

# PEMODELAN NUMERIK CFD PADA LAMBUNG TORPEDO

## *Numerical Modeling of Torpedo Hull by CFD*

**Ahmad S. Mujahid dan Teddy S. Setiahardja**

UPT-Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika, BPPT  
Email:aaf2k3li@gmail.com

Diterima: 25 Nopember 2013; Direvisi: 3 Desember 2013; Disetujui: 9 Desember 2013

### **Abstrak**

Torpedo pada umumnya berbentuk tabung yang memiliki sistem penggerak sendiri. Torpedo yang dianalisa ini merupakan perpaduan dari desain torpedo jenis MK-44 dan MK-46 menjadi sebuah desain baru yang diharapkan dapat memperoleh performa yang lebih optimal. Dengan menggunakan perangkat lunak berbasis numerik CFD dapat dianalisa efek hidrodinamika yang timbul pada torpedo seperti: distribusi tekanan yang terjadi pada lambung torpedo, arah aliran fluida saat torpedo bergerak, streamline desain torpedo.

**Kata kunci :** Torpedo, *Computational Fluid Dynamics*, Analisa Hidrodinamis

### **Abstract**

*In general, torpedo tube-shaped which has propulsion system itself. The torpedo which analyzed is a combine of torpedo design types of the MK-44 and the MK-46 into a new design that is expected to obtain more optimal performance. Using by numerical software CFD, torpedo can be analyzed the hydrodynamic effects that arise on the torpedo such as the pressure distribution on the hull of torpedo, direction of fluid flow while torpedo moving, streamlined design of torpedo.*

**Keyword :** Torpedo, *Computational Fluid Dynamics*, Analyzed Hydrodynamic

### **PENDAHULUAN**

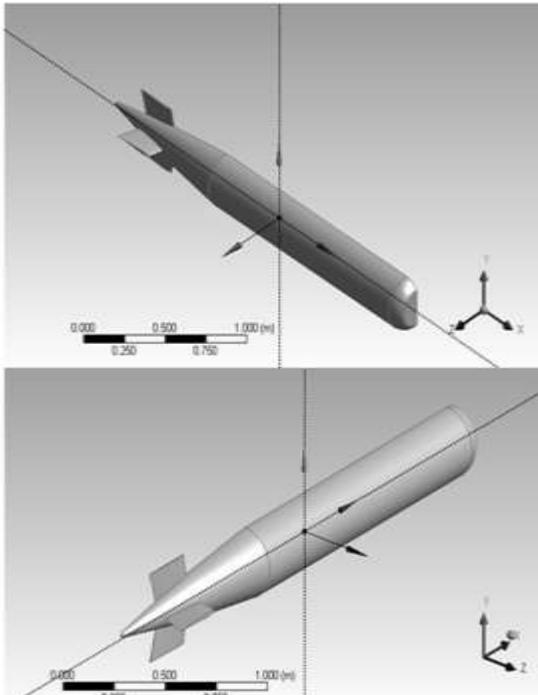
Torpedo merupakan salah satu senjata utama yang dipakai dalam peperangan laut, torpedo pada umumnya berbentuk tabung yang memiliki system penggerak sendiri dengan baling-baling (*propeller*) di bagian belakangnya sebagai penggerak utama. Torpedo dapat ditembakkan di atas atau di bawah permukaan laut untuk kemudian meluncur di bawah permukaan laut dan dirancang untuk meledak pada kontak atau jarak tertentu dari target. Torpedo dapat diluncurkan dari kapal selam, kapal permukaan, helikopter atau pesawat.

Torpedo yang dianalisa ini merupakan perpaduan dari desain torpedo jenis MK-44 dan jenis MK-46 dimana kedua jenis torpedo ini memiliki keunggulan masing-masing. Dengan menggabungkan dua buah torpedo dari jenis yang berbeda menjadi satu kesatuan

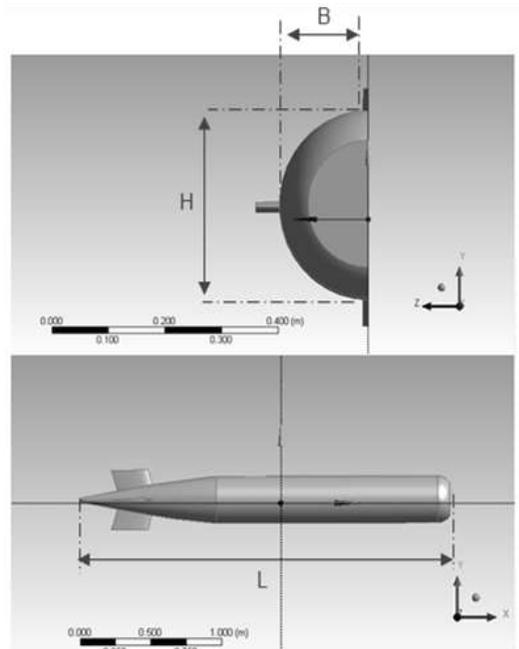
dalam sebuah desain torpedo yang baru diharapkan akan mendapatkan performa yang lebih optimal.

