

PENGEMBANGAN *SERIES* BENTUK LAMBUNG *SELF-PROPELLED BARGE*

Achmad Baidowi¹, Wasis D Aryawan²

1. Program Pasca Sarjana Teknologi Kelautan ITS

2. Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS

Gedung W Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111

Email: ahmadbaidowi@yahoo.com

Abstrak: Dalam kurun waktu 10 tahun (2003 – 2013) terdapat 140 pembangunan *Self-Propelled Barge* (SPB) di Indonesia. Namun saat ini belum ada desain lambung standar untuk kapal SPB twin screw yang banyak digunakan di Indonesia sehingga kapal-kapal SPB mengalami permasalahan seperti getaran, hambatan besar. Paper ini akan mengembangkan 27 *series* bentuk lambung SPB melalui variasi C_b rasio L/B , B/T , L/H and H/T berdasarkan *parent hull-form*. Salah satu tujuan variasi ukuran adalah mendapatkan bentuk lambung SPB yang lebih efisien dari segi hambatan kapal. Besarnya hambatan dihitung berdasar *potential flow theory* dengan pendekatan *slender body method*. Namun selain penggunaan *slender body theory* juga digunakan metode Holtrop untuk perkiraan hambatan. Pemilihan bentuk lambung yang dianggap paling optimal berdasar nilai hambatan yang paling kecil diantara 27 *series* tersebut.

Kata kunci: *Self-Propelled Barge*, 27 *Series*, *Potential Flow Theory*.

Abstract: In a period of 10 years (2003-2013) there are 140 construction *Self-Propelled Barge* (SPB) in Indonesia. However, there is currently no standard for ship hull design SPB twin screw is widely used in Indonesia so that ships SPB experience problems such as vibration, a big obstacle. This research will develop the 27 *series* hull shape SPB through variation C_b ratio L/B , B/T , L/H and H/T based *parent hull-form*. One goal is to get a size variation SPB hull form which is more efficient in terms of ship obstacles. The resistance is calculated based on the *potential flow theory* with *slender body approach method*. But besides the use of *slender body theory* is also used Holtrop method to estimate the barriers. Selection of the hull form block, considered the most optimal value based on the smallest obstacles amongst the 27 *series*.

Keywords: *Self-Propelled Barge*, 27 *Series*, *Potential Flow Theory*.

PENDAHULUAN

Berdasar data register BKI saat ini terdapat lebih dari 140 kapal SPB berbagai jenis yang beroperasi di Indonesia (Klasifikasi Indonesia, 2014). Dari jumlah tersebut, 136 diantaranya merupakan kapal *Self-Propelled Oil Barge* (SPOB). Dari sisi usia kapal-kapal SPOB tersebut relatif muda yaitu berkisar 10 tahun (2003– 2013). Hal tersebut menandakan bahwa pertumbuhan jumlah kapal SPB di Indonesia sangatlah tinggi dan sampai saat

ini masih belum ada standard desain kapal SPB. Namun performa dari desain kapal-kapal tersebut masih perlu di evaluasi sehingga lebih efisien dan mendukung konsep green transport.

Namun dari beberapa evaluasi terhadap kapal-kapal SPB yang telah dibangun terdapat beberapa permasalahan yang sama, antara lain: (a) Timbulnya getaran yang besar, (b) Aliran yang tidak uniform pada buritan, (c) Hambatan yang besar, (d) *Unsteady propeller load*.

Desain bentuk lambung memberikan pengaruh besar pada performa kapal khususnya daya yang dibutuhkan mesin untuk menggerakkan kapal pada kecepatan yang diinginkan. Besarnya daya yang dibutuhkan mesin tergantung pada hambatan kapal. Secara umum semakin *streamline* bentuk lambung semakin kecil nilai tahanan kapal namun di sisi lain semakin *streamline* maka semakin kecil pula *payload* dari kapal tersebut. Oleh karenanya perlu dikembangkan standar bentuk lambung SPB yang memiliki performa lebih baik dari desain-desain sebelumnya termasuk hambatan kapal.

Salah satu cara untuk meningkatkan performa kapal *Self Propelled Barge* ini adalah dengan cara mengubah bentuk lambung kapal yang bertujuan untuk meminimalisasi hambatan kapal dan memperbaiki aliran yang masuk ke propeler sehingga nantinya dapat mengurangi konsumsi bahan bakar.

Untuk mencapai tujuan tersebut optimisasi ukuran utama akan menggunakan *Point Based Design Method*. Adapun

optimisasi bentuk badan kapal dilakukan dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamic* (Campana et.al, 2006). Dengan cara ini diharapkan menghasilkan desain kapal SPB baru yang mampu berlayar baik dengan lebih efisien di sungai maupun laut.

