

Perancangan Aplikasi Perhitungan dan Optimisasi Konstruksi Profil pada *Midship* Kapal Berdasar *Rule* Biro Klasifikasi Indonesia

Aditya Rachman, Totok Yulianto dan Dony Setyawan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: totoky@na.its.ac.id, dony@na.its.ac.id

Abstrak—Perhitungan konstruksi kapal pada umumnya akan menghasilkan modulus penampang *midship* yang nilainya jauh di atas batas minimum. Kelebihan nilai ini berdasarkan peraturan bukanlah suatu masalah. Namun dari segi ekonomi akan dibutuhkan biaya lebih yang sebenarnya dapat dihemat. Salah satu cara untuk mengurangi perbandingan modulus penampang *midship* dengan batas minimum yaitu dengan melakukan optimisasi ukuran profil-profil. Perhitungan dan optimisasi konstruksi profil akan terbantu dengan menerapkan teknologi dalam prosesnya, seperti memanfaatkan aplikasi Solver dan pemrograman Visual Basic for Applications (VBA) dalam Excel. Dengan menggunakan pemrograman VBA pada Excel untuk otomatisasi perhitungan dan optimisasi, dapat diciptakan aplikasi untuk perhitungan konstruksi profil pada *midship*. Optimisasi menggunakan Solver dengan metode GRG Nonlinear menghasilkan perubahan nilai modulus penampang *midship* terhadap geladak dari 20.71% menjadi 19.55% terhadap batas minimal Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Untuk modulus penampang *midship* terhadap alas dari 51.92% menjadi 51.43% terhadap batas minimal BKI.

Kata Kunci—GRG nonlinear, konstruksi *midship*, modulus penampang, optimisasi, Visual Basic for Applications.

I. PENDAHULUAN

PADA Departemen Teknik Perkapalan ITS telah dilakukan perancangan aplikasi perhitungan untuk konstruksi pada *midship tanker*. Dari aplikasi ini dihasilkan perhitungan modulus penampang profil serta perhitungan-perhitungan yang diperlukan, dimensi profil yang digunakan dan gambar penampang melintang *midship* [1]. Selain itu juga telah dilakukan perancangan aplikasi perhitungan untuk konstruksi pada ruang mesin *tanker*. Aplikasi ini juga menghasilkan dimensi profil yang digunakan beserta perhitungan yang terkait dan gambar penampang melintang ruang mesin [2].

Kedua studi ini melakukan perancangan aplikasi menggunakan Borland Delphi dan lebih mengarah pada edukasi untuk mahasiswa dalam mempelajari konstruksi kapal. Karena itu pada kedua studi ini lebih fokus dalam proses perhitungan terkait modulus penampang profil dan penggambaran penampang melintang *midship* atau ruang mesin. Pada studi [1] belum dilakukan pemeriksaan *minimum midship modulus section* dari hasil yang didapatkan. Kemudian tindakan apa yang harus dilakukan aplikasi jika

hasil perhitungan tersebut tidak memenuhi batas minimum maupun memenuhi dengan perbedaan yang jauh.

Perhitungan konstruksi kapal pada umumnya akan menghasilkan modulus penampang *midship* dengan nilai di atas dari batas minimal. Kelebihan nilai ini berdasar peraturan memang diperbolehkan selama tidak dibawah batas minimal. Namun dari segi ekonomis kelebihan tersebut tidak baik, karena konstruksi lebih besar dan menyebabkan peningkatan berat serta membutuhkan yang biaya lebih besar. Padahal selama masih ada jarak antara nilai perhitungan modulus penampang *midship* dengan batas minimal, masih terdapat kemungkinan untuk menghemat pengeluaran.

Salah satu cara untuk mengurangi perbedaan modulus penampang *midship* dengan batas minimal yaitu dengan mengganti profil-profil pembujur ke ukuran yang lebih kecil. Namun cara ini bermasalah jika modulus penampang profil-profil tersebut dibawah batas minimum. Karena ada batasan-batasan ini, cara yang bisa digunakan untuk memenuhi kedua batas minimal tersebut yaitu dengan melakukan variasi ukuran pada profil yang telah dipilih berdasar batas minimal.

