

Analisa Tahanan Dan Stabilitas Dengan Variasi Sudut *Deadrise* Pada Rc Boat *Planning Hull* Menggunakan Simulasi *Maxsurf*

Bima Satya Pratama^{1*)}, Ira Kusumaningrum²⁾, Kadaryono³⁾
^{1,2,3)} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Darul Ulum, Jombang

Jl. KH. Abdurrahman Wahid (Gus Dur) No. 29A, Jombang, Jawa Timur, 61413

Telp.: (0321) 853436, Fax: (0321) 854106

*Corresponding author, E-mail: bimasaty4@gmail.com

ABSTRAK

RC Boat merupakan representasi miniatur dari kapal sungguhan yang dikendalikan melalui sinyal radio, RC Boat merupakan media yang efektif untuk simulasi desain dan uji performa hidrodinamika pada kapal. Salah satu parameter desain yang memengaruhi performa hidrodinamika kapal adalah sudut *deadrise*, yaitu sudut kemiringan dasar lambung terhadap bidang horizontal. Sudut *deadrise* juga mempengaruhi dua aspek yaitu tahanan dan stabilitas kapal, Sudut yang terlalu kecil dapat mengurangi stabilitas lateral kapal. Sebaliknya, sudut *deadrise* yang besar memberikan kenyamanan saat menghadapi gelombang, tetapi meningkatkan nilai tahanan akibat bentuk lambung yang lebih tajam. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa tahanan dan stabilitas dengan variasi sudut *deadrise* rc Boat dengan lambung *planning hull* menggunakan simulasi *Maxsurf*. Dari hasil penelitian menunjukkan sudut *deadrise* 10° memiliki tahanan paling kecil pada kecepatan tinggi, namun dengan stabilitas yang rendah. Sudut *deadrise* 20° memberikan stabilitas tertinggi namun dengan tahanan yang lebih besar. Sementara itu, sudut *deadrise* 15° memberikan kombinasi performa yang paling seimbang antara kecepatan dan kestabilan, sehingga direkomendasikan sebagai sudut optimal karena memberikan performa keseluruhan terbaik untuk RC boat jenis *planning hull*.

ABSTRACT

An RC boat is a miniature representation of a real ship controlled by radio signals, and it serves as an effective medium for design simulation and hydrodynamic performance testing. One of the design parameters that influences the hydrodynamic performance of a vessel is the *deadrise* angle, which refers to the inclination of the hull bottom relative to the horizontal plane. The *deadrise* angle also affects two main aspects, namely resistance and stability. A small *deadrise* angle can reduce the vessel's lateral stability, while a large *deadrise* angle provides better comfort when encountering waves, but increases resistance due to the sharper hull form. This study was conducted to analyze resistance and stability with variations of *deadrise* angle on an RC boat with a *planning hull* using *Maxsurf* simulation. The results show that a 10° *deadrise* angle yields the lowest resistance at high speed, but with lower stability. A 20° *deadrise* angle provides the highest stability but with greater resistance. Meanwhile, a 15° *deadrise* angle offers the most balanced performance between speed and stability, and is therefore recommended as the optimal angle since it delivers the best overall performance for an RC boat with a *planning hull*.

Keywords: *Planning Hull, Deadrise Angel, Resistance, Stability, Maxsurf*

1. PENDAHULUAN

Indonesia dengan 80% wilayahnya terdiri dari lautan merupakan negara maritim terbesar di dunia. dengan luas laut Indonesia mencapai 1.309.337,99 km² dan jumlah pulau yang mencapai 17.506 pulau, dengan garis pantai sepanjang 81.000 km², dan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) selebar 200 mil³ [1]. Indonesia memiliki kekayaan laut yang melimpah. Laut memainkan banyak peran dalam kehidupan Indonesia, seperti sebagai jalur transportasi, sumber makanan, energi, dan mineral, pusat perdagangan, dan tempat wisata, serta untuk keamanan dan pertahanan. Pemanfaatan sumber daya perlu didukung dengan kapal atau bangunan apung berteknologi maju [2].

Salah satu jenis kapal yang berkembang pesat adalah kapal cepat dengan lambung planning hull. Kapal *planning* merupakan salah satu jenis kapal yang mempunyai tingkat efisiensi yang baik sebagai kapal cepat. Kapal ini bergantung pada kecepatan yang mengangkat sebagian lambungnya keluar dari air (*hydrodynamic support*) [3].

