

# KAPAL

Journal Help

HOME ABOUT LOG IN REGISTER  
SEARCH CURRENT ARCHIVES  
ANNOUNCEMENTS

[Home](#) > [Vol 12, No 2 \(2015\)](#) > [Munazid](#)

## PENGEMBANGAN FOIL NACA SERI 2412 SEBAGAI SISTEM PENYELAMAN MODEL KAPAL SELAM

ALI MUNAZID, BAGIYO  
SUWASONO

### ABSTRACT

Bentuk *foil* menghasilkan gaya angkat (*lift force*) ketika *foil* dilewati oleh aliran fluida karena adanya pengaruh interaksi antara aliran fluida dengan permukaan *foil* yang mengakibatkan tekanan permukaan atas lebih kecil dari permukaan bawah. Bagaimana mengaplikasikan teori *foil* pada *hydroplane* kapal selam sebagai system penyelaman, dengan membalik *foil* maka *lift force* tersebut menjadi gaya ke bawah, dengan demikian memungkinkan kapal selam dapat menyelam, melayang dan bermanouver di bawah air, seperti halnya gerak pesawat terbang yang terbang dan melayang dengan menggunakan sayap. Dilakukan penelitian dan pengamatan terhadap kemampuan penyelaman (*diving plan*) dari foil NACA seri 2412 pada model kapal selam, dengan mencari nilai *Cl* (*coefisien lift*) di Laboratorium, serta mendesain bentuk badan kapal selam dan analisa gaya-gaya yang bekerja pada model kapal selam, jumlah gaya-gaya yang bekerja keatas lebih rendah dari gaya-gaya ke bawah maka kapal selam mampu menyelam. Penerapan *Hydroplane* sebagai *diving plane* dapat diterapkan, kemampuan penyelaman dipengaruhi oleh sudut flip *Hydroplane* dan kecepatan model, semakin besar kecepatan dan sudut flip maka semakin besar kedalaman penyelaman yang dapat dilakukan.

USER

Username

Password

Remember me

ABOUT THE  
AUTHORS

*Ali Munazid*  
Jurusan Teknik  
Perkapalan,  
Fakultas Teknik  
dan Ilmu Kelautan,  
Universitas Hang  
Tuah  
Indonesia


*Bagiyo Suwasono*  
Jurusan Teknik  
Perkapalan,  
Fakultas Teknik  
dan Ilmu Kelautan,  
Universitas Hang  
Tuah  
Indonesia

ARTICLE  
TOOLS


 [Print this  
article](#)


 [Indexing  
metadata](#)

 [How to cite  
item](#)

 [Finding  
References](#)

 [Review  
policy](#)

 [Email this  
article \(Login required\)](#)

 [Email the  
author \(Login  
required\)](#)

 [Post a  
Comment \(Login  
required\)](#)

# GRAPHICAL ABSTRACT

---

## KEYWORDS

Hydroplane; Diving plan; Model kapal selam; Coefisien Lift

## FULLTEXT

Full Text: [PDF](#)

## REFBACKS

There are currently no rebacks.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](#).

### Published by:

**Department of Naval Architecture**

**Diponegoro University**

Jl. Prof. Soedarto, SH Tembalang, Semarang

Central Java -Indonesia 50275

Phone & Fax : 62-24-76480784

Website : [www.perkapalan.undip.ac.id](http://www.perkapalan.undip.ac.id)

**00021214** [View My Stats](#)

## JOURNAL CONTENT

Search



Search

Browse

[By Issue](#)

[By Author](#)

[By Title](#)

[Other Journals](#)

## NOTIFICATIONS

[View](#)

[Subscribe /](#)

[Unsubscribe](#)

## FONT SIZE

## OPEN JOURNAL SYSTEMS

---

# PENGEMBANGAN FOIL NACA SERI 2412 SEBAGAI SISTEM PENYELAMAN MODEL KAPAL SELAM

Ali Munazid<sup>1)</sup>, Bagiyo Suwasono<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah, Indonesia  
Email: [ali.munazid@hangtuah.ac.id](mailto:ali.munazid@hangtuah.ac.id) , [bagiyo.suwasono@hangtuah.ac.id](mailto:bagiyo.suwasono@hangtuah.ac.id)

## Abstrak

Bentuk *foil* menghasilkan gaya angkat (*lift force*) ketika *foil* dilewati oleh aliran fluida karena adanya pengaruh interaksi antara aliran fluida dengan permukaan *foil* yang mengakibatkan tekanan permukaan atas lebih kecil dari permukaan bawah. Bagaimana mengaplikasikan teori *foil* pada *hydroplane* kapal selam sebagai sistem penyelaman, dengan membalik *foil* maka *lift force* tersebut menjadi gaya ke bawah, dengan demikian memungkinkan kapal selam dapat menyelam, melayang dan bermanuver di bawah air, seperti halnya gerak pesawat terbang yang terbang dan melayang dengan menggunakan sayap. Dilakukan penelitian dan pengamatan terhadap kemampuan penyelaman (*diving plan*) dari foil NACA seri 2412 pada model kapal selam, dengan mencari nilai *Cl* (*coefisien lift*) di Laboratorium, serta mendesain bentuk badan kapal selam dan analisa gaya-gaya yang bekerja pada model kapal selam, jumlah gaya-gaya yang bekerja keatas lebih rendah dari gaya-gaya ke bawah maka kapal selam mampu menyelam. Penerapan *Hydroplane* sebagai *diving plane* dapat diterapkan, kemampuan penyelaman dipengaruhi oleh sudut flip *Hydroplane* dan kecepatan model, semakin besar kecepatan dan sudut flip maka semakin besar kedalaman penyelaman yang dapat dilakukan.

