

ISSN : 2355-9586

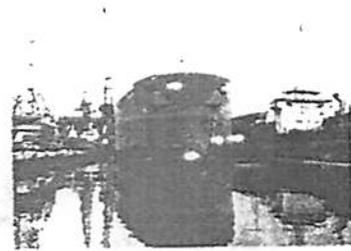
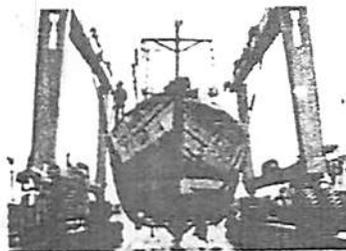
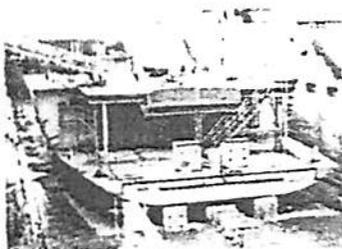
**SENATEK**

**PROSIDING**

**SEMINAR NASIONAL  
TEKNOLOGI KELAUTAN**

Semarang, 30 Juni 2014

**“Perkembangan Dunia Maritim Di Indonesia”**



PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS DIPONEGORO

Didukung Oleh :



**Prosiding Seminar Nasional Teknologi Kelautan “Perkembangan Dunia Maritim di Indonesia”, Semarang, 30 Juni 2014**

---

**DAFTAR ISI**

1. **Pemberdayaan Industri Galangan Kapal Tradisional Untuk Meningkatkan Produk Kapal Kayu Dengan KKN Tematik**  
Andi Trimulyono1, Ari Wibawa B S (1-7)
2. **Pengembangan Desain Parametrik Hullform Kapal Selam Untuk Optimisasi Performa Kapal Selam Dalam Rangka Meningkatkan Kualitas Alutsista Laut Di Wilayah Perairan Indonesia**  
Deddy Chrismianto, Ahmad F Zakki, Berlian Arswendo (8-13)
3. **Studi Aplikasi Kapal Purse Seine Dikaji Dari SNI 01-7329-2006 Di Pelabuhan Perikanan Pantai Bajomulyo, Kabupaten Pati, Jawa Tengah)**  
Herry Boesono, Lia Anggraeni, Dian Ayunita (14-22)
4. **Penggunaan Marking Table Untuk Pengukuran Dimensi Model Uji Kapal Tipe V-Form**  
Meitha Soetardjo (23-28)
5. **Optimalisasi Armada Penangkapan Ikan Pelagis Besar Di Perairan Pulau Ambon**  
Obed Metekohy (29-35)
6. **Karakteristik Kapal Ikan Tradisional Tipe Daerah Batang Jawa Tengah Dengan Menggunakan Sistem Palka Ikan Hidup**  
Eko Sasmito Hadi, Heri Boesono, Ari Wibawa BS (36-43)
7. **Perbandingan Teknis Ukuran Utama Dan Hambatan Kapal Plat Datar Dengan Kapal Plat Lengkung Sebagai Perlengkapan Penangkap Cumi-Cumi**  
Sapto Wirato Satoto (44-49)
8. **Uji Terap Kapal Katamaran**  
R. Sapto Pamungkas K, Sigit Priyo S, Nanang Setiyobudi, (50-56)
9. **Pengukuran Kapal Ikan Tradisional Untuk Pantai Teluk Penyu Kabupaten Cilacap**  
Samuel, Kiryanto (57-64)
10. **Rancang Bangun Modular Floating Paving Pontoon (Trotoar Terapung) Sebagai Alat Apung Multi Guna Untuk Menunjang Sistem Evakuasi Bencana Banjir**  
Ahmad Fauzan Zakki, Aulia Windyandari, Berlian Arswendo Adietya (65-71)
11. **Perancangan Desain Sistem Palka Untuk Ikan Hidup Pada Kapal Layar Motor Katamaran**  
Parlindungan Manik. Sarjito Jokosisworo (72-79)

## PENGEMBANGAN DESAIN PARAMETRIK *HULLFORM* KAPAL SELAM UNTUK OPTIMISASI PERFORMA KAPAL SELAM DALAM RANGKA MENINGKATKAN KUALITAS ALUTSISTA LAUT DI WILAYAH PERAIRAN INDONESIA

Deddy Chrismianto, Ahmad F Zakki, Berlian Arswendo  
Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang  
Email: [deddychrismianto@yahoo.co.id](mailto:deddychrismianto@yahoo.co.id) (korespondensi)

