

Perbandingan Variasi Bidang *Trim tab* Pada Kapal *Pilot Boat* 15,85 meter dengan menggunakan Pendekatan CFD

Aditya Agung Hari Priyono, I Ketut Aria Pria Utama

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: kutama@na.its.ac.id

Abstrak—*Trim tab* bertujuan untuk menghasilkan dan merancang sebuah inovasi pada kapal, yang merupakan pengembangan dari alat penggerak kapal, yang berfungsi sebagai alat yang mengurangi kecepatan kapal, yaitu *trim tab* suatu pengembangan dari cara memutar arah balik propeller, *Bow Thruster*, dan menggunakan parasut pada kondisi tertentu. *Trim tab* bertujuan sebagai alat pengereman pada kapal.

Pada penelitian ini telah digunakan metode perhitungan kecepatan secara numerik melalui simulasi CFD. Dengan variasi bidang AR (*Aspek rasio*) 2,5 dan AR 4,5. Model disimulasikan pada 5 variasi sudut dan 1 variasi kecepatan pada Fr (angka Froude) 0,9. Dalam percobaan numerik bertujuan untuk membandingkan antara dua variasi bidang *trim tab* dan mencari Pengurangan kecepatan serta jarak henti.

Hasil penelitian menghasilkan perhitungan numerik dan visual, dari kedua variasi bidang menunjukkan bahwa *trim tab* dengan AR 4,5 mengurangi kecepatan secara maksimal pada Fr 0,9 sebesar 30% dan jarak henti yang lebih pendek dibanding AR 2,5.

Kata Kunci— AR 2,5, AR 4,5, Fr 0,9, jarak henti, kecepatan, *trim tab*.

I. PENDAHULUAN

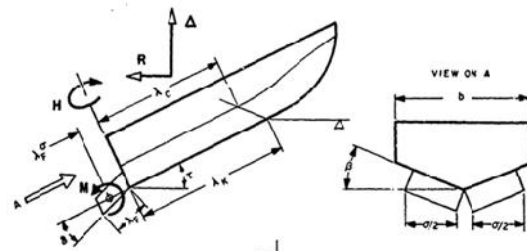
INDONESIA adalah Negara kepulauan (*archipelagic state*) Indonesia memiliki luas laut 75 % dari luas daratan, karena itu negara membutuhkan manajemen maritim yang mapan, dengan demikian kebutuhan perkapalan di Indonesia mempunyai perkembangan yang signifikan. Ditinjau dari banyaknya kapal cepat untuk patroli atau kebutuhan pribadi seperti kendaraan pariwisata elit pada perairan dalam.

Trim tab yang sudah diaplikasikan di dunia dirgantara sebagai pengatur kecepatan pada pesawat terbang, *trim tab* pada era modern ini sudah banyak digunakan pada kapal cepat dan panjangnya kurang dari 30 meter dengan ciri *planning hull* yang mempunyai kecenderungan pada kecepatan tinggi, *trim tab* dipasang pada buritan (*transom*) kapal yang membantu proses pengereman pada kapal atau pengurangan kecepatan.

Planning hull merupakan bentuk lambung yang memiliki nilai perbandingan antara kecepatan dan panjang kapal dinilai lebih dari 3. Sebuah kapal dikatakan berbentuk *planning hull* ketika nilai Angka Froudenya $Fr > 1.2$. Tetapi, $Fr = 1.0$ juga digunakan sebagai batas terendah dari *Planning hull* [1]. Kapal *planning hull* biasanya digunakan pada kapal patroli, kapal pemandu, kapal penangkap ikan, dan kapal cepat pada umumnya. *Planning hull* dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu : *planning hull*

kecepatan tinggi dan *planning hull* chine ganda. *Planning hull* kecepatan tinggi digunakan untuk mengurangi tekanan negatif pada 3 lambung saat kapal mencapai kecepatan tinggi. Ini bertujuan untuk menghasilkan aliran separasi pada daerah transom dan sepanjang lambung. Aliran separasi sepanjang sisi lambung disempurnakan dengan adanya *hard chine*. [2]

