

Optimasi *Web Frame* dan Senta Kapal Sesuai Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dengan Bahasa Pemrograman

Gea Ihza Miliniati dan Dony Setyawan

Departemen Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

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

Abstrak—Konstruksi kapal terdiri dari tiga jenis utama yaitu sistem konstruksi melintang, sistem konstruksi memanjang, dan sistem konstruksi campuran. Sistem konstruksi melintang digunakan *frame* atau gading untuk menyangga konstruksi dibagian sisi kapal. Gading dipasang melintang pada sisi kapal mulai dari bilga sampai geladak atau dari geladak sampai geladak berikutnya. Sebagian dari gading ini digantikan dengan gading besar (*web frame*) yang pada umumnya berjarak 3 sampai 5 jarak gading. Senta sisi merupakan penumpu pembujur yang terbuat dari profil baja atau pelat bilah dan pelat hadap, yang dipasang pada kedua sisi kapal sebelah dalam di atas bilga. Seringkali ukuran profil *web frame* dan senta tersebut terlalu besar sehingga berat kapal menjadi bertambah dan dapat mengurangi stabilitas kapal. Pengoptimasian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran profil optimum *web frame* dan senta kapal pada *cargo hold* dan *engine room* kapal. tug ini menggunakan *software* Visual Studio untuk menghitung dan mengoptimasi profil *web frame* dan senta sesuai dengan peraturan BKI dengan batasan merupakan nilai modulus desain. Berdasarkan hasil optimasi dengan *software* menunjukkan bahwa aplikasi dapat melakukan optimasi ukuran profil *web frame* dan senta kapal kargo 10000 DWT sesuai dengan modulus minimum berdasarkan perhitungan dan tidak melebihi batasan selisih modulus profil desain dengan modulus perhitungan BKI yaitu <10%. Perhitungan optimum kapal kargo 10000 DWT ukuran *web frame* pada modulus 1583.808 cm³ untuk bagian *cargo hold* adalah 170x510x10 mm dan perbandingan 1:3 adalah perbandingan paling optimum. Ukuran optimum *web frame* dengan 2632.858 cm³ pada bagian *engine room* adalah ukuran 325x650x8 mm, dan perbandingan 1:2 adalah perbandingan paling optimum dengan berat per meter paling ringan. Perhitungan optimum ukuran senta pada modulus 799.91 cm³ untuk bagian *cargo hold* adalah 210x420x6 mm, dan perbandingan 1:2 adalah perbandingan paling optimum. Perhitungan optimum ukuran senta pada bagian *engine room* sama nilainya dengan perhitungan optimum ukuran *web frame* pada *engine room*.

Kata Kunci—*Web Frame*, Senta Kapal, Optimasi, Modulus, BKI.

I. PENDAHULUAN

KONSTRUKSI kapal terdapat tiga jenis utama yaitu sistem konstruksi melintang (*transverse framing system*), sistem konstruksi memanjang (*longitudinal framing system*), dan sistem konstruksi campuran (*mixed combine framing system*). Penentuan ukuran profil *web frame* dan senta ditentukan oleh modulus pelintang sisi dari kapal tersebut. Seringkali ukuran profil kedua konstruksi tersebut terlalu besar sehingga berat kapal menjadi bertambah dan dapat mengurangi stabilitas kapal. Ukuran profil yang terlalu besar dapat dikurangi

Tabel 1.

Data Kapal Kargo

Deskripsi	Ukuran	Satuan
Length of Waterline	127.3	m
Length Construction (LPP)	122.4	m
Breadth (B)	18.4	m
Depth (H)	12.1	m
Draft (T)	7.6	m
Service Speed (Vs)	13	knots
Coefficient Block (Cb)	0.788	

Tabel 2.

Number of Cross tie

Number of cross tie	n _c
0	1.0
1	0.5
2	0.3
≥ 3	0.2

Tabel 3.