Di lain pihak, sejak tahun enam puluhan telah dikembangkan beberapa *hull form series* sebagai referensi dalam sebuah proses perancangan kapal. Series 60 dikembangkan pada tahun 1960 an untuk kapal berbalancing tunggal (Todd, 1963), kemudian terdapat series 64 untuk kapal kecepatan tinggi. Sedangkan Gulet Hull series dikembangkan untuk kapal kecil dan kapal layar, sampai saat ini terdapat 21 series bentuk lambung Gulet (Aydin, 2013). Terdapat juga *Marin Systematic Series* untuk kapal-kapal kecepatan tinggi (Kapsenberg, 2012). Namun semua Hull Series tersebut bukan untuk *Self-Propelled Barge* (SPB) yang berlayar di sungai atau *Shallow Draft Vessel*. Beberapa jenis *hull-form series* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis *hull-form series*

Jenis <i>Hull Form Series</i>	Type Kapal
Series 60	<i>Single Screw Ship, Not Shallow draft</i>
Series 64	Kapal kecepatan tinggi, planing hull form
Marin Series	Kapal kecepatan tinggi
Gulet Series	Kapal kecil dan kapal layar

METODOLOGI

Self-Propelled Barge (SPB)

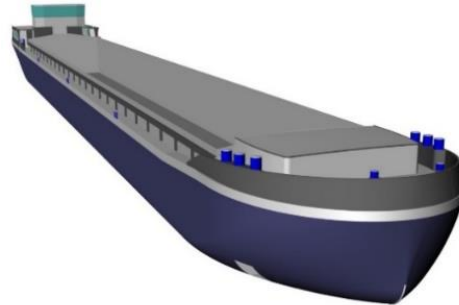
Self-Propelled Barge (SPB) merupakan kapal yang sesuai beroperasi di perairan sungai karena memiliki karakteristik lambung yang gemuk dan bersarat rendah. Pada awalnya *Self-propelled barge* lebih banyak digunakan di sungai dan terbatas pada angkutan muatan curah namun mengalami perkembangan muatan

tidak hanya curah saja seperti muatan container, LNG dan muatan lain. Beberapa contoh type kapal SPB dapat ditunjukkan oleh Gambar 1.

Karakteristik lain dari kapal SPB adalah mampu berlayar di perairan dangkal (sungai) tanpa kehilangan jumlah muatan yang besar sehingga menjadi jawaban yang cukup tepat untuk permasalahan *deadfreight* di Indonesia. Karakteristik perairan yang dangkal ini di de-

finisikan sebagai perairan yang memiliki perbandingan kedalaman air (h) dan sarat kapal (d) sebesar 1.2 (Koh, 2012) semen-

tara itu SNAME mendefinisikan perariran dangkal dengan nilai $h/d < 1/5$.



Gambar 1.1 Kapal Type SPB

Series Hull-Form

Salah satu *series hull-form* yang cukup banyak dikenal adalah series 60 untuk kapal monohull type displacement. Series ini di susun berdasar 5 parent hull dan di series kan secara parametrik berdasar beberapa ukuran utama dan hambatan kapal. Variasi tersebut antara lain: (a) LCB, (b) L/B, (c) B/H, (d) Cb

Dalam penyusunan series bentuk lambung dapat dilakukan dengan metode 27 series. Metode tersebut dilakukan dengan variasi ukuran utama secara parametric menjadi 27 bentuk lambung. Tahapan dari penyusunan series bentuk lambung adalah sebagai berikut: (a) Penentuan variasi tinggi garis air (T):

$$t = \frac{T}{\sqrt[3]{D}}$$

Sarat air relatif dilakukan dengan variasi nilai t , yaitu $t \pm 0.02$

$$t_1 = t_0 - 0.02$$

$$t_2 = t_0 + 0.02$$

$$t_0 = \frac{T_0}{\sqrt[3]{D}}$$

Dimana:

t_0, t_1, t_2 : Rasio sarat air relative awal, Rasio sarat air relative setelah dikurangi 0.02, Rasio sarat air relative setelah ditambahkan 0.02.

D : Displacement

T_0, T_1, T_2 : Sarat air

Variasi rasio panjang dan lebar (L/B) relatif:

$$p = \frac{L}{B}$$

Metode ini menggunakan 3 rasio p , yaitu $p_0 \pm 0.02$

$$p_1 = p_0 - 0.02$$

$$p_2 = p_0 + 0.02$$

$$p_0 = \frac{L_0}{B_0}$$

Dimana:

p_0, p_1, p_2 : Rasio L/B relative awal, Rasio L/B relative setelah dikurangi 0.02, Rasio L/B relative setelah ditambahkan 0.02.

L : Panjang LWL kapal

B : Lebar kapal

Variasi Koefisien Blok (C_b):

$$\begin{aligned} Cb_0 &= \text{Koefisien blok awal} \\ Cb_1 &= Cb_0 - 0.02 \\ Cb_2 &= Cb_0 + 0.02 \end{aligned}$$

Slender Body Method

Konsep *slender body* dikembangkan untuk memperkirakan besarnya hambatan gelombang, konsep ini didasarkan pada konsep bahwa bentuk suatu kapal adalah slender. Sedangkan untuk pengukuran besarnya hambatan didasarkan pada *potential flow theory*. Teori *potential flow* menggunakan pendekatan bahwa obyek yang berada dalam fluida di modelkan menggunakan fluid singularities seperti *source* dan *sink* (Furth, 2014). Secara sederhana persamaan dari *potential flow* (ϕ) bisa di tulis:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = 0 \text{ on the body surface}$$

Untuk tujuan analisa pada kapal, air di anggap sebagai *incompressible* dan densitas air dianggap konstan, persamaan kontinuitasnya menjadi:

$$\nabla \cdot \mathbf{q} = 0$$

Untuk kondisi *free surface* persamaan di atas dapat di tulis ulang sebagai:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial^2 x} + k_0 \frac{\partial \Phi}{\partial z} - \mu \frac{\partial \Phi}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = 0 \text{ on the body surface}$$