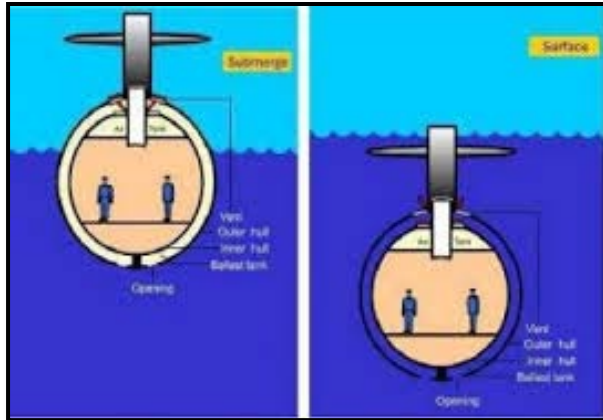
Kata Kunci: *Hydroplane*, *Diving plan*, Model kapal selam, *Coefisien Lif*

## 1. PENDAHULUAN

Sistem penyelaman kapal selam adalah sistem yang berfungsi untuk menyelam dan kembali ke permukaan pada kapal selam. Sistem yang berkembang saat ini adalah : 1) *Sistem ballast* yaitu sistem yang memasukkan dan mengeluarkan air *ballast* sebagai sistem penyelaman, dengan memasukkan air kedalam tanki ballast kapal akan masuk kedalam air, sedangkan untuk kembali ke permukaan dengan mengeluarkan air dari dalam tanki *ballast*. Sistem ini sering digunakan kapal selam baja yang besar. 2) *Sistem propeller* adalah sistem yang menggerakkan propeller untuk mendapatkan gaya dorong, dimana dengan memutar propeller ke arah bawah akan mendapatkan gaya dorong ke atas maka kapal akan bergerak ke atas, begitu juga sebaliknya jika diarahkan ke atas maka propeller akan memberikan gaya dorong ke bawah.

*Aerofoil* adalah bentuk aerodinamik yang bertujuan untuk menghasilkan gaya angkat (*lift force*) yang besar dengan gaya hambat (*drag force*) yang sekecil mungkin. Ketika suatu *aerofoil* dilewati oleh aliran fluida maka karena adanya

pengaruh interaksi antara aliran fluida dengan permukaan akan timbul variasi kecepatan dan tekanan disepanjang permukaan atas dan bawah serta bagian depan dan belakang. Perbedaan tekanan antara permukaan atas dan bawah menimbulkan gaya resultan yang arahnya tegak lurus dengan arah datangnya aliran fluida, gaya ini disebut sebagai gaya angkat (*lift force*). Perbedaan tekanan antara bagian depan dan belakang akan menimbulkan gaya resultan yang arahnya searah dengan arah datangnya aliran fluida, gaya ini disebut sebagai gaya hambat (*drag force*). (Teddy N., 2008)



**Gambar - 1.** Sistem Ballast Kapal Selam



**Gambar - 2.** Sistem Propeller Kapal Selam

Gaya angkat yang dihasilkan oleh aerofoil inilah yang kemudian dimanfaatkan pada berbagai aplikasi teknik. Besar kecilnya gaya angkat yang terjadi akan berubah tergantung geometri aerofoil dan kondisi operasinya. Pada pesawat terbang yang memungkinkan pesawat terbang dapat lepas landas dan tetap melayang di angkasa, selain itu, gaya angkat pada sayap-sayap pembeloknya digunakan untuk bermanouver ketika berada di udara dengan cara mengubah sudut serangnya.

Pada kendaraan darat, dengan bentukbody yang memiliki kontur permukaan atas yang lebih panjang dari pada bagian bawah maka kecepatan udara melewati permukaan atas akan lebih tinggi dari pada kecepatan udara yang melewati permukaan bawah, sehingga tekanan statis di

permukaan atas lebih rendah daripada tekanan statis di permukaan bawah, akibatnya arah gaya resultan aerodinamika yang bekerja pada kendaraan ke atas, semakin tinggi kecepatan kendaraan semakin besar gaya angkat yang dihasilkan. (Teddy N., 2008).