Lebar efektif em untuk gading dan penumpu

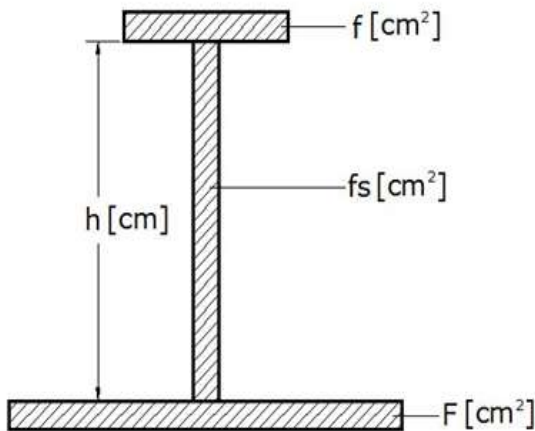
ℓ/e	0	1	2	3	4	5	6	7	≥8
em1/e	0	0.36	0.64	0.82	0.91	0.96	0.98	1.00	1.00
em2/e0	0.2	0.37	0.52	0.65	0.75	0.84	0.89	0.90	

perbedaan modulus penampang *midship* dengan mengganti profil – profil pembujur ke ukuran yang lebih kecil berdasarkan batas minimal. Penggunaan perangkat lunak atau *software* dalam penentuan ukuran profil *web frame* dan senta kapal dapat membantu mempercepat ukuran profil yang diinginkan dengan berbagai variasi perbandingan *face* dan *web*. Perangkat lunak yang digunakan adalah *software* komputer yang merupakan kumpulan data elektronik yang diatur dan disimpan oleh komputer, yaitu Visual Studio. Tinjauan analisis yaitu mengetahui ukuran optimum profil *web frame* dan senta kapal pada *engine room* dan *cargo hold* kapal.

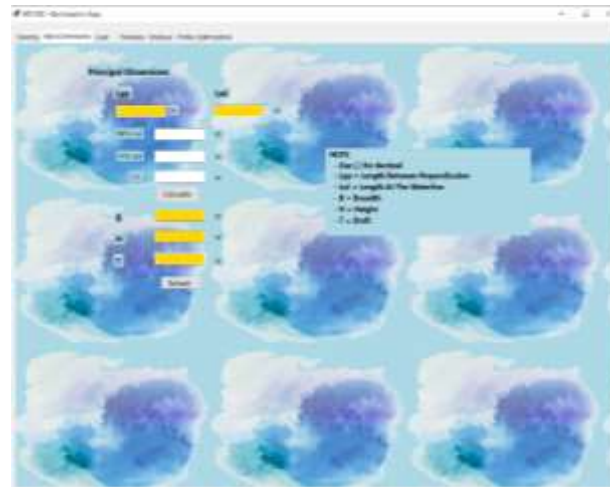
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Jenis Kapal Berdasarkan Muatannya

Kapal dapat didefinisikan sebagai “a ship is floating vessel which is self-propelled an capable of carrying cargo or cargo passenger” yaitu sarana angkutan terapung di air yang dapat bergerak atau berpindah sendiri dari suatu tempat ke tempat lain dan mampu mengangkut atau memindahkan muatan atau barang maupun penumpang [1]. Berdasarkan jenis muatannya, kapal dapat dikategorikan menjadi kargo kapal, kapal penumpang (*passenger ships*), *bulk carrier*, kapal tanker.



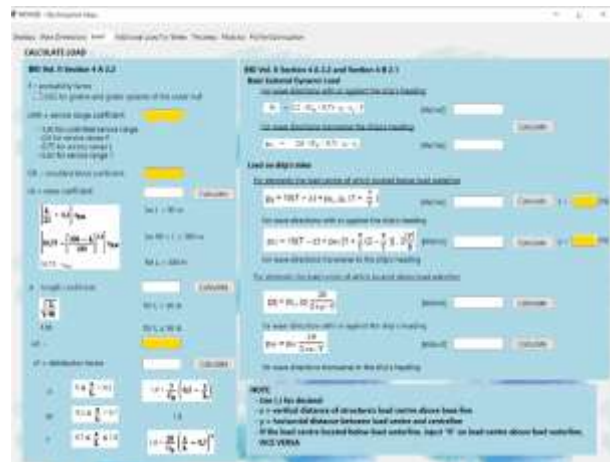
Gambar 1. Penampang Profil T.



Gambar 3. Form Perhitungan Ukuran Utama Kapal.



Gambar 2. Tampilan Awal Aplikasi.



Gambar 4. Tab Perhitungan Beban.

B. Konstruksi pada Kapal

Konstruksi kapal memanjang gading – gading utama dipasang membujur pada sisi kapal yang dinamakan *side longitudinal*. Komponen melintang pada sistem ini dirancang sedikit. Pada konstruksi melintang gading atau *frame* dipasang vertikal dengan jarak antara, kearah memanjang kapal, rapat. Sistem konstruksi campuran merupakan gabungan dari sistem melintang dan sistem memanjang, dimana sisi kapal diperkuat dengan gading melintang yang rapat, alas dan geladaknya diperkuat dengan pembujur – pembujur.