Untuk keperluan eksperimen desain, RC Boat sering digunakan sebagai model uji berskala kecil karena mudah dimodifikasi dan praktis dioperasikan. RC Boat ini dikendalikan menggunakan remote control atau pengendali jarak jauh, yaitu perangkat elektronik yang memungkinkan pengoperasian mesin dari jarak tertentu melalui sinyal radio. Walaupun hanya berupa miniatur, prinsip kerja dan perhitungan desain RC Boat tetap mengacu pada kaidah perkapalan yang sebenarnya, sehingga efektif dimanfaatkan sebagai media simulasi desain dan pengujian performa hidrodinamika kapal [4].

Salah satu parameter desain yang memengaruhi performa hidrodinamika kapal adalah sudut *deadrise*, yaitu sudut kemiringan dasar lambung terhadap bidang horizontal. Sudut ini berperan dalam menentukan karakteristik tahanan, daya angkat, serta stabilitas kapal. Sudut yang terlalu kecil dapat mengurangi stabilitas lateral kapal. Sebaliknya, sudut *deadrise* yang besar memberikan kenyamanan saat menghadapi gelombang, tetapi meningkatkan nilai tahanan akibat bentuk lambung yang lebih tajam [5].

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa tahanan dan stabilitas dengan variasi sudut *deadrise* rc Boat dengan lambung planning hull menggunakan *simulasi Maxsurf*. Penggunaan simulasi pada *software Maxsurf* memungkinkan permodelan yang akurat dan pengujian performa kapal dengan berbagai variasi sudut *deadrise* guna memperoleh data akurat tentang tahanan dan stabilitas kapal secara virtual, sehingga dapat diperoleh hasil yang objektif tanpa perlu membangun prototipe fisik yang memakan biaya dan waktu.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Variabel Penelitian

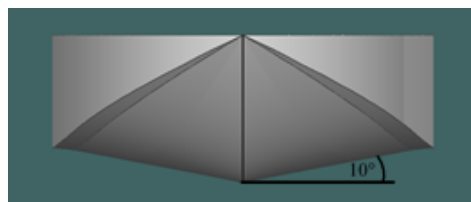
Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas
Sudut *Deadrise* (10°, 15°, 20°), Kecepatan (20, 30, 46 km/jam)
2. Variabel terikat
Tahanan dan Stabilitas
3. Variabel kontrol
Ukuran lambung kapal, kondisi air tenang, efisiensi mesin 75%

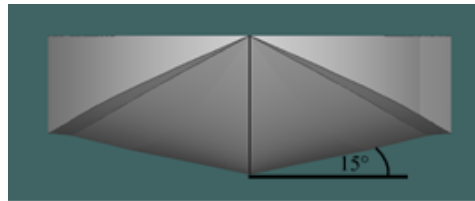
2.2 Desain sudut *deadrise* dan ukuran lambung kapal RC

Berikut merupakan desain sudut *deadrise* dan ukuran lambung kapal RC yang diperlukan dalam simulasi di penelitian ini

Desain sudut deadrise



Gambar 1. Sudut *deadrise* 10°



Gambar 2. Sudut *deadrise* 15°



Gambar 3. Sudut *deadrise* 20°

Ukuran lambung kapal RC

Tabel 1. Ukuran Lambung Planning Hull

Parameter Ukuran Lambung Kapal RC	Sudut <i>Deadrise</i> 10°	Sudut <i>Deadrise</i> 15°	Sudut <i>Deadrise</i> 20°
LoA	100 cm	100 cm	100 cm
LwL	93,3 cm	93,3 cm	93,3 cm
Beam (B)	28,15 cm	28,15 cm	28,15 cm
Depth (H)	11,84 cm	11,84 cm	11,84 cm
Sarat (T)	7 cm	7 cm	7 cm
Displacement (Δ)	11,5 kg	10,7 kg	8,4 kg

Berikut merupakan Deskripsi dari ukuran lambung Kapal RC:

1. LoA (*Length Over All*)
Merupakan ukuran panjang keseluruhan kapal yang dihitung mulai dari bagian paling depan (haluan) hingga titik paling belakang (buritan).
2. LwL (*Length Water Line*)
Merupakan panjang badan kapal yang berada pada garis air, yaitu bagian badan kapal yang bersentuhan langsung dengan permukaan air.
3. Beam (B)
Didefinisikan sebagai ukuran lebar maksimum kapal yang diukur secara melintang dari sisi lambung kiri hingga sisi lambung kanan.
4. Depth (H)
Merupakan tinggi badan kapal yang diukur dari bagian dasar lambung (keel) hingga ke bagian geladak utama atau bangunan atas kapal.
5. Sarat Air (T)
Merupakan jarak jarak vertikal antara bagian terendah lambung kapal dengan garis air (*waterline*) saat kapal berada di perairan.
6. Displacement
Displacement adalah berat total dari RC boat dalam kondisi operasi (termasuk badan kapal, motor, elektronik, dan komponen lainnya), dan sama dengan berat air yang dipindahkan oleh kapal ketika mengapung.

2.3 Prosedur Penelitian

Pada penelitian dilakukan dengan metode simulasi numerik menggunakan *software maxsurf*. Adapun prosedur penelitian yang dimaksud meliputi tahapan sebagai berikut :

- A. Membuat model lambung dengan tiga variasi sudut *deadrise* di *maxsurf modeler*
- B. Melakukan simulasi tahanan di *maxsurf resistance*
 1. Buka *Software Maxsurf resistance*
 2. Masukkan desain lambung, pilih File > *Open design* > Pilih *design* gunakan opsi pemilihan *measure all* untuk dasar perhitungan seluruh model *body* kapal yang tercelup di air.
 3. Buka analisis menu > *Methods* > *Savitsky Planning*. Metode/teori yang akan gunakan dalam analisis ini menggunakan metode *Savitsky*. Metode *savitsky* secara khusus untuk menganalisa tahanan pada *planning hull*.
 4. Buka analisis menu > *Speeds* > Input kecepatan minimum 20 km/j dan maksimum 46 km/j
 5. Buka analisis menu > *Efficient* > *Input efficient 75%*
 6. Solve Menu: *Analysis* > *Solve resistance* > klik
- C. Melakukan simulasi stabilitas di *maxsurf stability*
 1. Buka *software Maxsurf stability*
 2. Buka model Menu pilih File > *Open design* > Pilih *design*
 3. Buka analisis mode pilih metode *large angel stability*, metode ini berguna untuk menganalisa stabilitas lambung.
 4. Masukkan *displacement* atau berat kapal pada *loadcase*.
 5. Buka analisis menu > *Heel Setup* > *setting heel angel* dari 0° ke 90° dengan penambahan sudut 10°, *hell direction*/arah olengan pilih standart.
 6. Buka analisis menu > *trim* > *fixed trim*
 7. Buka analisis menu > *criteria* > IMO (*International Maritime Organization*).
 8. Setelah semua sudah disetting selanjutnya klik start
 9. data akan berbentuk table dan grafik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tahanan

Data nilai tahanan (*resistance*) pada kecepatan 20 km/jam, 30 km/jam, dan 46 km/jam dengan sudut *deadrise* 10°, 15°, dan 20° dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

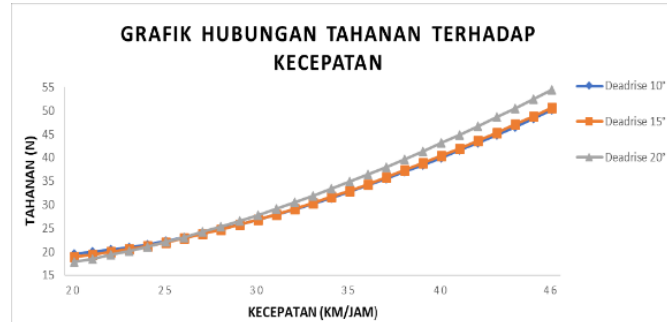
Tabel 2. Tabel Tahanan Terhadap Kecepatan

Speed (km/jam)	Tahanan (N) <i>Deadrise 10°</i>	Tahanan (N) <i>Deadrise</i> 15°	Tahanan (N) <i>Deadrise 20°</i>
20	19.54	18.96	17.83
30	26.83	26.83	27.82
46	50.11	50.70	54.47

Untuk mempermudah analisis visual maka dibuat dalam bentuk grafik. Berdasarkan hasil pada tabel 2 didapatkan grafik seperti pada gambar 4 berikut ini.

