

ANALISA PERBANDINGAN KOMPUTASI HIDROSTATIK KAPAL HIGH SPEED CRAFT MENGGUNAKAN METODE PANEL *MESH* GENERATION

Romadhoni¹⁾, Septi Ayu. A¹, Edy Haryanto¹, Bobi Satria², Aprizawati²

¹⁾Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis Jalan Bathin Alam Bengkalis Riau 28712

²⁾Jurusan Kemaritiman Politeknik Negeri Bengkalis Jalan Utama Simpang Ayam Bengkalis Riau 28751

Email: romadhoni@polbeng.ac.id, septiayu@polbeng.ac.id, bobisatria@polbeng.ac.id,
aprizawati@polbeng.ac.id, edyharyanto@polbeng.ac.id

Abstrak

Hidrostatik merupakan salah satu komponen penting yang menjadi dasar awal dalam proses perencanaan kapal. Dengan dimulai memberi input ukuran utama kapal yaitu berupa L lebar kapal, B lebar badan kapal, H tinggi kapal selanjutnya kemudian diolah menjadi persamaan parametris dan diproses dengan surface fitting sehingga menghasilkan vertek dalam ruang 3-D, dari data tersebut kemudian diolah melalui sejumlah rumusan, baik itu berupa luas, volume dan momen inersia digambarkan dalam bentuk kurva hidrostatik untuk mengetahui karakteristik-karakteristik badan kapal berdasarkan sart air yang di butuhkan. Model pada penelitian ini adalah kapal High Speed Craft dengan Panjang 38 m, lebar 7.6 m, tinggi 3.65 m dan sarat 1.89 m. Pada penelitian akan membandingkan penggambaran 2 model kapal menggunakan panel *mesh* generation pada software Hydrostar dan *Maxsurf* dengan metode panel surface. Hasil kalkulasi yang didapat bahwa nilai hidrostatik propertis pada masing-masing metode metode *mesh* generation dan panel surface adalah Displasmen 24,54 ton, 240,5 Ton WPA 235.68 M2 dan 234.64 M2, WSA 285.8 m² dan 284.055 KB 1.308 dan 1.302 LCF 15.825 dan 15.797 serta BM 4.282 dan 4.265 dengan deviasi selisih 0,004 atau kurang dari 2 % sehingga hasil dari validasi penggambaran model kapal metode *mesh* generation telah berhasil sehingga dapat dilanjutkan pada proses selanjutnya yakni analisa seakeeping kapal.

Kata kunci: Hidrosatik, high-speed craft panel, *mesh* generation, hydro star

Abstract

Hydrostatics is an important component that is the initial basis for the ship planning process. Starting by inputting the main dimensions of the ship, namely L, the width of the ship, B, the width of the ship's hull, H, the height of the ship, then processing into a parametric equation and processing with surface fitting to produce nodes in 3D space, from this data it is then processed through several formulas, both in the form of area, volume and moment of inertia which are depicted in the form of a hydrostatic curve to determine the characteristics of the ship's body. based on water requirements. The model in this research is a High-Speed Craft ship with a length of 38 m, width of 7.6 m, height of 3.65 m, and draft of 1.89 m. This research will compare the depiction of 2 ship models using panel *mesh* generation in Hydrostar and *Maxsurf* software with the panel surface method. The calculation results show that the hydrostatic property values for each *mesh* and panel surface generation method are Displacement 24.54 tonnes, WPA 240.5 tonnes 235.68 M2 and 234.64 M2, WSA 285.8 m² and 284.055 KB 1.308 and 1.302 LCF 15.825 and 15.797 and BM 4.282 and 4.265 with a deviation of 0.004 or less than 2% so that the results of the validation of the depiction of the *mesh* generation method for the ship model have been successful so that it can be continued in the next process, namely ship seakeeping analysis.