Bentuk permukaan atas dan permukaan bawah *aerofoil*, besarnya sudut serang, serta besar dan arah datangnya aliran akan sangat mempengaruhi variasi tekanan di permukaan atas dan bawah *aerofoil* yang selanjutnya akan mempengaruhi besarnya gaya angkat (*lift force*) dan gaya hambat (*drag force*). *Aerofoil* dipasang pada sudut serang tertentu dengan tujuan mengubah besar gaya angkat yang dihasilkan dan arah gaya resultannya sesuai dengan yang diperlukan. Sudut serang ( $\alpha$ ) adalah sudut yang dibentuk antara garis konda dengan arah datangnya aliran. Harga sudut serang bernilai positif untuk mendapatkan gaya vertikal ke atas (*lift force*), sedangkan sudut serang negatif untuk mendapatkan gaya vertikal ke bawah (*down force*). (Teddy N., 2008)



**Gambar - 3.** Sayap pada Pesawat

Bagi perencana kapal, permasalahan yang menantang perencana dalam perencanaan kapal adalah bagaimana merencanakan kapal yang fungsi dan tujuan dari kapal tersebut terpenuhi.

Berdasarkan beberapa fenomena seperti disebutkan diatas, tantangan bagi perencana kapal selam adalah bagaimana mengaplikasikan teori *aerofoil* pada *hydroplane* kapal selam sebagai sebuah system penyelaman. Adanya interaksi bentuk *foil* terhadap aliran fluida yang memiliki *lift force*, dengan membalik *foil* maka *lift force* tersebut menjadi gaya ke bawah, dengan demikian memungkinkan kapal selam dapat menyelam, melayang dan bermanouver di bawah air, seperti halnya gerak pesawat terbang yang terbang dan melayang dengan menggunakan sayap.

Atas pemikiran di atas, pengembangan foil NACA seri 2412 sebagai system penyelaman model kapal selam, dilakukan penelitian dan pengamatan terhadap kemampuan penyelaman (*diving plan*) dari foil NACA seri 2412 pada model kapal selam. Menjawab permasalahan tersebut dilakukan pengamatan kemampuan penyelaman dari foil dengan mencari nilai *Cl* (*coefisien lift*) di Laboratorium, serta mendesain bentuk badan kapal selam. Dari hasil pengamatan dan perencanaan model kapal selam dianalisa gaya-gaya yang bekerja pada model kapal selam jika jumlah gaya-gaya yang bekerja keatas lebih rendah dari gaya-gaya ke bawah maka kapal selam mampu menyelam.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

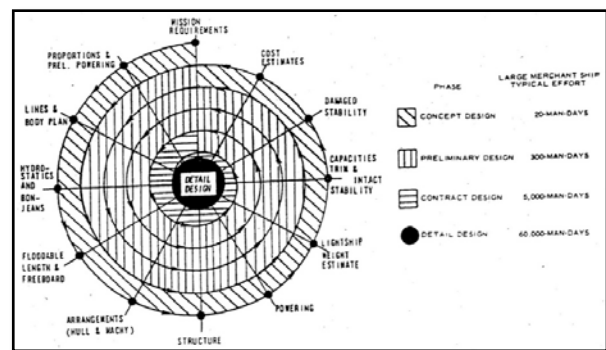
### 2.1. Perencanaan Kapal

Kebutuhan akan pendekatan secara ilmiah telah diarsakan beberapa ratus tahun sebelum hal tersebut memungkinkan, dan pendekatan secara ilmiah baru sekarang ini memungkinkan, walaupun dasar-dasarnya telah dimulai oleh Archimides dua ribu tahun yang lalu. Hingga pertengahan abad ke delapan belas rancangan dan pembangunan kapal masih berdasarkan keterampilan tangan dan baru pertengahan abad ke Sembilan belas ilmu pengetahuan mempengaruhi rancangan dan pembangunan kapal.

Ilmu pengetahuan menghasilkan dasar yang benar untuk perkapalan, nilai yang tepat dari criteria-kriteria yang menentukan keberhasilan kerjanya tetap berdasarkan kebiasaan sebelumnya yang berhasil. Ketika alat yang akurat telah dikembangkan keterampilan ditinggalkan. Pada dasarnya perancang kapal dalam merencanakan memperhitungkan keselamatan kapal, kemampuan kapal dan geometri kapal, meskipun hal-hal tersebut bukan keputusan yang eksklusif. Dengan

keselatan kapal, perancang kapal memperhitungkan kapal tidak tenggelam atau rusak. Perancang harus yakin kapal cukup kuat, perancang harus memikirkan awak kapal dll. Oleh karena itu perencana dalam merencanakan melibatkan kompromi yang kompleks dari factor keselamatan, kemampuan dan geometri kapal (Tawekal, ---).

*Design* adalah proses-proses penyusunan konsep, pencetusan ide-ide baru, visualisasi, perhitungan, penyusunan bagian-bagian, penghalusan dan penentuan detail untuk menentukan bentuk dari sebuah produk engineering (French, 1985), sedangkan menurut Evans (1959) ada 4 tahap/langkah dalam proses design kapal meliputi yang dijelaskan pada metode *Design Spiral*, dimana proses ship design merupakan suatu proses berulang-ulang mulai dari *mission requirement* sampai dengan *detail design*, seperti diperlihatkan dalam Gambar 4. berikut :