Terdapat karakteristik dari *flap* atau *trim tab* tersebut yaitu untuk angkat, *drag*, saat *pitching*, dan *flap hinge moment* pemasangan *trim tab* pada bagian transom kapal yang dipasang pada bagian buritan kapal [3] seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa trim tab [3]

Peningkatan *lift*, *drag* dan *pitching moment* dengan defleksi *trim tab* ini mudah ditemukan dengan mengurangi gaya dan momen untuk nol tutup lendutan [4], Aspek rasio pada *trim tab* adalah perbandingan antara besar *span* dan *chord* [5], Pengali ini didasarkan pada koreksi terkenal aspek rasio untuk koefisien angkat foil yang ideal [6]

Aspek rasio *trim tab* yang lebih tinggi (yaitu, *span* yang lebih luas dan *chord* lebih pendek) menyediakan angkat yang lebih besar untuk daerah bentuk *planning* yang sama, aspek rasio *trim tab* yang sama besar juga memiliki pusat usaha lebih jauh belakang, sehingga memberikan waktu *trimming* lebih efektif [5].

Tulisan ini melaporkan hasil analisa kecepatan dari uji coba 2 variasi *trim tab* yaitu variasi pertama dengan lebar *span* 76,2 cm, panjang *chord* 30,48 cm atau dalam ukuran *non dimensional aspek rasio* (AR) 2.5, pada variasi kedua dengan lebar *span* 137,16 cm, panjang *chord* 30,48 cm atau AR 4.5, dan mempunyai tebal masing-masing 0.26 cm.

Pada percobaan ini *trim tab* diuji pada kapal jenis *pilot boat* dengan panjang 15.85 meter dengan variasi sudut *trim tab* yaitu 0°, 5°, 10°, 15° dan 20°, serta kecepatan pada 11,22 m/s atau dalam angka froude (Fr) 0.9. Perhitungan kecepatan dilakukan secara numerik dengan pendekatan CFD yang memanfaatkan perkembangan teknologi berkecepatan tinggi.

Teknik CFD memungkinkan penyelidikan sebuah model dengan ketelitian yang sangat tinggi tetapi dengan konsekuensi memerlukan kapasitas memori komputer yang tinggi [6]. Dan perhitungan jarak henti pada kapal yang diuji yang konsep dasar menggunakan persamaan gerak lurus berubah beraturan (GLBB) [7]

persamaan kecepatan

$$V_{tx} = V_{0x} + a_x t \tag{1}$$

Persamaan perpindahan

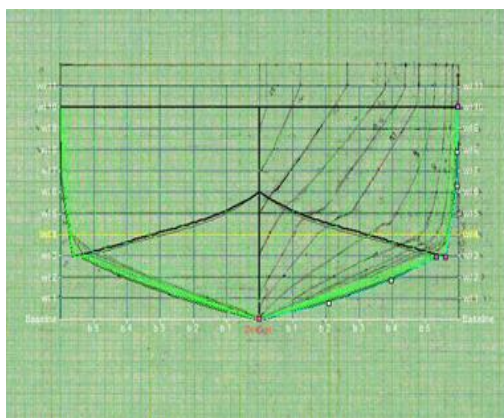
$$x = V_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \tag{2}$$

Sebagai mana V_{tx} adalah kecepatan akhir kapal atau berhenti (m/s), V_{0x} adalah kecepatan awal kapal (m/s), a_x adalah percepatan kapal (m/s²), t adalah waktu yang dibutuhkan kapal untuk berhenti yaitu selama 120 detik, dan x adalah jarak tempuh kapal untuk berhenti (meter).