Untuk tujuan analisa pada kapal, air di anggap sebagai *incompressible* dan densitas air dianggap konstan, persamaan kontinuitasnya menjadi:

$$\nabla \cdot \mathbf{q} = 0$$

Untuk kondisi *free surface* persamaan di atas dapat di tulis ulang sebagai:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial^2 x} + k_0 \frac{\partial \Phi}{\partial z} - \mu \frac{\partial \Phi}{\partial x} = 0$$

Dimana μ_R adalah *disturbed velocity* dan $k_0 = g/U^2$. Sedangkan potential field Φ dapat di definisikan sebagai:

$$u = \frac{\partial \Phi}{\partial x}, v = \frac{\partial \Phi}{\partial y}, w = \frac{\partial \Phi}{\partial z}$$

Sementara itu:

$$\mathbf{q} = \nabla \Phi$$

Dengan substitusi persamaan di atas ke persamaan kontinuitas, maka Laplace equation dapat menjadi,

$$\nabla^2 \Phi = 0$$

Untuk mendapatkan tekanan pada lambung, tekanan didefinisikan non dimensional berdasar persamaan Bernouli:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} |\nabla \Phi|^2 + p + \frac{1}{Fn^2} z + \mu'_R (\Phi + x) \\ = p_0 + \frac{1}{2} + \frac{1}{Fn^2} z \end{aligned}$$

Tekanan pada kedalaman z di anggap konstan dan tekanan atmosphere p_0 adalah 0, maka persamaan bernouli di atas menjadi:

$$\frac{1}{2} |\nabla \Phi|^2 + p + \mu'_R (\Phi + x) = \frac{1}{2}$$

Dengan memasukkan nilai perturbing velocity potential $\Phi = -x + \Phi$ maka:

$$\frac{1}{2} |\nabla(-x + \Phi)|^2 + p + \mu'_R (\Phi + x) = \frac{1}{2}$$

Maka tekanan dapat di tulis menjadi:

$$p = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \left[\left(-1 + \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)^2 \right] - \mu' R \Phi$$

Persamaan diatas dapat di sederhanakan menjadi:

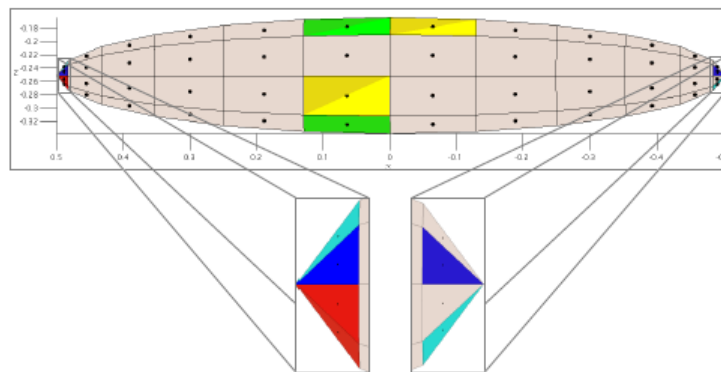
$$p = \frac{\partial \Phi}{\partial x} - \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)^2 \right] - \mu' R \Phi$$

Gaya yang bekerja pada permukaan didapatkan dengan mengintegrasikan pada seluruh lambung yang tercelup sebagai-

mana tertulis seperti dibawah, dimana p adalah tekanan pada persamaan diatas.

$$F_p = - \iint_h p n d h$$

Untuk menyelesaikan *Laplace equation* pada lambung kapal maka digunakan bantuan *singularity method* pada permukaan *slender body* dengan cara membuat panel-panel kecil yang kemudian di integrasikan secara menyeluruh pada seluruh permukaan lambung kapal. Ilustrasi *panel integraton* dapat ditunjukkan oleh Gambar 2.



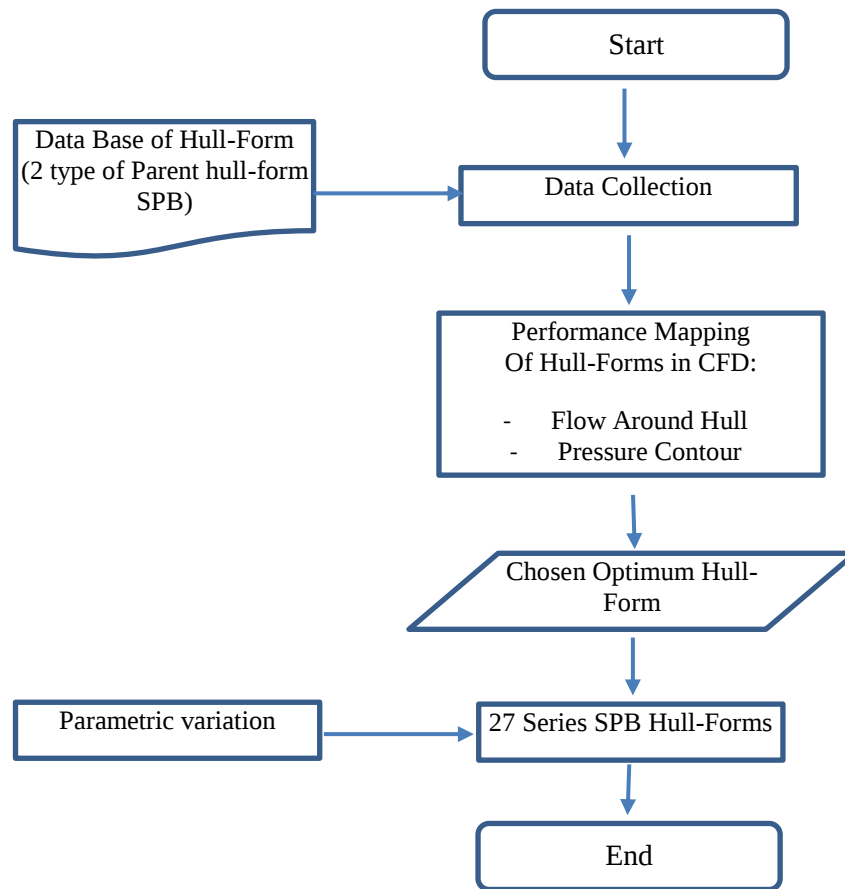
Gambar 2. Ilustrasi *source* (Furth, 2014)