Dengan menggunakan perangkat lunak berbasis numerik CFD dapat dianalisa efek hidrodinamika yang timbul pada torpedo seperti: arah aliran fluida saat torpedo bergerak, *streamline* desain torpedo, dan distribusi tekanan yang terjadi pada lambung torpedos.

Streamline adalah garis – garis yang dibuat atau digambar searah dengan arah aliran. Sehingga dengan kondisi variasi kecepatan yang berbeda dapat terlihat perbedaan bentuk aliran yang terjadi pada model bodi torpedo tersebut. Dari analisa hidrodinamika tersebut dapat diketahui performa dari desain torpedo.



Gambar 1. Tampak Isometri Geometri Torpedo *Half Body* dalam perangkat lunak berbasis CFD



Gambar 2. Dimensi Torpedo dalam perangkat lunak CFD

Data-data torpedo yang dibutuhkan dalam analisa CFD ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

**PEMODELAN**

Geometri model yang telah dibuat melalui perangkat lunak berbasis CAD kemudian dipindah ke perangkat lunak berbasis numerik *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Geometri diperiksa untuk memastikan model tidak mengalami kerusakan / cacat atau perubahan bentuk maupun dimensi. Apabila tidak sesuai dengan geometri awal maka perlu dilakukan beberapa pembenahan desain dan penambahan parameter pada geometri torpedo sehingga dapat dijalankan (di-*Solver*) dengan baik di CFD.

Karena geometri torpedo sisi kiri (*port side*) maupun kanan (*star board*) memiliki bentuk yang sama, maka geometri dibuat dalam mode *symmetry* dalam bentuk model *half body*, yakni geometri torpedo hanya pada bagian *star board* saja.

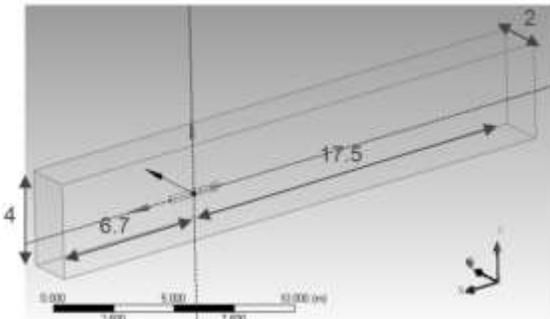
**a. Konfigurasi Modeling:**

Geometri torpedo yang telah dibenahi dalam *design modeler* dari perangkat lunak CFD memiliki bentuk dan dimensi sebagai berikut:

Tabel.1. Data Dimensi Torpedo

| Parameter                   | Magnitude                       | Unit               |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Torpedo Displacement        | 0.172                           | Ton                |
| Torpedo Length over all (L) | 2.59                            | m                  |
| Torpedo Half Beam (B)       | 0.162                           | m                  |
| Torpedo Height (H)          | 0.324                           | m                  |
| Water Density               | 1025                            | Ton/m <sup>3</sup> |
| Volume                      | 0.079655                        | m <sup>3</sup>     |
| Surface Area                | 1.9902                          | m <sup>2</sup>     |
| Velocity Variation          | 30; 28; 25;<br>20; 15; 10;<br>5 | Knot               |
| Boundary Length (Lb)        | 24.2                            | m                  |
| Boundary Beam (Bb)          | 2                               | m                  |
| Boundary Height (Hb)        | 4                               | m                  |