Keywords: Hydrostatic, high-speed craft panel, mesh generation, hydro star

1. PENDAHULUAN

Proses desain kapal merupakan pekerjaan arsitek kapal sesuai dengan kebutuhan dan permintaan oleh pemesan kapal (*owner*) dan tentunya dapat memenuhi tujuan dan misi yang diinginkan. Dalam prosers desain kapal akan melibatkan banyak pihak diantaranya aristik, pihak galangan dengan pemesan kapal/*owner*. Konsep proses desain yang komprehensif di gambarkan pada kosep desain spiral dari Evans, konsep ini terdiri dari empat fase, yaitu

concept design, preliminary design, contract design, dan detail design, dimana pada setiap fase ini terdiri dari beberapa bagian kerja design yang berurutan dan bersambungan yang meliputi *mission requirement, proportion and preliminary powering, lines and body planes, hydrostatic and Bonjean curves, floodable length and freeboard, hull and machinery arrangements, structure, powering, lightship estimate, capacities, trim, and intact stability, damaged stability, and cost estimate*. [1]

Pada proses spiral desain dapat dilakukan setelah *mission requirement* diterima, dilanjutkan dengan mencari ukuran utama dari kapal-kapal perbandingan, regresi linier, atau kepal yang ada sehingga dapat menentukan *payload* atau ukuran mendekati dengan kapasitas yang diminta oleh *owner* atau pemilik kapal. [2]

Selanjutnya, data-data yang diperoleh dari hasil regresi linier digunakan untuk pembuatan *lines plan* dan *body plan*. Penggambaran lambung kapal pada sebidang kertas gambar dinamakan rencana garis (*lines plan/ship's lines/lines*), bentuk lambung kapal secara umum harus mengikuti kebutuhan daya apung, stabilitas, kecepatan, kekuatan mesin, olah gerak dan yang penting adalah kapal bisa dibangun. Banyak sekali *software* yang digunakan oleh Arsitek untuk merancang dan mendesain sebuah kapal diantaranya *maxsurf*, *rhinoceros*, *solidwork*, *catia*, dan lain sebagainya. HydroSTAR yang dikembangkan oleh Bureau Veritas merupakan salah satu *software* hidrodinamik dimana konsepnya adalah *Panel Mesh Generation* yang dilakukan secara geometri [3]. Dalam penelitian akan melihat perbandingan hidrostatis properti *computation model* menggunakan *mesh generation* dengan menggunakan metode *shape surface* pada model kapal *High speed Craft HSC*.

2. METODE

2.1 Mesh Generation

Meshing adalah proses pembentukan elemen-elemen kecil yang membangun model digital dari suatu objek atau produk. Teknik ini digunakan untuk membagi objek menjadi bagian-bagian yang lebih kecil sehingga memungkinkan simulasi numerik yang lebih akurat dan efektif.

Generasi *mesh* adalah praktik membuat *mesh*, pembagian ruang geometris kontinu menjadi sel geometris dan topologi diskrit. Seringkali sel-sel ini membentuk kompleks sederhana. Biasanya sel mempartisi domain

masuk geometris. Sel *mesh* digunakan sebagai perkiraan lokal diskrit dari domain yang lebih besar.

Pembuatan *mesh* adalah salah satu tahap pra-pemrosesan yang paling penting untuk simulasi numerik. Hal ini mengacu pada proses diskritisasi domain menggunakan beberapa jumlah node dan elemen. Pembuatan *mesh* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis: *mesh* terstruktur dan *mesh* tidak terstruktur. Untuk mengetahui *mesh* yang paling efektif untuk suatu permasalahan tertentu ada suatu metode yang dapat digunakan. Metode tersebut disebut dengan *Mesh Independence Test* atau *Grid Independence Test*.