Alur Series Hull-Form

Proses penyusunan dan optimisasi bentuk lambung SPB diawali dengan pengumpulan data berdasar database bentuk lambung. Dimana database ini dapat berupa hasil pengujian model di *towing tank* atau hasil *sea trial*. Dalam hal ini diambil 2 tipe lambung SPB. Bentuk lambung yang dijadikan *parent-hull* tersebut dilakukan *performance mapping* dengan simulasi CFD untuk mengetahui aliran sekitar lambung dan *pressure contour* dari kedua bentuk *parent hull* tersebut.

Bentuk lambung yang memiliki aliran yang paling *streamline* dan *pressure contour* yang memiliki distribusi tekanan

yang lebih baik dipilih sebagai bentuk lambung yang optimum untuk sementara. Bentuk lambung terpilih inilah yang dijadikan dasar pembentukan 27 seri bentuk lambung dengan *parametric variation* sebagaimana di jelaskan pada kerangka teoritis. Untuk mendapatkan lambung yang paling optimal dari 27 Series ini dilakukan perhitungan hambatan berdasar suatu metode seperti *slender body* atau metode lainnya. Berdasar trend grafik hambatan dari ke 27 series tersebut dipilih satu yang memiliki hambatan paling minimal diantara 27 series tersebut.



Gambar 3. Diagram Alir *Series Hull-Form*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Geometri *Parent Hull*

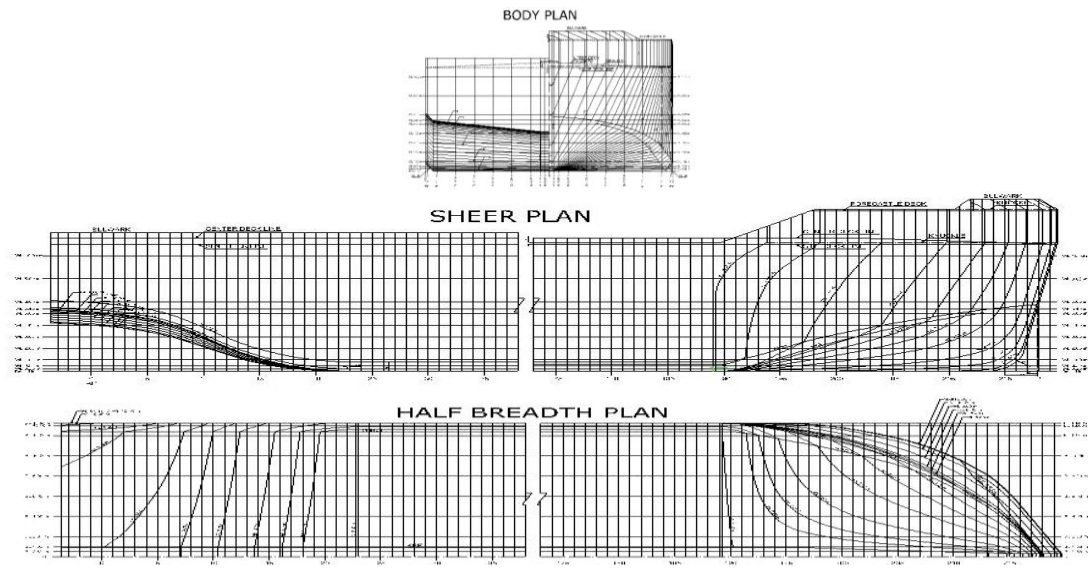
Dalam studi ini terdapat dua bentuk lambung SPB yang dikaji yaitu bentuk type A dan bentuk type B. Lines plan bentuk Lambung type A ditunjukkan oleh Gambar 4.

