

ANALISA PENGARUH CEKUNGAN YANG DITERAPKAN PADA PLAT DATAR TERHADAP ALIRAN FLUIDA UNTUK Mendukung Teknologi Maritim Pendekatan CFD

Irfan Syarif Arief ST.MT., Edi Jatmiko ST.MT., Puji Kurniawan N
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
puji.sukses@gmail.com

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 penelitian ini akan dilakukan percobaan pada plat datar konvensional yang akan dilakukan sedikit modifikasi dengan cara membentuk cekungan-cekungan pada plat tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk dapat mengurangi gaya gesek yang terjadi antara akibat adanya kecepatan aliran fluida yang bergesekan langsung dengan sisi plat tersebut. Sedangkan pada umumnya plat konvensional biasanya mulus tanpa adanya lekukan/cekungan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Ansys CFD. Penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh cekungan/lekukan yang diterapkan pada plat terhadap gaya gesek yang terjadi.

KEYWORDS: cekungan ; plat datar; Ansys CFD.

1. Pendahuluan

Analisa yang dilakukan adalah dengan menggunakan pendekatan perhitungan serta dibantu dengan pendekatan software ANSYS CFD. Software dapat memberikan gambaran mengenai analisa perubahan aliran yang terjadi dengan kondisi serta variasi yang telah ditentukan, sehingga dari gambaran tersebut dapat dianalisa mengenai besarnya gaya gesek yang terjadi pada setiap kondisi variasi model.

1.1. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada bab latar belakang maka permasalahan-permasalahan yang akan dijadikan bahasan adalah bagaimana pengujian plat datar untuk dapat menghasilkan koefisien gesek yang terkecil dengan menggunakan metode analisis *Computational Fluid Dynamic* (CFD).

1.2. Tujuan Penulisan

Di dalam penulisan skripsi ini, penulis mempunyai tujuan untuk mengetahui pengaruh cekungan yang diterapkan plat datar.

1.3. Manfaat Penulisan Skripsi

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk referensi penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan permasalahan yang sama.

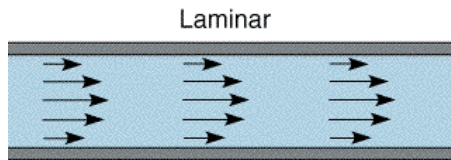
TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Aliran Fluida

Aliran dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

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. 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.



Gambar 2.1 Gambar yang menunjukkan jenis aliran laminier

2.1.2 Turbulen

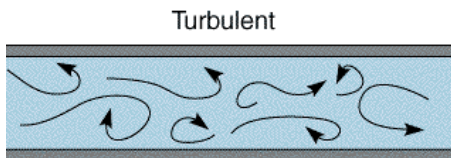
Kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminar melainkan kompleks, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Sehingga didapatkan Ciri dari aliran turbulen: tidak adanya keteraturan dalam lintasan fluidanya, aliran banyak bercampur, kecepatan fluida tinggi, panjang skala aliran besar dan viskositasnya rendah. Karakteristik aliran turbulen ditunjukkan oleh terbentuknya pusaran-pusaran dalam aliran, yang menghasilkan percampuran terus menerus antara partikel partikel cairan di seluruh penampang aliran. Untuk membedakan aliran apakah turbulen atau laminier, terdapat suatu angka tidak bersatuan yang disebut Angka Reynold (Reynolds Number). Angka ini dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Re = \frac{(4vR)}{\vartheta}$$

Dimana:

- Re :Angka Reynold(tanpa satuan)
- V :Kecepatan rata-rata(ft/s atau m/s)
- R :Jari-jari(ft atau m)
- ϑ :Viskositas kinematis,tersedia dalam table sifat-sifat cairan(ft²/s atau m²/s)

Menurut hasil percobaan oleh Reynold, apabila angka Reynold kurang daripada 2000, aliran biasanya merupakan aliran laminier.Apabila angka Reynold lebih besar daripada 4000, aliran biasanya adalah turbulen.Sedang antara 2000 dan 4000 aliran dapat laminier atau turbulen tergantung pada faktor-faktor lain yang mempengaruhi.



