



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Perancangan bodi kapal patroli lepas pantai: analisis numerik hidrodinamika bodi *deep v-hull*, *bulbous hull*, dan *catamaran* melalui simulasi software maxsurf

Yosef Budiman¹, Formuji Romansyah¹, Mukhamad Nur Rochim¹, Muhammad Syahrul Akmal¹, Moch Solikin¹, Aan Yudianto¹

¹Program Studi Sarjana Terapan Mesin Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta, Jl. Colombo Yogyakarta No.1, Karang Malang, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima tgl/bln/tahun

Direvisi tgl/bln/tahun

Kata kunci:

Bodi Kapal
Hidrodinamika
Resistansi
Stabilitas
Seakeeping

Kapal Republik Indonesia (KRI) merupakan kapal perang milik Angkatan Laut RI yang digunakan untuk melindungi kedaulatan NKRI dari aksi liar kapal asing yang memasuki wilayah perairan Indonesia tanpa izin. Dalam kasusnya, seringkali terjadi kegagalan dalam penangkapan kapal asing yang disebabkan oleh kurangnya teknologi serta bodi kapal yang kurang optimum dalam beroperasi. Adanya hal tersebut diperlukan analisis mendalam mengenai pemilihan jenis lambung kapal yang paling baik dalam performa dan *manouver*. Analisis dilakukan secara numeris menggunakan bantuan *software* Maxsurf. Secara umum, tahapan analisis dilakukan mulai dari studi literatur, penentuan batas pengujian, desain model lambung kapal, simulasi numerik, pengumpulan data, analisis hasil simulasi, hingga pembuatan laporan. Simulasi numerik dilakukan memperhatikan parameter resistansi, stabilitas, serta *seakeeping*. Hasil yang didapatkan, model lambung kapal jenis *catamaran* memiliki optimasi yang lebih baik dibandingkan model lambung kapal lainnya. Dibuktikan dengan nilai resistansi holtrop sebesar 170,5 kN pada kecepatan 20 knot, nilai stabilitas yang paling unggul pada kriteria 3.1.2.1: Area 0 to 30, 3.1.2.1: Area 0 to 40, serta 3.1.2.4: Initial GMt berdasarkan standar IMO, serta *seakeeping* pada pengujian MSI yang baik dengan adanya garis *Remote location* yang tidak bersinggungan dengan garis *Severe discomfort boundary for 8 hours*, sehingga dapat menambah kenyamanan penumpang kapal selama berlayar dengan waktu yang sangat panjang.

1. Pendahuluan

Wilayah Indonesia terdiri atas perairan yang menyimpan banyak kekayaan alam hayati maupun non-hayati dengan jumlah setara dengan luasnya perairan. Menurut Maryani & Nasution: 2019, Indonesia merupakan negara kepulauan 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. Melihat hal tersebut maka bisa dipastikan Indonesia memiliki kekayaan hasil laut yang sangat kaya dan melimpah.

Dengan melimpahnya Sumber Daya Alam perairan ini, menjadikan Indonesia sebagai sorotan dari negara-negara dan perusahaan internasional demi meraup

berbagai keuntungan. Menurut Ilyasa, *et al*: 2020, berdasarkan data Badan Koordinasi Penanaman Modal (BKPM) dalam tahun 2011 menyatakan bahwa total investasi perikanan mencapai 1,2 juta Dollar Amerika dengan 100% bersumber dari pihak asing. Investasi tersebut terus mengalami kenaikan hingga total terdiri dari 69 proyek dengan mencapai angka investasi sebesar 35,3 juta Dollar Amerika.

Meninjau adanya sumber daya alam perairan yang sangat besar, hal tersebut berpotensi mengundang negara adidaya dalam saling klaim wilayah perairan nusantara demi mengeksploitasi hasil sumber daya alam dan juga demi menguasai jalur transportasi laut utama. Angkatan Laut Indonesia telah beberapa kali menunjukkan ketegasannya dalam melindungi perairan

Indonesia dari kapal penangkap ikan liar dengan menenggelamkan sejumlah kapal yang jelas melanggar batas ZEE Negara Indonesia.

Indonesia sendiri sudah mengupayakan penjagaan ketat dengan mengerahkan sejumlah Kapal Republik Indonesia (KRI) di perairan Indonesia. Pada beberapa kasus KRI gagal melakukan penangkapan kapal pencuri ikan, seperti yang terjadi pada aksi pengejaran kapal pencuri asal tiongkok KM Kway Fey 10078 oleh KKP Hiu 11 pada tahun 2016 silam. Hal tersebut disebabkan oleh bodi kapal KKP Hiu 11 yang dinilai kurang memenuhi aspek hidrodinamis.