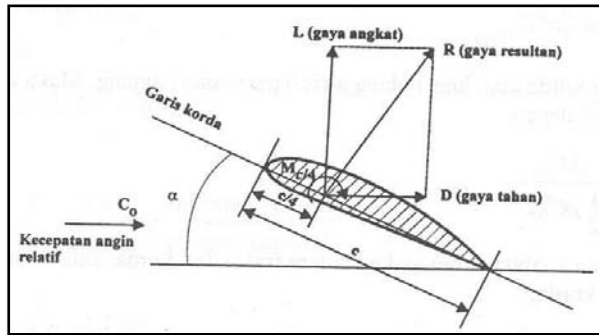


Gambar -4. Design Spiral  
(Sumber: Evans.1959)

### 2.2. Gaya Aerodinamik Aerofoil

Gaya aerodinamik vertikal yang bekerja pada aerofoil terjadi akibat adanya perbedaan tekanan permukaan atas aerofoil dengan permukaan bawahnya. Jika tekanan di permukaan atas lebih rendah dari tekanan permukaan bawah aerofoil maka akan menimbulkan gaya ke arah atas yang dikenal dengan istilah gaya angkat (*lift force*). Jika tekanan di permukaan atas lebih tinggi dari tekanan di permukaan bawah aerofoil maka akan menimbulkan gaya ke arah bawah yang dikenal sebagai gaya tekan (*down force*). Gaya aerodinamik horisontal yang bekerja pada *aerofoil* terjadi karena tekanan udara pada bagian depan lebih tinggi dibanding tekanan pada bagian belakang sehingga arah gaya yang terjadi adalah

ke belakang yang disebut gaya hambat (*drag force*). (Teddy N., 2008)



**Gambar – 5.** Sudut Serang Aerofoil

Bentuk permukaan atas dan permukaan bawah *aerofoil*, besarnya sudut serang, serta besar dan arah datangnya aliran akan sangat mempengaruhi variasi tekanan di permukaan atas dan bawah *aerofoil* yang selanjutnya akan mempengaruhi besarnya gaya angkat (*lift force*) dan gaya hambat (*drag force*). *Aerofoil* dipasang pada sudut serang tertentu dengan tujuan mengubah besar gaya angkat yang dihasilkan dan arah gaya resultannya sesuai dengan yang diperlukan. Sudut serang ( $\alpha$ ) adalah sudut yang dibentuk antara garis korda dengan arah datangnya aliran. Harga sudut serang bernilai positif untuk mendapatkan gaya vertikal ke atas (*lift force*), sedangkan sudut serang negatif untuk mendapatkan gaya vertikal ke bawah (*down force*). (Teddy N., 2008)

### 2.3. Lift dan Drag

Benda yang terbenam dalam aliran fluida (*immersed bodies*) akan mengalami gaya-gaya akibat interaksi fluida dengan benda, gaya yang ditimbulkan akibat interaksi fluida dan benda berupa gaya normal yang disebabkan tekanan dan gaya geser yang disebabkan pengaruh viskositas fluida. Pada aliran horizontal jika dilihat dari sisi dua dimensi, gaya yang tegak lurus dengan arah aliran disebut gaya angkat (*lift force*) sedangkan gaya yang searah dengan aliran disebut dengan drag.

Dalam konsep aerodinamic gaya angkat (*lift force*) didefinisikan sebagai gaya mekanik dengan arah normal ke atas pada suatu benda yang ditimbulkan oleh pengaruh tekanan fluida sehingga gaya normal kebawah akibat tekanan fluida disebut dengan *negative lift force*. Sedangkan gaya drag adalah gaya mekanik yang

mengakibatkan pergerakan atau pergeseran benda yang ditimbulkan oleh aliran fluida. Vektor gaya drag searah dengan arah aliran fluida.

Gaya pada sayap (*foil*) dihasilkan oleh fenomena aliran fluida pada luasan permukaan sayap. Pada sayap kecepatan aliran fluida pada permukaan cembung (bagian atas) lebih cepat dari pada kecepatan aliran permukaan yang datar (bagian bawah). Berdasarkan hukum *Bernoulli* hal tersebut akan mengakibatkan tekanan permukaan bagian bawah lebih besar dan permukaan bagian atas lebih kecil sehingga mengakibatkan gaya angkat keatas (*lift force*).

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 + 2g = C \dots\dots\dots (1)$$

$$P_{Lift} + \frac{1}{2} \rho V^2 = C$$

$$P_{Drag} + \frac{1}{2} \rho V^2 = C$$

Dimana:

- P = Tekanan fluida
- $\rho$  = Massa jenis fluida
- V = Kecepatan aliran fluida

Dari persamaan *Berneouilly* diatas jumlah energi adalah konstan, pada aliran disekitas sayap (*foil*) kecepatan aliran fluida pada permukaan bagian atas (cembung) lebih besar sedangkan kecepatan aliran fluida pada permukaan bagian bawah (datar) lebih kecil, sebaliknya tekanan pada bagian atas akan mengecil dan bagian bawah akan membesar. Sehingga untuk menghasilkan gaya lift besarnya tekanan efektif keatas adalah

$$P_{effectif} = P_{Lift} - P_{Drag} \dots\dots\dots (2)$$

Hukum Newton-II menyatakan bahwa perubahan momentum yang terjadi pada partikel fluida adalah sama dengan jumlah gaya-gaya pada partikel tersebut. Sehingga gaya yang terjadi akibat tekanan fluida sama dengan perubahan momentum aliran fluida

$$P = \frac{1}{2} \rho V^2 \rightarrow \frac{F}{S} = \frac{1}{2} \rho V^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$F = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2$$