Gambar 2.2 Gambar yang menunjukkan jenis aliran turbulen

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 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

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

$$t = m \frac{du}{dy}$$

dimana:

m = viskositas dinamik

u = kecepatan

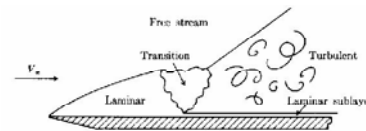


FIGURE 8 Laminar-turbulent transition at a boundary layer.

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

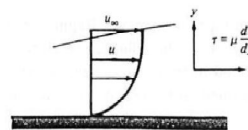


Fig. 5-2 Laminar velocity profile on a flat plate.

Gambar 2.4 Profil kecepatan laminar pada pelat rata.

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.

2.3 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, CD pada persamaan dibawah ini :

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

C_D = Koefisien hambatan
 F_D = Gaya hambatan
 ρ = Massa jenis udara
 U = Kecepatan benda
 π = 3,14
 D = Diameter

Ada dua drag yang terjadi pada bola golf, yaitu skin friction drag (gaya hambat akibat gesekan dengan udara dengan bola) dan pressure drag (gaya hambat akibat 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 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:

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

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 :

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

C_L = Koefisien Lift
 F_L = Gaya Lift
 ρ = Masa jenis udara
 π = 3,14
 d = Diameter

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 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 dan solver. Penggambaran model ini dilakukan tahap demi tahap dimulai dari penentuan koordinat meshing hingga running.

Variasi Model

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

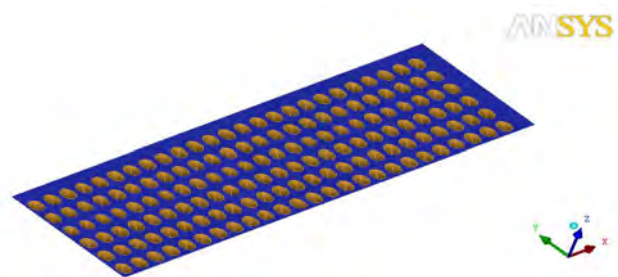
Adapun data-data utama yang dibutuhkan untuk proses penggambaran model dan simulasi pada percobaan ini direncanakan sebagai berikut:

- Lebar plat : 0,11 m
- Panjang plat : 0,44 m
- Variasi rasio cekungan : 0,1;0,2;0,3;0,4;0,5
- Variasi rasio bujursangkar: 0,4;0,6;0,8
- *Froude number* : 0,0038;0,00570,1;0,2;0,3;0,4;0,5

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

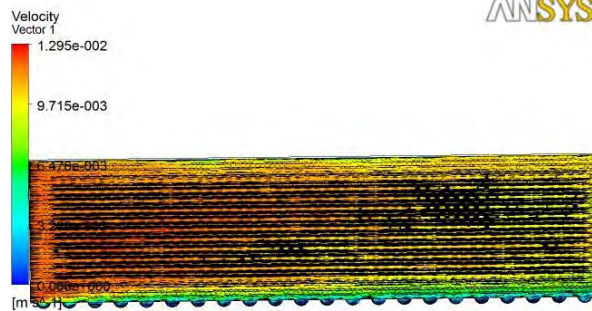


Gambar 4.1 model plat konvensional

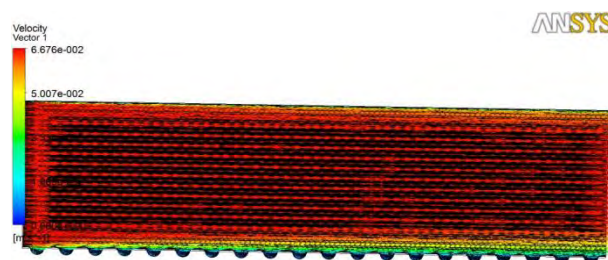


Gambar 4.2 model plat modifikasi

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



Gambar 4.5 Velocity vector aliran transien pada model 2 dengan rasio kecekungan 0,4



Gambar 4.6 Velocity vector aliran turbulen pada model 3 dengan rasio kecekungan 0,5

Analisa Data Hasil Simulasi

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

Pada model plat yang akan dimodifikasi dilakukan beberapa variasi modifikasi untuk mendapatkan gaya gesek terkecil daripada plat datar konvensional. Variasi yang dilakukan berupa perubahan kedalaman cekungan dan jarak antar cekungan pada plat.