### Abstrak

Dalam menghadapi tantangan di masa mendatang, bangsa Indonesia diharapkan mampu merndesain dan membuat sendiri kapal selam yang sangat senyap dan mematikan. Pada penelitian ini, pengembangan desain parametrik *hullform* kapal selam diselidiki dan dianalisa untuk mendapatkan performa kapal selam yang optimal dalam memenuhi kriteria sangat senyap. Tujuan jangka panjang yang diharapkan adalah mampu memberikan dan menunjukkan alternatif desain kapal selam yang terbaik dalam performanya dalam rangka membangun alutsista laut yang handal. Sedangkan target khusus yang ingin dicapai adalah mendapatkan nilai hambatan yang minimal dengan mengoptimalkan *hullform* kapal selam melalui beberapa input parameter, meliputi: ratio panjang total dan diameter terbesar (ratio L/D), diameter hidung (*nose*), dan diameter ekor (*tail*). Dengan hambatan yang sangat kecil terutama di bagian hidung (*nose*), maka *noise* menjadi sangat kecil kemungkinannya terjadi sehingga kapal selam dikatakan mempunyai kriteria sangat senyap.

Kata kunci : *hullform*, hambatan, kapal selam, CFD.

### 1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, pemanfaatan hubungan terintegrasi antara desain parametrik, analisis performa kapal menggunakan CFD, dan metode optimasi telah menjadi topik yang menarik dan memegang peranan penting untuk mendapatkan bentuk lambung kapal yang mempunyai performa hidrodinamis kapal yang optimal.

Beberapa metode pemodelan kapal yang berkaitan dengan penggunaan desain parametrik telah dikembangkan beberapa tahun belakangan ini. Penggunaan titik kontrol kubik B *spline* dalam membangun parametrik desain lambung kapal serta parametrik desain *bulbous bow* kapal telah diperkenalkan dengan hasil yang sukses (Sarioz, 2006; Mancuso, 2006; Perez, 2007; Ping, 2008; Perez, 2011). Campana (2006) telah menggunakan metode Bezier *patch* polinomial, dimana modifikasi bentuk dikendalikan oleh poin sebagai variabel desain/parameter input untuk optimasi. Chen (2004) telah berhasil menggunakan teknik estimasi parameter menggunakan metode B-*spline surface fitting* dalam permasalahan *inverse design* untuk menemukan bentuk lambung yang optimal. Selain itu, Kang (2010) telah menerapkan parametrik *morphing technique* untuk menghasilkan bentuk lambung secara cepat dengan beberapa variasi parameter

input. Selanjutnya, Rodriguez (2012) telah mengembangkan desain program berdasarkan bahasa pemrograman sebagai alat untuk menghasilkan bentuk parametrik: lambung kapal.

Namun secara umum, metode di atas hanya dapat digunakan untuk membuat desain parametrik untuk pemodelan permukaan saja. Sehingga untuk menunjang beberapa software CFD (terutama RANSE solver) yang membutuhkan pemodelan solid dalam tahap *meshing* sebelum analisis CFD dimulai, Chrismianto, D (2013) mengembangkan metode *Bezier cubic curve* dan *curve-plane intersection* yang dapat digunakan untuk menghasilkan desain parametrik *bulbous bow* dalam pemodelan solid dalam rangka perhitungan optimasi untuk meminimalkan resistensi kapal.

Metode optimasi telah memberikan kontribusinya dalam desain kapal biasa, Kim, H (2010) telah mengkaji pengembangan teknik modifikasi yang efisien dan efektif pada badan kapal untuk optimasi *hullform* berbasis CFD dengan menggunakan dua metode pendekatan, yaitu interpolasi fungsi berbasis radial, dan kurva luas penampang lambung. Teknik modifikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini digunakan untuk mem-variasikan bentuk lambung selama proses optimasi,

dimana fungsi obyektif terkait dengan tahanan kapal tersebut dievaluasi oleh *software* CFD berorientasi desain praktis, dan *Multi Objective Genetic Algorithm* (MOGA).