KRI memiliki bodi kapal yang bervariasi. Jenis lambung yang umum digunakan adalah *deep v-hull*, *bulbous hull*, serta *catamaran*. Dibutuhkan jenis lambung yang ideal untuk diaplikasikan dalam kapal patroli lepas pantai demi meningkatkan performa KRI. Dari adanya masalah tersebut, maka ditulislah jurnal ini demi mendapatkan data serta menentukan bodi terbaik demi memperoleh performa yang optimal dalam menangani konflik di wilayah perairan Indonesia berdasarkan parameter simulasi numerik.

2. Metodologi

2.1. Alur Penelitian

Metodologi penelitian ini menggunakan *statement* mulai dari studi literatur hingga simulasi dan uji model. Sebagai langkah awal dilakukan tinjauan pustaka berupa jurnal, paper, maupun skripsi guna memperoleh referensi yang selaras dengan topik penelitian. Topik penelitian berfokus pada penentuan model lambung kapal (*hull*) yang optimal untuk diaplikasikan dalam kapal patroli lepas pantai ditinjau berdasarkan tiga parameter, diantaranya: stabilitas, resistansi, serta *seakeeping*. Secara umum, tahapan dalam penelitian ini dinyatakan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 2.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

2.2. Media Penelitian

Penelitian ini diterapkan melalui program simulasi numerik yang merepresentasikan model kapal dengan menggunakan *software* Maxsurf. Menurut Anugrah, *et al* (2022), *Software* Maxsurf merupakan media yang dikhususkan dalam perancangan kapal hingga analisis hidrodinamika dalam sebuah model. Dalam *software* Maxsurf digunakan empat sub-aplikasi, diantaranya: Maxsurf Modeller untuk merancang kapal, Maxsurf Resistance untuk menganalisis hambatan model kapal, Maxsurf Stability untuk menganalisis stabilitas model kapal, serta Maxsurf Motion untuk menganalisis prediksi gerakan kapal saat berada dalam gelombang.



Gambar. 2.2. Sub-Aplikasi *Software* Maxsurf

2.3. Deskripsi Model

1. LoA (Length Over All)
Merupakan panjang keseluruhan kapal terukur mulai dari haluan (depan) hingga buritan (belakang).
2. LwL (Length Water Line)
Merupakan panjang badan kapal yang menyentuh permukaan air.
3. Beam (B)
Merupakan lebar badan kapal terukur mulai dari kulit lambung kapal bagian kiri hingga kanan.
4. Depth (H)
Merupakan tinggi badan kapal terukur mulai dari bagian paling dasar lambung kapal hingga bagian permukaan bangunan atas kapal.
5. Sarat Air (T)
Merupakan jarak antara bagian paling dasar lambung kapal hingga garis air (*waterline*).

Tabel 2.2.1. Dimensi Utama Bodi Kapal

| Parameter Dimensi Kapal | Deep V-Hull | Bulbous Hull | Catamaran |
|-------------------------|-------------|--------------|-----------|
| LoA | 62,5 m | 62,5 m | 62,5 m |
| LwL | 56,8 m | 56,8 m | 56,8 m |
| Height | 16 m | 16 m | 16 m |
| Beam | 8 m | 8 m | 8 m |
| Sarat | 2 m | 2 m | 2 m |

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pembuatan Model Lambung Kapal

1. LoA (Length Over All)

Sebelum dilaksanakan tahap simulasi, terlebih dahulu dibuat model *hull* (lambung kapal) menggunakan *software* Maxsurf Modeller. Pemodelan dibuat berdasarkan bodi *deep v-hull*, *bulbous hull*, *catamaran* dengan menggunakan data primer hingga didapatkan ilustrasi sebagai berikut:



Gambar 3.1.1. Bodi *Deep V-Hull*



Gambar 3.1.2. Bodi *Bulbous Hull*



Gambar 3.1.3. Bodi *Catamaran*

2. Perhitungan Resistansi

Perhitungan resistansi diperoleh menggunakan *software* Maxsurf Resistance berdasarkan geometri structural lambung kapal. Dalam hal ini, digunakan metode Holtrop Resistance dengan nilai efisiensi sebesar 100% pada kecepatan pengujian 0 – 20 knot, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 3.2.1. Data Kecepatan Terhadap Nilai Resistansi dan Kebutuhan Power Deep V-Hull

| Speed (knot) | Froude No. LWL | Froude No. Vol. | Holtrop Resist. (kN) | Holtrop Power (kW) |
|--------------|----------------|-----------------|----------------------|--------------------|
| 0,000 | 0,000 | 0,000 | -- | -- |
| 1,000 | 0,022 | 0,055 | -- | -- |
| 2,000 | 0,044 | 0,109 | 36,5 | 37,581 |
| 3,000 | 0,065 | 0,164 | 30,3 | 46,689 |
| 4,000 | 0,087 | 0,218 | 30,8 | 63,409 |
| 5,000 | 0,109 | 0,273 | 33,1 | 85,144 |
| 6,000 | 0,131 | 0,327 | 36,4 | 112,255 |

| | | | | |
|--------|-------|-------|-------|----------|
| 7,000 | 0,153 | 0,382 | 40,4 | 145,568 |
| 8,000 | 0,174 | 0,437 | 45,3 | 186,303 |
| 9,000 | 0,196 | 0,491 | 51,0 | 236,289 |
| 10,000 | 0,218 | 0,546 | 58,0 | 298,231 |
| 11,000 | 0,240 | 0,600 | 66,4 | 375,726 |
| 12,000 | 0,261 | 0,655 | 76,8 | 474,377 |
| 13,000 | 0,283 | 0,710 | 88,4 | 591,379 |
| 14,000 | 0,305 | 0,764 | 105,3 | 758,436 |
| 15,000 | 0,327 | 0,819 | 128,5 | 991,427 |
| 16,000 | 0,349 | 0,873 | 147,9 | 1217,535 |
| 17,000 | 0,370 | 0,928 | 161,7 | 1414,014 |
| 18,000 | 0,392 | 0,982 | 178,3 | 1650,602 |
| 19,000 | 0,414 | 1,037 | 215,4 | 2105,397 |
| 20,000 | 0,436 | 1,092 | 261,2 | 2687,867 |

Tabel 3.2.2. Data Kecepatan Terhadap Nilai Resistansi dan Kebutuhan Power Bulbous Hull

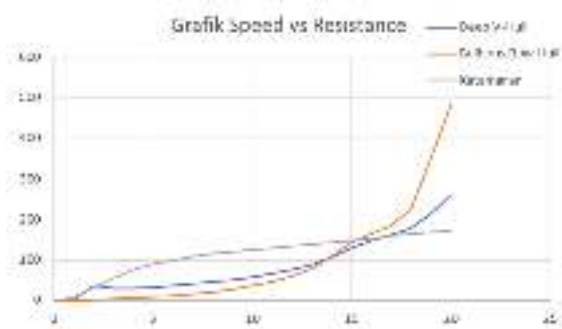
| Speed (knot) | Froude No. LWL | Froude No. Vol. | Holtrop Resist. (kN) | Holtrop Power (kW) |
|--------------|----------------|-----------------|----------------------|--------------------|
| 0,000 | 0,000 | 0,000 | -- | -- |
| 1,000 | 0,022 | 0,053 | 0,4 | 0,217 |
| 2,000 | 0,044 | 0,106 | 1,5 | 1,579 |
| 3,000 | 0,067 | 0,160 | 3,3 | 5,066 |
| 4,000 | 0,089 | 0,213 | 5,6 | 11,595 |
| 5,000 | 0,111 | 0,266 | 8,6 | 22,058 |
| 6,000 | 0,133 | 0,319 | 12,1 | 37,362 |
| 7,000 | 0,155 | 0,373 | 16,3 | 58,614 |
| 8,000 | 0,178 | 0,426 | 21,3 | 87,554 |
| 9,000 | 0,200 | 0,479 | 27,5 | 127,207 |
| 10,000 | 0,222 | 0,532 | 35,5 | 182,433 |
| 11,000 | 0,244 | 0,586 | 46,3 | 261,742 |
| 12,000 | 0,266 | 0,639 | 59,7 | 368,757 |
| 13,000 | 0,289 | 0,692 | 78,0 | 521,422 |
| 14,000 | 0,311 | 0,745 | 108,9 | 784,237 |
| 15,000 | 0,333 | 0,799 | 142,3 | 1097,764 |
| 16,000 | 0,355 | 0,852 | 164,2 | 1351,604 |
| 17,000 | 0,377 | 0,905 | 185,7 | 1624,436 |
| 18,000 | 0,400 | 0,958 | 222,8 | 2062,835 |
| 19,000 | 0,422 | 1,011 | 353,4 | 3454,686 |
| 20,000 | 0,444 | 1,065 | 486,0 | 5000,400 |