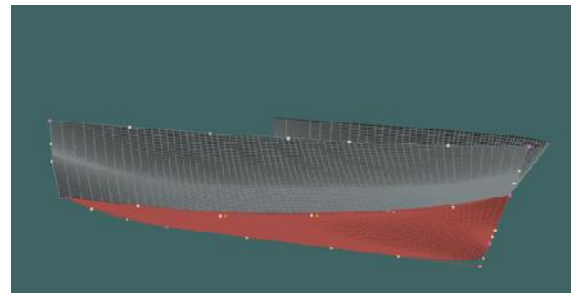
II. METODE

A. Tahap Telaah

Langkah awal dalam penelitian ini menyiapkan bahan-bahan sebelum melakukan pengujian numerik, yang meliputi model kapal jenis pilot boat 15.85 meter (1:18), kertas milimeter blok, pengaris siku, mal perkapalan dan alat tulis, sebelumnya dilakukannya penelitian, hal yang dilakukan ialah membuat rencana garis kapal dengan acuan *body plan*, yang di mana model dibagi atas 12 WL, dan 10 BL dapat dilihat pada Gambar 1, setelah itu model diproyeksikan kedalam virtual dengan bantuan *software maxsurf 17 academic* dimana skala model kapal (1:18) diubah menjadi skala kapal asli 1:1, dapat dilihat pada Gambar 2, *body plan* yang sudah dibuat secara manual digambar ulang dengan ketentuan fungsi *displacement* dimana selisih *displacement* kapal asli dengan kapal pada gambar ulang pada *maxsurf 17 academic* sebesar 0.5% [8], maka didapatkan gambar 3 dimensi *pilot boat* 15.85 meter dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Body plan pilot boat 15.85 meter



Gambar 3. 3 dimensi pilot boat 15.85 meter

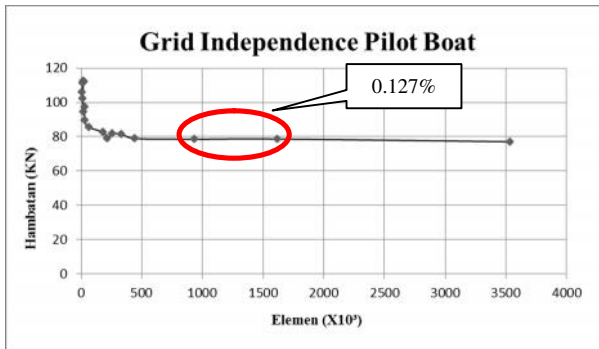
Setelah memproyeksikan model kapal ke bentuk virtual 3 dimensi, selanjutnya merancang *trim tab* dengan variasi AR 2.5 dan AR 4.5, desain *trim tab* dilakukan dengan bantuan *software CAD*, dan pemasangan *trim tab* yang berada di transom pada *portside* dan *starboard* kapal, berdasarkan acuan katalog *Lenco marine* [9] dengan jarak *chord* 2,54 cm dari *chine* kapal, jarak *span* 0.95 cm dari *bottom edge* (*transom*) dan jarak *chord* sisi berlawanan 5,08 cm dari *strake edge*.

Pre processing dilakukan setelah pemodelan dalam CAD, maka langkah selanjutnya memodelkan ulang kapal beserta *trim tab* pada *software CFD* bertujuan mengurangi ketidaksesuaian pada model yang akan dianalisis, dengan dilakukan analisis 1 fluida yaitu air, dikarenakan dimensi *trim tab* yang tercelup pada permukaan air, maka analisis untuk udara diabaikan, dengan ketentuan domain, Jarak sisi depan (*inlet*) terhadap model berkisar 2L – 3L, jarak samping ke sisi model $\geq 1L$ dan jarak sisi belakang (*outlet*) terhadap model berkisar 3L-5L [6].