C. Perhitungan Konstruksi

Nilai modulus sebuah profil dapat didapatkan dari perhitungan konstruksi sesuai dengan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia *Rules for Hull Volume II*. Dilakukan perhitungan beban yang sesuai dengan Section 4.

$$P_0 = 2.1 (C_B + 0.7) \cdot c_0 \cdot c_L \cdot f \tag{1}$$

$$P_{01} = 2.6 (C_B + 0.7) \cdot c_0 \cdot c_L \tag{2}$$

Untuk beban sisi digunakan rumus

$$P_s = 10(T - z) + P_0 \cdot c_F \left(1 + \frac{z}{T}\right) \tag{3}$$

$$P_{s1} = 10(T - z) + P_{01} \left[1 + \frac{z}{T} \left(2 - \frac{z}{T}\right)\right] \cdot 2 \frac{y}{B} \tag{4}$$

$$P_s = P_0 \cdot c_F \frac{20}{5+z-T} \tag{5}$$

$$P_{s1} = P_{01} \frac{20}{5+z-T} \cdot \frac{y}{B} \tag{6}$$

Setelah menghitung beban dilakukan perhitungan tebal pelat minimal.

$$t_{min} = (1.5 - 0.01 \cdot L) \sqrt{L \cdot k} \quad \text{untuk } L < 50m \tag{7}$$

Tebal pelat sisi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$t_{s1} = 1.9 \cdot n_f \cdot a \sqrt{P_s \cdot k} + t_k \quad \text{untuk } L < 90m \tag{8}$$

$$t_{s1} = 18.3 \cdot n_f \cdot a \cdot \sqrt{\frac{P_s}{\sigma_{PI}}} + t_k \quad \text{untuk } L \geq 90m \tag{9}$$

$$\sigma_{PI} = \sqrt{\sigma_{perm}^2 - 3 \cdot \tau_L^2} - 0.89 \cdot \sigma_{LB} \tag{10}$$

$$\sigma_{perm} = \left(0.8 + \frac{L}{450}\right) \frac{230}{k} \quad \text{untuk } L < 90m \tag{11}$$

Tabel 4.
Perhitungan Berat *Web Frame Cargo Hold* Kapal Kargo

Untuk Ukuran Modulus = 1541,03cm ³							
	[1/1]	[1/2]	[1/3]	[1/4]			
Face [mm]	460	295	220	180			
Thickness [mm]	6	6	6	6			
Web [mm]	460	590	660	720			
Selisih Modulus [%]	1.869	0.79	0.575	5.283			
Volume [m3]	0.00552	0.00531	0.00528	0.0054			
Berat [kg]	43.332	41.6835	41.448	42.39			
Untuk Ukuran Modulus = 1541,03cm ³							
	[1/1]	[1/2]	[1/3]	[1/4]			
Face [mm]	400	255	190	155			
Thickness [mm]	8	8	8	8			
Web [mm]	400	510	570	620			
Selisih Modulus [%]	2.438	2.326	2.452	6.714			
Volume [m3]	0.0064	0.00612	0.00608	0.0062			
Berat [kg]	50.24	48.042	47.728	48.67			
Untuk Ukuran Modulus = 1541,03cm ³							
	[1/1]	[1/2]	[1/3]	[1/4]			
Face [mm]	355	225	170	135			
Thickness [mm]	10	10	10	10			
Web [mm]	355	450	510	540			
Selisih Modulus [%]	0.65	0.796	4.159	2.518			
Volume [m3]	0.0071	0.00675	0.0068	0.00675			
Berat [kg]	55.735	52.988	53.380	52.988			
Untuk Ukuran Modulus = 1541,03cm ³							
	[1/1]	[1/2]	[1/3]	[1/4]			
Face [mm]	325	210	160	130			
Thickness [mm]	12	12	12	12			
Web [mm]	325	420	480	520			
Selisih Modulus [%]	1.268	2.728	5.405	7.129			
Volume [m3]	0.0078	0.00756	0.00768	0.0078			
Berat/m [kg]	61.230	59.346	60.288	61.230			
Untuk Ukuran Modulus = 1541,03cm ³							
	[1/1]	[1/2]	[1/3]	[1/4]			
Face [mm]	300	195	145	120			
Thickness [mm]	14	14	14	14			
Web [mm]	300	390	435	480			
Selisih Modulus [%]	0.005	2.481	0.515	5.804			
Volume [m3]	0.0084	0.00819	0.00812	0.0084			
Berat/m [kg]	65.940	64.292	63.742	65.940			
Untuk Ukuran Modulus = 1541,03cm ³							
	[1/1]	[1/2]	[1/3]	[1/4]			
Face [mm]	285	185	140	110			
Thickness [mm]	16	16	16	16			
Web [mm]	285	370	420	440			
Selisih Modulus [%]	2.83	4.604	6.213	1.2			
Volume [m3]	0.00912	0.00888	0.00896	0.0088			
Berat/m [kg]	71.592	69.708	70.336	69.080			