Pada model baik plat datar konvensional maupun plat datar modifikasi mempunyai 1 ukuran luasan yaitu lebar 0,11 m dan panjang 0,44 m.

Nilai perbandingan dari variasi plat datar modifikasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Modifikasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Rasio bujursangkar (Rb)	Rasio kecekungan (Rc)	Froude number						
					0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 1a	0,44	0,11	0,4	0,1	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 1b	0,44	0,11	0,4	0,2	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 1c	0,44	0,11	0,4	0,3	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 1d	0,44	0,11	0,4	0,4	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 1e	0,44	0,11	0,4	0,5	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 2a	0,44	0,11	0,6	0,1	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 2b	0,44	0,11	0,6	0,2	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 2c	0,44	0,11	0,6	0,3	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 2d	0,44	0,11	0,6	0,4	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 2e	0,44	0,11	0,6	0,5	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 3a	0,44	0,11	0,8	0,1	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 3b	0,44	0,11	0,8	0,2	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 3c	0,44	0,11	0,8	0,3	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 3d	0,44	0,11	0,8	0,4	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
model 3e	0,44	0,11	0,8	0,5	0,0038	0,0057	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Tabel 4.1 Nilai perbandingan variasi Data-data yang diperoleh dari hasil simulasi plat modifikasi adalah sebagai berikut:

Model 1a			
froude number	Reynold Number	Velocity	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,0022
0,0057	3000	0,0118	0,00004
0,1	52407	0,207	0,0012
0,2	104814	0,415	0,0042
0,3	157221	0,622	0,0086
0,4	209629	0,830	0,0146
0,5	262036	1,038	0,022

Tabel 4.2 Harga gaya gesek pada model 1a

Model 1b			
froude number	Reynold Number	Velocity	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,00108
0,0057	3000	0,0118	0,00108
0,1	52407	0,207	0,00108
0,2	104814	0,415	0,00335
0,3	157221	0,622	0,00657
0,4	209629	0,830	0,0107
0,5	262036	1,038	0,0157

Tabel 4.3 Harga gaya gesek pada model 1b

Model 1c			
froude number	Reynold Number	Velocity	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,00004
0,0057	3000	0,0118	0,000067
0,1	52407	0,207	0,00088
0,2	104814	0,415	0,0029
0,3	157221	0,622	0,006
0,4	209629	0,830	0,0101
0,5	262036	1,038	0,0152

Tabel 4.4 Harga gaya gesek pada model 1c

Model 1d			
froude number	Reynold Number	Velocity	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,000037
0,0057	3000	0,0118	0,000056
0,1	52407	0,207	0,00088
0,2	104814	0,415	0,003
0,3	157221	0,622	0,0062
0,4	209629	0,830	0,0104
0,5	262036	1,038	0,0156

Tabel 4.5 Harga gaya gesek pada model 1d

Model 2c			
froude number	Reynold Number	Velocity	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,000044
0,0057	3000	0,0118	0,00007
0,1	52407	0,207	0,00092
0,2	104814	0,415	0,003
0,3	157221	0,622	0,0063
0,4	209629	0,830	0,0107
0,5	262036	1,038	0,0163

Tabel 4.9 Harga gaya gesek pada model 2c

Model 1e			
froude number	Reynold Number	Velocity	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,000036
0,0057	3000	0,0118	0,000056
0,1	52407	0,207	0,00098
0,2	104814	0,415	0,0033
0,3	157221	0,622	0,0068
0,4	209629	0,830	0,0114
0,5	262036	1,038	0,0170

Tabel 4.6 Harga gaya gesek pada model 1e

Model 2d			
froude number	Reynold Number	Velocity	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,000039
0,0057	3000	0,0118	0,00006
0,1	52407	0,207	0,0009
0,2	104814	0,415	0,0031
0,3	157221	0,622	0,0065
0,4	209629	0,830	0,011
0,5	262036	1,038	0,0166

Tabel 4.10 Harga gaya gesek pada model 2d

Model 2a			
froude number	Reynold Number	Velocity	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,00006
0,0057	3000	0,0118	0,000093
0,1	52407	0,207	0,00126
0,2	104814	0,415	0,00426
0,3	157221	0,622	0,00892
0,4	209629	0,830	0,0154
0,5	262036	1,038	0,0238

