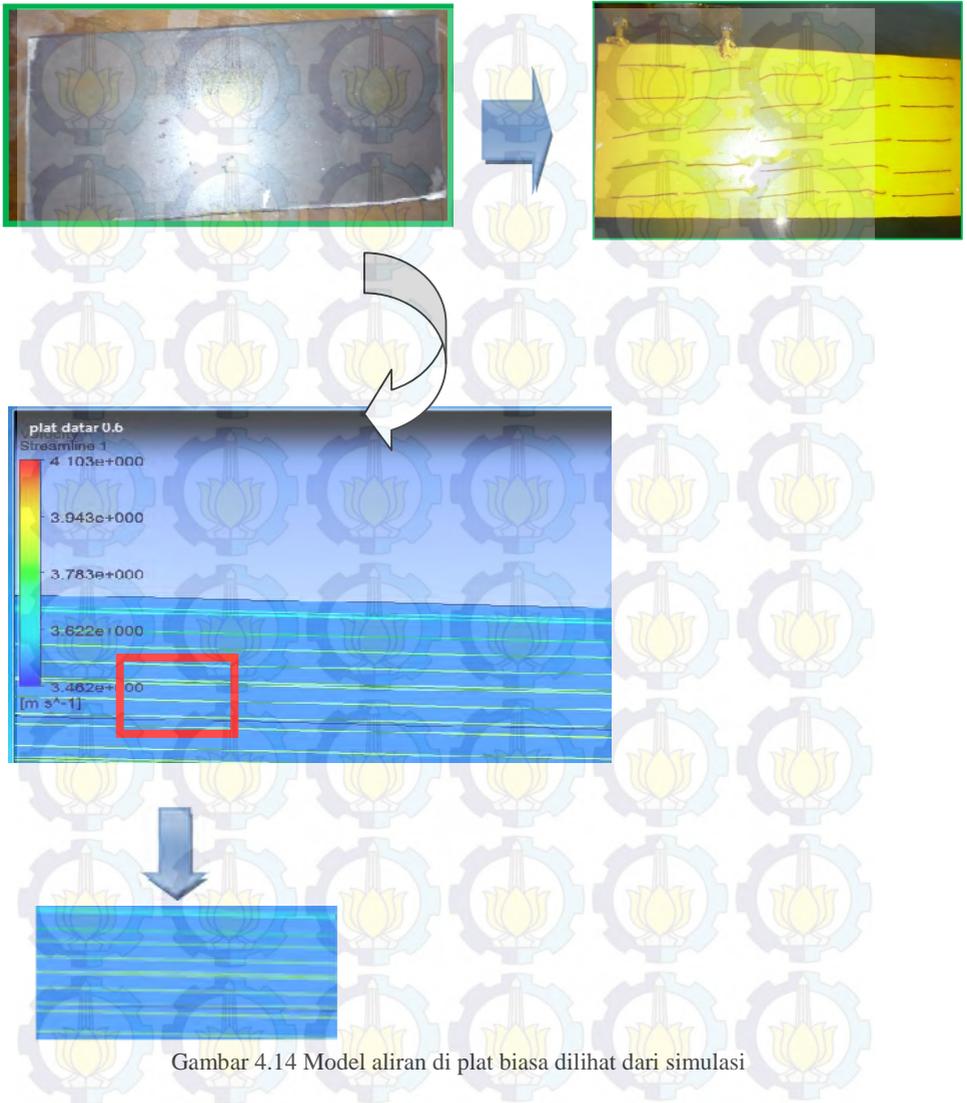
#### 4.4.3. Hasil Grafik yang Diperoleh dari Hasil Simulasi Variasi Plat Modifikasi



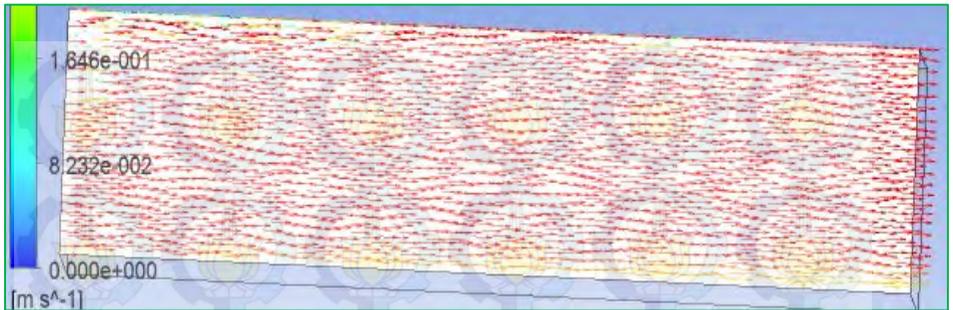
Gambar 4.13 Grafik hasil analisa kecepatan dengan gaya gesek

Dari Grafik diatas dijelaskan bahwa model cekungan 0,8 memiliki angka gaya gesek terkecil dibandingkan dengan model cekungan 1,0; model cekungan 1,2. dan penurunannya adalah sebesar 17,6% dari gaya gesek pada plat datar.

## 1. Model 1: Model Plat biasa



Gambar 4.14 Model aliran di plat biasa dilihat dari simulasi

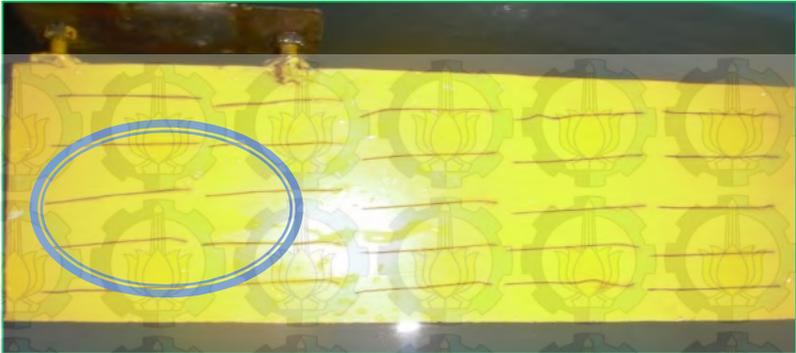


Gambar 4.15 Velocity vector plat datar

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector di plat datar tanpa cekungan kecepatan aliran yang melaju dengan kecepatan tertentu malaju dan kemudian bergesekan dengan plat dan model aliran yang terjadi teratur yaitu aliran laminar seperti ditunjukkan gambar diatas.

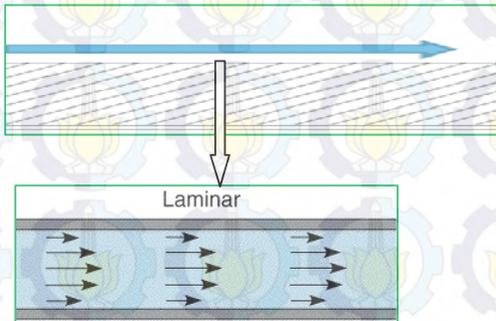
Fenomena yang terjadi saat eksperimen adalah Aliran air di lapisan plat biasa (boundary layer) sangatlah halus. Aliran jenis ini disebut laminar .Dalam Plat biasa ini boundary layer terpisah dari permukaan plat terlalu dini, sehingga menciptakan turbulen yang lebar di belakang plat. Turbulen ini menimbulkan gaya gesek yang besar pada plat. Dari percobaan dengan variasi kecepatan , menghasilkan fenomena yang sama aliran yang terjadi dilapisan plat biasa masih laminar. Dari percobaan dengan variasi kecepatan (0,8;1,0;1,2)m/s menghasilkan fenomena yang sama aliran yang terjadi dilapisan plat biasa masih laminar.

Karena pelat datar memiliki permukaan yang halus dan rata maka aliran yang terjadi adalah laminar.