Pada penelitian ini, penerapan integrasi CAD-CFD-metode optimasi tersebut digunakan untuk desain kapal selam dalam memperoleh rumusan parametrik ukuran utama kapal yang mempunyai optimal performa secara hidrodinamis.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Hambatan Kapal

Dalam merencanakan kapal, faktor umum yang memegang peranan penting adalah hambatan yang akan dialami oleh kapal pada waktu bergerak. Suatu bentuk kapal dengan hambatan kecil atau sekecil mungkin adalah menjadi tujuan perencana kapal, sebab akan berarti pemakaian tenaga kuda akan menjadi hemat dengan begitu akan menghemat penggunaan bahan bakar, berarti mesin penggerak lebih ringan sehingga menambah daya muat kapal tersebut. Hambatan total yang bekerja pada kapal dapat dibagi menjadi:

a. Hambatan gesek (*Frictional resistance*)  $R_f$  : merupakan komponen hambatan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskositas fluida (akibat gesekan air terhadap badan kapal). Penyebab utama hambatan ini adalah viskositas, kecepatan kapal dan luas permukaan basah. Rumus umum dari tahanan gesek kapal adalah:

$$R_f = 1/2 \rho C_f S V^2 \dots \dots \dots (1)$$

dimana :  $C_f$  = koefisien gesek  
 $S$  = luas permukaan basah ( $m^2$ )  
 $V$  = kecepatan kapal (m/det)

b. Hambatan tekanan (*Pressure resistance*)  $R_p$ : suatu gaya tahanan yang diperoleh dengan cara mengintegrasikan tegangan normal keseluruhan permukaan benda menurut arah gerakan benda. Atau dapat juga dikatakan bahwa hambatan tekanan terjadi karena adanya hambatan tekanan viskositas (*viscous pressure resistance*)  $R_{pv}$  dan hambatan gelombang (*wave resistance*)  $R_w$ .

Maka hambatan total adalah:

$$R_t = R_f + R_p \dots \dots \dots (2)$$

$$R_t = R_f + R_{pv} + R_w \dots \dots \dots (3)$$

### 2.2 Computational Fluid Dynamic (CFD)

Konsep dasar penggunaan *software* berbasis *Computational Fluid Dynamic* ini adalah penyelesaian metoda numerik dengan sebuah persamaan fluida yaitu Persamaan Navier-Stokes, dengan prinsip :

1. Kekekalan massa
2. Kekekalan momentum
3. Kekekalan energi

Prinsip fisika ini diaplikasikan pada model dari aliran pada sebaliknya hasil dari aplikasi ini adalah persamaan matematis yang melibatkan yang melibatkan prinsip fisika khusus yang bernama kontinuitas, momentum, dan persamaan energi. Setelah kontinuitas, momentum, dan persamaan energi tersedia bentuk secara khusus akan cocok untuk digambarkan. Pada akhirnya kondisi batas fisika dan pernyataan matematis yang tepat akan dikembangkan berdasarkan persamaan yang harus diselesaikan pada kondisi batas

*Computational Fluid Dynamic* digunakan secara luas untuk memberikan penyelesaian dari masalah secara eksperimen, Dalam eksperimen, tidak dilakukan secara menyeluruh dalam memodelkan situasi sebenarnya, sehingga hal ini tidak merefleksikan secara keseluruhan dalam pemodelan. Dalam pemodelan numerik, jika input data tidak dimasukan dengan kondisi sebenarnya, maka digunakan parameter yang dapat merefleksikan kondisi sebenarnya. Program *Computational Fluid Dynamic* (CFD) menggunakan metode *VOF (Volume of Fluid)* atau *Finite Different Equation*. Metode ini menggunakan sistem koordinat kartesian dengan menyelesaikan persamaan Navier-Stokes.

Hasil penelitian beberapa peneliti menunjukkan potensi dan aplikasi CFD dalam perancangan hidrodinamika, bahwa CFD adalah perangkat efektif untuk mendapatkan optimasi lambung kapal yang dapat mengurangi biaya dalam perancangan.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### Teknik Pengumpulan Data

Data Primer

Berikut data utama ukuran kapal :

<i>Type of Ship</i>	:	MIDGET 150
<i>Length over all (LOA)</i>	:	29,70 m
<i>Breadth (B)</i>	:	3,24 m
<i>Depth (H)</i>	:	4,36 m

### Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari literature ( buku, jurnal, internet, dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya ).

### Teknik Pengolahan Data

Dalam pengolahan data yang sudah didapat, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software komputasi numerik atau software untuk membantu perhitungan.

Pengolahan data sekunder berupa ukuran utama kapal untuk persiapan proses perhitungan, proses pembuatan gambar, pemodelan serta simulasi dari model. Untuk semua proses tersebut dibantu computer dengan spesifikasi CPU (*Central Proocessing Unit*), sebagai berikut:

1. *Processor* : Inteli Pentium® Core i-5 @6,4 Ghz
2. *Memory* : 16144 MB DDR3
3. *VGA* : NVIDIA GeForce 9500GT 3823 MB

Adapun software yang digunakan untuk menganalisis data tersebut adalah Rhinoceros dan CFD.