Umumnya, ketika jaringan *mesh* dihasilkan dengan menerapkan metode konfigurasi grid, suatu kualitas jaringan dapat dihasilkan di bagian dalam objek. Namun, kualitas elemennya tergantung pada jaring dasar termasuk objeknya. Pada bagian ini, metode konfigurasi grid diterapkan pada bentuk permukaan melengkung dimana pembuatan jaring adalah yang paling sulit.

2.2 Menghitung Hidrostatik

Menghitung masing-masing luas station kemudian diintegrasikan ke arah memanjang kapal, maka akan diperoleh volume *displacement* kapal (V) tersebut menggunakan formulasi : [4]

$$\begin{aligned} V &= 2 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times h \times h' \times \Sigma(YS)S \\ h &= \text{jarak antar station (m)} \\ h' &= \text{jarak antar sarat (m)} \end{aligned}$$

Dari luas garis air untuk masing-masing sarat kapal selanjutnya diintegrasikan secara vertikal, sehingga diperoleh volume kapal (V) dengan formulasi: [4]

$$\begin{aligned} V &= 2 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times h \times h' \times \Sigma(YS)S' \\ h &= \text{jarak antar station (m)} \\ h' &= \text{jarak antar sarat (m)} \end{aligned}$$

$\Sigma (YS)S'$ = jumlah perkalian $\frac{1}{2}$ lebar kapal dengan faktor Simpson baik secara

horisontal dan vertikal. Selanjutnya menghitung CB, CF, LCF LCF. [4]

2.3 Menghitung *Wetted Surface Area* (WSA)

Untuk menghitung luas seluruh bidang permukaan yang terdapat pada sisi kulit kapal yang tercelup air dalam satuan meter persegi. Biasanya luas permukaan basah atau WSA digunakan untuk megnkalkulasi kebutuhan cat yang di butuhkan untuk bagian badan kapal di bawah garis air. Bila bisa diprediksi satu liter / kaleng cat bisa dipakai dalam satuam m², maka bisa dihitung kebutuhan cat dalam satuan liter/ kaleng. [4]

Untuk menghitung WSA formulanya adalah sebagai berikut:

$$WSA = 2 \times 1/3 \times h \times \Sigma HG$$

h = jarak antar station (m)

Σ HG = jumlah perkalian panjang bentangan station dengan faktor Simpson

Pada pada kondisi sarat nol maka nilai WSA akan secara otomatis menjadi sama dengan harga WPA. Jadi WSA dan WPA berada pada satu titik. Selanjutnya untuk kapal yang menggunakan *rise of floor*, maka nilai WSA yang diperoleh tidak akan sama dengan nol, hal ini di sebabkan ½ lebar kapal pada sarat nol ada harganya, sebaliknya jika kapal menggunakan *rise of floor*, maka WSA tentu mendapat nilai nol pula. [4]

2.4 Menghitung *Water Plane Area* (WPA)

Luas bidang garis air kapal atau yang lebih di kenal dengan *Water Plan Area* (WPA) adalah potongan horisontal badan kapal dalam satuan meter persegi. WPA dapat dihitung melalui pengukuran masing-masing Vi lebar kapal pada tiap-tiap station untuk sarat tertentu. Sama seperti MSA jumlah station sebaiknya merupakan kelipatan 3 untuk mempermudah pengalian faktor simson dalam mencari luasan. Dari hasil pengukuran tersebut kemudian diintegalkan kearah horisontal, maka akan diperoleh hasil luas WPA.

Dimana :

$$WPA = 2 \times 1/3 \times h \times ZYS$$

h = jarak antar station (m)
Σ YS = jumlah perkalian ½ lebar kapal dengan faktor Simpson kearah horisontal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