Gambar 4.16 Model aliran dipelat asli

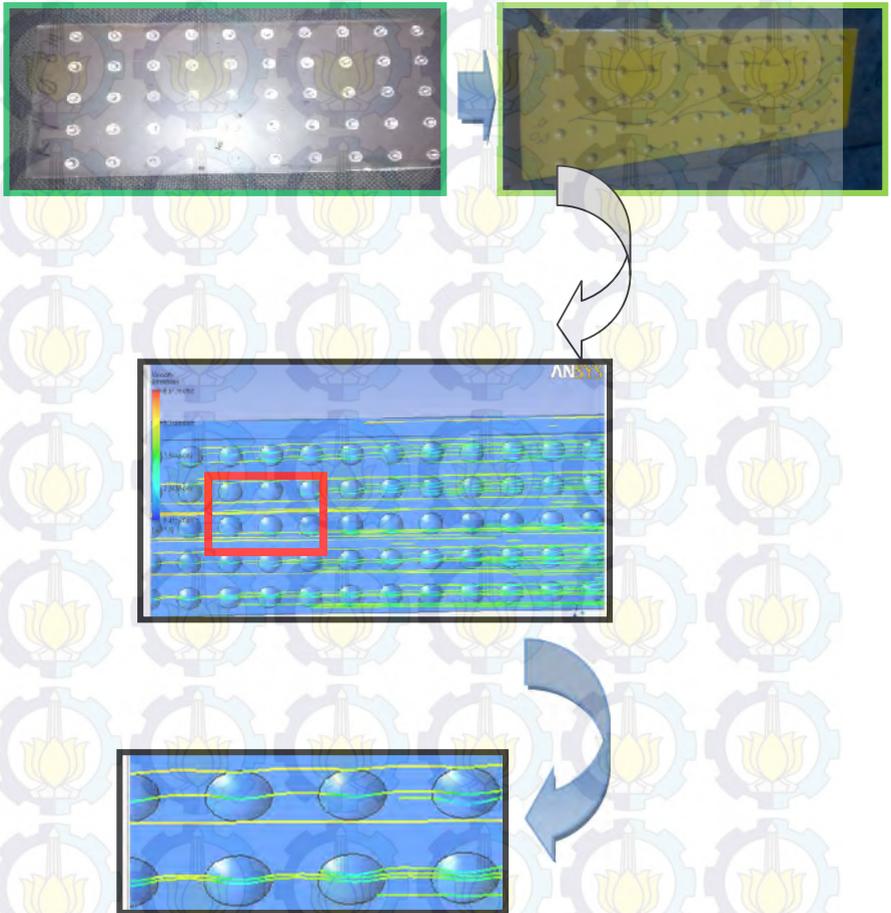
Gambar diatas menerangkan tentang aliran yang terjadi pada saat diuji coba. Aliran laminar yang terjadi dipelat disebabkan oleh permukaan plat yang rata aliran melaju dengan kecepatan tertentu dan kemudian bergesekan dengan pelat dibuktikan benang – benang yang dipasang diplat kebanyakan tidak berkelok – kelok karena disini terjadi model aliran laminar. Seperti dijelaskan gambar dibawah ini .



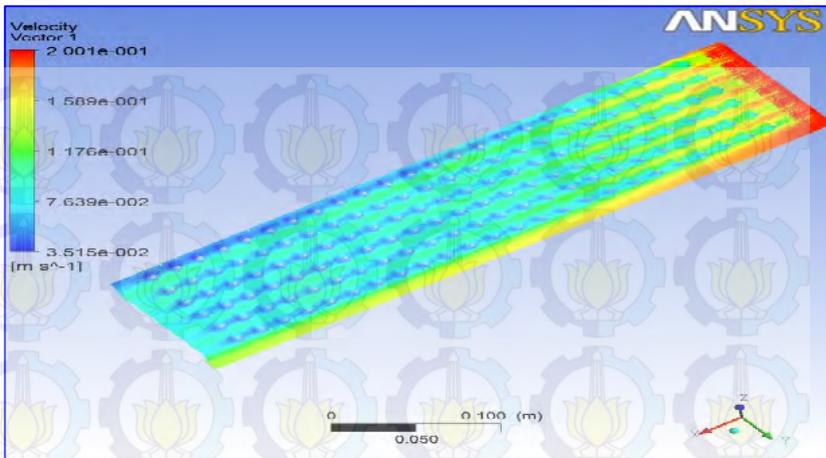
Gambar 4.17 Model Aliran laminar di pelat model 1

Gambar diatas ini menggambarkan secara skematik fenomena aliran yang terjadi pada saat di uji. Aliran yang terjadi diplat adalah laminar.

## 2. Model 2: Model dengan rasio bujursangkar 0,8



Gambar 4.18 Model aliran di plat Model dengan rasio bujursangkar 0,8 dilihat dari simulasi

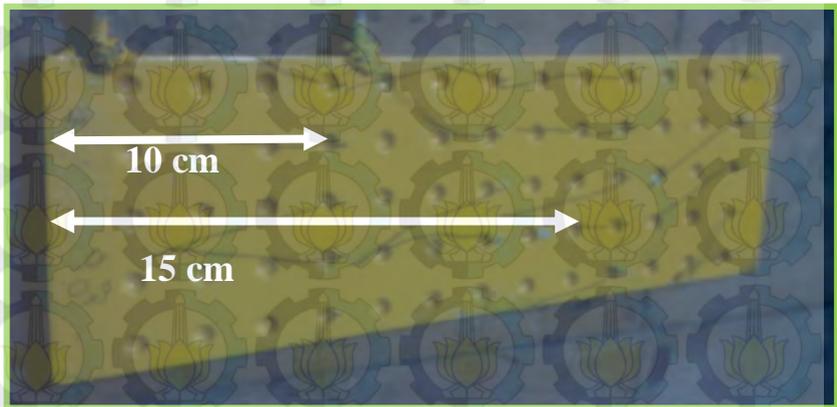


Gambar 4.19 Velocity vector plat dengan rasio bujur sangkar 0,8

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector, jadi kontur warna yang ditunjukkan pada gambar di atas warna merah menunjukkan permukaan plat yang pertama kali bersentuhan langsung dengan fluida, fluida dengan kecepatan tertentu yang kemudian mengenai plat dan seterusnya terkena gaya gesek dengan pelat sehingga kecepatan aliran berkurang sehingga warna menjadi kuning sampai warna biru ditunjukkan digambar diatas.

Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 0,8 adalah terjadi olakan-olakan didalam cekungan. Pada saat aliran masih laminar dan transien efek cekungan merubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi dalam keadaan turbulen. Hal ini dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi. Didalam gambar yang ditampilkan bahwa kita dapat menyimpulkan dalm jarak 15cm dari depan pelat, kelokan-kelokan benang terlihat berkelok-kelok.

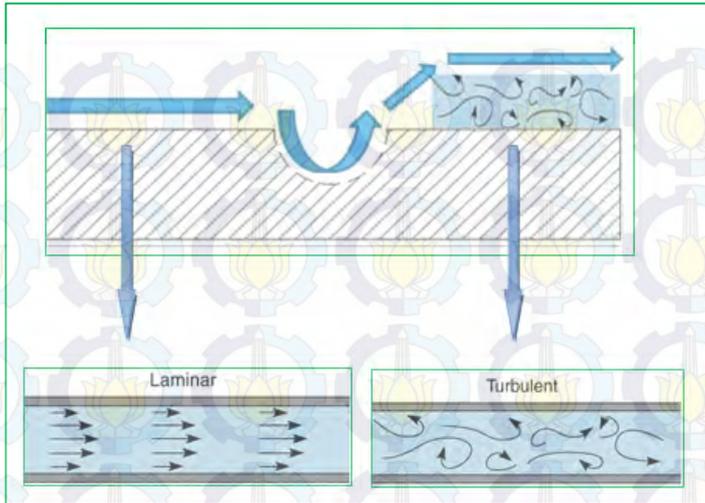
Hal itu disebabkan karena terjadi aliran turbulen dibuktikan dengan benang yang berkelak kelok. Dan dijarak 1cm sampai 10 cm kelokan benang tidak terlihat jelas. Hal ini disebabkan karena laju aliran fluida yang melewati cekungan belum terlalu tinggi. Jadi fenomena yang terjadi diplat rasio bujursangkar 0,8 aliran yang semula melaju dengan aliran laminar karena adanya cekungan-cekungan yang terjadi dipelat, diubah menjadi turbulen bisa dilihat digambar bawah.



Gambar 4.20 Jarak kelokan-kelokan yang terlihat

Digambar diatas dijelaskan seperti penjelasan sebelumnya bahwa kelokan-kelokan terlihat dijarak 15cm dan dijarak 1cm - 10cm kalokan-kelokan yang terjadi dibenang tidak terlalu. Hal ini disebabkan karena laju aliran fluida yang melewati cekungan belum terlalu tinggi .

Cekungan-cekungan Modifikasi dengan pengaplikasian cekungan pada plat datar sangat berpengaruh untuk mengurangi gaya gesek yang terjadi. Hal ini disebabkan efek cekungan pada plat datar dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.