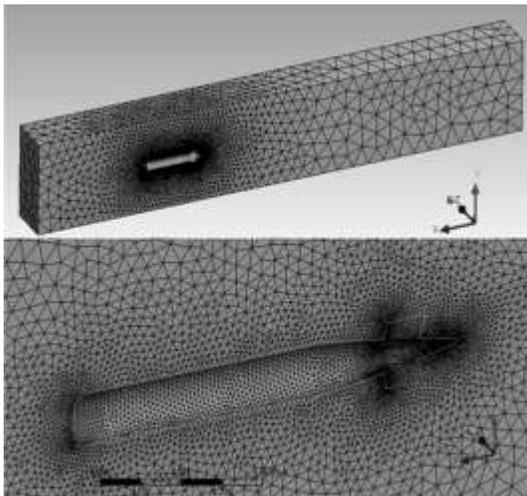
Setelah geometri torpedo diperbaiki, maka dilakukan pemberian kondisi lingkungan berupa fluida yang menyelubungi torpedo. Fluida yang menyelubungi torpedo dimodelkan dengan bentuk kotak sebagai berikut:



Gambar 3. Dimensi Fluida Berupa Air Laut yang Menyelubungi Torpedo

### b. Pengaturan Meshing:

*Meshing Geometry* Torpedo menggunakan jenis *meshing* yakni *Physics Preference* yang berupa CFD, *Solver Preference* menggunakan: CFX. Nilai *Relevance* yang diberikan adalah: 100. Bentuk *meshing* yang digunakan berupa *triangular*. Gambar hasil *meshing* torpedo untuk analisa CFD adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Meshing Torpedo dan fluida. Tampak *meshing* secara global (gambar atas). Transisi antara *meshing* torpedo dan fluida (gambar bawah)

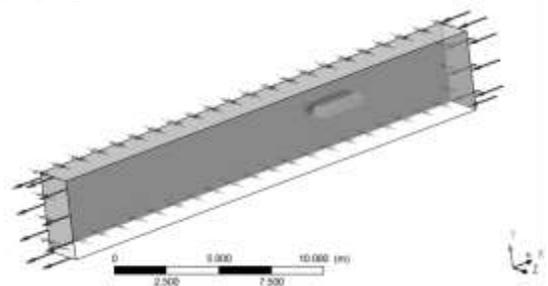
Pada analisa fluida CFD, dilakukan *meshing* pada fluida dan torpedo dimana pada daerah fluida yang mendekati dan bersentuhan dengan torpedo memiliki

tingkat kerapatan *meshing* yang tinggi. Jumlah *element* yang terbentuk dari *meshing* ini adalah 506431 *element*

### c. Setup

Langkah Setup dalam pemodelan digunakan untuk mendefinisikan dan memasukkan nilai dan parameter serta batasan-batasan ke dalam pemodelan numerik CFD. Untuk Batasan masalah dalam pemodelan CFD ini bahwa beban lingkungan seperti arus dan gelombang diabaikan. Untuk Input pembebanan dan *boundary condition* pada Torpedo adalah sebagai berikut:

*Boundary Condition* yang diberikan adalah berupa fluida air laut dengan temperatur 25°C. Jenis analisa yang digunakan adalah *steady state*.



Gambar 5. Pemberian Kondisi Batas (*Boundary Condition*) dan Pembebanan Analisa CFD

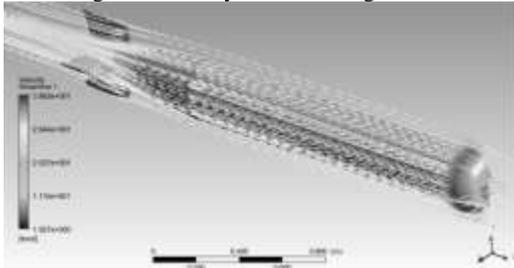
Keterangan *boundary condition* yang diberikan adalah sebagai berikut:

-  = inlet, parameter yang dimasukkan adalah nilai kecepatan Torpedo [knot]
-  = outlet, parameter yang dimasukkan adalah nilai tekanan 0 Pa
-  = wal, parameternya adalah free slip wal
-  = Symmetry, parameternya adalah free slip wal
-  = Torpedo, parameternya adalah no slip wal dengan smooth wal

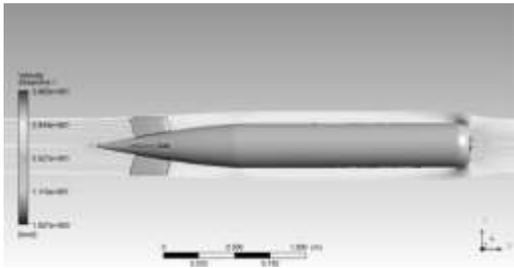
### HASIL DAN DISKUSI

Setelah dilakukan analisa numerik dengan menggunakan perangkat lunak CFD, maka dari tiap-tiap variasi kecepatan torpedo dapat diperoleh: gambar plot vektor kecepatan, streamline design, distribusi tekanan, grafik distribusi kecepatan sumbu-X terhadap arah memanjang torpedo, dan grafik distribusi tekanan terhadap arah memanjang torpedo. Dalam paper ini, kelima gambar tersebut hanya ditampilkan untuk kondisi kecepatan maksimum torpedo, yakni 30 knot. Sedangkan tekanan maksimum,

tekanan minimum, dan gaya maksimum sumbu-X dari tiap variasi kecepatan akan ditunjukkan dalam bentuk tabel dan grafik. Hasilnya adalah sebagai berikut:



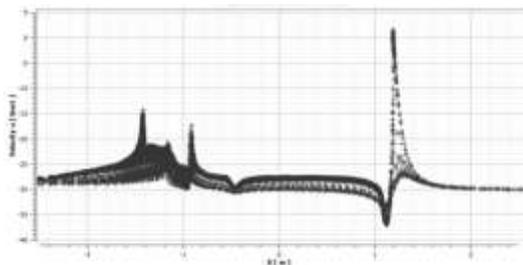
Gambar 6. Vektor Kecepatan di Sekitar Torpedo saat Kecepatan 30 Knot



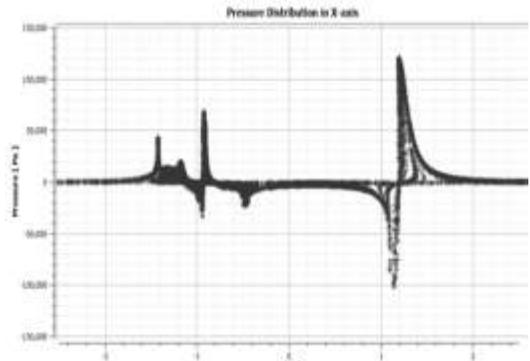
Gambar 7. Streamline Kecepatan di Sekitar Torpedo saat Kecepatan 30 Knot



Gambar 8. Tampak Isometri Distribusi Tekanan pada Torpedo saat Kecepatan 30 Knot



Gambar 9. Grafik Distribusi Kecepatan Sumbu-X pada Torpedo Sumbu-X saat Kecepatan 30 Knot

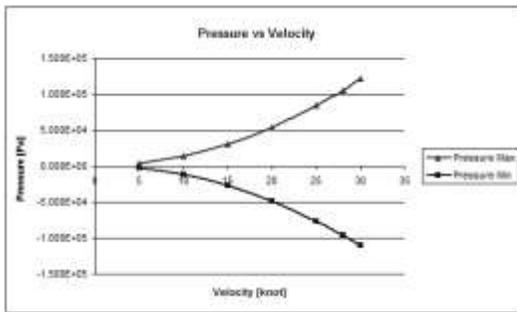


Gambar 10. Grafik Distribusi Tekanan pada Torpedo Sumbu-X saat Kecepatan 30 Knot

Dengan menghitung luas permukaan melintang *forepeak* torpedo pada area yang mengalami tekanan maksimal, maka diperoleh nilai area nya sebesar 0.0195 m<sup>2</sup>. Dengan mengetahui nilai luas permukaan dari daerah yang mendapatkan tekanan maksimal, maka dapat diperoleh nilai gaya maksimum tegak lurus terhadap luas permukaan tersebut (gaya maksimum terhadap sumbu-X). Hasil dari tekanan maksimum, tekanan minimum, dan gaya maksimum terhadap sumbu-X ditampilkan di bawah ini:

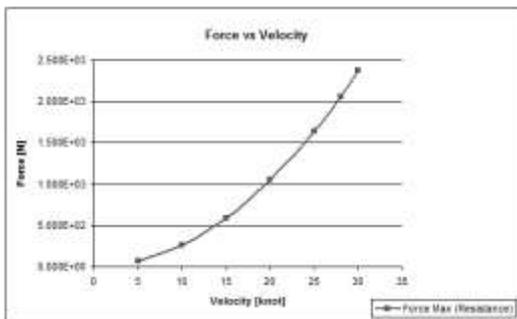
Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Pressure Max, Pressure Min, dan Force Arah Sumbu-X

| Velocity<br>Knot | Pressure<br>Max<br>Pa | Pressure<br>Min<br>Pa | Force<br>(Resistance<br>) max<br>N |
|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| 5                | 3.372E+03             | -3.033E+03            | 6.582E+01                          |
| 10               | 1.349E+04             | -1.217E+04            | 2.633E+02                          |
| 15               | 3.035E+04             | -2.743E+04            | 5.924E+02                          |
| 20               | 5.395E+04             | -4.880E+04            | 1.053E+03                          |
| 25               | 8.430E+04             | -7.629E+04            | 1.646E+03                          |
| 28               | 1.057E+05             | -9.573E+04            | 2.063E+03                          |
| 30               | 1.216E+05             | -1.100E+05            | 2.374E+03                          |