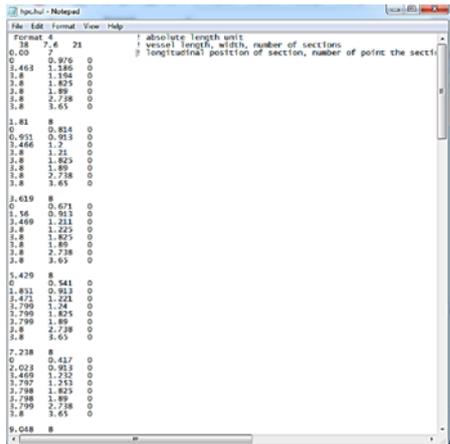
3.1 Model Kapal *High Speed Craft*

Model pada Penelitian ini merupakan Kapal *crew boat* dengan kecepatan *service* 25 knot dengan menggunakan material aluminium dengan 3 mesin utama dan 2 mesin bantu. [5]

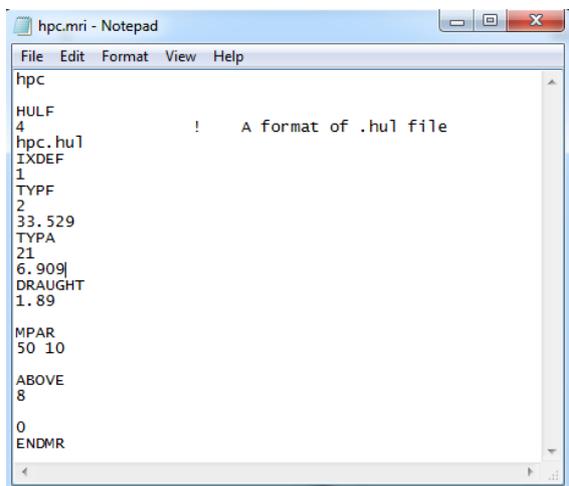
Tabel 1. Dimensi Utama kapal HSC *Crew Boat*

Parameter	Symbol	Satuan	Value
<i>Overall Lenght</i>	LOA	m	38
<i>Length Between Perpendicular</i>	LBP	m	34.71
<i>Length Water line</i>	LWL	m	35.5
<i>Breadth Molded</i>	Bmld	m	7.6
<i>Height Molded</i>	Hmld	m	3.65
<i>Draft/Drought</i>	T	m	1.89
<i>Coofesien Block</i>	Cb		0.46
<i>Coofesien Prismatic</i>	Cp		0.795
<i>Coofesien Midship</i>	Cm		0.624
<i>Service Speed</i>	VS	Knot	25
<i>Watted Area With Zero Speed</i>	S	M ²	284.055
<i>Displacement</i>	Δ	ton	240.5

Untuk memodelkan kapal pada software Hydrostar sebagai input berupa file .hul berupa keywords yang menunjukkan ukuran kapal, lebar jarak station dan identitas ordinat x,y dan z dari model kapal yang akan dibuat. Sedangkan file .mri merupakan *keywords* berisi bentuk dimensi bentuk haluan, buritan, tinggi draft dan jumlah panel yang diinginkan. Gambar 1 dan 2 merupakan input file .hul dan .mri untuk membuat kapal *crew boat model hull planing chine* (HPC), langkah-langkah tersebut juga dilakukan untuk membuat ketiga model *crew boat* lainnya. [6]

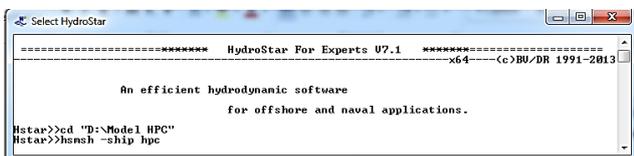


Gambar 1. Input file .hul



Gambar 2. Input .mri

Setelah semua file input selesai, langkah selanjutnya adalah menghasilkan *mesh* secara otomatis dengan perintah `hsmsh -ship nama_file` pada program HydroSTAR seperti Gambar 3 berikut :