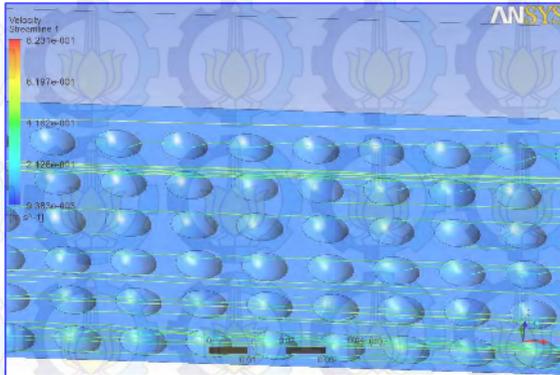


Gambar 4.21 Model aliran laminar dan turbulen yang terjadi dipelat model 2

Gambar diatas ini menggambarkan secara skematik fenomena aliran yang terjadi pada saat di uji. Aliraran yang semula laminer kemudian menuju kecekungan dan akhirnya aliran tersebut menjadi turbulen karena adanya cekungan yang ada diplat.



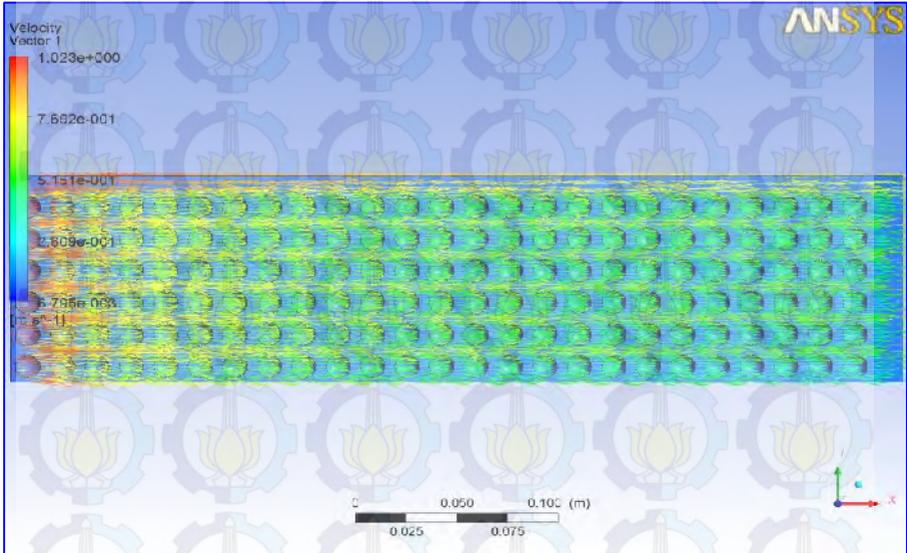
Dalam hasil simulasi dengan kecepatan 0,8 m/s gaya gesek yang terjadi adalah 0,0101 N disini sudah ada penurunan gaya gesek dibandingkan dengan model plat datar dengan kecepatan 0,8 m/s yang memiliki gaya gesek 0.0125 N.



Gambar 4.23 Gambar Strieline aliran fluida dengan rasio bujur sangkar 0,8 kecepatan 0.8 m/s

Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 0,8 dengan kecepatan 0,8 m/s adalah terjadi olakan-olakan didalam cekungan. Pada saat aliran masih laminar dan transien efek cekungan merubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi dalam keadaan turbulen. Hal ini dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.

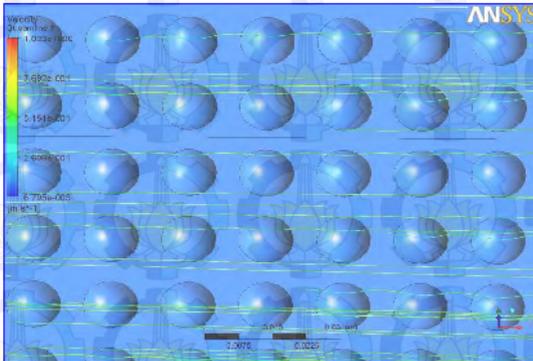
Gambar diatas jelas terlihat model aliran yang naik turun karena efek dari cekungan – cekungan dari plat mengakibatkan aliran menjadi turbulen

**b. Model 2: Model dengan rasio bujur sangkar 0,8 dengan kecepatan 1,0 m/s**

Gambar 4.24 Velocity vector plat dengan rasio bujur sangkar 0.8 dengan kecepatan 1,0 m/s,

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector di rasio bujur sangkar 0,8 dengan kecepatan 1,0 m/s, jadi kontur warna yang ditunjukkan pada gambar di atas warna merah menunjukkan permukaan plat yang pertama kali bersentuhan langsung dengan fluida, fluida dengan kecepatan tertentu yang kemudian mengenai plat dan seterusnya terkena gaya gesek dengan pelat sehingga kecepatan aliran berkurang sehingga warna menjadi kuning sampai warna biru ditunjukkan digambar diatas.

Dalam hasil simulasi dengan kecepatan 1,0 m/s gaya gesek yang terjadi adalah 0,0152 N disini sudah ada penurunan gaya gesek dibandingkan dengan model plat datar dengan kecepatan 1 m/s yang memiliki gaya gesek 0.0191 N.

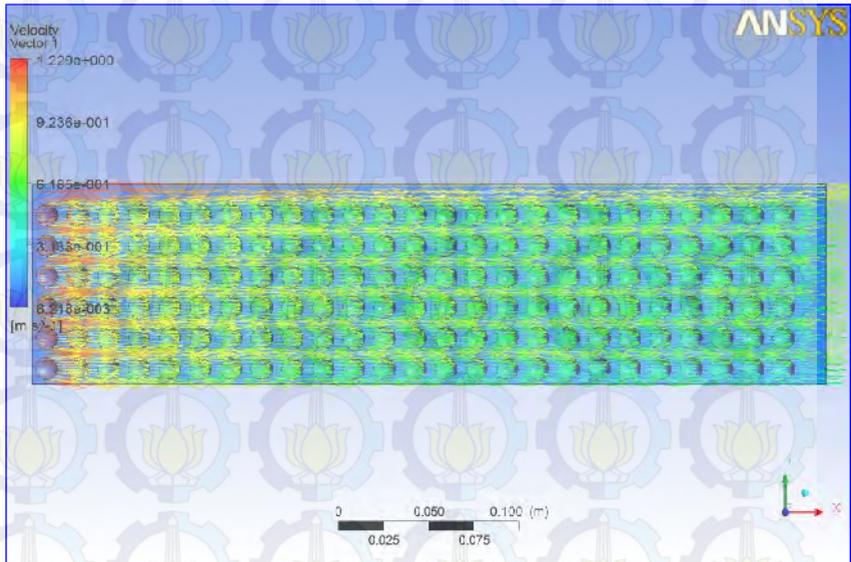


Gambar 4.25 Gambar Strieline aliran fluida dengan rasio bujur sangkar 0,8 kecepatan 1,0 m/s

Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 0,8 dengan kecepatan 1,0 m/s adalah terjadi olakan-olakan didalam cekungan. Pada saat aliran masih laminar dan transien efek cekungan merubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi dalam keadaan turbulen. Hal ini dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.

Gambar diatas jelas terlihat model aliran yang naik turun karena efek dari cekungan – cekungan dari plat mengakibatkan aliran menjadi turbulen

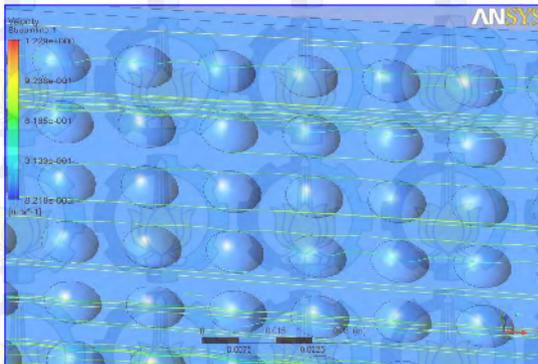
### c. Model 2: Model dengan rasio bujur sangkar 0,8 dengan kecepatan 1,2 m/s



Gambar 4.26 Velocity vector plat dengan rasio bujur sangkar 0.8 dengan kecepatan 1,2 m/s,

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector di rasio bujur sangkar 0,8 dengan kecepatan 1,2 m/s, jadi kontur warna yang ditunjukkan pada gambar di atas warna merah menunjukkan permukaan plat yang pertama kali bersentuhan langsung dengan fluida, fluida dengan kecepatan tertentu yang kemudian mengenai plat dan seterusnya terkena gaya gesek dengan pelat sehingga kecepatan aliran berkurang sehingga warna menjadi kuning sampai warna biru ditunjukkan digambar diatas.