Proses perhitungan optimisasi profil-profil pada kapal memerlukan banyak waktu jika dilakukan secara manual oleh manusia. Karena itu pemanfaatan teknologi diperlukan untuk membantu proses perhitungan. Berbagai proses perhitungan pada umumnya banyak yang memanfaatkan teknologi *spreadsheet* seperti Microsoft Excel. Pada Excel terdapat aplikasi Solver untuk melakukan pencarian nilai optimal dan Visual Basic for Applications (VBA) sebagai bahasa pemrograman untuk otomatisasi. Dukungan Solver dan VBA pada Excel dapat dimanfaatkan untuk membantu melakukan perhitungan dan optimisasi konstruksi profil kapal.

Perancangan ini dilakukan untuk mengoptimisasi profil-profil agar modulus penampang *midship* mendekati batas minimum modulus penampang *midship* tanpa melanggar batas minimum modulus penampang tiap profil.

II. STUDI PUSTAKA

A. Konstruksi Kapal

Konstruksi kapal pada umumnya terdiri dari badan kapal dan bangunan atas. Pada bagian badan kapal terdiri dari konstruksi alas, lambung, dan satu atau beberapa geladak. Bangunan atas atau *superstructure* adalah bangunan tambahan

yang terletak di bagian atas badan kapal. Panjang bangunan atas tergantung fungsi bangunan tersebut, pada umumnya hanya sebagian dari panjang geladak tapi dapat juga sepanjang geladak tersebut. Pada sebuah kapal pada umumnya terdapat geladak *forecastle* yang terletak di ujung haluan kapal, geladak *poop* yang terletak di buritan kapal dan beberapa *superstructure* diatas geladak *poop*.

Pada bagian geladak kapal terdapat lubang palkah atau *hatch* yang berfungsi untuk proses bongkar muat. Untuk melindungi muatan dalam kapal dari kemungkinan masuknya air, lubang palkah harus diberi penutup dan terdapat penambahan ketinggian dari geladak yang disebut ambang palkah.

Badan kapal dibagi oleh bidang-bidang konstruksi menjadi ruangan-ruangan terpisah. Penyekatan ruangan-ruangan terpisah berguna untuk meminimalisir dampak kebocoran, sehingga kapal diharapkan masih dapat terapung jika salah satu ruang terisi oleh air akibat kebocoran. Selain meminimalisir dampak kebocoran, pembagian ruangan juga berguna untuk mencegah penyebaran api akibat kebakaran. Bidang konstruksi yang membagi badan kapal pada arah melintang disebut sekat melintang (*transverse bulkhead*) dan arah memanjang sekat memanjang (*longitudinal bulkhead*).

Pada kapal general cargo pada umumnya membagi ruang muat menjadi beberapa bagian dengan sekat melintang, hal ini bertujuan untuk mengurangi kerusakan terhadap kapal maupun muatan apabila terjadi kebocoran atau kebakaran.

B. Sistem Konstruksi Kapal

Konstruksi kapal pada dasarnya terdiri atas komponen-komponen yang menopang kapal secara melintang dan memanjang. Terdapat tiga macam *framing system* atau sistem konstruksi kapal untuk merancang komponen-komponen tersebut menjadi suatu badan kapal. Ketiga sistem tersebut adalah:

1) Sistem Konstruksi Memanjang

Adalah konstruksi dimana kapal terdiri atas balok dan gading melintang yang berjauhan. Balok dan gading tersebut ditumpu oleh pembujur-pembujur yang berdekatan. Pada sistem ini komponen melintang dirancang saling berjauhan, tapi tetap bisa memberi kekuatan untuk menopang karena terbantu dari pembujur-pembujur yang saling berdekatan.

2) Sistem Konstruksi Melintang

Adalah konstruksi dimana beban yang bekerja pada konstruksi diterima oleh pelat kulit dan diuraikan pada hubungan-hubungan balok-balok memanjang dari kapal dengan pertolongan balok-balok yang melintangi kapal. Dalam hal ini sebagai tumpuan kaku untuk balok-balok melintang dasar (*floor*) ialah lambung kapal, dinding-dinding sekat memanjang, dan penumpu tengah (*center girder*). Beban konstruksi geladak dilanjutkan dengan pertolongan balok melintang dari rangka geladak (*beam*) ke hubungan kaku yaitu lambung kapal dan dinding sekat memanjang. Beban dari konstruksi lambung dilanjutkan ke geladak dan dasar kapal dengan pertolongan balok-balok melintang yaitu gading-gading (*frame*).