Performance Mapping

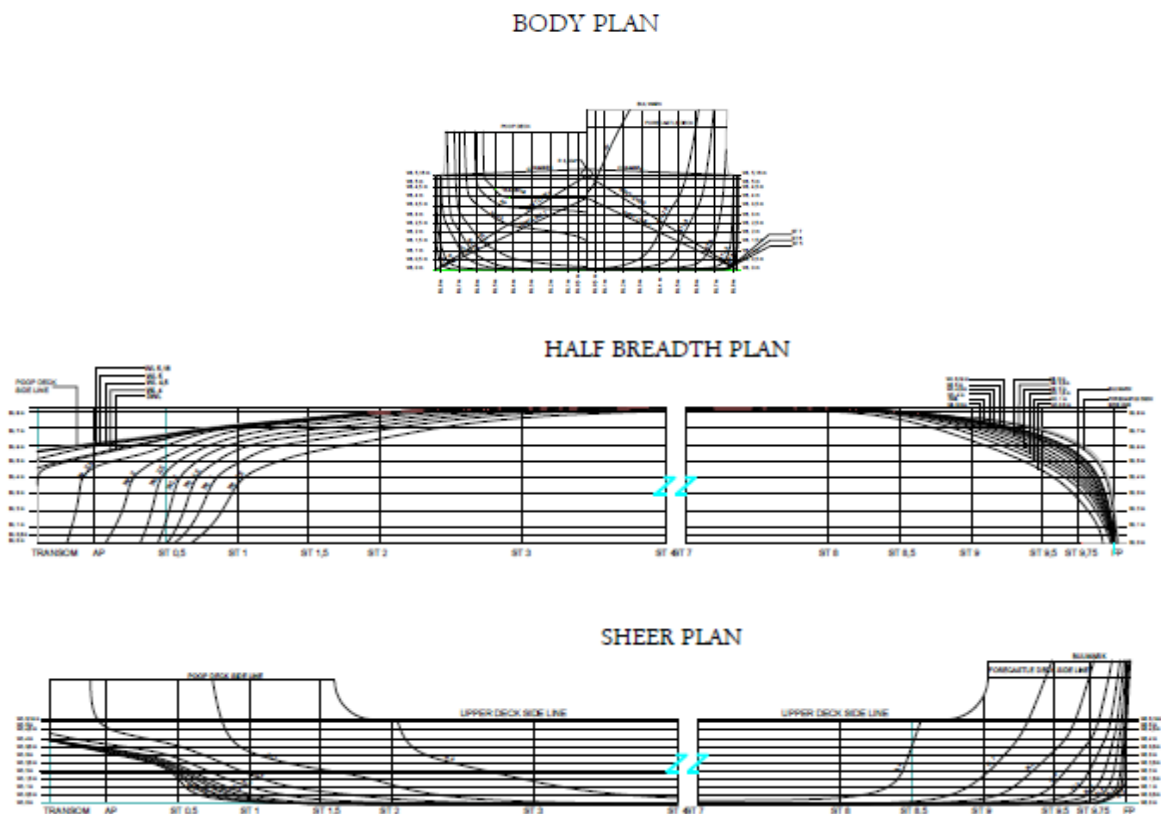
Untuk melakukan *performance mapping* dilakukan simulasi CFD berdasar model yang dibangun dari data linesplan

masing-masing bentuk lambung kapal. Analisa aliran dan *pressure contour* di fokuskan pada bagian haluan dan buritan. Pola aliran vector di sekitar labung type A dapat ditunjukkan oleh Gambar 6.

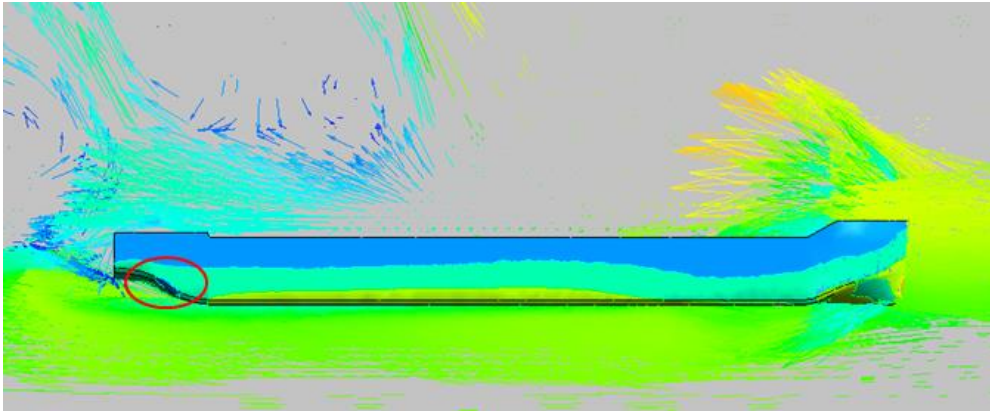
Dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa pola aliran air di bagian buritan lambung type A terdapat aliran yang tidak *uniform* dan cenderung *turbulence* sebagaimana ditunjukkan lingkaran dalam Gambar 6. Sedangkan lines plan bentuk lambung Type B ditunjukkan oleh Gambar 5.