Dalam hasil simulasi dengan kecepatan 1,2 m/s gaya gesek yang terjadi adalah 0,0196 N disini sudah ada penurunan gaya gesek dibandingkan dengan model plat datar dengan kecepatan 1 m/s yang memiliki gaya gesk 0.0225 N.

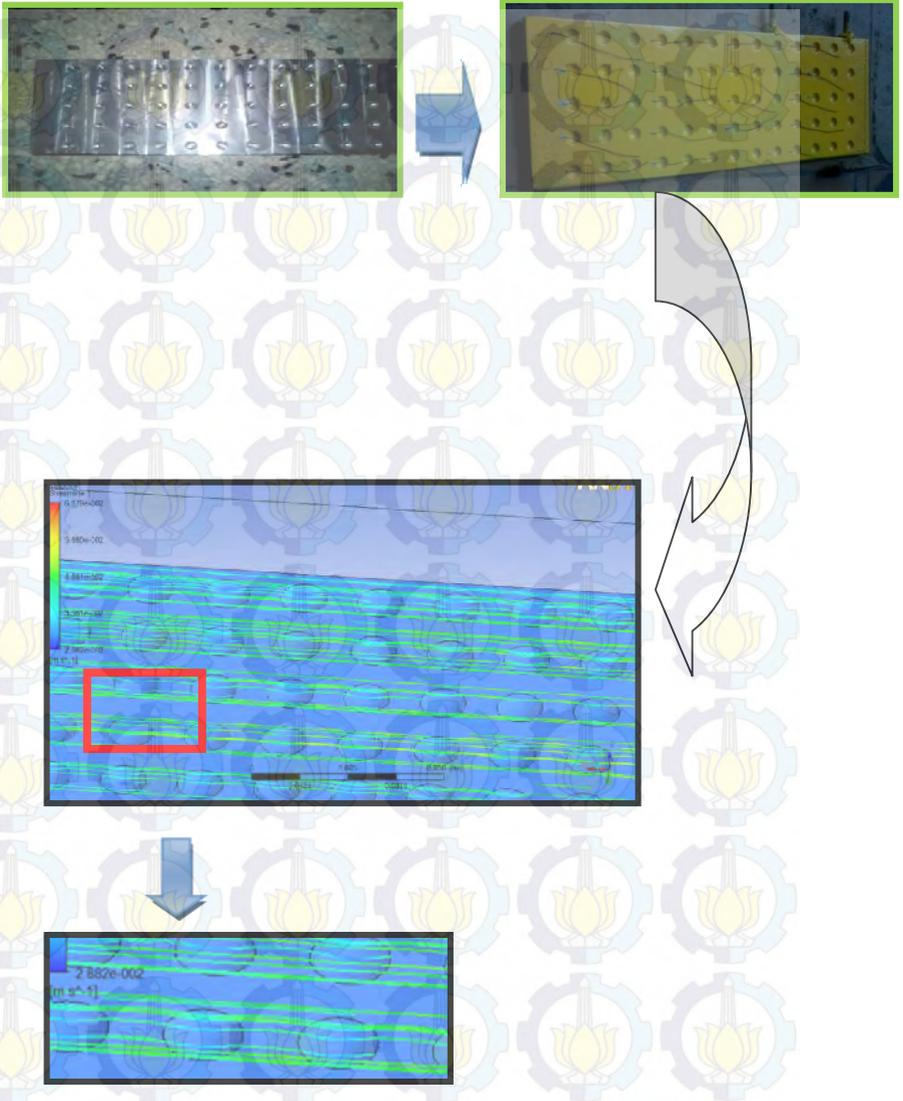


Gambar 4.27 Gambar Striemline aliran fluida dengan rasio bujur sangkar 0,8 kecepatan 1,2 m/s

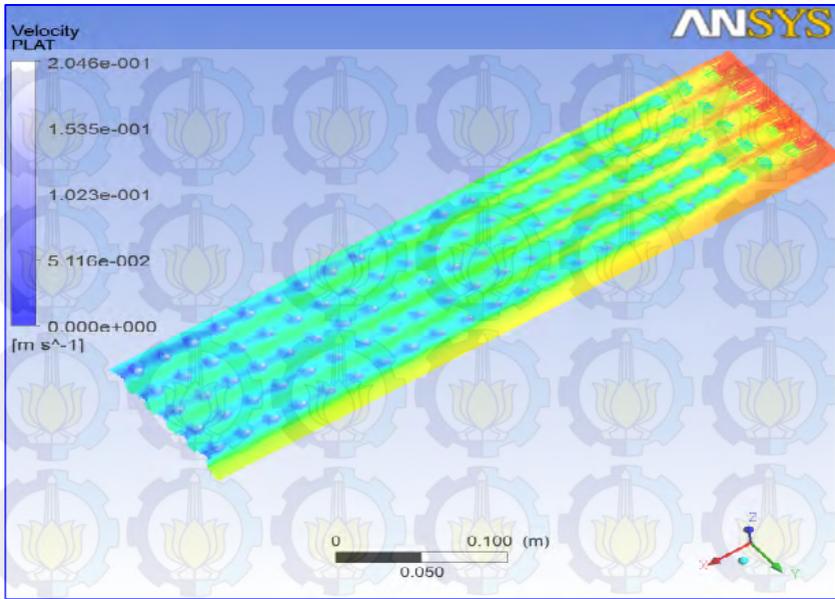
Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 0,8 dengan kecepatan 1,2 m/s adalah terjadi olakan-olakan didalam cekungan. Pada saat aliran masih laminar dan transien efek cekungan merubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi dalam keadaan turbulen. Hal ini dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.

Gambar diatas jelas terlihat model aliran yang naik turun karena efek dari cekungan – cekungan dari plat mengakibatkan aliran menjadi turbulen

### 3. Model 3: Model dengan rasio bujursangkar 1,0



Gambar 4.28 Model aliran di plat Model dengan rasio bujursangkar 1,0 dilihat dari simulasi



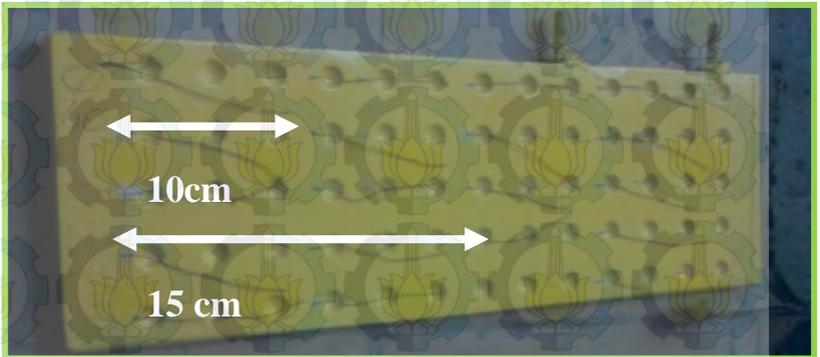
Gambar 4.29 Velocity vector plat dengan rasio bujur sangkar 1,0

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector, jadi kontur warna yang ditunjukkan pada gambar di atas warna merah menunjukkan permukaan plat yang pertama kali bersentuhan langsung dengan fluida, fluida dengan kecepatan tertentu yang kemudian mengenai plat dan seterusnya terkena gaya gesek dengan pelat sehingga kecepatan aliran berkurang sehingga warna menjadi kuning sampai warna biru ditunjukkan digambar diatas.

Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 1,0 adalah sama dengan model bujur sangkar 0,8. terjadi olakan-olakan didalam cekungan.

Pada saat aliran masih laminar dan transien efek cekungan merubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi dalam keadaan turbulen.

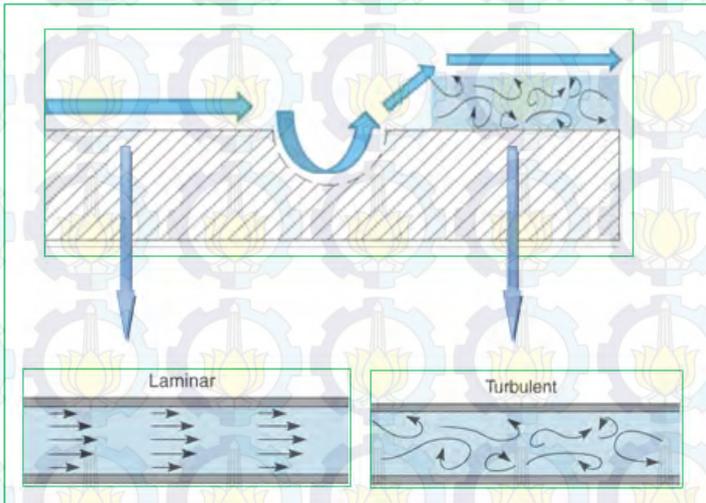
Tapi dibandinka dengan model bujur sangkar 0,8 , model bujur sangkar 0,8 lebih bagus karena fenomena yang terjadi ulakan-ulakan didalam cekungan lebih terlihat dibandingkan Model dengan rasio bujursangkar 1,0. Yang pada akhirnya menyebabkan gaya gesek dapat berkurang ini didasari dari penelitian sebelumnya.