Gaya aerodinamik yang bekerja pada sayap mempunyai persamaan umum sebagai berikut :

$$F = C_F \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

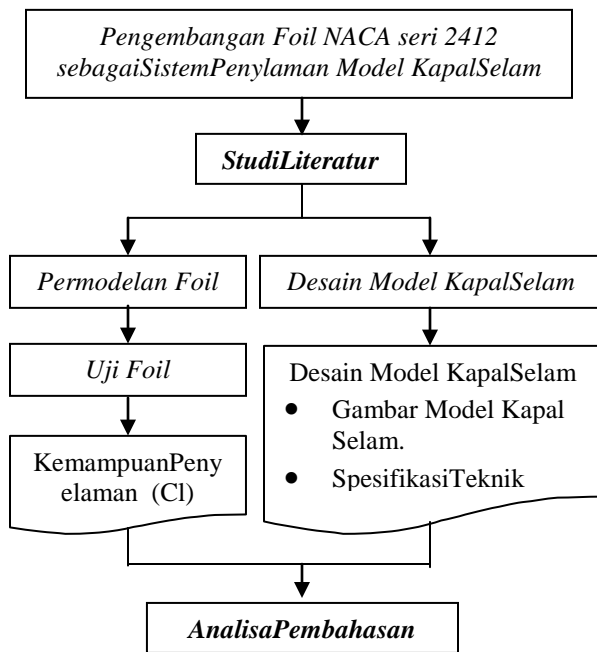
- $F$  = Gaya yang berkerja pada sayap
- $C_F$  = Koefisien Gaya
- $\rho$  = Massa jenis fluida

Untuk analisa gaya angkat (*lift force*) dan drag yang bekerja pada sayap (*foil*) dapat dinyatakan dalam besaran berupa koefisien seperti berikut

$$C_L = \frac{F_{Lift}}{\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2} \quad C_D = \frac{F_{Drag}}{\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pengembangan *foil* NACA seri 2412 sebagai system penyelaman model kapal selam dilakukan di Laboratorium Simulasi dan Permodelan Prodi. Teknik Perkapaln Universitas Hang Tuah dengan beberapa tahap pelaksanaan seperti pada alur penelitian berikut :



Gambar – 6. Alur Penelitian

1. *Studi Literatur* yaitu observasi dan eksplorasi terhadap beberapa literature tentang bentuk kapal selam sebagai kapal pembanding dan bentuk foil NACA.
2. *Permodelan & Pengujian Foil NACA seri 2412*, setelah mendapatkan literature dan

gambaran tentang foil, dilakukan permodelan foil secara 3D dan melakukan pengujian di Laboratorium Trowongan Uji untuk mendapatkan besarnya *coefisien lift (Cl)* dari foil tersebut.

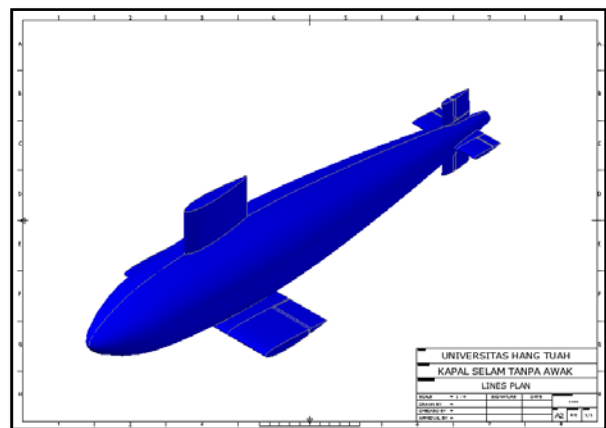
3. *Desain Model Kapal Selam*, dengan metode kapal pembanding yang menggunakan kapal selam pembanding hasil observasi dan eksplorasi sebelumnya direncanakan model kapal selam. Dari hasil perencanaan tersebut didapatkan perencanaan model kapal selam serta spesifikasi teknisnya misalnya: ukuran model kaal selam, berat, dll.
4. *Analisa Pembahasan*. Dari hasil permodelan dan pengujian foil serta hasil perencanaan model kapal selam, dilakukan analisa kemampuan penyelaman dari foil NACA seri 2412 digunakan sebagai Hydroplan pada system penyelaman model kapal selam.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Model Kapal Selam

Dengan metode pembanding, desain model kapal selam adalah sebagai berikut :

|                |         |                |
|----------------|---------|----------------|
| Panjang        | : 2,250 | M              |
| Lebar          | : 0,800 | M              |
| Tinggi         | : 0,800 | M              |
| Deameter Badan | : 0,375 | M              |
| Volume Displ.  | : 0,156 | M <sup>3</sup> |