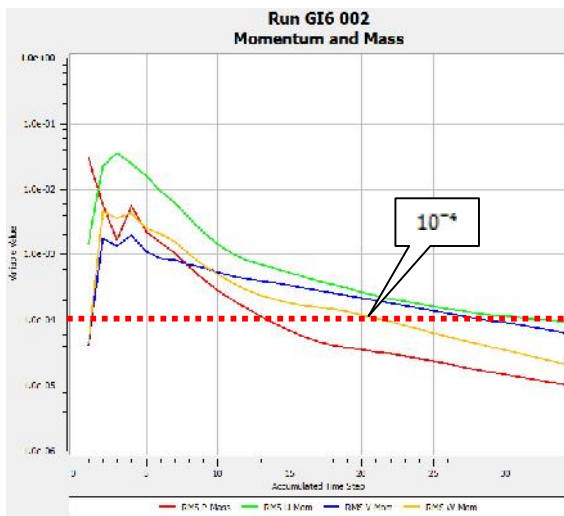
Sebelum melakukan tahap analisis kecepatan, dilakukannya tahap validasi yaitu *grid independence* pada kapal *pilot boat* 15.85 meter dan *trim tab* bertujuan untuk mengurangi terjadinya kesalahan perhitungan pada model yang akan dianalisis dan mempunyai ketentuan yaitu tidak boleh lebih dari 2% dapat dilihat pada Gambar 4 dan validasi kedua dilakukannya konvergensi, yang tujuannya adalah untuk mengurangi tingkat kesalahan dan meningkatkan tingkat keakurasian pada perhitungan, yang pada percobaan ini tingkat errornya ialah 10^{-4} , nilai ini merupakan nilai konvergensi terbaik dan telah banyak digunakan pada berbagai perhitungan aplikasi teknik [10] dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1. Grid Independence

| Elemen | Gaya |
|---------|---------|
| 332346 | 81404.3 |
| 441136 | 78942.8 |
| 935043 | 78559.4 |
| 1616453 | 78659.3 |
| 3531617 | 78088.2 |



Gambar 4. Grid Independence pilot boat 0.127%



Gambar 5. Batas konvergensi pilot boat 10⁻⁴

Setelah melakukan validasi model yang diteliti langkah selanjutnya ialah *solver manager*, di mana membuat kondisi batas pada pemodelan numerik, dengan menentukan domain yang akan dipakai yaitu *box* yang diartikan sebagai *towing tank*, yang dibagi atas *inlet* yang berarti tempat masuknya fluida (air laut) atau tempat arus datang, *outlet* tempat dimana arus (air laut) keluar dari *box*, *wall* dimana batasan arus yang melewati kapal, *top* didefinisikan permukaan air yang membatasi percobaan sepanjang sarat kapal, *boat* didefinisikan model uji atau kapal yang diuji, dengan massa jenis air laut 1025 kg/m³, dan kondisi batas penentuan kecepatan 11,22 m/s atau dalam notasi angka froude yaitu Fr 0.9.

Tahap berikutnya ialah *post processor*, pada tahap ini model yang sudah dibuat dengan kondisi batas yang sudah diberikan, *dirunning* yang bertujuan untuk menghasilkan perhitungan numerik dan gambar visualisasi dari hasil percobaan CFD.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Perbandingan Kecepatan dan Jarak Henti

Pada percobaan dengan *software* CFD didapatkan analisis kecepatan pada Fr 0.9 disetiap kondisi sudut *trim tab* dan variasi AR 2.5 dan AR 4.5 seperti terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2, dengan sudut *trim tab* dalam derajat, V_0 adalah kecepatan awal (m/s) dengan V_t kecepatan henti

adalah 0 m/s, Fr adalah angka froude, ax adalah percepatan kapal, t_a adalah waktu kapal untuk berhenti, x adalah jarak tempuh untuk berhenti total (meter), dan x/L adalah rasio jarak henti dengan panjang kapal *pilot boat* 15,85 meter.