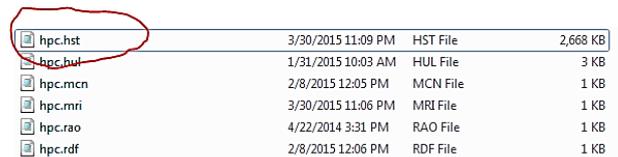
Gambar 3. Perintah hsmsh

Gambar 4. merupakan tampilan pada jendela program Hydrostar, setelah mengetik perintah `hsmsh -ship.namafile`

```
Hstar>>hsmsh -ship hpc
Input file (1): hpc
Total number of created panels = 1766
Total number of created points = 1863
Number of panels below the waterline = 600
Number of panels above the waterline = 518
Number of panels with undefined group = 648
Input file for HydroStar created is hpc.hst
```

Gambar 4. Tampilan jendela program Hydrostar perintah `hsmsh -ship.hpc`

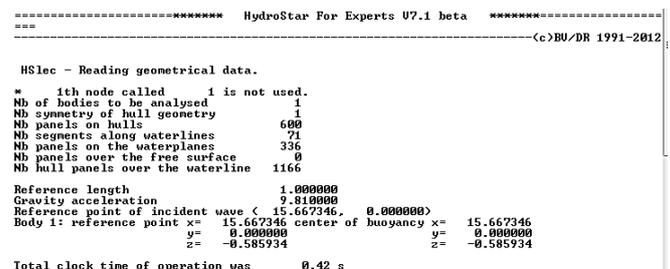
Output dari langkah ini adalah file `.hst` yang kemudian digunakan untuk membaca *mesh* menggunakan langkah `hslec nama_file.hst`. seperti terlihat pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Output .hst file

3.2 Memanggil Mesh

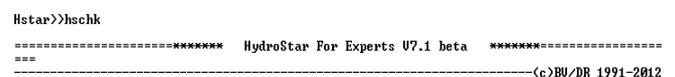
Untuk membuat *mesh* dengan program hydrostar dilakukan menggunakan perintah `hslec`, yaitu untuk memanggil file `.hst` yang dibuat sebelumnya. Langkah ini dapat dilakukan dengan mengetik perintah `hslec file_name.hst` pada jendela program hydroStar seperti Gambar 6. berikut :



Gambar 6. Tampilan program hydrostar untuk perintah `hslec`

3.3 Verifikasi Mesh

Setelah langkah-langkah diatas selesai dilakukan, langkah selajutnya adalah mengecek apakah *mesh* yang dibuat sudah benar atau masih terjadi kesalahan, dengan cara mengetik perintah `hschk` pada jendela program Hydrostar seperti Gambar 7. berikut:



Gambar 7. Perintah `hschk`

Gambar 8. merupakan tampilan jendela hydrostar untuk perintah hchk, ini dilakukan untuk melihat tingkat akurasi model. Terlihat pada tampilan bahwa semua verifikasi menunjukkan angka 0 pada semua item, maka *mesh* pada geometri model kapal sudah benar, verifikasi yang dilakukan meliputi:

- a. Area panel yang kosong
- b. Panel dengan kelebihan surface
- c. Panel yang tidak selaras
- d. Kesalahan simetri

```
Hstar>>hchk
***** HydroStar For Experts V7.1 beta *****
-----
Hschk - Checking input data.
It may take a few minutes ...
... Consistence checking finished.
... Superposition checking finished.
... Neighborhood checking finished.

In total: nb of zero-area panels      = 0
          nb of panels over free surface = 0
          nb of panels at free surface  = 0
          nb of superpositions         = 0
          nb of inconsistencies        = 0
          nb of neighbor-absences      = 0
          nb of symmetry problem       = 0

Congratulations! Felicitations! Parabens!
```