$$\frac{230}{k} \quad \text{untuk } L \geq 90m \quad (12)$$

$$\tau_L = \frac{55}{k} \quad (13)$$

$$\sigma_{LB} = \frac{12.6\sqrt{L}}{k} \quad \text{untuk } L < 90m \quad (14)$$

$$\sigma_{LB} = \frac{120}{k} \quad \text{untuk } L \geq 90m \quad (15)$$

$$t_{s2} = 1.21 \cdot a \cdot \sqrt{p \cdot k} + t_k \quad (16)$$

$$t_{s3} = 18.3 \cdot n_f \cdot a \cdot \sqrt{\frac{P_{s1}}{\sigma_{Plmax}}} + t_k \quad (17)$$

$$\sigma_{Plmax} = \sqrt{\left(\frac{230}{k}\right)^2 - 3 \cdot \tau^2} - 0.89 \cdot \sigma_{LS} \quad (18)$$

$$\sigma_{LS} = 0.76 \cdot \sigma_{LB} \quad (19)$$

Perhitungan modulus dilakukan setelah perhitungan tebal sesuai dengan lokasi yang dicari merujuk pada *Section 9.A.5.3*.

Pada kamar mesin :

$$W = 0.8 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_s \cdot k \quad (20)$$

$$I = H (4.5 \cdot H - 3.5) \cdot c_i \cdot 10^2 \quad 3 m \leq H \leq 10 m \quad (21)$$

$$I = H (7.25 \cdot H - 3.1) \cdot c_i \cdot 10^2 \quad H > 10 m \quad (22)$$

Pada ruang muat :

$$W = 0.55 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_s \cdot k \cdot n \quad (23)$$

D. Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman merupakan untaian kata berupa instruksi atau perintah – perintah yang biasanya terdiri dari banyak garis yang bisa dimengerti oleh komputer [2]. Beberapa bahasa – bahasa yang digunakan untuk menuliskan program antara lain bahasa java, bahasa PHP, bahasa Phtyon, HTML/CSS, C#, C++. Bahasa C# yang digunakan pada

Tabel 5.
Perhitungan Optimum Senta Pada Cargo Hold Kapal

Untuk Ukuran Modulus =799.91 cm3				
	[1/1]	[1/2]	[1/3]	[1/4]
Face [mm]	325	210	160	130
Thickness [mm]	6	6	6	6
Web [mm]	325	420	480	520
Selisih Modulus [%]	1.072	1.551	3.442	4.309
Volume [m3]	0.0039	0.00378	0.00384	0.0039
Berat/m [kg]	30.615	29.673	30.144	30.615
Face [mm]	285	185	140	115
Thickness [mm]	8	8	8	8
Web [mm]	285	370	420	460
Selisih Modulus [%]	3.453	4.881	5.409	8.638
Volume [m3]	0.00456	0.00444	0.00448	0.0046
Berat/m [kg]	35.796	34.854	35.168	36.11
Face [mm]	255	165	125	100
Thickness [mm]	10	10	10	10
Web [mm]	255	330	375	400
Selisih Modulus [%]	3.378	4.133	4.887	2.586
Volume [m3]	0.0051	0.00495	0.005	0.005
Berat/m [kg]	40.035	38.858	39.250	39.250
Face [mm]	230	150	115	90
Thickness [mm]	12	12	12	12
Web [mm]	230	300	345	360
Selisih Modulus [%]	0.811	3.137	7.218	1.601
Volume [m3]	0.00552	0.0054	0.00552	0.0054
Berat/m [kg]	43.332	42.390	43.332	42.390
Face [mm]	215	140	105	85
Thickness [mm]	14	14	14	14
Web [mm]	215	280	315	340
Selisih Modulus [%]	2.637	4.672	5.585	7.968
Volume [m3]	0.00602	0.00588	0.00588	0.00595
Berat/m [kg]	47.257	46.158	46.158	46.708
Face [mm]	200	130	0	0
Thickness [mm]	16	16	16	16
Web [mm]	200	260	0	0
Selisih Modulus [%]	1.402	3.753	0	0
Volume [m3]	0.0064	0.00624	0	0
Berat/m [kg]	50.240	48.984	0.000	0.000