Tabel 3.2.3. Data Kecepatan Terhadap Nilai Resistansi dan Kebutuhan Power Catamaran

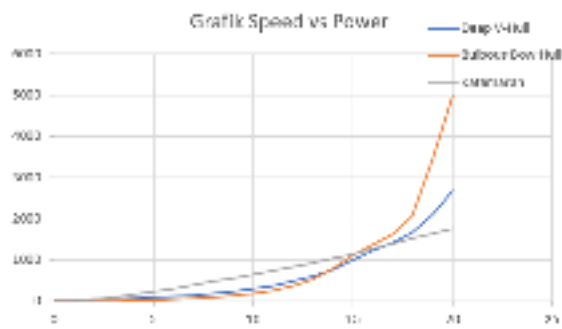
| Speed (knot) | Froude No. LWL | Froude No. Vol. | Holtrop Resist. (kN) | Holtrop Power (kW) |
|--------------|----------------|-----------------|----------------------|--------------------|
| 0,000 | 0,000 | 0,000 | -- | -- |
| 1,000 | 0,022 | 0,068 | 7,6 | 3,913 |
| 2,000 | 0,043 | 0,135 | 31,5 | 32,426 |
| 3,000 | 0,065 | 0,203 | 55,8 | 86,131 |
| 4,000 | 0,087 | 0,271 | 74,9 | 154,135 |
| 5,000 | 0,108 | 0,338 | 89,1 | 229,268 |
| 6,000 | 0,130 | 0,406 | 99,8 | 307,984 |
| 7,000 | 0,152 | 0,474 | 108,0 | 388,787 |
| 8,000 | 0,173 | 0,541 | 114,5 | 471,234 |

| | | | | |
|--------|-------|-------|-------|----------|
| 9,000 | 0,195 | 0,609 | 120,0 | 555,438 |
| 10,000 | 0,217 | 0,677 | 124,8 | 641,850 |
| 11,000 | 0,238 | 0,744 | 129,2 | 731,179 |
| 12,000 | 0,260 | 0,812 | 133,5 | 824,371 |
| 13,000 | 0,282 | 0,880 | 137,9 | 922,534 |
| 14,000 | 0,303 | 0,947 | 142,6 | 1026,768 |
| 15,000 | 0,325 | 1,015 | 147,5 | 1138,015 |
| 16,000 | 0,347 | 1,083 | 152,7 | 1257,041 |
| 17,000 | 0,368 | 1,150 | 158,3 | 1384,501 |
| 18,000 | 0,390 | 1,218 | 164,3 | 1521,016 |
| 19,000 | 0,412 | 1,286 | 168,3 | 1644,593 |
| 20,000 | 0,434 | 1,353 | 170,5 | 1754,027 |

Sehingga, didapatkan juga kurva perbandingan antara resistansi (N) terhadap kecepatan (knot), sebagai berikut:



Gambar 3.2.1. Grafik Kecepatan Terhadap Nilai Resistansi



Gambar 3.2.2. Grafik Kecepatan Terhadap Kebutuhan Power

Grafik di atas menunjukkan hasil dari pengujian resistansi terhadap tiga model lambung kapal yang berbeda. Berdasarkan hal tersebut didapatkan bahwa model lambung katamaran memiliki resistansi yang paling rendah dibandingkan model lambung kapal lainnya, sehingga layak untuk diaplikasikan dalam kapal patroli lepas pantai sesungguhnya.

3. Perhitungan Stabilitas

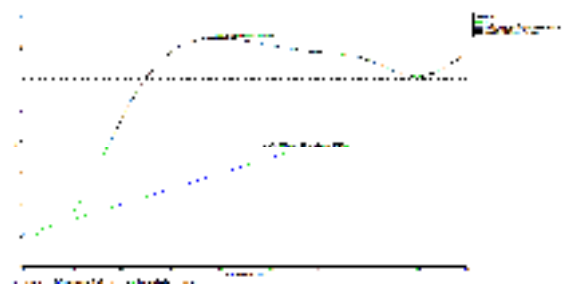
Stabilitas atau keseimbangan dari kapal merupakan sifat atau kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mendapatkan gaya kemiringan

yang disebabkan oleh gelombang ombak (Andilala, et al., 2017). Software Maxsurf Stability mensimulasikan keseimbangan sebuah kapal saat berada di tengah gelombang air. Dalam simulasi ini, digunakan metode *Large Angle Stability* untuk mendapatkan keseimbangan kapal yang dikomparasikan berdasarkan standar International Maritime Organization (IMO).