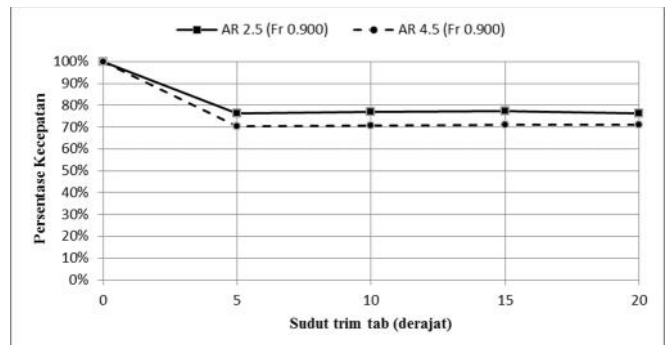
Tabel 2.
Hasil analisis *trim tab* AR 2.5

| AR 2.5 Pada Fr 0.9 | | | | | | |
|-----------------------|-------------|------|--------------------------|-------------|-------------|-------|
| Sudut <i>trim tab</i> | V_0 (m/s) | Fr | ax (m/s ²) | t (detik) | x (meter) | x/L |
| 0° | 11.217 | 1.80 | -0.09 | 120 | 673.02 | 42.46 |
| 5° | 8.543 | 1.37 | -0.07 | 120 | 512.60 | 32.34 |
| 10° | 8.641 | 1.39 | -0.07 | 120 | 518.49 | 32.71 |
| 15° | 8.678 | 1.39 | -0.07 | 120 | 520.68 | 32.85 |
| 20° | 8.565 | 1.37 | -0.07 | 120 | 513.93 | 32.42 |

Tabel 3.
Hasil analisis *trim tab* AR 4.5

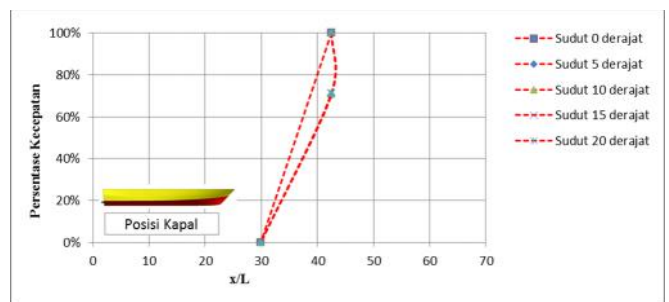
| AR 4.5 Pada Fr 0.9 | | | | | | |
|-----------------------|-------------|------|--------------------------|-------------|-------------|-------|
| Sudut <i>trim tab</i> | V_0 (m/s) | Fr | ax (m/s ²) | t (detik) | x (meter) | x/L |
| 0° | 11.217 | 1.80 | -0.09 | 120 | 673.02 | 42.46 |
| 5° | 7.898 | 1.27 | -0.07 | 120 | 473.90 | 29.90 |
| 10° | 7.940 | 1.27 | -0.07 | 120 | 476.43 | 30.06 |
| 15° | 7.984 | 1.28 | -0.07 | 120 | 479.07 | 30.23 |
| 20° | 7.992 | 1.28 | -0.07 | 120 | 479.54 | 30.25 |

Dari tabel diatas didapatkan perbandingan antara persentase kecepatan pada kapal yang menggunakan *trim tab* pada AR 2.5 dan AR 4.5 dengan setiap sudut *trim tab* pada Gambar 6

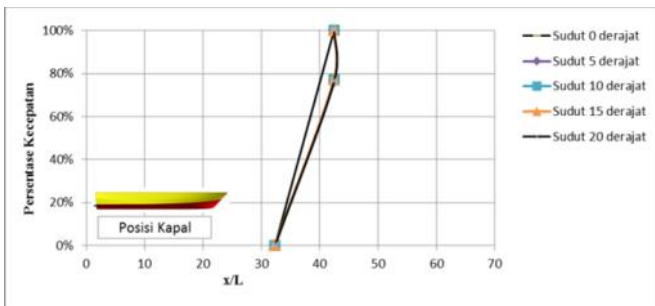


Gambar 6. Perbandingan sudut *trim tab* dengan persentase kecepatan

Dapat dianalisis dari Gambar 6 bahwa sudut *trim tab* mempengaruhi penurunan kecepatan pada setiap sudut *trim tab* pada AR 2.5 terjadi penurunan kecepatan sekitar 25% dan pada AR 4.5 terjadi penurunan kecepatan sekitar 30%. Dan pada Tabel 2 dan 3 didapatkan perbandingan x/L dengan persentase kecepatan pada Fr 0,9 dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Perbandingan x/L dengan persentase kecepatan (AR 2.5)