penelitian ini merupakan bahasa pemrograman yang sederhana digunakan untuk tujuan umum, sehingga dapat digunakan untuk berbagai fungsi. Penggunaan Visual Studio dengan bahasa pemrograman C# untuk optimasi menggunakan tipe data *int*, *double*, *decimal*, serta *string* [3]. Tampilan dari aplikasi yang akan dibuat menggunakan *drag and drop* untuk tombol *button*, *textbox*, dan *label*.

III. METODOLOGI

A. Pengumpulan Data

Kapal yang digunakan sebagai bahan penelitian ini adalah kapal kargo 10000 DWT. Data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah data kapal yang diperlukan untuk perhitungan modulus pada kamar mesin dan ruang muat kapal. Rincian data yang diperlukan adalah ukuran utama seperti pada table 1.

B. Penentuan Penampang Midship dan Engine Room

Dilakukan penentuan penampang *midship* dan *engine room* untuk mengetahui jumlah kebutuhan konstruksi profil yang

akan digunakan. Setelah penyusunan lajur pelat dapat dicari pusat beban yang akan digunakan. Ukuran utama kapal akan diubah kedalam tulisan kode program sebagai penerjemah permasalahan yang akan diselesaikan dalam bentuk matematika.

C. Perhitungan Beban

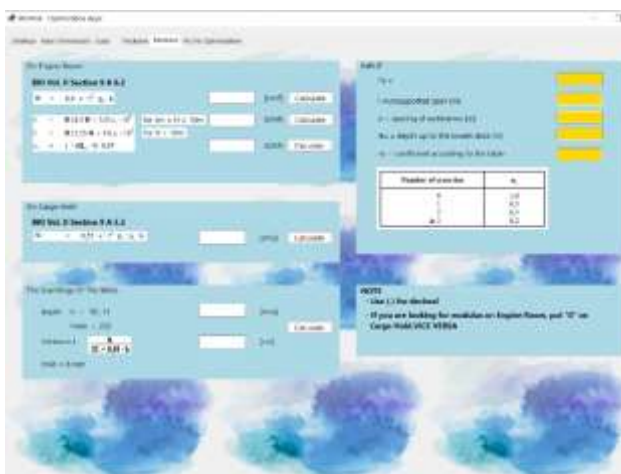
Beban dinamis dihitung terlebih dahulu sesuai dengan arah ombak apakah searah dengan laju kapal atau tidak pada bab perhitungan beban. Dilakukan perhitungan beban pada sisi kapal berdasarkan lokasi titik pusat beban berdasarkan lokasi titik pusat beban berada di bawah garis air atau diatas garis air. Perhitungan tebal pelat dihitung setelah perhitungan beban. Nilai minimum dan maksimumnya dihitung untuk menentukan tebal pelat yang akan digunakan.

D. Perhitungan Modulus

Perhitungan modulus yang dihitung adalah modulus pada pada kamar mesin dan ruang muat. Perhitungan beban sebelumnya diperlukan, serta nilai panjang yang tidak disanggah (ℓ), jarak antar gading (a), tinggi sampai dengan dek



Gambar 5. Tab Perhitungan Tebal Pelat.



Gambar 6. Perhitungan Modulus.

paling bawah (H_u), dan n_c berdasarkan tabel pada *Volume II Rules for Hull Section 9A.5.3* seperti pada Tabel 2.

E. Pemilihan Profil

Pemilihan profil dilakukan dengan mengacu pada perhitungan modulus sebelumnya yang dijadikan acuan untuk modulus minimum. Perhitungan lebar efektif pelat pengikat dilakukan terlebih dahulu sesuai dengan *BKI Vol. II Rules for Hull Section 3E.2* seperti pada Tabel 3.