Berdasarkan grafik pada gambar 4, terdapat perbedaan signifikan antara tiga sudut *deadrise*. pada kecepatan 20 km/jam sudut *deadrise* 20° menunjukan tahanan paling kecil sebesar 17,83 N. Hal

ini menunjukkan bahwa bentuk lambung dengan sudut lebih tajam (*deep V*) bekerja lebih efisien dalam mengurangi hentakan (*slamming*) dan tahanan gelombang pada kecepatan rendah [6].



Gambar 4. Grafik hubungan tahanan terhadap kecepatan

Pada kecepatan 30 km/jam sudut 10° dan 15° menghasilkan tahanan serupa 26,83 N, yang menunjukkan bahwa model mulai masuk ke mode transisi (*semi-planning*) di mana pengaruh gaya angkat mulai muncul. Pada kecepatan 46 km/jam, sudut deadrise 10° lebih unggul dengan tahanan minimum 50,11 N, dibandingkan sudut lainnya. Ini membuktikan bahwa bentuk lambung yang lebih datar lebih efisien dalam mode *planning* karena menghasilkan gaya angkat (*lift*) lebih cepat, sehingga mengurangi permukaan basah (*wetted surface area*) dan tahanan geseknya [7].

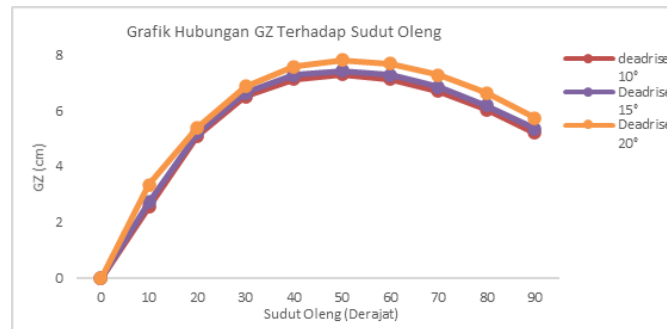
3.2 Stabilitas

Data nilai stabilitas menggunakan *maxsurf stabilty* pada variasi sudut deadrise 10°, 15°, dan 20° dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Stabilitas Nilai GZ Tiap Deadrise

Sudut oleng	GZ (cm) Deadrise 10°	GZ (cm) Deadrise 15°	GZ (cm) Deadrise 20°
0°	0.00	0.00	0.00
10°	2.57	2.74	3.35
20°	5.10	5.21	5.41
30°	6.53	6.65	6.89
40°	7.15	7.28	7.58
50°	7.31	7.45	7.82
60°	7.14	7.30	7.70
70°	6.71	6.87	7.30
80°	6.05	6.21	6.65
90°	5.21	5.36	5.76

Untuk mempermudah analisis visual maka dibuat dalam bentuk grafik. Berdasarkan hasil pada tabel 3 didapatkan grafik seperti pada gambar berikut ini



Gambar 5. Grafik hubungan GZ terhadap sudut oleng

Pada gambar 5 grafik GZ terhadap sudut oleng untuk variasi sudut deadrise 10°, 15°, dan 20° menunjukkan bahwa nilai GZ mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya sudut oleng hingga 50° kemudian menurun. Hal ini merupakan karakteristik umum dari kurva stabilitas statis, dimana kapal cenderung memiliki kemampuan pemulihan (*restoring arm*) maksimum di sudut oleng tertentu sebelum menurun akibat hilangnya momen pemulih [8]. Dari grafik terlihat Sudut deadrise 20° menghasilkan nilai GZ tertinggi sepanjang rentang sudut oleng sebesar 7,82 cm, diikuti sudut deadrise 15° menghasilkan nilai GZ sebesar 7,45 cm dan sudut deadrise 10° menghasilkan nilai GZ paling kecil sebesar 7,31 cm, yang menandakan stabilitas paling rendah.