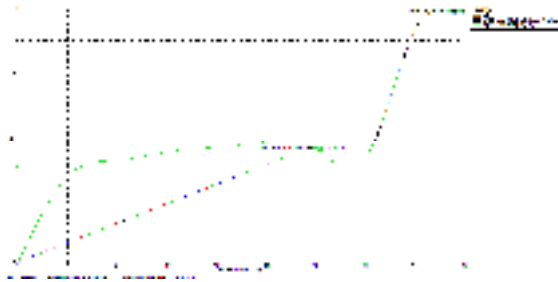
Tabel 3.2.4. Hasil Pengujian Stabilitas Kapal

| Kurva GZ | IMO | Deep V-Hull | Bulbous Hull | Katamaran |
|----------------------------------|-------|-------------|--------------|-----------|
| 3.1.2.1: Area 0 to 30 | 0,055 | 1,2757 | 1,3339 | 2,5455 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 40 | 0,090 | 2,3521 | 1,9644 | 3,5567 |
| 3.1.2.1: Area 30 to 40 | 0,030 | 1,0763 | 0,6305 | 1,0112 |
| 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0,200 | 6,291 | 7,966 | 5,938 |
| 3.1.2.3: Angle of maximum GZ | 25,0 | 39,1 | 85,5 | 30,0 |
| 3.1.2.4: Initial GMt | 0,150 | 2,798 | 3,139 | 133,151 |

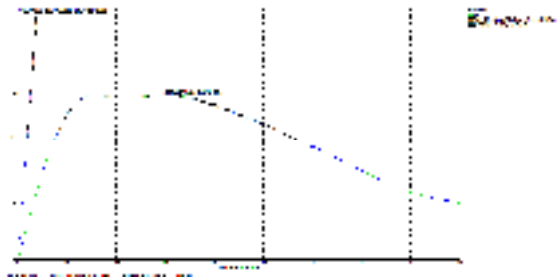
Tabel di atas menunjukkan hasil dari berbagai pengujian simulasi stabilitas pada panjang gelombang 50 meter dan tinggi gelombang 4 meter telah memenuhi standar pengujian menurut IMO (International Maritime Organization). Berdasarkan tabel di atas didapatkan bahwa model lambung yang paling optimum adalah jenis katamaran dibuktikan dengan nilai yang paling unggul pada kriteria 3.1.2.1: Area 0 to 30, 3.1.2.1: Area 0 to 40, serta 3.1.2.4: Initial GMt. Dari hasil pengujian stabilitas didapatkan kurva stabilitas GZ yang menggambarkan tinggi lengan penegak GM pada sudut 0 – 90 derajat.



Gambar 4.5.1. Kurva GZ pada Deep V-Hull



Gambar 4.5.2. Kurva GZ pada Bulbous Hull



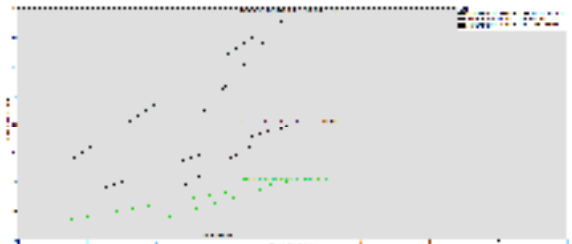
Gambar 4.5.3. Kurva GZ pada Catamaran

Berdasarkan dari grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin besar sudut kemiringan kapal maka lengan GZ akan semakin mengecil. Hal tersebut diakibatkan adanya tekanan yang dapat merubah posisi *Center of Bouyancy* (CB), *Center of Gravity* (CG), serta Metacenter (M). Semakin kecil muatan kapal maka titik gravitasi akan semakin rendah yang mengakibatkan nilai GM semakin besar. GM yang bernilai besar akan mempengaruhi semakin besarnya momen penegak kapal. Menurut Wahab, *et al* (2022), kurva yang dihasilkan dalam simulasi stabilitas ketiga bodi tersebut bernilai positif, sehingga kapal mampu tetap tegak untuk dapat mempertahankan kestabilannya saat mengalami keolengan dengan kondisi perairan yang bergelombang.