3) Sistem Konstruksi Kombinasi

Sistem konstruksi kombinasi adalah gabungan dari sistem konstruksi melintang dan sistem konstruksi memanjang. Penggunaan sistem konstruksi kombinasi disebabkan karena adanya kelebihan dan kekurangan dari masing-masing sistem konstruksi. Dalam sistem kombinasi ini, sistem rangka konstruksi memanjang dipakai pada geladak utama dan dasar kapal dimana letak konstruksi ini jauh dari sumbu netral penampang melintang kapal sehingga menerima beban lengkung yang besar.

C. Perhitungan Konstruksi Midship Kapal

Untuk menghitung konstruksi kapal diperlukan beban yang bekerja terlebih dahulu. Setelah dilakukan perhitungan beban, ketebalan pelat dapat ditentukan karena nilai beban diketahui. Dari nilai beban ditambah dengan titik berat dapat ditentukan nilai modulus untuk pemilihan konstruksi profil yang akan digunakan. Peraturan yang digunakan untuk melakukan perhitungan konstruksi pada *midship* kapal adalah peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Peraturan mengenai konstruksi kapal terdapat pada *Volume II Rules for Hull*. Untuk perhitungan beban terdapat dalam *Section 4 Design Loads*. Untuk perhitungan ketebalan pelat, terdapat pada *Section 6 Shell Plating*. Untuk menghitung nilai modulus minimum profil, pada konstruksi alas terdapat dalam *Section 8 Bottom Structures*. Untuk konstruksi lambung terdapat dalam *Section 9 Framing System*. Untuk konstruksi geladak terdapat dalam *Section 10 Deck Beams and Supporting Deck Structures* [3].

D. Excel Visual Basic for Applications

Excel VBA adalah nama dari bahasa pemrograman Microsoft Excel [4]. Sejak diterapkan pada tahun 1993, VBA meningkatkan kemampuan Excel untuk melakukan otomatisasi di dalam Excel. Selain itu juga menambahkan fungsi-fungsi yang dapat didefinisikan oleh pengguna *user-defined functions* (UDF) untuk digunakan di dalam Excel. Dalam versi selanjutnya, Microsoft menambahkan sebuah *integrated development environment* (IDE) untuk bahasa VBA pada Excel, sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan pembuatan program. Selain itu, Excel juga dapat merekam semua yang dilakukan oleh pengguna untuk menjadi *macro*, sehingga mampu melakukan otomatisasi beberapa tugas. VBA juga mengizinkan pembuatan form dan kontrol yang terdapat di dalam *worksheet* untuk dapat berkomunikasi dengan penggunaannya. Pada versi selanjutnya menambahkan dukungan terhadap *class module* sehingga mengizinkan penggunaan teknik pemrograman berorientasi objek dalam VBA.

E. Optimisasi

Optimisasi adalah tindakan untuk mendapatkan nilai terbaik dalam suatu keadaan. Dalam mendesain, membangun dan memelihara suatu sistem, terdapat banyak pilihan teknologi dan metode pengelolaan yang akan digunakan. Tujuan utama dari semua pemilihan tersebut antara untuk meminimalkan upaya yang diperlukan atau untuk memaksimalkan manfaat yang diinginkan. Kedua tujuan ini dapat dibentuk menjadi

sebuah fungsi dari variabel-variabel keputusan yang dipilih, sehingga optimisasi dapat didefinisikan sebagai proses mencari kondisi yang memberikan nilai maksimum atau minimum dari sebuah fungsi [4].

F. Solver

Solver adalah program tambahan (*add-in*) dalam Excel untuk menganalisa masalah yang rumit, termasuk skenario yang memiliki beberapa nilai sel yang berubah dan aturan tambahan dengan menggunakan pendekatan *trial-and-error* [5]. Solver digunakan untuk mendapatkan nilai optimal baik maksimum, minimum atau yang diinginkan pada suatu cell yang disebut *objective cell*. Untuk mengoptimasi *objective cell* diperlukan variabel terkait yang dapat diubah beserta batasan-batasan variabel. *Solver* akan menyesuaikan variabel yang dapat berubah dengan batasan yang telah ditentukan agar tercapai nilai *objective cell* yang diinginkan.