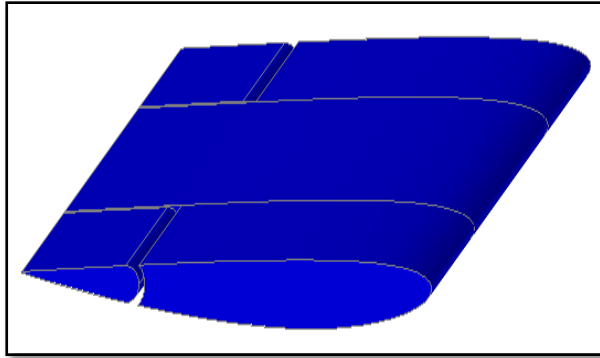


Gambar –7. Desain Model Kapal Selam

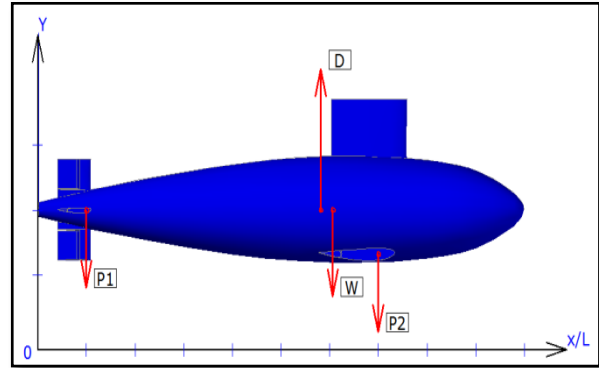
#### 4.2. Model Hydroplane (Foil)

*Foil* model seri NACA 2412, dirancang bentuk hydroplane sebagai berikut:





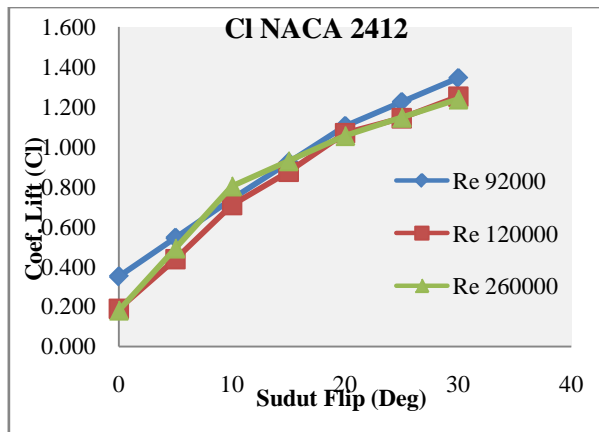
Gambar -8. Desain Model Hydroplan



Gambar -10. Gaya-gaya vertikal pada Model Kapal Selam

#### 4.3. Coeffisien Lift Hydroplane

Hasil dari percobaan model Hydroplane dengan menggunakan CFD, didapatkan besarnya *coefisien lift* (*Cl*) pada Angka Reynold 92000 – 260000 dengan sudut Flip  $0^0$  - $30^0$ , adapun besarnya *coefisien lift* sebagaimana pada gambar-20 berikut :



Gambar -9. Coefisien Lift NACA 2412 dengan sudut Flip  $0^0$  -  $30^0$

#### 4.4. Gaya-gaya pada Model

Gaya-gaya yang terjadi pada kapal selam yang arahnya (searah sumbu y), baik yang ditimbulkan oleh interaksi dengan air maupun berat model kapal selam itu sendiri adalah sebagai berikut :

1. Daya apug model kapal selam (D).
2. Gaya berat model kapal selam (W)
3. *Diving force hydroplane* bagian belakang (P2)
4. *Diving force hydroplane* bagian depan (P1)

#### 4.4.1. Daya Apung Model

Menurut hukum *Archimedes*: Sebuah benda yang tercelup seluruhnya atau sebagian dari suatu fluida maka akan mendapatkan gaya ke atas (daya apung) yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan. Ketika model kapal selam tercelup seluruhnya, maka daya apung model kapal selam ditentukan:

$$D = \rho \cdot g \cdot V \quad \dots\dots\dots (8)$$

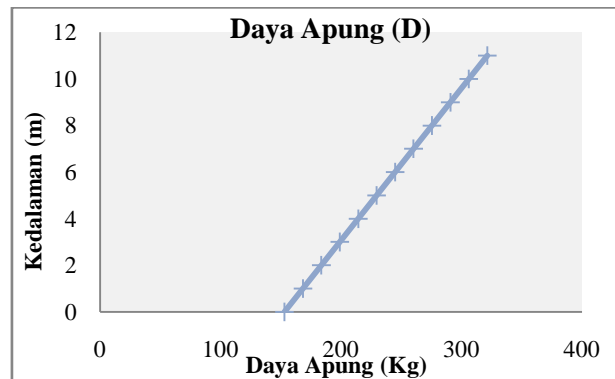
Dimana :

- D : Daya apung (gaya ke atas) model kapal selam (Kg)
- $\rho$  : Massa jenis ( 1000 kg/m<sup>3</sup>)
- g : Percepatan gravitasi (0,981 m/s<sup>2</sup>)
- V : Volume model kapal selam (0,156 m<sup>3</sup>)

maka besarnya daya apung model kapal selam adalah :

$$D = 1000 \times 9,80665 \times 0,156 = 152,98 \text{ Kg}$$

Berdasarkan hukum Boyle, maka daya apung model kapal selam pada setiap kedalaman adalah:





**Gambar – 11. Daya Apung (D)**

**4.4.2. Gaya Berat Model**

Gaya berat model adalah berat badan model kapal beserta komponen yang ada. Menurut hukum archimedes, gaya berat yang diakibatkan oleh komponen berat yang ada di model adalah sebesar gaya apung.

$$D = W \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

$D$  : Daya apung (gaya ke atas) model kapal selam (Kg)

$W$  : Berat model kapal ( kg)

maka besarnya Gaya berat model kapal selam adalah :

$$W = D = 152,98 \text{ Kg}$$

**4.4.3. Diving Force**

*Diving force* adalah gaya gerak ke bawah yang dihasilkan oleh interaksi gerak fluida terhadap hydroplane (*foil*). Seperti pada gambar-21 diatas *diving force* yang bekerja pada model kapal selam dapat dirumuskan :

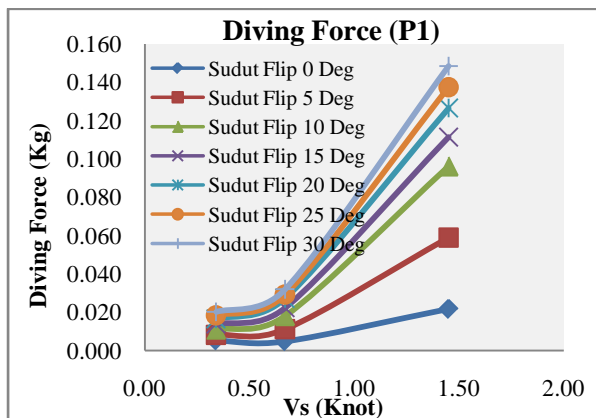
$$P = P1 + P2\dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

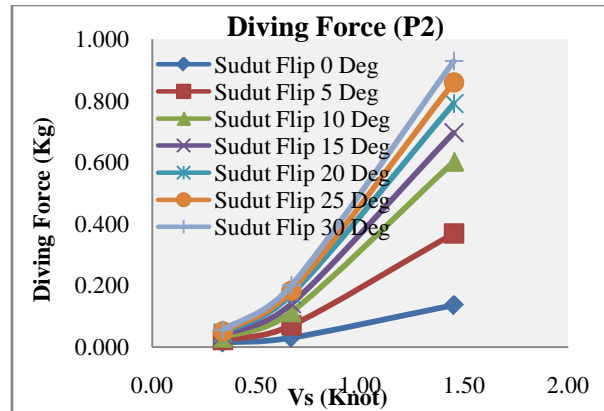
$P1$  : Diving force pada hydroplane yang ada di belakang ( $P1 = 0,4 P2$ )

$P2$  : Diving force pada hydroplane yang ada di depan

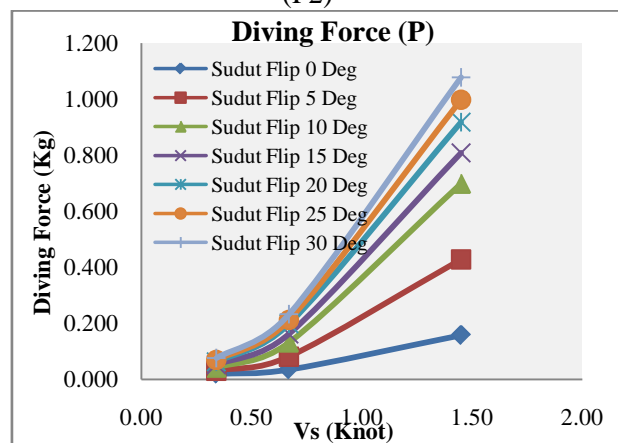
maka besarnya *diving force* model kapal selam adalah :



**Gambar –12. Diving Force Hydroplane belakang (P1)**



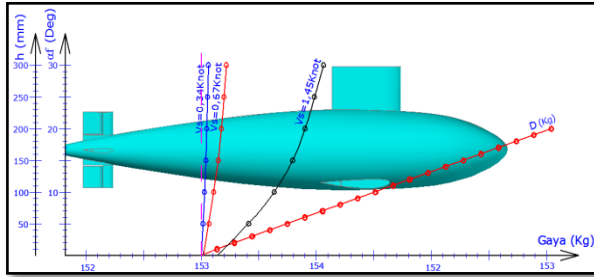
**Gambar – 13. Diving Force Hydroplane depan (P2)**