F. Optimasi Web Frame dan Senta

Optimasi ukuran *web frame* dan *senta* berdasarkan hasil iterasi yang dilakukan agar menemukan hasil optimum. Perhitungan modulus penampang profil T mengacu pada grafik peraturan *BKI Annex 1* dengan perkalian angka dari hasil interpolasi dua titik pada grafik dengan luas penampang pelat pengikat dan pelat bilah. Dimana h adalah tinggi pelat bilah, f yaitu luas penampang pelat hadap, f_s adalah luas penampang pelat bilah, F adalah luas penampang pelat pengikat seperti pada Gambar 1.

Setelah didapatkan modulus penampang profil T menggunakan batasan pada hasil :

1. Ukuran tebal dan panjang *web* dan *face* profil merupakan angka bulat dalam satuan milimeter.

Tabel 6.
Ukuran Utama Kapal

$L_{pp} =$	122.4	m	x/L	0.4	
$L_{wl} =$	127.3	m	a	600	mm
$Breadth =$	18.4	m	$CB =$	0.788	
$Height =$	12.1	m	$f =$	0.65	
$Draught =$	7.6	m	$CRW =$	0.75	
$V_s =$	13	knots			

2. Selisih modulus perancangan ukuran profil dengan modulus berdasarkan hasil perhitungan dengan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia $<10\%$
3. *Objective function* : apabila didapatkan hasil ukuran profil desain dan modulus yang sama, maka akan dipilih hasil desain ukuran profil yang memiliki berat paling ringan.

IV. PERANCANGAN APLIKASI

Perancangan aplikasi dibagi menjadi perancangan *form* awal, perancangan *tab* perhitungan, dan perancangan *tab* optimasi.

A. Perancangan Form Awal

Tampilan awal ditampilkan informasi dalam bentuk label berisi tentang informasi berupa nama perancang aplikasi, tujuan perancangan aplikasi, serta nama program yang telah dibuat. Setelah tampilan awal ini dapat ditekan tab selanjutnya untuk melanjutkan ke proses selanjutnya seperti pada Gambar 2.

B. Perancangan Tab Pehitungan

Nilai berupa L_{wl} (*Length Waterlines*), L_{pp} (*Length Between Perpendicular*), lebar (B), tinggi (H), dan sarat kapal (T) dimasukkan oleh pengguna. Tombol *calculate* digunakan untuk menghitung L konstruksi kapal berdasarkan nilai L_{wl} dan L_{pp} serta tombol *refresh* untuk mengganti ukuran yang telah dimasukkan oleh pengguna. Tampilan warna berbeda pada *textbox* dimana warna kuning merupakan *textbox* yang harus di-*input* oleh pengguna seperti pada Gambar 2.

Terdapat *tab* selanjutnya yaitu *Load* seperti pada Gambar 3 untuk menghitung beban yang bekerja pada sisi kapal. Nilai yang perlu dimasukkan adalah Crw , koefisien blok (C_b), x/L yaitu posisi pusat beban yang dikehendaki, c_0 yaitu koefisien ombak, c_L koefisien panjang, c_F yaitu faktor distribusi, z yaitu jarak vertikal dari pusat beban diatas garis air, dan y yaitu jarak horizontal antara pusat beban dengan *centreline*.

Khusus untuk perhitungan pada kapal tanker ditambahkan perhitungan beban maksimum pada tanki menggunakan P_2 . Beban maksimum pada tanki ini akan dibandingkan dengan perhitungan beban sisi lalu dipilih nilai beban yang paling besar untuk digunakan pada perhitungan tebal pelat. Tab perhitungan beban dapat dilihat pada Gambar 3.

Perhitungan tebal pelat dilakukan dengan memasukkan data berupa a atau jarak gading, n_f , k atau faktor material, P merupakan P_s dari perhitungan beban, dan P_{s1} dari perhitungan beban seperti pada Gambar 4.

C. Perancangan Modulus

Modulus ini digunakan berdasarkan lokasi yang dipilih pada kamar mesin atau ruang muat seperti pada Gambar 5. Dimasukkan nilai beban P_s dari perhitungan beban, l yaitu jarak yang tidak disanggah, e atau jarak gading, H_u yaitu tinggi sampai dek paling bawah, n_c atau koefisien berdasarkan tabel yang telah ada pada *tab*. Ukuran tebal dan panjang profil minimum juga dihitung.