Tabel 4.7 Harga gaya gesek pada model 2a

Model 2e			
froude number	Reynold Number	Velocity	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,000033
0,0057	3000	0,0118	0,00005
0,1	52407	0,207	0,00099
0,2	104814	0,415	0,0033
0,3	157221	0,622	0,00697
0,4	209629	0,830	0,0117
0,5	262036	1,038	0,0177

Tabel 4.10 Harga gaya gesek pada model 2e

Model 2b			
froude number	Reynold Number	Velocity	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,000051
0,0057	3000	0,0118	0,000083
0,1	52407	0,207	0,00115
0,2	104814	0,415	0,0037
0,3	157221	0,622	0,0075
0,4	209629	0,830	0,0127
0,5	262036	1,038	0,0192

Tabel 4.8 Harga gaya gesek pada model 2b

Model 3a			
froude number	Reynold Number	Velocity	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,00006
0,0057	3000	0,0118	0,000093
0,1	52407	0,207	0,00127
0,2	104814	0,415	0,0044
0,3	157221	0,622	0,0094
0,4	209629	0,830	0,0165
0,5	262036	1,038	0,026

Tabel 4.11 Harga gaya gesek pada model 3a

Model 3b			
froude number	Reynold Number	Velocit y	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,00005
0,0057	3000	0,0118	0,00008
0,1	52407	0,207	0,0011
0,2	104814	0,415	0,0037
0,3	157221	0,622	0,0076
0,4	209629	0,830	0,013
0,5	262036	1,038	0,0195

Tabel 4.12 Harga gaya gesek pada model 3b

Model 3c			
froude number	Reynold Number	Velocit y	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,00004
0,0057	3000	0,0118	0,00007
0,1	52407	0,207	0,00094
0,2	104814	0,415	0,003
0,3	157221	0,622	0,0064
0,4	209629	0,830	0,0108
0,5	262036	1,038	0,0164

Tabel 4.13 Harga gaya gesek pada model 3c

Model 3d			
froude number	Reynold Number	Velocit y	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,000039
0,0057	3000	0,0118	0,00006
0,1	52407	0,207	0,0009
0,2	104814	0,415	0,0031
0,3	157221	0,622	0,0065
0,4	209629	0,830	0,0111
0,5	262036	1,038	0,017

Tabel 4.14 Harga gaya gesek pada model 3d

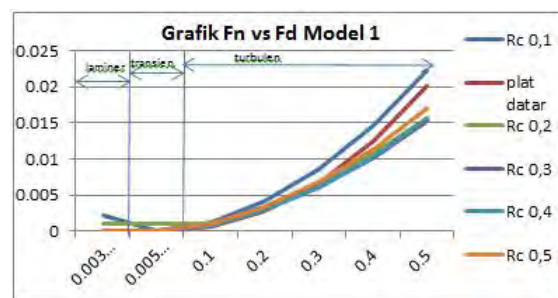
Model 3e			
froude number	Reynold Number	Velocit y	Gaya gesek
0,0038	2000	0,0079	0,000041
0,0057	3000	0,0118	0,000065
0,1	52407	0,207	0,001
0,2	104814	0,415	0,0034
0,3	157221	0,622	0,007
0,4	209629	0,830	0,012
0,5	262036	1,038	0,018

Tabel 4.15 Harga gaya gesek pada model 3e

Data- data yang ditabulasikan dalam bentuk table pada subbab sebelumnya, kemudian akan diplotkan kedalam bentuk grafik untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing model variasi yang telah dibuat. Pada dasarnya seluruh jumlah variasi model berjumlah 75 variasi. Untuk mempermudah analisa maka 75 model tadi dikelompokkan menjadi 3 model dengan tingkat variasi rasio terhadap bujur sangkar yaitu:

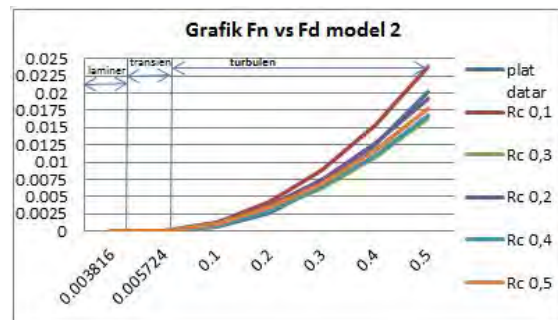
1. Model 1: Model dengan rasio bujursangkar 0,2
2. Model 2: Model dengan rasio bujursangkar 0,4
3. Model 3: Model dengan rasio bujursangkar 0,6

Yang pada masing-masing model tersebut terdapat variasi rasio kecekungan dari 0,1 s.d. 0,5.



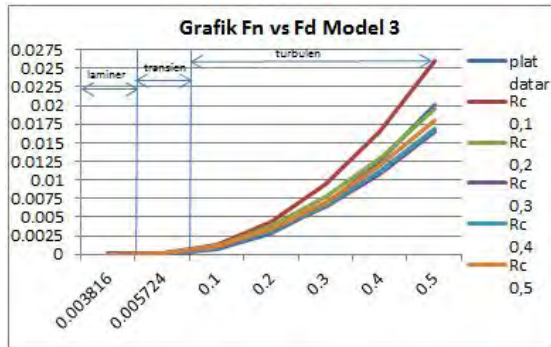
Grafik 4.1 Hubungan froude number dengan gaya gesek pada model 1

Grafik diatas merupakan gambaran keseluruhan hasil analisa gaya gesek pada model 1 yaitu model dengan rasio bujursangkar sebesar 0,2 dan dengan variasi rasio kecekungan yaitu 0,1;0,2;0,3;0,4; dan 0,5.



Grafik 4.7 Hubungan froude number dengan gaya gesek pada model 2.

Grafik diatas merupakan gambaran keseluruhan hasil analisa gaya gesek pada model 2 yaitu model dengan rasio bujursangkar sebesar 0,4 dan dengan variasi rasio kecekungan yaitu 0,1;0,2;0,3;0,4; dan 0,5. Untuk lebih memperjelas hasil analisa yang sudah didapat maka grafik diatas dibagi menjadi 5 bagian, yaitu dari froude number 0,1 sampai dengan froude number 0,5.



Grafik 4.13 Hubungan *froude number* dengan gaya gesek pada model 3

Grafik diatas merupakan gambaran keseluruhan hasil analisa gaya gesek pada model 3 yaitu model dengan rasio bujursangkar sebesar 0,6 dan dengan variasi rasio kecekungan yaitu 0,1;0,2;0,3;0,4;dan 0,5. Untuk lebih memperjelas hasil analisa yang sudah didapat maka grafik diatas dibagi menjadi 5 bagian, yaitu dari *froude number* 0,1 sampai dengan *froude number* 0,5.

KESIMPULAN

Setelah melakukan semua simulasi 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. Dari beberapa variasi rasio bujursangkar (0,4; 0,6; dan 0,8) dan rasio kecekungan (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5) gaya gesek terkecil terdapat pada variasi model 1c (rasio bujursangkar 0,2 dan rasio kecekungan 0,3).
3. Berdasarkan pada analisa, akumulasi penurunan gaya gesek pada berbagai kecepatan, penurunan gaya gesek terbesar terdapat pada model 1c (rasio bujursangkar 0,2 dan rasio kecekungan 0,3) yaitu sebesar $\pm 17,65\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carlton, J. S., (2007) Marine Propellers and Propulsion: Second edition, Elsevier Ltd.,
- [2] D. W. Taylor, E.D., D. Sc., L.L.D., (1999) The Speed And Power Of Ships A Manual Of Marine Propulsion, Stanhope Press.
- [3] Dave Gerr (2001), The Propeller Handbook: The Complete Reference for Choosing, Installing, and Understanding Boat Propellers, McGraw-Hill Professional,

- [4] J. P. Ghose, R. P. Gokarn (2004), Basic Ship Propulsion, Allied Publishers.
- [5] <http://www.bblades.com/info/props101.cfm25/08/2010 10:46AM>
- [6] <http://www.boatdesign.net/forums/open-discussion/maritime-propeller-geometry-24536.html> 11/12/2010 9:54 AM