Gambar 8. Tampilan Jendela program Hydrostar untuk perintah hschk

3.4 Validasi model

Validasi model dilakukan untuk mengecek kesesuaian antara model model yang dibuat pada hydrostar dengan model kapal aslinya. Pembuatan model pada program ini dengan melakukan pengukuran pada lines plan terhadap model-model yang telah dibuat pada software *maxsurf*, sebagai validasi dari penggambaran model adalah *hydrostatic propertis* dari kedua software tersebut harus mendekati dengan selisih kurang dari 2%. Hal ini dilakukan dengan mengecek hydrostatic propertis pada program jendela hydrostar dengan perintah hstat seperti Gambar 5.11 Berikut:

```
Hstar>>hstat
***** HydroStar For Experts V7.1 beta *****
-----
(c)BU/DR 1991-2011
```

Gambar 9. Perintah hstat

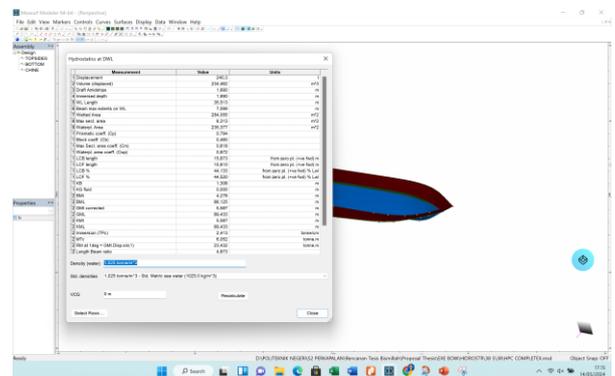
Hydrostatik propertis dari pada program hydrostar adalah volume lambung (Vol Disp), permukaan basah (WSA), *waterplane area* (WPA), jarak metacenter (BM) dan center of buoyancy. Gambar 10 merupakan tampilan jendela program hydrostar keyword hstat.

```
***** HydroStar For Experts V7.1 *****
-----
HStat - Hydrostatic-property computations.
Project: Mesh by AMG from input file : hpc
User :
Nb of bodies to be analysed      1
Nb symmetry of hull geometry    1
Nb panels on hulls               463
Nb segments along waterlines     70
Nb panels over waterplanes       330
Nb panels over the free surface   0

# Constants used in computations
# Reference length : 1.000
# Water density (rho) : 1025.000
# Gravity acceleration : 9.810

# BODY No.1
# REFERENCE POINT : C 15.659 0.000 -0.588
# BUOYANT CENTER : C 15.659 0.000 -0.588
# HULL VOLUME : 0.23467E+03 m^3
# HULL SURFACE : 0.28580E+03 m^2
# WATERPLANE AREA : 0.23568E+03 m^2
# Centre : C 15.825 0.000
# Ixx : 0.10830E+04 Bkgc 4.27416
# Iyy : 0.00000E+00 Bkgc 0.00000
# Izz : 0.20722E+05 Bkgc 88.30168
```

Gambar 10. Tampilan Jendela program hydrostar untuk perintah hstat



Gambar 11. Hidrostatik pada Maxsurf

Hydrostatik propertis dari pada program *maxsurf* klik data pada menubar lalu pilih kalkulasi hidrostatik maka akan menampilkan seluruh nilai-nilai kriteria hidrostatik pada model yang telah di gambarkan seperti terlihat pada gambar 11 di atas.

3.5 Visualisasi Model

Ada beberapa perintah untuk menampilkan visualisasi model pada program hydrostar yaitu