Gambar 4.30 Jarak kelokan-kelokan yang terlihat

Digambar diatas dijelaskan seperti penjelasan sebelumnya bahwa kelokan-kelokan terlihat dijarak 15cm dan dijarak 1cm - 10cm kalokan-kelokan yang terjadi dibenang tidak terlalu. Hal ini disebabkan karena laju aliran fluida yang melewati cekungan belum terlalu tinggi .

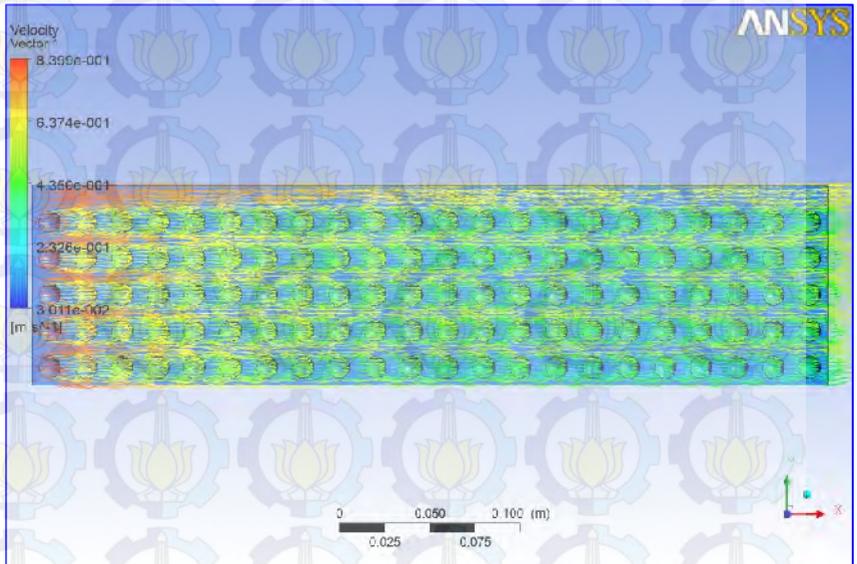
Cekungan-cekungan Modifikasi dengan pengaplikasian cekungan pada plat datar sangat berpengaruh untuk mengurangi gaya gesek yang terjadi. Hal ini disebabkan efek cekungan pada plat datar dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.



Gambar 4.31 Model aliran laminar dan turbulen yang terjadi dipelat model 3

Gambar diatas ini menggambarkan secara skematik fenomena aliran yang terjadi pada saat di uji. Aliraran yang semula laminer kemudian menuju kecekungan dan akhirnya aliran tersebut menjadi turbulen karena adanya cekungan yang ada diplat.

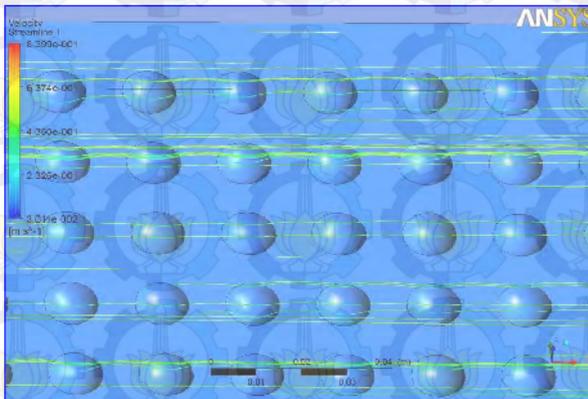
### a. Model 3: Model dengan rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 0,8 m/s



Gambar 4.32 Velocity vector plat dengan rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 0,8 m/s,

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector di rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 0,8 m/s, jadi kontur warna yang ditunjukkan pada gambar di atas warna merah menunjukkan permukaan plat yang pertama kali bersentuhan langsung dengan fluida, fluida dengan kecepatan tertentu yang kemudian mengenai plat dan seterusnya terkena gaya gesek dengan pelat sehingga kecepatan aliran berkurang sehingga warna menjadi kuning sampai warna biru ditunjukkan digambar diatas.

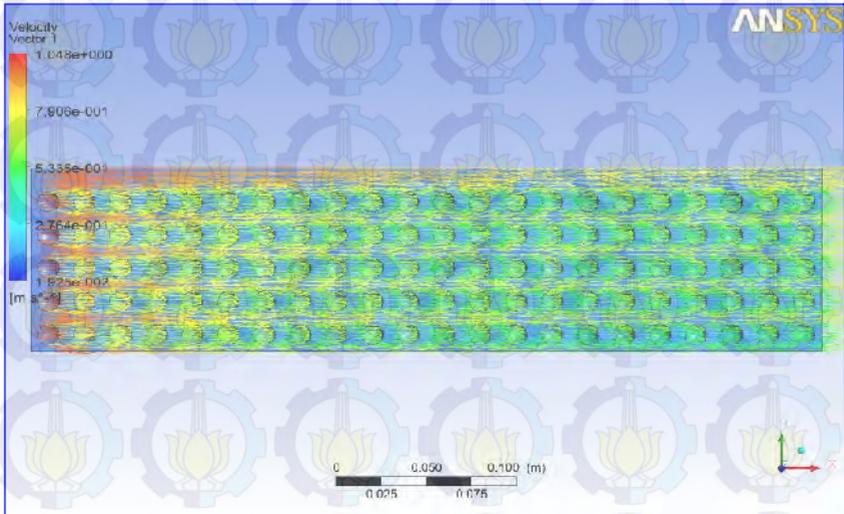
Dalam hasil simulasi dengan kecepatan 0,8 m/s gaya gesek yang terjadi adalah 0,0107 N disini sudah ada penurunan gaya gesek dibandingkan dengan model plat datar dengan kecepatan 1 m/s yang memiliki gaya gesek 0.0125 N.



Gambar 4.33 Gambar Strieline aliran fluida dengan rasio bujur sangkar 1,0 kecepatan 0,8 m/s

Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 0,8 m/s adalah terjadi olakan-olakan didalam cekungan. Pada saat aliran masih laminar dan transien efek cekungan merubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi dalam keadaan turbulen. Hal ini dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.

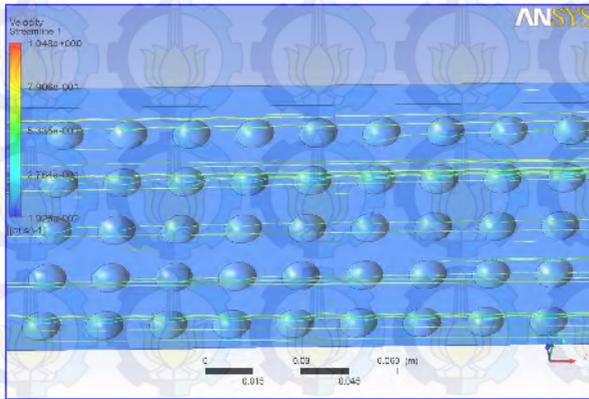
Gambar diatas jelas terlihat model aliran yang naik turun karena efek dari cekungan – cekungan dari plat mengakibatkan aliran menjadi turbulen

**b. Model 3: Model dengan rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 1,0 m/s**

Gambar 4.34 Velocity vector plat dengan rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 1,0 m/s,

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector di rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 1,0 m/s, jadi kontur warna yang ditunjukkan pada gambar di atas warna merah menunjukkan permukaan plat yang pertama kali bersentuhan langsung dengan fluida, fluida dengan kecepatan tertentu yang kemudian mengenai plat dan seterusnya terkena gaya gesek dengan pelat sehingga kecepatan aliran berkurang sehingga warna menjadi kuning sampai warna biru ditunjukkan digambar diatas.

Dalam hasil simulasi dengan kecepatan 1,0 m/s gaya gesek yang terjadi adalah 0,0163 N disini sudah ada penurunan gaya gesek dibandingkan dengan model plat datar dengan kecepatan 1 m/s yang memiliki gaya gesk 0.0191 N.