Tabel 4. Hasil Stabilitas Menurut Standar IMO

Criteria	Value	Units	Deadrise 10°	Deadrise 15°	Deadrise 20°	Status
3.1.2.1: Area 0 to 30	5.500	cm.rad	1.974	1.994	2.128	Fail
3.1.2.1: Area 0 to 40	9.000	cm.rad	3.201	3.217	3.400	Fail
3.1.2.1: Area 30 to 40	3.000	cm.rad	1.227	1.224	1.272	Fail
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	20.00	cm	7.40	7.50	7.80	Fail
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	49.1	50.0	51.8	Pass
3.1.2.4: Initial GMt	15.00	cm	15.10	15.60	19.20	Pass

Beberapa faktor utama yang menyebabkan kegagalan ini antara lain adalah displacement lambung yang sangat kecil akibat skala RC yang terbatas, bentuk lambung dengan sudut deadrise besar yang mempersempit permukaan air dan mengurangi gaya pemulih. Selain itu, standar IMO sendiri ditujukan untuk kapal berukuran penuh dengan kondisi operasional laut sebenarnya, sehingga sulit dicapai oleh model skala kecil seperti kapal RC [9]. Fenomena ini didukung oleh teori dari Rawson dan Tupper yang menyatakan bahwa kapal kecil dengan bentuk ramping cenderung memiliki nilai GZ yang rendah [8].

Sebagai upaya validasi terhadap hasil simulasi stabilitas dari perangkat lunak Maxsurf, dilakukan perhitungan manual terhadap nilai lengan penegak (GZ) dengan menggunakan pendekatan awal pada tiga sudut *deadrise* berdasarkan nilai GM (*metacentric height*). Untuk perhitungan manual pada tiap sudut *deadrise* berdasarkan nilai GM menggunakan rumus berikut :

$$GM = BM - BG \quad (1)$$

Dimana:

BM: Jarak antara *Center of buoyancy* (B) ke titik *metacenter* (M) (m).

BG: Jarak antara *Center of buoyancy* (B) ke *Center Of gravity* (G) (m).

Perhitungan manual GZ dilakukan dengan menggunakan rumus linear yang umum digunakan pada analisis stabilitas awal kapal yaitu:

$$GZ = GM \cdot \sin(\theta) \quad (2)$$

Dimana:

GM: *Metacentric height* (jarak antara pusat gravitasi G dan *metacenter* M) (m).

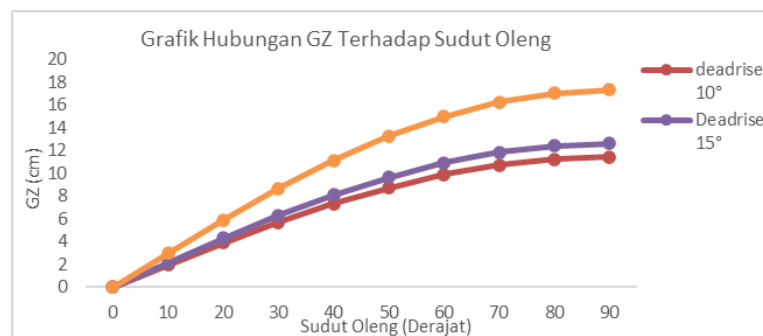
θ : Sudut kemiringan (dalam radian atau derajat).

Data nilai stabilitas menggunakan perhitungan manual pada variasi sudut deadrise 10°, 15°, dan 20° dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. perhitungan Nilai GZ Manual

Sudut oleng	GZ (cm) Deadrise 10°	GZ (cm) Deadrise 15°	GZ (cm) Deadrise 20°
0°	0,00	0,00	0,00
10°	1,98	2,19	3,01
20°	3,91	4,32	5,93
30°	5,72	6,31	8,67
40°	7,35	8,11	11,15
50°	8,76	9,67	13,29
60°	9,90	10,93	15,02
70°	10,75	11,86	16,30
80°	11,26	12,43	17,08
90°	11,44	12,63	17,35

Untuk mempermudah analisis visual dari data di atas, berdasarkan hasil pada tabel 5 didapatkan grafik seperti pada gambar berikut ini



Gambar 6. Grafik hubungan GZ terhadap sudut oleng manual

Pada gambar 6 hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai GZ meningkat secara progresif seiring bertambahnya sudut oleng. Hal ini dikarenakan nilai $\sin(\theta)$ akan selalu meningkat hingga mencapai maksimum pada sudut 90°, di mana $\sin(90^\circ) = 1$. Dengan kata lain, pada sudut oleng 90°, nilai GZ secara teoritis akan sama persis dengan nilai GM itu sendiri.

Berdasarkan Tabel 3 hasil dari *maxsurf* dan Tabel 5 perhitungan manual, terlihat bahwa nilai GZ hasil perhitungan manual secara konsisten lebih besar dibandingkan hasil simulasi *maxsurf*, terutama pada sudut oleng besar ($\geq 40^\circ$).