III. METODOLOGI

A. Rangkaian Pengerjaan Perancangan Program

Proses kerja perancangan aplikasi adalah sebagai berikut

1. Studi Literatur dan Pemeriksaan Kelengkapan Aplikasi
2. Merancang Rangkaian Alur Aplikasi
3. Merancang Database Profil L, T dan Bulb
4. Merancang Perhitungan dalam Sheet Excel
5. Merancang UserForm untuk Input Data Kapal
6. Penulisan Macro untuk Penggambaran pada AutoCAD
7. Penulisan Macro untuk Optimisasi
8. Perancangan UserForm untuk Rekapitulasi Hasil Perhitungan Aplikasi
9. Uji Coba Aplikasi

B. Peralatan dan Perangkat Perancangan Aplikasi

Dalam perancangan aplikasi pada studi ini, digunakan laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. *Processor*: AMD Quad-Core A8-4500M @ 1.90 GHz
2. RAM: 8 GB

Sedangkan untuk perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Operating System*: Windows 10 Home Single Language 64-bit
2. Microsoft Excel 2016
3. Excel *Visual Basic for Applications*
4. Excel Solver
5. AutoCAD 2015 *Student Edition*

C. Perhitungan Konstruksi Midship

Peraturan mengenai konstruksi kapal terdapat pada *Volume II Rules for Hull* Biro Klasifikasi Indonesia. Untuk perhitungan beban terdapat dalam bab 4. Untuk perhitungan ketebalan pelat terdapat pada bab 6. Untuk menghitung konstruksi terkait alas terdapat dalam bab 8. Untuk perhitungan terkait konstruksi lambung terdapat dalam bab 9. Untuk perhitungan terkait konstruksi geladak terdapat dalam bab 10. Dari bab-bab tersebut hanya sebagian persamaan yang digunakan, karena aplikasi hanya menghitung untuk bagian *midship*.

D. Penggunaan Solver untuk Optimisasi

Untuk melakukan optimisasi diperlukan tiga tabel pemeriksaan modulus penampang profil, pertama adalah kondisi awal, kedua untuk optimisasi menggunakan solver dan terakhir untuk pembulatan ke angka lima diatas. Dengan ketiga tabel tersebut, dapat dijalankan solver dengan *objective cell* modulus penampang profil teroptimisasi, lebar *face* dan tinggi *web* teroptimisasi sebagai variabel dan metode yang digunakan GRG *Nonlinear*. Kemudian batasan-batasan yang berlaku terinci dalam tabel berikut.

Tabel 1
Batasan yang Berlaku untuk Optimisasi Profil

Batasan	
W teroptimisasi	\geq W perhitungan BKI
W teroptimisasi	\leq W kondisi awal
Lebar <i>face</i> teroptimisasi	\leq Lebar <i>face</i> kondisi awal
Tinggi <i>web</i> teroptimisasi	\leq Tinggi <i>web</i> kondisi awal

IV. PERANCANGAN

Perancangan aplikasi ini secara umum dibagi menjadi 4 bagian yaitu, perancangan tampilan *userform*, perancangan sheet perhitungan, perancangan macro untuk penggambaran sketsa dan perancangan macro untuk optimisasi. Pembagian ini berdasarkan urutan proses kerja aplikasi dari mulai data dimasukkan pengguna hingga akhir ketika didapatkan hasil perhitungan dan optimisasi profil beserta pemeriksaan *minimum midship section modulus*.

A. Perancangan Tampilan UserForm

Pada perancangan aplikasi *UserForm* berguna untuk membuat *user interface* pemasukkan data kapal oleh pengguna. Aplikasi ini menggunakan dua *UserForm*, pertama *SplashUserForm* berfungsi untuk menampilkan *splash screen* untuk menampilkan informasi tentang aplikasi dan tombol perintah untuk melanjutkan ke form kedua.