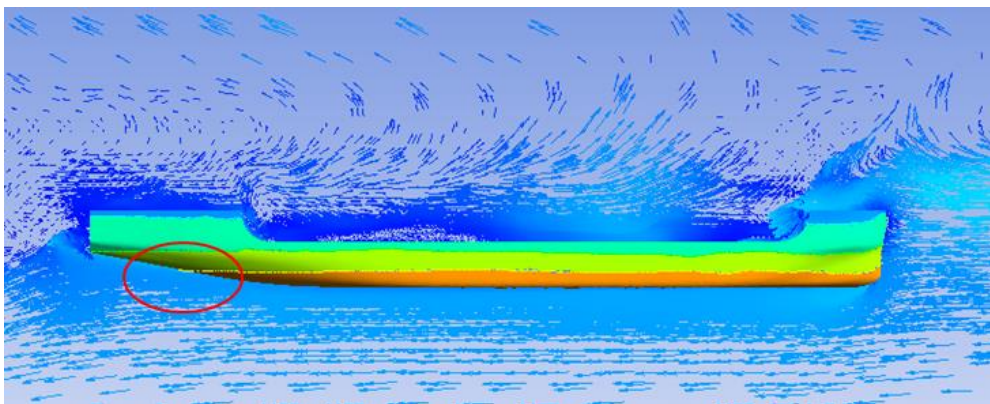
Gambar 4. Bentuk Lambung SPB Type A



Gambar 5. Bentuk Lambung SPB Type B



Gambar 6. Pola aliran lambung Type A

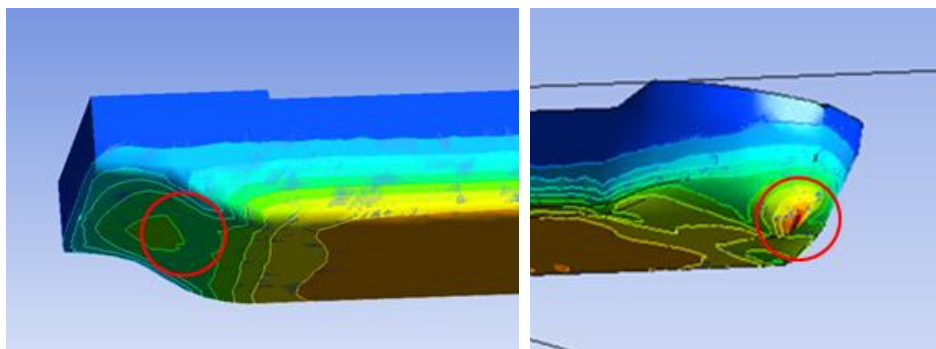


Gambar 7. Pola aliran lambung Type B

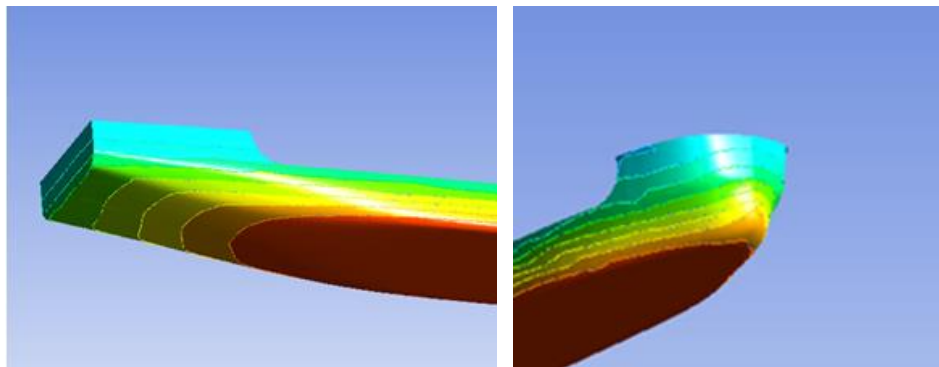
Berdasar Gambar 7 dapat di analisa bahwa pola aliran di bagian buritan lebih *streamline* daripada lambung type A.

Sementara itu berdasar pressure contour diatas terdapat konsentrasi

tekanan di bagian haluan dan adanya contour tekanan di bagian buritan yang mengkonfirmasi adanya turbulensi di buritan lambung type A sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Pola *pressure contour* lambung Type A



Gambar 9. Pola *pressure contour* lambung Type B

Sedangkan untuk lambung type B, *Pressure contour* di bagian haluan dan buritan terlihat lebih merata dan mengkonfirmasi bahwa tidak terjadi tubulensi di bagian buritan sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 9.

Berdasar analisa aliran dan *pressure contour*, maka dapat disimpulkan bahwa bentuk lambung B adalah bentuk yang lebih optimal daripada bentuk lambung A. Berangkat dari kesimpulan tersebut maka *Series hull-form* didasarkan pada bentuk lambung B.

Series Hull-Form

Proses penyusunan *series hull-form* diawali dengan menerapkan pada satu kapal type B sebagai *parent hull-form* dengan ukuran utama yang tunjukkan oleh Tabel 4.

Dari ukuran utama tersebut dilakukan *parametric variation* dengan aturan yang telah di jelaskan. Hasil dari variasi tersebut dapat ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 2. Ukuran Utama Lambung Type B

Main Particular		
Displacement	5234	ton
LWL	92.96	m
Cb	0.82	
Beam	17.02	m
Draft	4.04	m
WSA	2037.36	m ²

Tabel 3. Series Lambung SPB type B

Series	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				t_1	0.21077				
Cb		0.799			0.819			0.839	
p=L/B	5.4427	5.4627	5.48277	5.44277	5.46277	5.48277	5.44277	5.46277	5.4827
T	3.6898	3.6898	3.68987	3.68987	3.68987	3.68987	3.68987	3.68987	3.6898
B	18.060	18.027	17.994	17.838	17.8060	17.773	17.6248	17.5925	17.560