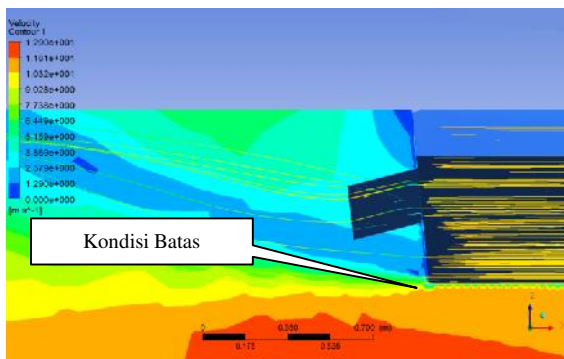


Gambar 8. Perbandingan x/L dengan persentase kecepatan (AR 4.5)

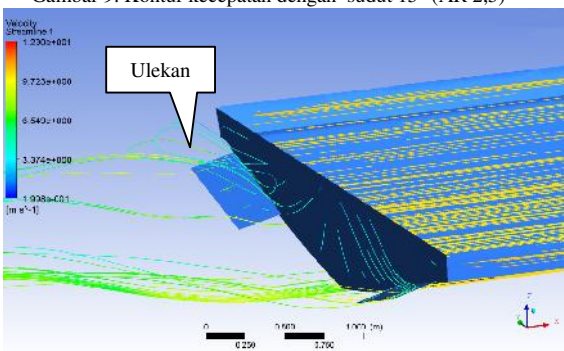
Dapat dianalisis dari gambar di atas, fenomena penurunan kecepatan terjadi juga pengurangan jarak henti pada kapal *pilot boat* dengan perubahan sudut *trim tab*, dapat dilihat bahwa pada *trim tab* AR 2.5 mempunyai jarak henti pada x/L 32,6 dan pada *trim tab* AR 4.5 mempunyai jarak henti pada x/L 30,1.

B. Hasil Analisa Visual

Pada analisis visual dapat dilihat perbandingan kontur dan aliran yang terjadi pada *trim tab* AR 2,5 dan AR 4,5 pada Fr 0,9, hasil visual dapat dilihat pada berikut.

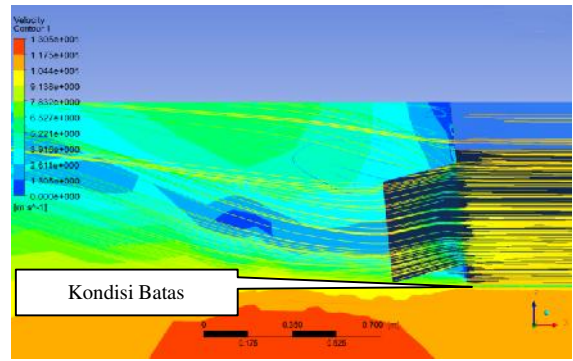


Gambar 9. Kontur kecepatan dengan sudut 15° (AR 2,5)

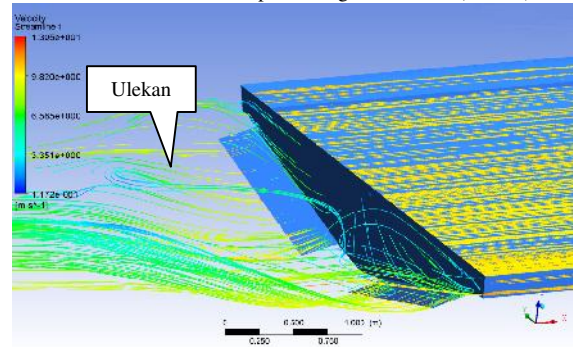


Gambar 10. Streamline kecepatan dengan sudut 15° (AR 2,5)

Dapat dianalisis dari kondisi *trim tab* dengan sudut 15° pada AR 2,5 mempunyai ciri yaitu menghasilkan ulekan yang kecil di daerah *trim tab* yang mempengaruhi pengurangan kecepatan kapal.