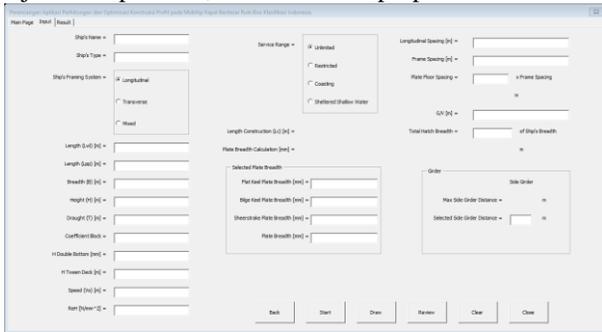


Gambar 1. *Splash Screen*

Halaman utama form kedua hanya berisi informasi dan tombol perintah *Close* untuk menutup form. Untuk memulai

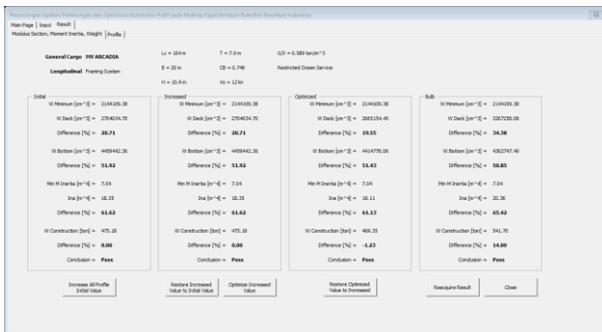
pemasukkan data dapat mengganti ke halaman pemasukkan data dengan menekan tulisan *Main Dimension*. Pembagian halaman ini merupakan hasil dari MultiPage.

Halaman *Main Dimension* terdapat *textbox-textbox* dan tombol opsi untuk data yang akan dimasukkan oleh pengguna. *Data-data* yang dimasukkan ke *textbox* pada umumnya berupa angka, oleh karena itu perlu dituliskan ketentuan-ketentuan tertentu sesuai data yang akan diinput. Begitu pula pada tombol perintah, jika terdapat kekurangan data dalam menjalankan perintah, maka akan tampil pesan error.



Gambar 2. Form Input Data Kapal

Untuk menampilkan hasil perhitungan serta optimisasi profil, dibuatkan lembar baru bernama *Result*. Lembar ini akan menampilkan profil serta pemeriksaan modulus minimal penampang midship saat kondisi perhitungan awal, peningkatan ukuran, optimisasi dan penggunaan profil bulb.



Gambar 3. Form Result Pemeriksaan Modulus Penampang Midship

B. Perancangan Macro untuk Penggambaran Sketsa

Pada tahap ini dirancang sheet berisi tabel perintah-perintah gambar yang akan dikirimkan ke AutoCAD. Perintah-perintah pada tabel telah diterapkan fungsi spesifik sesuai bagian yang akan digambar, sehingga tidak akan terjadi kesalahan seperti terdapat pembujur sisi pada ketinggian yang sama dengan tween deck dan kemungkinan lainnya.

C. Perancangan Macro untuk Optimisasi

Pada tahap ini perhitungan awal modulus penampang profil dan modulus penampang *midship* telah dilakukan. Kemudian hasil pemeriksaan batas minimal modulus penampang midship masih ada perbedaan sebesar lebih dari 20%. Optimisasi dilakukan dengan melakukan perubahan ukuran profil tanpa mengubah ketebalan, proses ini dilakukan dengan memanfaatkan solver pada excel. Proses optimisasi

menggunakan *solver* berjalan lebih cepat jika dituliskan dalam kode VBA, sehingga tidak diperlukan pemasukkan *objective cell*, batasan-batasan secara satu-persatu pada tiap profil. Dari hasil profil yang teroptimisasi ini dilakukan pemeriksaan batas *minimum* modulus penampang midship kembali. Kemudian hasil ditampilkan pada form hasil.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan hasil dari perancangan aplikasi dilakukan dengan uji coba. Uji coba aplikasi membutuhkan data kapal untuk menjalankan perhitungan, data-data tersebut yaitu nama, jenis kapal, sistem konstruksi, ukuran utama kapal, *service range* kapal, tinggi *double bottom*, tinggi *tween deck*, jarak antar gading, jarak antar pembujur, jarak antar wrang pelat, ReH material, G/V muatan, lebar pelat yang digunakan, total lebar *hatch* dan jarak antar *side girder*.