Series	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L=P*B	98.300	98.480	98.660	97.092	97.2705	97.448	95.9281	96.1042	96.28
B/T	4.8946	4.8856	4.8767	4.8345	4.82565	4.8168	4.77654	4.76779	4.7590
L/H	19.660	19.696	19.732	19.418	19.4541	19.489	19.1856	19.2208	19.256
H/T	1.3550	1.3550	1.3550	1.3550	1.35505	1.3550	1.35505	1.35505	1.35505

Series	10	11	12	13	14	15	16	17	18
				t_0	0.2307				
Cb		0.799			0.819			0.839	
p=L/B	5.4427	5.4627	5.4827	5.4427	5.4627	5.4827	5.4427	5.4627	5.48277
T	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04
B	17.260	17.228	17.197	17.048	17.017	16.985	16.843	16.812	16.7822
L=P*B	93.943	94.116	94.288	92.789	92.960	93.130	91.677	91.845	92.0134
B/T	4.2723	4.2645	4.2567	4.2198	4.2121	4.2044	4.1692	4.1616	4.15403
L/H	18.788	18.823	18.857	18.557	18.592	18.626	18.335	18.369	18.4026
H/T	1.23762	1.2376	1.2376	1.2376	1.2376	1.2376	1.2376	1.2376	1.23762

Series	19	20	21	22	23	24	25	26	27
				t_2	0.2507				
Cb		0.799			0.819			0.839	
p=L/B	5.4427	5.4627	5.4827	5.4427	5.4627	5.4827	5.4427	5.4627	5.4827
T	4.3901	4.3901	4.3901	4.3901	4.3901	4.3901	4.3901	4.3901	4.3901
B	16.557	16.527	16.497	16.3543	16.3243	16.2945	16.1582	16.1286	16.0991
L=P*B	90.1200	90.285	90.450	89.0128	89.1762	89.3393	87.9455	88.1069	88.2680
B/T	3.77159	3.7646	3.7578	3.72525	3.71842	3.71164	3.68058	3.67384	3.66713
L/H	18.0240	18.057	18.090	17.8025	17.8352	17.8678	17.589	17.6213	17.6536
H/T	1.13892	1.1389	1.1389	1.13892	1.13892	1.13892	1.13892	1.13892	1.13892

Hambatan *Series Hull-Form* Berdasar *Slender Body*

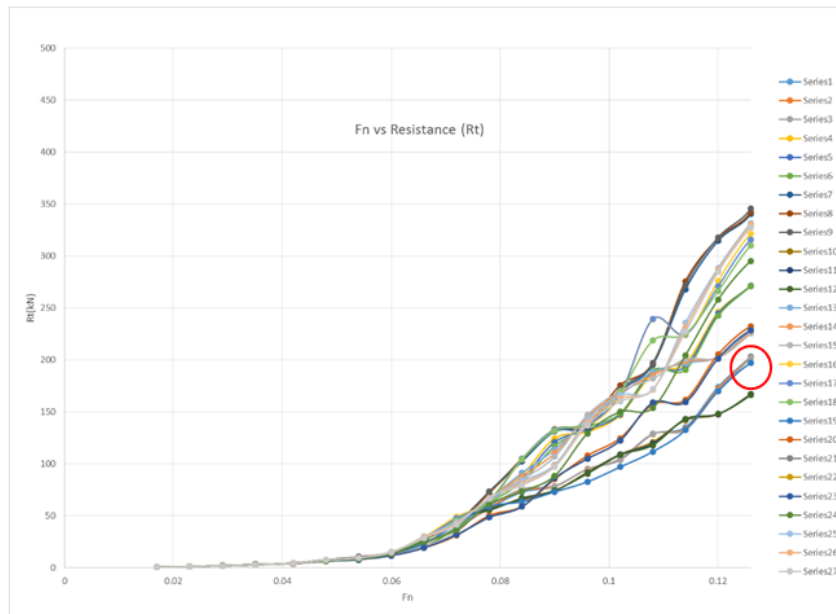
Dari 27 series *hull-form* tersebut dilakukan perhitungan hambatan berdasar *slender body* dengan terlebih memeriksa persyaratan penerapan *slender body* yaitu rasio L/B harus bernilai 0.5 – 0.6.

Berdasar Gambar 10, grafik hambatan berdasar metode *slender body* memiliki kurva yang tidak sesuai dengan grafik hambatan kapal sebagaimana umumnya. Namun berdasar trend dari

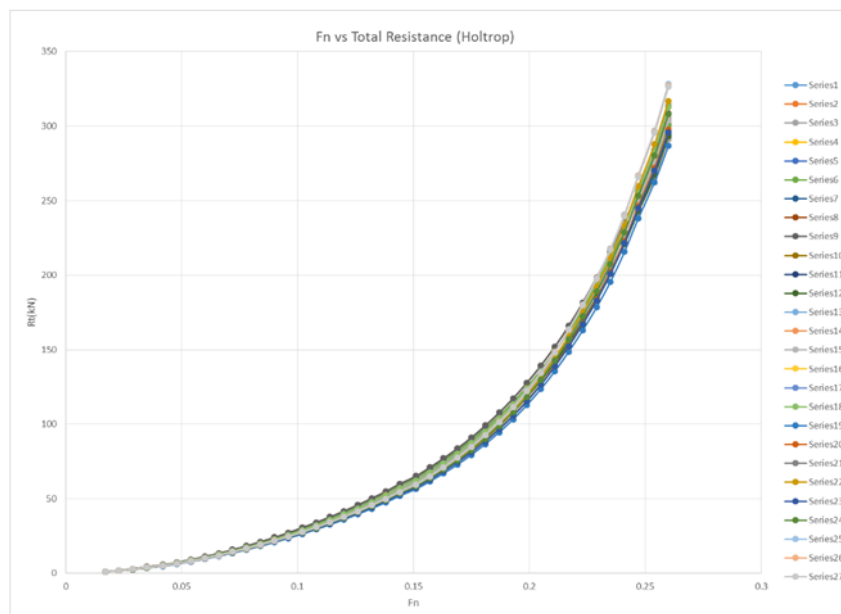
grafik hambatan maka series 19 memiliki trend hambatan paling kecil di antara series bentuk lambung yang lain.