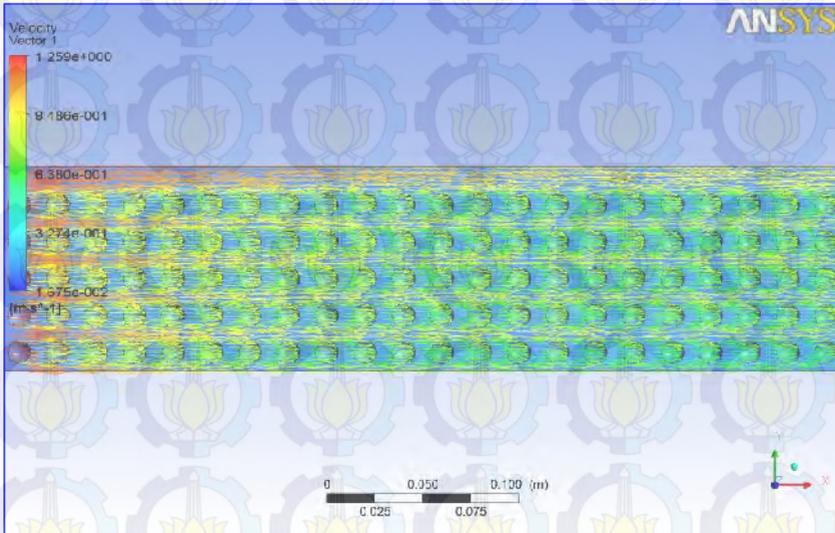


Gambar 4.35 Gambar Strieline aliran fluida dengan rasio bujur sangkar 1,0 kecepatan 1,0 m/s

Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 1,0 m/s adalah terjadi olakan-olakan didalam cekungan. Pada saat aliran masih laminar dan transien efek cekungan merubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi dalam keadaan turbulen. Hal ini dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.

Gambar diatas jelas terlihat model aliran yang naik turun karena efek dari cekungan – cekungan dari plat mengakibatkan aliran menjadi turbulen

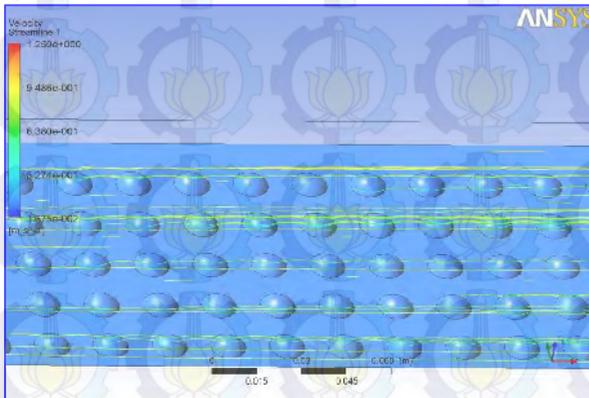
### c. Model 3: Model dengan rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 1,2 m/s



Gambar 4.36 Velocity vector plat dengan rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 1,2 m/s,

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector di rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 1,2 m/s, jadi kontur warna yang ditunjukkan pada gambar di atas warna merah menunjukkan permukaan plat yang pertama kali bersentuhan langsung dengan fluida, fluida dengan kecepatan tertentu yang kemudian mengenai plat dan seterusnya terkena gaya gesek dengan pelat sehingga kecepatan aliran berkurang sehingga warna menjadi kuning sampai warna biru ditunjukkan digambar diatas.

Dalam hasil simulasi dengan kecepatan 1,2 m/s gaya gesek yang terjadi adalah 0,0203 N disini sudah ada penurunan gaya gesek dibandingkan dengan model plat datar dengan kecepatan 1 m/s yang memiliki gaya gesk 0.0225 N.

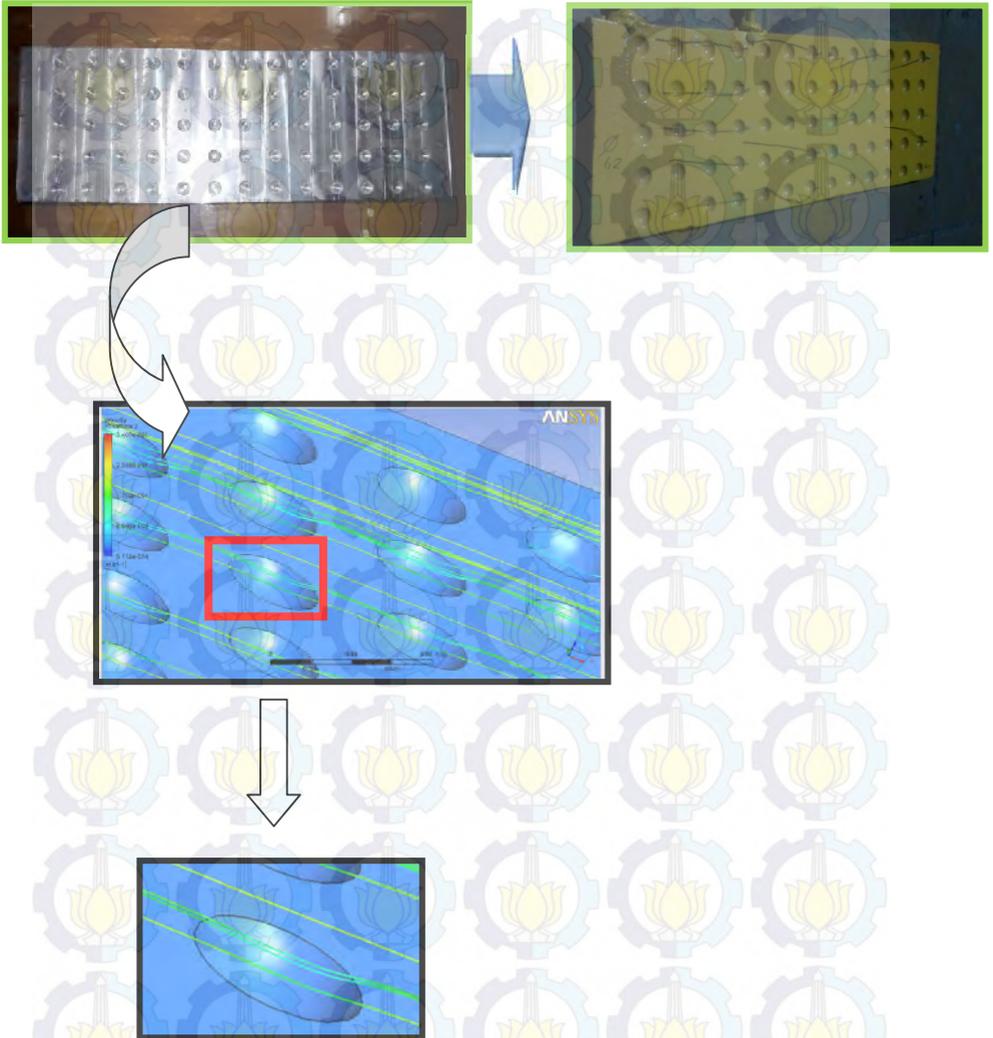


Gambar 4.37 Gambar Striemline aliran fluida dengan rasio bujur sangkar 1,0 kecepatan 1,2 m/s

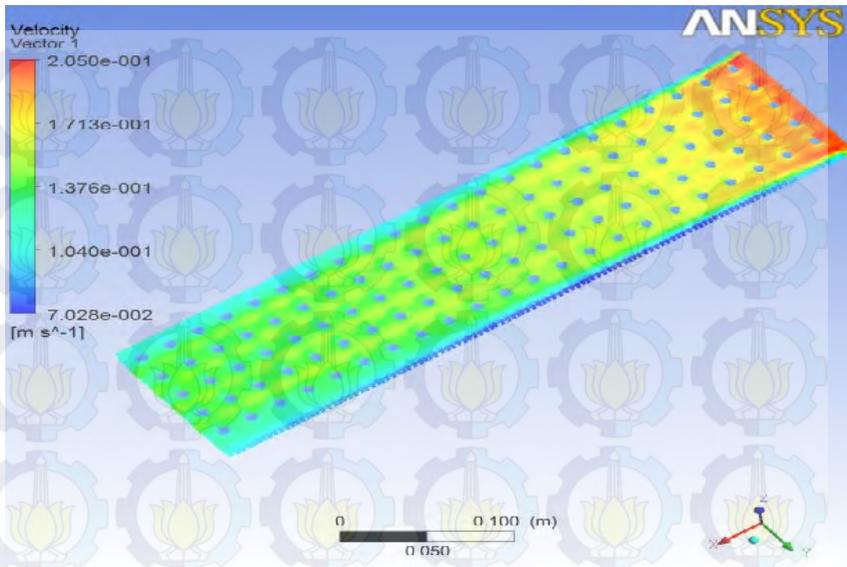
Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 1,0 dengan kecepatan 1,2 m/s adalah terjadi olakan-olakan didalam cekungan. Pada saat aliran masih laminar dan transien efek cekungan merubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi dalam keadaan turbulen. Hal ini dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.