Untuk menguji setiap fungsi aplikasi, maka pengujian dilakukan dengan tiga data kapal. Pada data kapal pertama akan menghasilkan nilai modulus penampang *midship* yang tidak memenuhi batas minimal, Sehingga akan dilakukan peningkatan ukuran profil. Sedangkan pada data kapal kedua dan ketiga akan memenuhi batas minimal modulus penampang *midship* dan dapat dilakukan optimisasi ukuran profil. Untuk data kapal pertama terinci dalam tabel dibawah.

Tabel 2
Data Kapal Pertama

<i>Ship's Name</i>	MV	<i>H Tween Deck</i>	6.7 m
<i>Ship's Type</i>	ARCADIA	<i>Longitudinal Spacing</i>	0.6 m
<i>General Cargo</i>		<i>Frame Spacing</i>	0.6 m
<i>Longitudinal Framing System</i>	<i>Longitudinal</i>	<i>Floor Spacing</i>	4 x frame spacing
<i>Lwl</i>	134.78 m	<i>ReH</i>	235 N/mm ²
<i>Lpp</i>	129.6 m	<i>Payload G/V</i>	0.589
<i>Breadth</i>	20 m	<i>Keel Breadth</i>	1800 mm
<i>Height</i>	10.9 m	<i>Bilge Keel B</i>	1800 mm
<i>Draught</i>	7.9 m	<i>Sheerstrake</i>	1500 mm
<i>C_B</i>	0.748	<i>Plate Breadth</i>	1800 mm
<i>V_s</i>	12 kn	<i>Total Hatch Breadth</i>	0.4 of Ship's Breadth
<i>Service Range</i>	<i>Restricted</i>	<i>Side Girder Distance</i>	3.6 m
<i>H_{DB}</i>	1300 mm		

Dari data kapal pertama, didapatkan hasil perhitungan oleh aplikasi yang ditampilkan dalam tabel-tabel berikut.

Tabel 3
Hasil Kondisi Perhitungan Awal

<i>Initial Condition</i>		
	3545698.84	
<i>W_{min}</i> =	6	cm ³
	2911547.08	
<i>W_{deck}</i> =	6	cm ³
<i>Difference</i> =	-21.78	%
<i>W_{bot}</i> =	4679642.76	cm ³

	4	
Difference =	24.23	%
I _y =	14.511	m ⁴
I _{NA} =	19.564	m ⁴
Difference =	25.83	%
W =	625.538	ton
Difference =	0.00	%
Conclusion	Rejected	

Hasil dari perhitungan modulus penampang midship profil yang telah ditingkatkan ukurannya adalah sebagai berikut.

Tabel 4
Hasil Kondisi Ukuran Ditingkatkan

Increased Condition		
	3545698.84	
W _{min} =	6	cm ³
	3593258.73	
W _{deck} =	7	cm ³
Difference =	1.32	%
	5646534.09	
W _{bot} =	8	cm ³
Difference =	37.21	%
I _y =	14.511	m ⁴
I _{NA} =	23.935	m ⁴
Difference =	39.37	%
W =	763.939	ton
Difference =	22.13	%
Conclusion	Pass	

Dari hasil perhitungan modulus penampang menggunakan profil bulb didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5
Hasil Kondisi Penggunaan Profil Bulb

Bulb Condition		
	3545698.84	
W _{min} =	6	cm ³
	3474762.60	
W _{deck} =	6	cm ³
Difference =	-2.04	%
	4580593.15	
W _{bot} =	2	cm ³
Difference =	22.59	%
I _y =	14.511	cm ⁴
I _{NA} =	21.537	cm ⁴
Difference =	32.62	%
W =	708.841	ton
Difference =	13.32	%
Conclusion	Rejected	

Data kapal kedua merupakan modifikasi dari data kapal pertama. Berikut adalah data kapal kedua.