**Gambar – 14. Diving Force Hydroplane (P)**

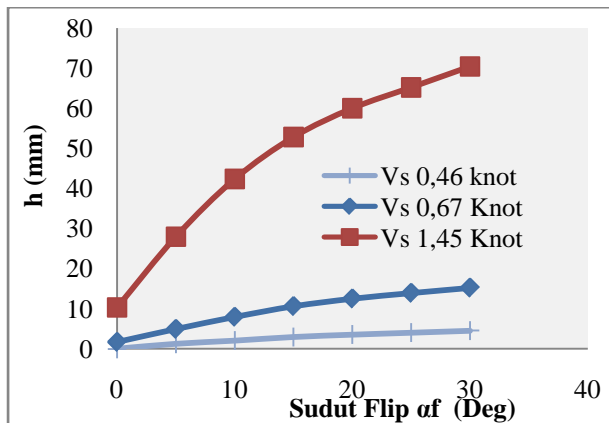
**4.5. Pembahasan**

Model kapal selam tenggelam adalah model dimana besarnya gaya ke bawah yaitu berat model ditambah diving force ( $W + P$ ) lebih besar dari pada daya apungnya ( $D$ ) atau dapat dirumuskan  $W+P > D$ . Dengan kondisi tersebut dapat dilihat pada gambar-15, bahwa model dapat bergerak kebawah jika bergerak dengan menggerakkan flipnya dari  $0 - 30^0$ , apabila model kapal berhenti maka model akan bergerak ketas atau mengapung dipermukaan karena tidak memiliki *diving force* yang dihasilkan oleh *hydroplaneyang* beriteraksi dengan fluida.



**Gambar –15.** Perbandingan Hubungan D dan h dengan P dengan  $\alpha f$

Kondisi tersebut diatas dapat dicari hubungan kecepatan dan besarnya sudut flipnya terhadap kedalaman yang dapat ditempuh dari model kapal selam tersebut, hubungan tersebut sebagaimana pada gambar-16, dengan kecepatan model dan besarnya sudut flip dari hydroplane baik depan maupun belakang, besarnya kedalaman yang dapat ditempuh model kapal selam dapat di katahui sebagai berikut.



**Gambar –16.** Hubungan Sudut Flip ( $\alpha f$ ) dengan Kedalaman Model Kapal Selam

## 5. KESIMPULAN

Secara umum penerapan *Hydroplane* sebagai *diving plane* model kapal selam dapat diterapkan. Kemampuan untuk mencapai kedalaman penyelaman itu dipengaruhi oleh sudut flip pada *Hydroplane* dan besarnya kecepatan model, semakin besar kecepatan dan sudut flip maka semakin besar kedalaman penyelaman yang dapat ditempuh.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diujjukan kepada :

1. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Hang Tuah.
2. Hang Tuah Model Boat (HTMB)
3. Laboratorium Simulasi dan Permodelan Prodi Teknik Perkapalan Universitas Hang Tuah.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bambang T., Aryawan I. M., 2005, “Analisa Kemiringan Sudut Dihedral Sayap Lippisch Akibat Ground Effect Dengan Metode CFD”, *Jurnal Teknologi Permesinan Bangunan Laut*, Vol. 1, No 3, Maret 2005 MARINE.
- [2] E.C. Tupper. 2004. “*Introduction to Naval Architecture Forth Edition*” Elsevier Butterworth Heineman. 2004.
- [3] [http://id.wikipedia.org/wiki/Kapal\\_selam](http://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_selam). *Kapal Selam*. Diakses pada tanggal 9 Juni 2013.
- [4] <http://michael-suseno.blogspot.com/>. Foil. Diakses pada tanggal 13 oktober 2013.
- [5] Munazid, A. “Studi Parametric Hullform Design dalam Kaitan dengan Tahanan Kapal”. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan VII Universitas Hang Tuah Surabaya*, 2010.
- [6] Munazid, A. “*Studi Parametric Hullform Design dalam Kaitan dengan Karakteristik Seakeeping dan Tahanan Kapal*”. Thesis Program Magister Bidang Keahlian Teknik Perancangan Bangunan Laut Program Studi Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2010.
- [7] Munazid A., Suwasono B., “*Pengembangan Bentuk Badan Kapal Selam Tanpa Awak (Uumanned Underwater Vehicle/UUV) Sebagai Sarana Observasi Oseanografi*” Laporan Penelitian, Prodi Teknik Perkapalan Universitas Hang Tuah, 2014.
- [8] R.H. Dugdale A., *Mekanika Fluida Edisi Ketiga*. Diterjemahkan oleh Priambodo B. Penerbit Erlangga, 1979.
- [9] Semin, Bambang T., Yulianto D., 2005, “Analisa Pengaruh Taper Ratio Terhadap Koefisien Lift dan Koefisien Drag Pada Sya Akibat Ground Effect”, *Jurnal Teknologi Permesinan Bangunan Laut*, Vol. 1, No 3, Maret 2005 MARINE.

- [10] Tawekal R.L. ----. "Dasar Dasar Teknik Perkapalan" Catatan Kuliah Program Studi Teknik Kelautan Institut teknologi Bandung. Penerbit ITB.
- [11] Teddy N., Sudarja, 2008. "Pengaruh Lokasi Ketebalan Maksimum Airfoil Simetris Terhadap Koefisien Angkat Aerodinamisnya. " Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Vol. 11, No. 1 2008 (110-124).
- [12] Tim PKM FT-UHT [2001]. *Pengembangan Model Kapal Selam Dinamis Sebagai Sarana Observasi Ilmiah*, Fakultas Teknik Universitas Hang Tuah.