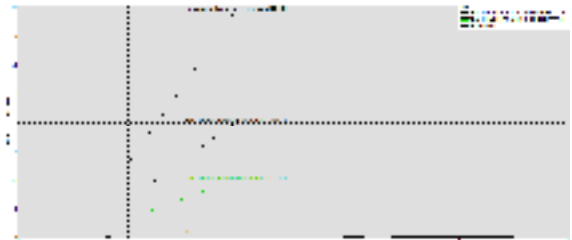
4. Analisis Seakeeping

Seakeeping merupakan kemampuan olah gerak kapal untuk dapat tetap bertahan di laut akibat pengaruh gelombang laut (Erlangga: 2018). Pehitungan *seakeeping* difokuskan terhadap parameter MSI (*Motion Sickness Incidence*). MSI merupakan gejala fisik pada penumpang yang diakibatkan karena gerakan kapal yang tidak nyaman akibat gelombang air (Santoso: 2015). Dengan menentukan *Remote of Location* pada lokasi penumpang yang sama.

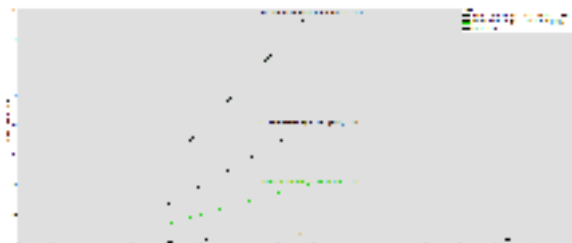
Perhitungan *seakeeping* dilakukan pada kondisi sudut masuk air 180° pada kecepatan kapal 12 knot dengan menggunakan spektrum gelombang Pierson Moskowitz: 3,652 detik: 0,534 meter.



Gambar 4.5.4. Kurva GZ pada Deep V-Hull



Gambar 4.5.5. Kurva GZ pada Bulbous Hull



Gambar 4.5.6. Kurva GZ pada Catamaran

Dari adanya grafik MSI di atas didapatkan sebuah asumsi bahwa pada semua bodi kapal, penumpang tidak akan mengalami gejala *Motion Sickness Incidence* selama waktu lebih dari 8 jam. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya garis *Remote location1* yang tidak bersinggungan dengan garis *Severe discomfort boundary for 8 hours*, sehingga dapat menambah kenyamanan penumpang kapal selama berlayar dengan waktu yang sangat panjang.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis hidrodinamika secara numerik menggunakan *software* Maxsurf pada parameter resistansi, stabilitas, serta *seakeeping* dapat disimpulkan bahwa katamaran merupakan jenis bodi kapal yang paling optimum untuk diaplikasikan pada kapal patroli lepas pantai demi meningkatkan performa dalam menangani konflik di wilayah perairan Indonesia.

Daftar Pustaka

Andilala A., Amiruddin, W., S., A., W., B. (2017). *Analisa Beban Muatan Maksimum Yang Diperbolehkan Untuk Keselamatan Penumpang Pada Kapal Kharisma Jaya. Jurnal Hasil Karya*

- Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro*, Vol. 5, No. 4: 792 – 799.
- Anugrah, R., A., & Al-Fath, M., P., A. (2022). *Simulasi Numerik Kapal Katamaran Pendeteksi Kedalaman Banjir Menggunakan Software Maxsurf Untuk Mencari Resistance*, *Jurnal Quantum Teknik*, Vol. 3, No. 2: 65 – 70.
- Erlangga, J., Arswendo, A., B., Chrismianto, D. 2018. *Studi Analisa Perbandingan Hambatan Dan Stabilitas Kapal Tipe Lambung Monomaran Dengan Catamaran Jalur Pelayaran Lembar Ntb Ke Padang Bai Bali*. *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 6, No. 2: 316-325.
- Ilyasa, F., Zid, M., Miarsyah, M. (2020). *Hukum Pengoperasian Kapal Nirawak*. *Jurnal Perspektif, Repository*, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta.
- Maryani, H., Nasution, A. (2019). *Rekonsepsi Model Pemberantasan Illegal Fishing Di Perairan Indonesia (Analisis Perspektif Hukum Internasional)*. *Jurnal Legislasi Indonesia*, Vol. 16, No. 3: 379 – 391.
- Santoso, M. 2015. *Analisis Prediksi Motion Sickness Incidence (MSI) Pada Kapal Catamaran 1000 GT Dalam Tahap Desain Awal (Initial Design)*. *Jurnal Kapal*, Vol. 12, No. 1: 42 – 49.
- Wahab, A.A., et al (2022). *Simulasi Stabilitas Kapal Purse Seine Pada Beberapa Kondisi Gelombang Menggunakan Maxsurf V8i*, *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, Vol. 7, No. 3: 20 – 25.