Gambar diatas jelas terlihat model aliran yang naik turun karena efek dari cekungan – cekungan dari plat mengakibatkan aliran menjadi turbulen

#### 4. Model 4: Model dengan rasio bujursangkar 1,2



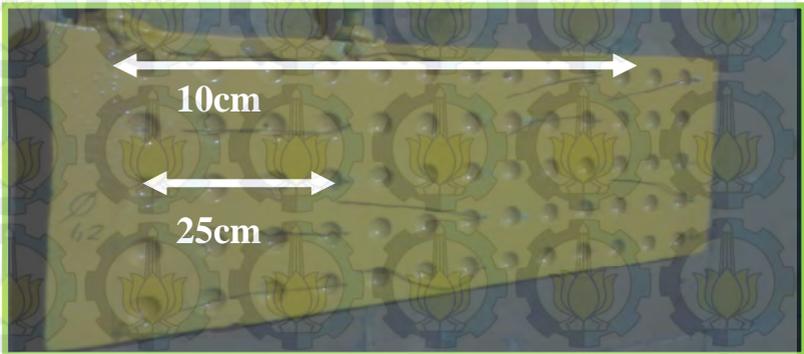
Gambar 4.38 Model aliran di plat Model dengan rasio bujursangkar 1,2 dilihat dari simulasi



Gambar 4.39 Velocity vector plat dengan rasio bujur sangkar 1,2

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector, jadi kontur warna yang ditunjukkan pada gambar di atas warna merah menunjukkan permukaan plat yang pertama kali bersentuhan langsung dengan fluida, fluida dengan kecepatan tertentu yang kemudian mengenai plat dan seterusnya terkena gaya gesek dengan pelat sehingga kecepatan aliran berkurang sehingga warna menjadi kuning sampai warna biru ditunjukkan digambar diatas.

Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 1,2 adalah mengubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi turbulen karena diameter cekungan besar yang hampir sama dengan permukaan plat datar, sehingga efek cekungan hanya menambah luasan plat dan justru mengubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi turbulen. Hal ini dapat terjadi karena kecepatan atau laju aliran fluida yang melewati cekungan yang belum terlalu tinggi.

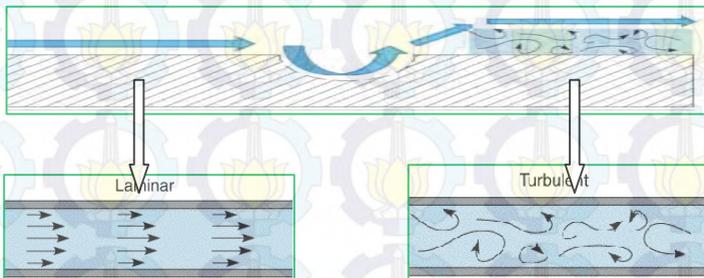


Gambar 4.40 Jarak kelokan-kelokan yang terlihat

Digambar diatas dijelaskan seperti penjelasan sebelumnya bahwa kelokan-kelokan dipelat dengan rasio bujursangkar 1,2 tak terlihat dan terlihat sedikit di jarak 25cm pada jarak 1cm - 10cm kalokan-kelokan yang terjadi dibenang tidak terlalu terlihat .

Gambar diatas jelas terlihat model aliran yang naik turun karena efek dari cekungan – cekungan dari plat mengakibatkan aliran menjadi turbulen

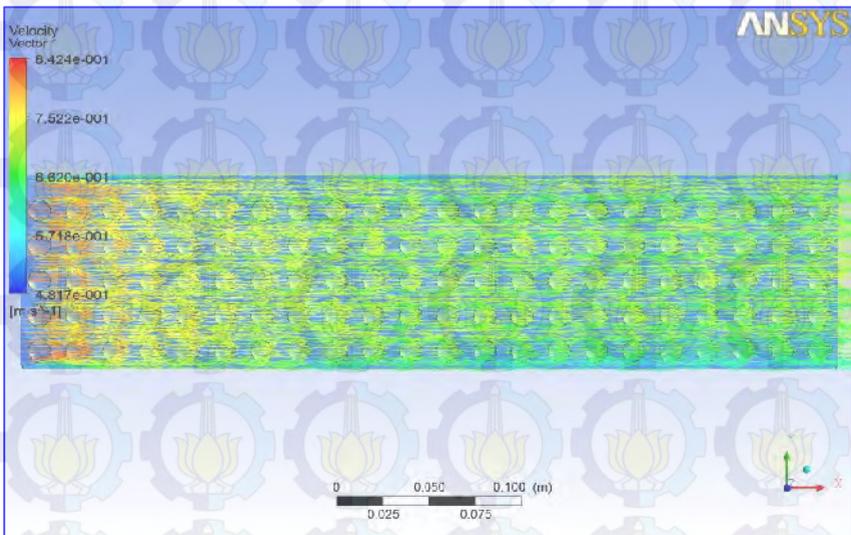
karena diameter cekungan besar yang hampir sama dengan permukaan plat datar, sehingga efek cekungan hanya menambah luasan plat meskipun begitu Cekungan-cekungan Modifikasi dengan pengaplikasian cekungan pada plat datar sangat berpengaruh untuk mengurangi gaya gesek yang terjadi. Hal ini disebabkan efek cekungan pada plat datar dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.



Gambar 4.41 Model aliran laminar dan turbulen yang terjadi dipelat model 4

Gambar diatas ini menggambarkan secara skematik fenomena aliran yang terjadi pada saat di uji. Aliraran yang semula laminar kemudian menuju kecekungan dan akhirnya aliran tersebut menjadi turbulen karena adanya cekungan yang ada dipelat. Jadi semakin dalam cekungan akan semakin terlihat efek dari cekungan-cekungan dipelat dengan disesuaikan ukuran suatu pelat.

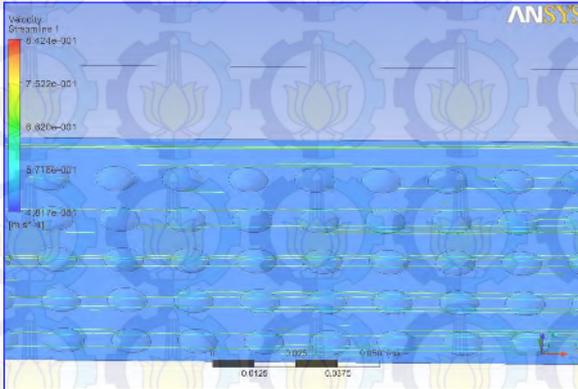
### a. Model 4: Model dengan rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 0,8 m/s



Gambar 4.42 Velocity vector plat dengan rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 0,8 m/s,

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector di rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 0,8 m/s, jadi kontur warna yang ditunjukkan pada gambar di atas warna merah menunjukkan permukaan plat yang pertama kali bersentuhan langsung dengan fluida, fluida dengan kecepatan tertentu yang kemudian mengenai plat dan seterusnya terkena gaya gesek dengan pelat sehingga kecepatan aliran berkurang sehingga warna menjadi kuning sampai warna biru ditunjukkan digambar diatas.

Dalam hasil simulasi dengan kecepatan 0.8 m/s gaya gesek yang terjadi adalah 0,0108 N disini sudah ada penurunan gaya gesek dibandingkan dengan model plat datar dengan kecepatan 1 m/s yang memiliki gaya gesk 0.0125 N.