Tabel 6
Data Kapal Kedua

Ship's Name	MV ARCADIA	H Tween Deck	6.7 m
Ship's Type	General Cargo	Longitudinal Spacing	0.6 m
Framing System	Longitudinal	Frame Spacing	0.6 m
Lwl	108 m	Floor Spacing	4 x frame

		spacing	
Lpp	104 m	ReH	235 N/mm ²
Breadth	20 m	Payload G/V	0.589
Height	10.9 m	Keel Breadth	1800 mm
Draught	7.9 m	Bilge Keel B	1800 mm
C _B	0.748	Sheerstrake	1500 mm
V _S	12 kn	Plate Breadth	1800 mm
Service Range	Restricted	Total Hatch Breadth	0.4 of Ship's Breadth
H _{DB}	1300 mm	Side Girder Distance	3.6 m

Modifikasi dilakukan dengan mengurangi ukuran Lwl dan Lpp dengan tujuan mengurangi nilai *minimum midship section modulus*. Berikut adalah hasil perhitungan awal.

Tabel 7
Hasil Kondisi Perhitungan Awal

Initial Condition		
	2144109.37	
W _{min} =	9	cm ³
	2704034.69	
W _{deck} =	7	cm ³
Difference =	20.71	%
	4459442.35	
W _{bot} =	6	cm ³
Difference =	51.92	%
I _y =	7.042	m ⁴
I _{NA} =	18.348	m ⁴
Difference =	61.62	%
W =	475.181	ton
Difference =	0	%
Conclusion	Pass	

Hasil dari perhitungan modulus penampang midship profil teroptimasi adalah sebagai berikut.

Tabel 8
Hasil Kondisi Teroptimisasi

Optimized Condition		
	2144109.37	
W _{min} =	9	cm ³
	2665154.45	
W _{deck} =	3	cm ³
Difference =	19.55	%
	4414778.06	
W _{bot} =	4	cm ³
Difference =	51.43	%
I _y =	7.042	m ⁴
I _{NA} =	18.115	m ⁴
Difference =	61.13	%
W =	469.355	ton
Difference =	-1.2262	%
Conclusion	Pass	

Dari hasil perhitungan modulus penampang menggunakan profil bulb didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 9
Hasil Kondisi Penggunaan Profil Bulb

Bulb Condition		
	2144109.38	
W _{min} =	9	cm ³
	3267258.08	
W _{deck} =	3	cm ³
Difference =	34.38	%

W_{bot} =	4362747.49	cm ³
<i>Difference</i> =	50.85	%
I_y =	7.04	cm ⁴
I_{NA} =	20.36	cm ⁴
<i>Difference</i> =	65.42	%
W =	541.70	ton
<i>Difference</i> =	14.00	%
<i>Conclusion</i>	<i>Pass</i>	

Data pada kapal ketiga merupakan kapal yang berbeda dari kapal pertama dan kedua. Seperti pada data kapal kedua, akan dihasilkan modulus penampang *midship* minimum. Berikut adalah tabel data kapal ketiga.

Tabel 10
Data Kapal Ketiga

<i>Ship's Name</i>	MV AM	<i>H Tween Deck</i>	4.5 m
<i>Ship's Type</i>	<i>General Cargo</i>	<i>Longitudinal Spacing</i>	0.6 m
<i>Framing System</i>	<i>Longitudinal</i>	<i>Frame Spacing</i>	0.6 m
<i>Lwl</i>	94 m	<i>Floor Spacing</i>	5 x frame spacing
<i>Lpp</i>	90 m	<i>ReH</i>	235 N/mm2
<i>Breadth</i>	16 m	<i>Payload G/V</i>	0.807
<i>Height</i>	8.1 m	<i>Keel Breadth</i>	1800 mm
<i>Draught</i>	6.6 m	<i>Bilge Keel B</i>	1800 mm
C_B	0.747	<i>Sheerstrake</i>	1500 mm
V_s	12 kn	<i>Plate Breadth</i>	1800 mm
<i>Service Range</i>	<i>Restricted</i>	<i>Total Hatch Breadth</i>	0.4 of Ship's Breadth
H_{DB}	1100 mm	<i>Side Girder Distance</i>	3 m

Dari data kapal ketiga yang digunakan, didapatkan hasil perhitungan oleh aplikasi yang ditampilkan dalam tabel-tabel dibawah. Untuk hasil perhitungan awal adalah sebagai berikut.