Hambatan Berdasar Metode Holtrop

Berdasar grafik hambatan *slender body* memiliki kecenderungan *oscillatory* atau bergelombang, oleh karenanya dilakukan perhitungan tambahan berdasar metode Holtrop sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 11.



Gambar 10. Hambatan Series Bentuk Lambung Type B



Gambar 11. Hambatan Series Lambung Type B Metode Holtrop

Berdasar nilai hambatan metode Holtrop dari series lambung type B, Series 19 memiliki trend hambatan paling kecil di antara grafik hambatan yang lain.

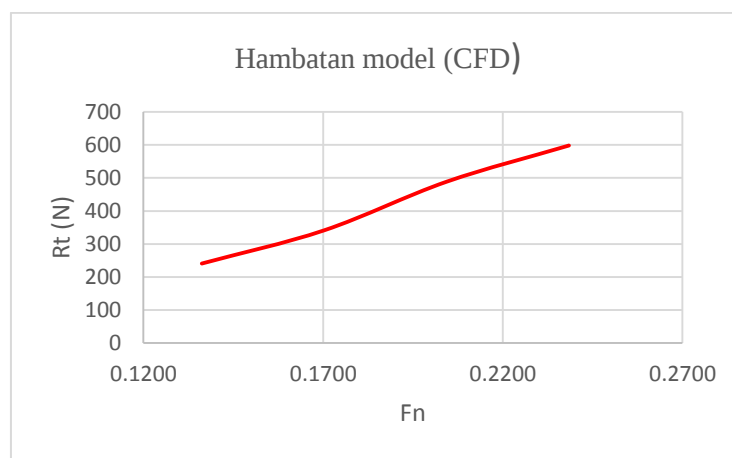
Perhitungan Hambatan Simulasi CFD

Simulasi dilakukan untuk bentuk lambung yang sudah dipilih berdasar

trend grafik hambatan. Simulasi dilakukan pada kondisi dan hasil yang ditunjukkan oleh Tabel 4. Sedangkan grafik hambatan berdasar simulasi CFD ditunjukkan oleh Gambar 10.

Tabel 4. Kondisi dan hasil simulasi CFD

Scale 1: 10		
Number of Element :		10,989,296
V Kapal (Kn)	Fn Model	Rt Model (N)
8	0.1362	240.808
10	0.1703	341.454
12	0.2044	488.529
14	0.2384	598.222

**Gambar 10.** Hambatan kapal SPB Bentuk lambung B

SIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut: Lambung type B memiliki *pressure contour* dan pola aliran yang lebih *streamline* daripada lambung type A. Dari hasil *parametric variation* terhadap lambung type B, Seri 19 memiliki hambatan paling kecil dibanding seri lambung yang lain. Metode pembuatan series lambung yang diajukan dalam paper ini dapat juga digunakan untuk proses optimasi bentuk lambung SPB di tahap *concept design*. Perhitungan hambatan menggunakan metode slender body untuk lambung type SPB tidak hanya di dasarkan pada rasio L/B atau *slenderness ratio* ($0.5 <$

$L/B < 0.6$) namun juga harus didasarkan pada bentuk dari lambung tersebut.

DAFTAR RUJUKAN

- Aydin M. 2013. *Development of a Systematic Series of Gulet Hull Forms With Cruiser Stern*. *Ocean Engineering Journal* 58. hal.180-191.
- Campana, et.al. 2006. *Shape optimization in ship hydrodynamics using computational fluid dynamics*. *Journal of computer methods in applied mechanics and engineering* 196, hal. 634-651.
- Couser P, Wellicome JF. & Molland, A.F. 1998. *An improved method for the*

- theoretical prediction of the wa-ve resistance of transom-stern hulls using a slender body approach.* International Shipbuilding Progress. vol. 45. No. 444,
- Furth M. 2014. *The Development of a Dssipative Potential Flow Model For Wave Making Resistance Prediction.* [Thesis] University Of Southhampton.
- Kapsenberg G. 2007. *The MARIN systematic Series Fast Displacment Hulls.* HISWA Yacht symposium. hal.1.
- Klasifikasi Indonesia. 2014. Register Kapal BKI. Biro Klasifikasi Indonesia.
- Maxsurf. 2013. *Maxsurf Resitance: Windows Version 20.* Bentley System, hal 21.
- Todd FH. 1963. *Series 60 Methodical Experiments With Models of Single Screw Merchant Ships.* Department of The Navy. hal.III-1.