### Parameter Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada efek yang ditimbulkan oleh variasi bentuk lambung kapal selam terhadap hambatan total kapal. Penelitian ini disimulasikan untuk memperoleh nilai hambatan total yang optimum atau terkecil.

Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

#### ➤ Parameter tetap

Dimensi properties dari lambung kapal antara lain :

1. *LOA* (L) (m)
2. *Breadth* (B) (m)  
➤ Parameter peubah:
  1. Ratio panjang total dan diameter terbesar (ratio L/D)
  2. Diameter hidung (*nose*)
  3. Diameter ekor (*tail*)

Diharapkan dengan perubahan berupa tiga parameter tersebut akan didapatkan bentuk lambung kapal selam yang memiliki nilai hambatan total lebih kecil dari pada hambatan total kapal selam bentuk aslinya.

### Langkah-langkah Penelitian

#### 1. Pemodelan Stuktur

Pemodelan awal menggunakan berdasarkan data *lines plan* yang diperoleh. Dalam

pengerjaan tugas akhir ini pemodelan kapal dilakukan bertahap, yaitu :

- Pemodelan dengan menggunakan software *Rhinoceros*, kemudian file tersebut di *export* dalam bentuk file *.stl*
  - Setelah itu buka file *.stl* dan melakukan check model pada software *mini magics*, kemudian pengerjaan dilanjutkan dengan software CFD.
2. Simulasi pada CFD
    - a. Tahap *Pre Processor*
      - Pembentukan benda dan daerah sekeliling benda sebagai domain komputasi
      - Pembentukan grid generation atau membagi domain menjadi bagian yang lebih kecil (*subdomain*)
      - Penentuan sifat-sifat fluida seperti densitas, viskositas, temperature dan lain-lain
      - Penentuan kondisi batas model, lokasi pembuatan kondisi batas model harus ditentukan baik pada sekeliling benda maupun aliran yang diperhitungkan
    - b. Tahap *Solver Manager*
      - Setelah tahap *pre processor* selesai, dilanjutkan dengan proses perhitungan (*running simulation*) pada solve manager
    - c. Tahap *Post Processor*

Setelah tahap solver manager selesai, pengambilan data baik data perhitungan maupun visualisasi dapat diambil pada tahap post processor

### 4 PEMBAHASAN

Ukuran dan bentuk *hullform* kapal selam memegang peranan penting dalam menentukan performa hidrodinamika kapal selam. Hervey (14) menyatakan bahwa ratio panjang (L) dan lebar (D) merupakan variabel penting dalam menentukan performa hidrodinamika kapal selam, khususnya berhubungan dengan hambatan total dari lambung kapal selam saat terendam dalam air. Sedangkan (*Harry, A. 1980*) menjelaskan bahwa dengan hambatan yang sangat kecil terutama di bagian hidung (*nose*), maka *noise* menjadi sangat kecil kemungkinannya terjadi yang mana kapal selam dikatakan mempunyai kriteria sangat senyap (tidak berisik) sehingga memungkinkan berkeliaran dan tidak terdeteksi radar.

Sedangkan bentuk ekor (*tail*) mempengaruhi bentuk wake pada bagian belakang kapal selam.

Pemodelan dianalisa nilai hambatannya dengan menggunakan metode CFD, dimana nantinya hasil perhitungan divalidasi dengan hasil perhitungan dari metode hybrid Cartesian/immersed boundary (HCIB) yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Skala model yang dipakai pada proses simulasi CFD adalah 1 : 6.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain lambung kapal selam yang optimal yaitu memiliki nilai hambatan yang minimal dengan mendesain varian bentuk lambung sesuai dengan tiga parameter yang sudah ditentukan. Parameter tersebut meliputi : ratio panjang total dan diameter terbesar (ratio L/D), diameter hidung (*nose*), dan diameter ekor (*tail*).

Metode yang digunakan dalam variasi bentuk haluan adalah korespondensi satu-satu dari parameter yang digunakan. Parameter untuk variasi bentuk *hullform* adalah ratio panjang total dan diameter terbesar (ratio L/D), diameter hidung (*nose*), dan diameter ekor (*tail*). Kemudian *range* pada variasi tersebut dibatasi dengan 20% dari ukuran asli parameternya.