Gambar 11. Kontur kecepatan dengan sudut 15° (AR 4.5)



Gambar 12. Streamline kecepatan dengan sudut 15° (AR 4,5)

Pada *trim tab* AR 4,5 dapat dilihat bahwa di sekitar *trim tab* terdapat ulekan yang besar, dan ulekan yang terjadi pada daerah *trim tab* mempengaruhi pengurangan kecepatan kapal.

Dapat dianalisis dari gambar tersebut dengan kondisi sudut *trim tab* 15° dan Fr 0,9 bahwa kapal dengan *trim tab* AR 2,5 mempunyai ulekan yang lebih kecil dibandingkan pada AR 4,5, fenomena tersebut diakibatkan oleh lebar *span* pada *trim tab* AR 4,5 lebih besar dan mempengaruhi pengurangan kecepatan lebih baik dibandingkan *trim tab* AR 2,5 yang mempunyai lebar *span* yang kecil.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil melihat bahwa adanya penurunan kecepatan yang diakibatkan *trim tab* pada AR 2,5 dan AR 4,5 dengan perubahan sudut *trim tab* mempengaruhi kecepatan kapal semakin berkurang.

Pada *trim tab* AR 2,5 mengalami pengurangan kecepatan dari kecepatan awal (sudut 0°) dan perubahan sudut (5°, 10°, 15° dan 20°) sekitar 25% yang mempengaruhi jarak henti pada x/L 32,6

Pada *trim tab* AR 4,5 mengalami pengurangan kecepatan dari kecepatan awal (sudut 0°) dan perubahan sudut (5°, 10°, 15° dan 20°) sekitar 30% yang mempengaruhi jarak henti pada x/L 30,1

Dari kedua jenis variasi AR 2,5 dan AR 4,5 pada dasarnya sama-sama bertujuan mengurangi kecepatan, dari percobaan numerik dan hasil visual melalui pendekatan CFD dapat disimpulkan bahwa pada *trim tab* dengan AR 4,5 lebih baik dan unggul dalam mengurangi kecepatan, ditinjau dari efek lebih besarnya ukuran lebar *span* dibandingkan pada AR 2,5.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Elliza de Fretes (Mahasiswa S3 FTK ITS) yang memberikan motivasi dan ilmu CFD dan dukungan, serta kepada teman sejawat yang selalu memberikan inspirasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Savitsky, Daniel., Hydrodynamic Design Of Planning Hull (1964).
- [2] Savitsky, Daniel., On the Subject Of High Speed Monohull (2003); Athens
- [3] Brown, P.W., "An *Experimental and Theoretical Study of Planing Surfaces with Trim Flaps*", Davidson Laboratory Report 1463, Stevens Institute of Technology, April (1971).
- [4] Savitsky, D. and Brown, P.W., "*Procedures for the Hydrodynamic Evaluation of Planing Hulls in Smooth and Rough Waters*", Marine Technology, Vol. 13, No. 4, October (1976). NA
- [5] The Naval Architect. January, "*Trimming the stern flap equation*" (2012).
- [6] Utama, I. K. A. P. & Hantoro, R. "Computational Fluid Dynamic (CFD) dengan ANSYS CFX". ITS Surabaya (2010).
- [7] Schaim, Walter. *PSSC Physics*. Lexington, MA; D.C (1988).
- [8] Sugiarto, Adin. "Diktat Pelatihan CAD", ITS (2010).
- [9] Marine, lenco., 30 Januari 2012. Catalog lenco marine, Available: URL:<http://www.lencomarine.com>
- [10] AIAA, G. 007, "Guide for The Verification and Validation of Computational Fluid Dynamics Simulations". NPARC.pp. 147-154. (1998)