Sebagai pembandingan, pada sudut oleng 50° dengan sudut deadrise 20°, nilai GZ hasil simulasi *maxsurf* adalah 7,82 cm, yang merupakan nilai GZ tertinggi dari keseluruhan data simulasi menandakan kondisi yang paling stabil dari lambung kapal RC dalam simulasi tersebut. Namun, pada perhitungan manual, nilai GZ pada kondisi yang sama mencapai 13,29 cm, menunjukkan perbedaan sebesar 5,47 cm.

Perbedaan yang cukup besar ini terjadi karena pendekatan yang digunakan. Perhitungan manual menggunakan rumus teoritis yang mengasumsikan kondisi ideal tanpa memperhitungkan perubahan posisi titik apung dan distribusi volume terendam selama olengan [8]. Sebaliknya, simulasi *maxsurf* mempertimbangkan geometri lambung 3D secara aktual serta perubahan dinamika stabilitas akibat olengan [10].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, analisis, dan pembahasan tahanan dan stabilitas dengan variasi sudut *deadrise* pada *rc boat planning hull* menggunakan simulasi *maxsurf* didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Sudut *deadrise* 10° memberikan tahanan paling kecil pada kecepatan tinggi (46 km/jam), namun memiliki stabilitas paling rendah.
- Sudut *deadrise* 20° menghasilkan nilai stabilitas tertinggi, tetapi memiliki tahanan paling besar, sehingga kurang efisien untuk performa kecepatan.
- Sudut *deadrise* 15° menunjukkan hasil paling seimbang, dengan tahanan yang relatif rendah dan stabilitas yang cukup baik.
- Dengan mempertimbangkan efisiensi kecepatan dan kestabilan, sudut *deadrise* 15° direkomendasikan sebagai sudut optimal karena memberikan performa keseluruhan terbaik untuk RC boat jenis *planning hull*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yosef Budiman dan dkk. (2022). “Perancangan Bodi Kapal Patroli Lepas Pantai: Analisis Numerik Hidrodinamika Bodi Deep V-Hull, Bulbous Hull, Dan Catamaran Melalui Simulasi Software Maxsurf,” Budiman, et al./Prosiding SINTA 5 (2022).
- [2] Balai Pengembangan Talenta Indonesia, (2023). “Pedoman Kontes Kapal Indonesia (Kki) Perguruan Tinggi 2024.” Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Jakarta 2023
- [3] Pradipta Rahman Hakim, dan IKAP Utama (2018). “Analisa Hambatan dan Pitching Moment Equilibrium Pada Kapal Planing Jenis Monohull With Transverse Step Pada Perairan Calm Water,” JURNAL TEKNIK ITS Vol. 7, No. 1 (2018), 2337-3520 (2301-928X Print)
- [4] Aferina Mutiara Hayyu Saputra dan dkk. (2024) “Desain Remote Control Boat Pada Autonomous Survice Vehicle (ASV)” e-Proceeding of Applied Science: Vol.10, No.6 Desember 202, ISSN: 2442-5826
- [5] Naufal Fadillah, Asral, Awaludin Martin (2024). “Analisis Tahanan, Stabilitas, Seakeeping Dan Fenomena Slamming Pada Kapal Dengan Variasi Sudut Deadrise.” Jurnal Teknik mesin Cakram, Vol. 7, No. 2, Oktober 2024
- [6] Erifive Pranatal (2022), “Studi Interaksi Kapal – Propeler pada Planing Hull akibat perbedaan sudut Deadrise”, WAVE: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim, 2022.
- [7] T. Ratcliffe, T.C. Fu dkk,(2010) “A comparison of experimental measurements and computational predictions of a deep-V planing hull,” 12-17 September 2010

- [8] K. J. Rawson dan E. C. Tupper, “Basic Ship Theory”, 5th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001.
- [9] International Maritime Organization, International Code on Intact Stability, 2008 (IS Code 2008), IMO Resolution MSC.267(85), London, UK: IMO Publishing, 2008.
- [10] Erifive Pranatal (2020). “Analisis Pengaruh Sudut Deadrise Planning Craft Terhadap Stabilitas Dan Seakeeping.” *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim* Volume 14, Nomer 2, Desember 2020: hal: 61-72 P-ISSN: 1978-886X and E-ISSN: 2614-641X.