Tabel 11
Hasil Kondisi Perhitungan Awal

<i>Initial Condition</i>		
W_{min} =	1243143.61	cm ³
	3	
W_{deck} =	1587574.80	cm ³
	1	
<i>Difference</i> =	21.70	%
W_{bot} =	2590092.13	cm ³
	9	
<i>Difference</i> =	52.00	%
I_y =	3.543	m ⁴
I_{NA} =	7.973	m ⁴
<i>Difference</i> =	55.57	%
W =	328.053	ton
<i>Difference</i> =	0.00	%
<i>Conclusion</i>	<i>Pass</i>	

Hasil dari perhitungan modulus penampang *midship* profil teroptimasi adalah sebagai berikut.

Tabel 12
Hasil Kondisi Teroptimisasi

<i>Optimized Condition</i>		
W_{min} =	1243143.61	cm ³
	3	
W_{deck} =	1561201.06	cm ³
	4	
<i>Difference</i> =	20.37	%
W_{bot} =	2553966.12	cm ³
	6	
<i>Difference</i> =	51.32	%
I_y =	3.543	m ⁴
I_{NA} =	7.848	m ⁴
<i>Difference</i> =	54.86	%
W =	322.967	ton
<i>Difference</i> =	-1.55	%
<i>Conclusion</i>	<i>Pass</i>	

Dari hasil perhitungan modulus penampang menggunakan profil bulb didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 13
Hasil Kondisi Penggunaan Profil Bulb

<i>Bulb Condition</i>		
W_{min} =	1243143.61	cm ³
	3	
W_{deck} =	1975864.71	cm ³
	5	
<i>Difference</i> =	37.08	%
W_{bot} =	2284562.26	cm ³
	8	
<i>Difference</i> =	45.59	%
I_y =	3.543	cm ⁴
I_{NA} =	8.582	cm ⁴
<i>Difference</i> =	58.72	%
W =	382.378	ton
<i>Difference</i> =	16.56	%
<i>Conclusion</i>	<i>Pass</i>	

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan uji coba aplikasi didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Aplikasi perhitungan dan optimisasi profil dapat diciptakan menggunakan Microsoft Excel dengan memanfaatkan bahasa pemrograman Visual Basic for Applications untuk otomatisasi dan aplikasi Solver untuk optimisasi.
- 2) Aplikasi dapat melakukan peningkatan ukuran profil-profil di *midship* sehingga modulus penampang *midship* terhadap geladak dari kondisi tidak lolos pada perbedaan -21.78% menjadi +1.32% terhadap batas minimum.
- 3) Aplikasi dapat melakukan optimisasi pada profil-profil di *midship* sehingga perbedaan modulus penampang *midship* terhadap geladak dengan batas minimum BKI dari 20.71% menjadi 19.55%. Dari 51.92% menjadi 51.43% untuk modulus penampang terhadap alas.

B. Saran

Dalam pengerjaan Studi ini terdapat beberapa saran mengenai pengembangan lanjut yang dapat dilakukan dari aplikasi ini, yaitu:

- 1) Membuat proses untuk optimisasi profil Bulb, karena pada studi ini baru sebatas pengambilan data.
- 2) Memperluas lingkup perhitungan hingga pengaruh ke kekuatan memanjang kapal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis A.R. mengucapkan terima kasih kepada Bapak Totok Yulianto, S.T.,M.T. dan Bapak Dony Setyawan, S.T.,

M.Eng. selaku pembimbing penulis dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. M. Fitri, "Perancangan Perangkat Lunak Sebagai Media Pembelajaran Interaktif Konstruksi Midship Kapal Tanker yang Sesuai Dengan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [2] J. K. Dewanti, "Perhitungan Konstruksi pada Engine Room Kapal Tanker Menggunakan Bahasa Pemrograman Sesuai Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [3] B. K. Indonesia, *Volume II Rules for Hull*. 2017.
- [4] C. Lee, *Buku Pintar Macro Ms. Excel*. Jakarta: MediaKita, 2015.
- [5] S. S. Rao, *Engineering Optimization Theory and Practice*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2009.