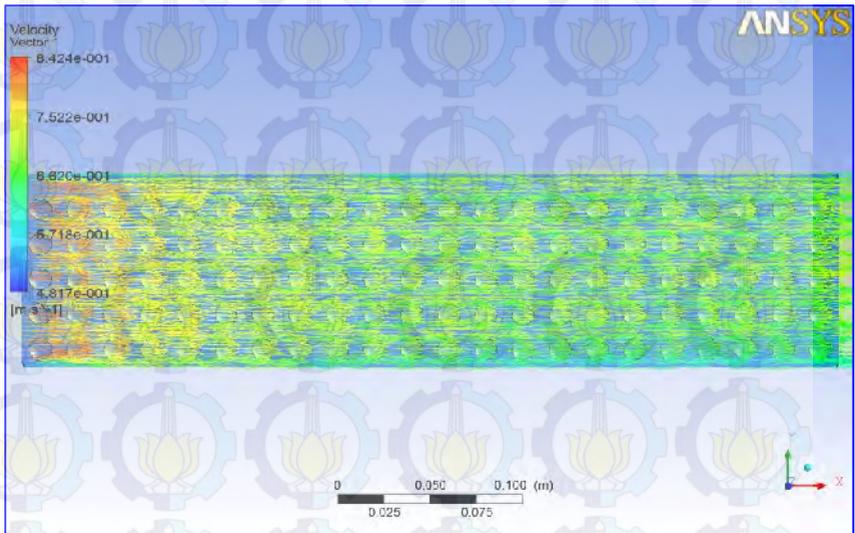


Gambar 4.43 Gambar Strieline aliran fluida dengan rasio bujur sangkar 1,2 kecepatan 0,8 m/s

Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 0,8 m/s adalah terjadi olakan-olakan didalam cekungan. Pada saat aliran masih laminar dan transien efek cekungan merubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi dalam keadaan turbulen. Hal ini dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.

Gambar diatas jelas terlihat model aliran yang naik turun karena efek dari cekungan – cekungan dari plat mengakibatkan aliran menjadi turbulen

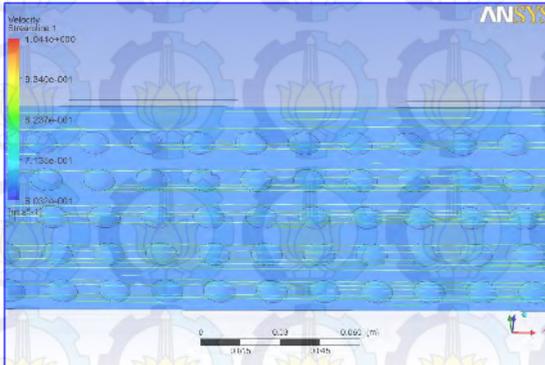
### b. Model 4: Model dengan rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 1,0 m/s



Gambar 4.44 Velocity vector plat dengan rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 1,0 m/s,

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector di rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 1,0 m/s, jadi kontur warna yang ditunjukkan pada gambar di atas warna merah menunjukkan permukaan plat yang pertama kali bersentuhan langsung dengan fluida, fluida dengan kecepatan tertentu yang kemudian mengenai plat dan seterusnya terkena gaya gesek dengan pelat sehingga kecepatan aliran berkurang sehingga warna menjadi kuning sampai warna biru ditunjukkan digambar diatas.

Dalam hasil simulasi dengan kecepatan 1,0 m/s gaya gesek yang terjadi adalah 0,0164 N disini sudah ada penurunan gaya gesek dibandingkan dengan model plat datar dengan kecepatan 1 m/s yang memiliki gaya gesek 0.0191 N.

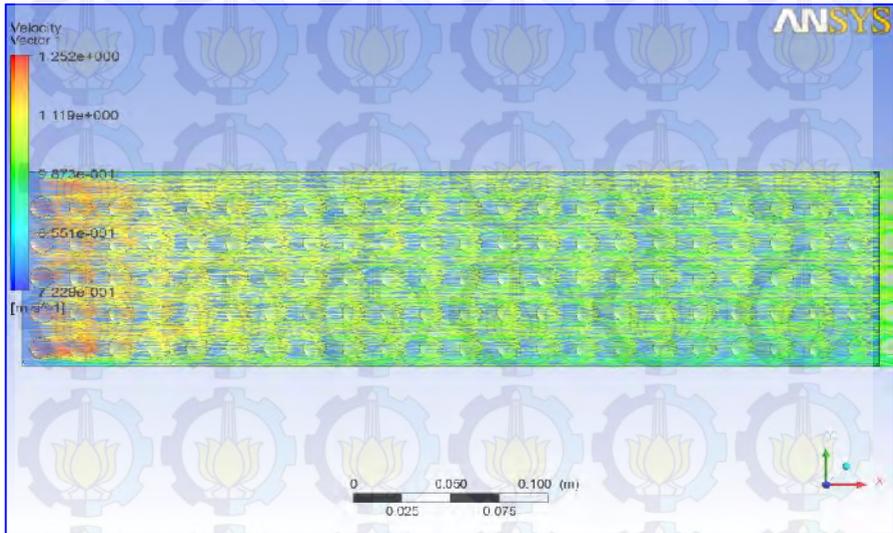


Gambar 4.45 Gambar Striemline aliran fluida dengan rasio bujur sangkar 1,2 kecepatan 1,0 m/s

Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 0,8 m/s adalah terjadi olakan-olakan didalam cekungan. Pada saat aliran masih laminar dan transien efek cekungan merubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi dalam keadaan turbulen. Hal ini dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.

Gambar diatas jelas terlihat model aliran yang naik turun karena efek dari cekungan – cekungan dari plat mengakibatkan aliran menjadi turbulen

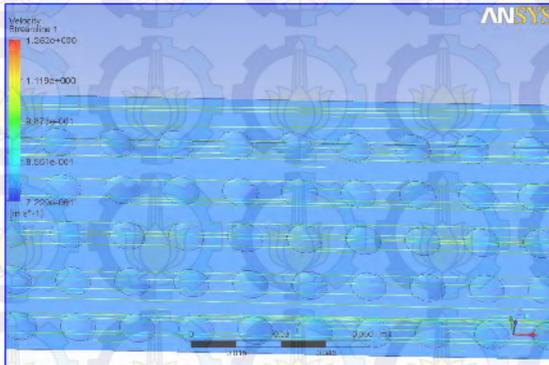
### c. Model 4: Model dengan rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 1,2 m/s



Gambar 4.46 Velocity vector plat dengan rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 1,0 m/s,

Gambar di atas menjelaskan tentang velocity vector di rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 1,0 m/s, jadi kontur warna yang ditunjukkan pada gambar di atas warna merah menunjukkan permukaan plat yang pertama kali bersentuhan langsung dengan fluida, fluida dengan kecepatan tertentu yang kemudian mengenai plat dan seterusnya terkena gaya gesek dengan pelat sehingga kecepatan aliran berkurang sehingga warna menjadi kuning sampai warna biru ditunjukkan digambar diatas.

Dalam hasil simulasi dengan kecepatan 1,2 m/s gaya gesek yang terjadi adalah 0,0204 N disini sudah ada penurunan gaya gesek dibandingkan dengan model plat datar dengan kecepatan 1 m/s yang memiliki gaya gesek 0.0225 N.



Gambar 4.47 Gambar Strieline aliran fluida dengan rasio bujur sangkar 1,2 kecepatan 1,2 m/s

Fenomena yang terjadi saat eksperimen dengan rasio bujur sangkar 1,2 dengan kecepatan 0,8 m/s adalah terjadi olakan-olakan didalam cekungan. Pada saat aliran masih laminar dan transien efek cekungan merubah aliran yang sebelumnya laminar menjadi dalam keadaan turbulen. Hal ini dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.

Gambar diatas jelas terlihat model aliran yang naik turun karena efek dari cekungan – cekungan dari plat mengakibatkan aliran menjadi turbulen

## BAB V

### KESIMPULAN

Setelah melakukan semua Eksperimen model yang direncanakan, dan berdasarkan hasil analisa serta pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Modifikasi dengan pengaplikasian cekungan pada plat datar sangat berpengaruh untuk mengurangi gaya gesek yang terjadi. Hal ini disebabkan efek cekungan pada plat datar dapat memperlambat efek turbulensi yang terjadi.
2. Dijarak 15 cm ulakan-ulakan atau kelokan-kelokan dimodel rasio bujur sangkar 0,8 lebih terlihat dibandingkan model rasio bujur sangkar 1,0 dan model rasio bujur sangkar 1,2
3. Dari beberapa variasi rasio bujur sangkar (0,8;1,0;dan 1,2) dan rasio kecekungan 0,3. Model Rasio bujur sangkar 0,8 lebih bagus karena fenomena yang terjadi lebih nampak ulakan-ulakan atau kelokan-kelokan dari benang yang disebabkan adanya cekungan lebih terlihat.
4. Gaya gesek terkecil hasil simulasi adalah dimodel rasio bujur sangkar 0,8 yaitu mengalami penurunan gaya gesek sebesar 17,6% dari gaya gesek pada plat datar.