Gambar 11. Grafik Tekanan Maksimum dan Tekanan Minimum terhadap Kecepatan

Untuk nilai gaya maksimum sumbu-X terhadap variasi kecepatan ditunjukkan pada grafik di bawah ini:



Gambar 12. Grafik Gaya Maksimum Arah Sumbu-X (Resistance) terhadap Kecepatan

Untuk menguji kebenaran dari pemodelan dan simulasi numerik ini dapat diperiksa dengan menggunakan Persamaan Bernoulli.

$$P = (1/2) \cdot \rho \cdot v^2$$

dimana:

P = tekanan maksimal [Pa]

$\rho$  = massa jenis air laut yakni 1025 [kg/m<sup>3</sup>]

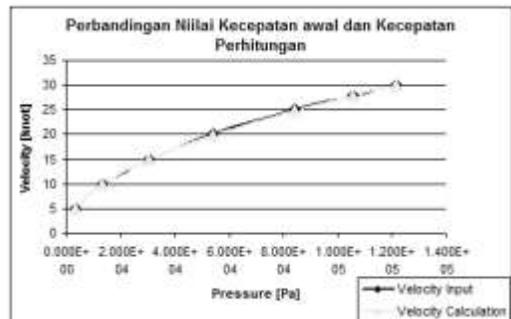
v = kecepatan [m/s].

Dengan nilai tekanan maksimum yang diperoleh dari hasil simulasi numerik, dapat diperoleh kecepatan maksimum yang terjadi dari persamaan di atas. Dari kecepatan tersebut (setelah dikonversi ke dalam satuan knot) dapat dibandingkan nilainya dengan nilai input kecepatan awal dari torpedo tersebut, apabila nilai kecepatan hasil perhitungan persamaan di atas mendekati nilai input kecepatan awal, maka dapat

dikatakan simulasi numeriknya sudah benar. Hasilnya perbandingan nilai kecepatan ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. Perbandingan Nilai Input Kecepatan Awal (*velocity input*) dengan Kecepatan Hasil Perhitungan (*velocity calculation*)

| Velocity input<br>Knot | Pressure Max<br>Pa | Velocity Calculation<br>Knot |
|------------------------|--------------------|------------------------------|
| 5                      | 3.372E+03          | 4.98606868                   |
| 10                     | 1.349E+04          | 9.97287667                   |
| 15                     | 3.035E+04          | 14.9586989                   |
| 20                     | 5.395E+04          | 19.9439051                   |
| 25                     | 8.430E+04          | 24.9303434                   |
| 28                     | 1.057E+05          | 27.9159214                   |
| 30                     | 1.216E+05          | 29.9420314                   |



Gambar 13. Grafik Perbandingan Nilai Kecepatan Awal dan Hasil Perhitungan.

Dari tabel dan grafik di atas menunjukkan nilai yang sangat dekat antara nilai *velocity input* dan *velocity calculation*, sehingga dapat dikatakan pemodelan numerik dengan CFD mendekati kebenaran.

## KESIMPULAN

Dari hasil pemodelan numerik *computational fluid dynamic* (CFD) dapat diketahui nilai tekanan maksimum dan minimum yang terjadi di sepanjang torpedo terhadap variasi kecepatan, dapat diperoleh pula kontur sebaran distribusi tekanan pada torpedo, dari hasil tersebut dapat diketahui daerah yang mengalami tekanan maksimum dan minimum, sehingga dari nilai tersebut dapat dianalisa kemampuan gaya-gaya hidrodinamika dan kekuatan struktur dari lambung torpedo tersebut.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] ANSYS 13 user guide
- [2] Firman Tuakia (2008). "*Dasar-Dasar CFD Menggunakan Fluent*", Penerbit Informatika, Bandung
- [3] Saeed Moaveni, (2000), "Finite Element Analysis", Theory and Application with ANSYS, Second Edition, Minnesota State Univeersity, Mankato.
- [4] Teddy S. Setiahardja, (2012), "Rancang Bangun dan Uji Hidrodinamika Sistem Propulsi Torpedo Sebagai Alat Utama Sistem Senjata Bawah Air", Surabaya.