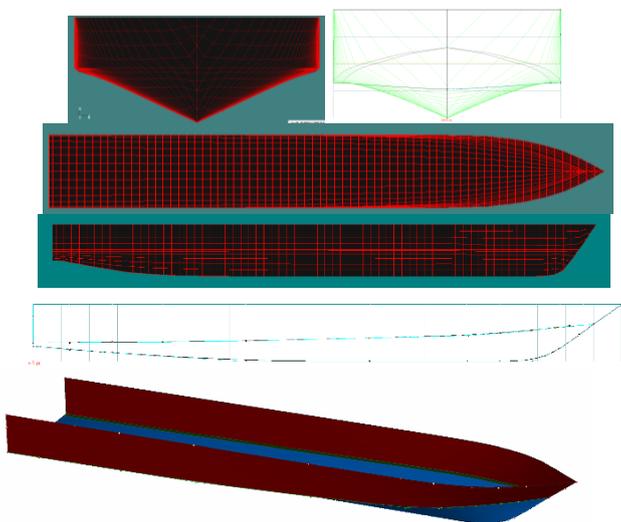
perintah hvisu untuk menampilkan model sampai sarat, perintah hvisu -t untuk menampilkan full model dengan tampilan 4D, dan perintah hvview merupakan tampilan model untuk 5 D seperti Gambar 12 berikut:

```

istar>>hvview -t
istar>>hvisu -t
=====
***** HydroStar For Experts 07.1 beta *****
=====
(C) BIL/BR 1991-2017
    
```

Gambar 12. Perintah hvview

Setelah menginput perintah hvview pada jendela hydrostar maka secara otomatis jendela lain akan muncul untuk HVIEW 5D, Gambar 12 merupakan keempat model kapal crew boat yang didesain dengan menggunakan program hydrostar.



Gambar 12. Model HSC software HydroSTAR dan Maxsurf

Dari perhitungan yang dilakukan maka dapat nilai hidrosatik propertis dari model-model yang dijalankan pada kedua software Maxsurf dan HidroSTAR diantaranya volume displamen, water plane area, water surface area, KB LCB dan lain-lain memiliki nilai yang hampir sama. Pada pemodelan HydroSTAR Volume Displamen HSC pada didapatkan 240.54 ton sedangkan pada perhitungan maxsurf didapatkan 240.5 ton sehingga dapat disimpulkan bahwa metode

panel mesh generasion dapat diaplikasi pada proses perancangan kapal.

Tabel 2. Hydrostatic Properties Computation

Item	Maxsurf Panel Surface	Hydrostar Panel MeshGeneration
Disp (ton)	240,5	240,54
VDispM ³	234,64	234,67
WPA M ²	235,68	235,68
WSA M ²	284,55	285,8
KB	1.302	1.308
LCB	15.687	15.65
LCF	15.797	15.825
BM	4.265	4.282

Sedangkan untuk model lainnya dapat dilihat pada Tabel 3.1. Berdasarkan hasil dari HidroSTAR dan Maxsurf didapatkan selisih dari tiap-tiap model kurang dari 1% saja, selisih tidak terlalu besar sehingga model-model kapal yang dibuat pada program hydroSTAR dan maxsurf sudah benar sehingga dapat dilakukan perhitungan dan analisis selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Klasifikasi Bureau Veritas (BV) perwakilan Indonesia terkait pemberian pemakaian Software Hydrostar dan kepada Pusat Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bengkalis.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D.R. Derrett, B-H Newnes, Ship Stability for Masters and Mates, London: Stanford Maritime, Fourth Edition, Revised, 1990.
 [2] Ngumar, H.S, Identifikasi Ukuran Kapal, Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional, Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 2004.

- [3] Bureau Veritas, *Hydrostar for Experts User Manual*, Bureau Veritas Research Department, 2013.
- [4] Rawson, K. E, *Basic Ship Theory, Volume 1, Fifth Edition*, Oxford: Butterworth Heinemann, 2001.
- [5] Endro, W.D, “High-Speed Ship Total Resistance Calculation (An Empirical Study),” *Jurnal Kapal* V11, No 1, 2014.
- [6] Oni, R., & Utama, I. K. A. P, “Analisa pengaruh bentuk lambung axe bow pada kapal high speed craft terhadap hambatan total kapal”, *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 12(2), 78-87.
- [7] BKI, *Volume III Rules for Machinery Installation*, Jakarta, 2016.
- [8] Savitsky, D, *On the Subject of High Speed Monohull*, SNAME, Athens: Greece. M, 2003.