D. Perancangan Optimasi

Pada *tab* optimasi *textbox* untuk nilai modulus didapatkan dari perhitungan sebelumnya berdasarkan lokasi yang dipilih, *textbox* dengan warna berbeda dimasukkan oleh pengguna dan i merupakan ukuran awal untuk optimasi berdasarkan modulus minimum dari perhitungan BKI. Terdapat pula tabel untuk menunjukkan ukuran hasil iterasi berdasarkan i yang telah dimasukkan, tabel juga berisi selisih modulus ukuran profil hasil optimasi dengan modulus perhitungan BKI, serta berat ukuran profil tersebut setiap 1 meter panjangnya.

V. ANALISA

Dilakukan analisa dan pembahasan mengenai optimasi ukuran *web frame* dan senta kapal adalah hasil perhitungan pada tiap *tab* pada aplikasi sudah sesuai dengan perhitungan manual dengan Microsoft Excel pada Tabel 4 sudah sesuai, dimana saat L_{pp} dan L_{wl} nilainya dimasukkan maka hasil perhitungan konstruksi beban seperti pada Tabel 4.

Modulus hasil dari optimasi ukuran profil pada program optimasi dilakukan perhitungan berat. Perhitungan berat ini dihitung setiap 1 meter panjang profil *web frame* dan senta. Pada perhitungan berat profil dapat dilakukan berdasarkan berat jenis baja yaitu menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu 7850 kg/m³. Selain itu perhitungan berat profil juga dapat dilakukan berdasarkan tabel berat jenis profil, namun hanya dapat digunakan apabila jenis profil yang digunakan ada pada tabel baja.

Dilakukan perhitungan berat pada senta kamar mesin kapal kargo dengan beberapa nilai modulus seperti pada Tabel 5 untuk mencari nilai perbandingan *face* dan *web* profil yang memiliki berat optimum paling ringan dan selisih modulus paling kecil. Analisa perbandingan berat ini dilakukan dengan menggunakan berat profil berdasarkan berat jenis baja. Untuk

mendapatkan berat profil dilakukan perhitungan volume dengan perkalian luas penampang profil dan panjang profil yaitu setiap 1 meter.

Tabel perhitungan ini menghasilkan selisih modulus yang bernilai <10% dimana selisih modulus ini merupakan batasan yang digunakan pada penelitian ini. Selisih nilai modulus desain dengan modulus BKI yang terkecil tidak selalu menunjukkan bahwa perbandingan *face* dan *web* yang memiliki berat paling ringan. Perhitungan untuk perbandingan 1:3 dan 1:4 seperti pada Tabel 4 menunjukkan angka "0" dimana perbandingan *face* dan *web* untuk ukuran modulus tersebut > 10% untuk tebal 16 mm. Dengan nilai perbandingan *face* dan *web* 1:1 memiliki berat profil paling berat. Salah satu faktor yang mempengaruhi selisih modulus ini adalah nilai tebal pelat pengikat yang berpengaruh dalam ukuran *face* dan *web* profil.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan proses pembuatan program optimasi ukuran profil *web frame* dan senta kapal dengan data kapal General Cargo 10000 DWT pada Tabel 6 didapatkan beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut; (1) Perhitungan optimum ukuran *web frame* pada modulus 1583.808 cm³ untuk bagian *cargo hold* adalah 170x510x10 mm dan perbandingan 1:3 adalah perbandingan paling optimum; (2) Ukuran optimum *web frame* dengan 2632.858 cm³ pada bagian *engine room* adalah ukuran 325x650x8 mm, dan perbandingan 1:2 adalah perbandingan paling optimum dengan berat per meter paling ringan.; (3) Pada perhitungan optimum ukuran senta pada modulus 799.91 cm³ untuk bagian *cargo hold* adalah 210x420x6 mm, dan perbandingan 1:2 adalah perbandingan paling optimum; (4) Perhitungan optimum ukuran senta pada bagian *engine room* sama nilainya dengan perhitungan optimum ukuran *web frame* pada *engine room*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. I. Kusna, *Teknik Konstruksi Kapal Baja*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [2] L. Hakim, *Bahasa Pemrograman C# dan EmguCV*, 1st ed. Yogyakarta: Deep Publish, 2018.
- [3] J. Enterprise, *Pengenalan Visual Studio 13*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 2015.