Gambar 1 Parameter bentuk *Hullform*

Tabel 1. Hasil korespondensi satu-satu parameter variasi bentuk lambung kapal selam

No/ Model	Nama Model	m	D	rt
1	Model A	0,83	3,49	0,12
2	Model B	1,24	5,23	0,17
3	Model C	0,83	5,23	0,17
4	Model D	0,83	5,23	0,12
5	Model E	1,24	5,23	0,12
6	Model F	1,24	3,49	0,12
7	Model G	1,24	3,49	0,17
8	Model H	0,83	3,49	0,17

Dari hasil pembagian 8 model diatas kemudian model dibuat pada software *Rhinoceros 4.0*. disini model kapal dibuat sesuai dengan luasan yang terhitung pada masing-masing variasi. Luasan tersebut dibuat sesuai dengan metode *Scheltema De Heere* yang mensinkronkan antara luasan per stasion pada bagian *entrance* CSA dengan bentuk *Body Plan* kapal.

Perubahan lambung kapal selam yang dilakukan pada model A sampai H ini mempunyai spesifikasi seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perubahan volume pada lambung kapal setelah dimodifikasi

No	Nama Model	Bagian Model	Panjang (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Selisih dg Model Original (m <sup>3</sup> )	Presentase Selisih Volume dg Model Original (%)
1	Model Original	m	1,036			
		D	4,357	237,290		
		r	0,145			
2	Model A	m	0,829			
		D	3,486	201,453	201,453	-15,10
		r	0,116			
3	Model B	m	1,243			
		D	5,228	290,596	290,596	22,48
		r	0,174			
4	Model C	m	0,829			
		D	3,228	278,803	278,803	17,51
		r	0,174			
5	Model D	m	0,829			
		D	5,228	263,546	263,546	11,02
		r	0,116			
6	Model E	m	1,243			
		D	5,228	275,017	275,017	15,91
		r	0,116			
7	Model F	m	1,243			
		D	3,486	203,599	203,599	-14,19
		r	0,116			
8	Model G	m	1,243			
		D	3,486	207,654	207,654	-12,47
		r	0,174			
9	Model H	m	0,829			
		D	3,486	205,546	205,546	-13,38
		r	0,174			

Kemudian dari 8 model diatas akan diuji menggunakan 3 macam kecepatan berbeda dengan cara merubah *froude number*nya, yaitu: 0,22; 0,26; 0,30.

### Perhitungan Hambatan Total

Perhitungan hambatan kapal dengan metode Computational Fluid Dynamic menggunakan software ANSYS CFX diambil dari tahap results. Data diambil dari menu expressions pada results. Data yang diperlukan untuk menentukan hambatan kapal total adalah *CT* atau koefisien hambatan total kapal. Kemudian dari data koefisien tersebut kita olah sehingga kita mendapat nilai hambatan total.

Dari data yang ada, 8 model variasi dan masing – masing model diuji dengan 3 kecepatan berbeda dengan *fn* 0,22, *fn* 0,26, dan *fn* 0,30 Berikut hasil proses *running* (Tabel 3)

Tabel 3 Data hasil simulasi

No	Model	Koef. Hambatan Total		
		<i>fn</i> 0,22	<i>fn</i> 0,26	<i>fn</i> 0,30
1	Model Ori	0.00374183	0.00350598	0.00478383
2	Model 1	0.00471890	0.00455380	0.00468492
3	Model 2	0.00381591	0.00375379	0.00416125
4	Model 3	0.00389186	0.00372424	0.00397308
5	Model 4	0.00435416	0.00433119	0.00489607
6	Model 5	0.00364374	0.00348887	0.00402426
7	Model 6	0.00398866	0.00401442	0.00463492
8	Model 7	0.00390997	0.00377956	0.00453421
9	Model 8	0.00443245	0.00436005	0.00472365

### Perhitungan hambatan total terkecil pada *fn* 0,26 atau kecepatan 23,98 knot

Pada simulasi *fn* 0,26 didapatkan nilai hambatan total terkecil dari model 5 adalah 208,534 KN. Selisihnya 2,127 KN lebih kecil 1,01 % hambatan totalnya dibandingkan model originalnya yaitu 210,661 KN. Sedangkan vektor kecepataannya dapat dilihat pada Gambar

■

■

Gambar 2 Vektor kecepatan pada model 5 di *Fn* 0,26

### Perhitungan hambatan total terkecil pada kecepatan variasi *fn* 0,22 (20,25 knot) dan *fn* 0,30 (27,63 knot)

Pada simulasi didapatkan besarnya nilai hambatan terkecil pada variasi kecepatan dengan menggunakan *fn* 0,22 dan *fn* 0,30. Pada *fn* 0,22 didapatkan nilai hambatan total 184,804 KN pada simulasi model 5 dan hasil hambatan total dari model original adalah 190.243 KN. Selisihnya 5,439 KN lebih kecil 2,86 % hambatan totalnya dibandingkan model original. Vektor kecepataannya dapat dilihat pada Gambar 3. Kemudian pada *fn* 0,30 didapatkan nilai hambatan total 271,903 KN pada simulasi model 3 dan hasil hambatan total dari model original adalah 331.665 KN. Selisihnya 59,762 KN lebih kecil 18,02 % hambatan totalnya dibandingkan model original. Vektor kecepataannya dapat dilihat pada Gambar 4.

■

■

Gambar 3 Vektor kecepatan pada model 5 di *Fn* 0,22

■

Gambar 4 Vektor kecepatan pada model 3 di *Fn* 0,30

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan dengan CFD didapatkan kesimpulan nilai hambatan total sebagai berikut :

1. Didapatkan nilai hambatan total dari model 5 adalah 208,534 KN. Selisihnya 2,127 KN lebih kecil 1,01 % hambatan totalnya dibandingkan model originalnya yaitu 210,661 KN.
2. Didapatkan besarnya nilai hambatan terkecil pada variasi kecepatan dengan menggunakan  $f_n$  0,22 dan  $f_n$  0,30. Pada  $f_n$  0,22 didapatkan nilai hambatan total 184,804 KN pada simulasi model 5 dan hasil hambatan total dari model original adalah 190.243 KN. Selisihnya 5,439 KN lebih kecil 2,86 % hambatan totalnya dibandingkan model original. Kemudian pada  $f_n$  0,30 didapatkan nilai hambatan total 271,903 KN pada simulasi model 3 dan hasil hambatan total dari model original adalah 331.665 KN. Selisihnya 59,762 KN lebih kecil 18,02 % hambatan totalnya dibandingkan model original.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Campana, E.F., Peri, D., Tahara, Y. and Stern, F., 2006. Shape optimization in ship hydrodynamics using computational fluid dynamics. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.*, 196, pp.634-651.
2. Chen, P.F. and Huang, C.H., 2004. An inverse hull design approach in minimizing the ship wave. *Ocean Engineering*, 31, pp.1683-1712.
3. Choi, B.K., 1991. *Surface Modeling for CAD/CAM*. Seoul, Korea : Elsevier.
4. Chrismianto, D. and Kim, D.C, (2013). Parametric bulbous bow design using the cubic Bezier curve and curve-plane intersection method for the minimization of ship resistance in CFD. *Journal of Marine Science and Technology*, July 2014.
5. Kang, J.Y. and Lee, B.S., 2010. Mesh-based morphing method for rapid hull

form generation. *Computer-Aided Design*, 42, pp.970-976.

6. Kim, H, and Yang, C, 2010. A new surface modification approach for CFD-based hull form optimization. *International Conference on Hydrodynamics*, Shanghai, China.
7. Mancuso, A., 2006. Parametric design of sailing hull shapes. *Ocean Engineering*, 33, pp.234-246.
8. Perez, F., Suarez, J.A., Clemente, J.A. and Souto, A., 2007. Geometric modelling of bulbous bows with the use of non-uniform rational B-spline surfaces. *J Mar Sci Technol*, 12, pp.83-94.
9. Perez, F. and Clemente, J.A., 2011. Constrained design of simple ship hulls with B-spline surfaces... *Computer-Aided Design*, 43, pp.1829-1840.
10. Ping, Z., Xiang, Z.D. and Hao, L.W., 2008. Parametric approach to design of hull forms. *Journal of Hydrodynamics*, 20(6), pp.804-810.
11. Rodriguez, A. and Jambrina, L.F., 2012. Programmed design of ship forms. *Computer-Aided Design*, 44, pp.687-696.
12. Sarioz, E., 2006. An optimization approach for fairing of ship hull forms. *Ocean Engineering*, 33(16), pp.2105-2118.

SK Rektor : No. 916/UN7.P/IIK/2014



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO

# SERTIFIKAT

Diberikan Kepada

**AHMAD FAUZAN ZAKKI**

Sebagai Pemakalah pada Seminar Nasional Teknologi Kelautan  
dengan Tema

"Perkembangan Dunia Maritim Di Indonesia"

