

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN COREMAT UNTUK KONSTRUKSI FRP (FIBERGLASS REINFORCED PLASTIC) SANDWICH PADA BADAN KAPAL

Parlindungan Manik, Eko Sasmito Hadi *)

Abstract

Planning of ship construction is make its having good effectivity value and efficiency. Composite as material alternative to changes of steel feedstock and wood has many applied named FRP (fiberglass reinforced plastics) single skin. The weakness of this FRP was heavy construction and requires many production time. Therefore, will be checked comparison between single skin with sandwich constructions for shell.

In this research, the way for making composite is hand lay up method with three various thickness of skin there are : t , $t/2$, and $t/4$. To know strength comparison from the various skin of sandwich with single skin, must be test, consist of tensile test.. The result is analyzed then compared by BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) rules for the fiberglass ship.

Based on the result, indicates that optimization skin thickness of sandwich construction applies Coremat which tensile strength it is equivalent with Single Skin at $2/3t$ and usage of Sandwich construction causes 23,12 % lighter. In economic analyze, advantage from low weight is compensation of addition 23,12 % DWT. Material cost for Sandwich about 11,35% bigger than Single Skin construction.

Key words : FRP, Coremat, Single Skin, Sandwich.

Pendahuluan

Latar Belakang

Perencanaan konstruksi kapal adalah membuat suatu konstruksi yang mempunyai nilai efektifitas dan efisiensi yang baik. Komposit sebagai material alternatif pengganti bahan baku baja dan kayu yang telah banyak digunakan yakni FRP (*fiberglass reinforced plastics*) single skin. Kelemahan dari FRP ini adalah konstruksinya yang berat dan tidak efisien waktu. Sedangkan konstruksi *Sandwich* adalah lamina FRP mengapit lapisan inti (*core*) yang berbeda jenis materialnya.



Gambar 1. Konstruksi *Single Skin* dan *Sandwich*

Secara teoritis, konstruksi FRP *Sandwich* merupakan konstruksi *Single Skin*, yang dibagi dua dan dipisahkan oleh lapisan inti yang ringan dan tebal. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini, diteliti perbandingan antara konstruksi *single skin* dengan *sandwich* untuk badan kapal.

Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada, dapat dirumuskan permasalahan yang perlu dikaji adalah sebagai berikut :

- Analisa teknis kekuatan tarik antara FRP *Sandwich* dibandingkan FRP *Single Skin*.
- Analisa ekonomis pembuatan badan kapal konstruksi FRP *Sandwich* dibandingkan FRP *Single Skin*.

Batasan Masalah

Batasan masalah dari kajian ini adalah peninjauan hanya dari kekuatan tarik antara FRP *Sandwich* dibandingkan FRP *Single Skin* dan dari sebagian biaya total produksi (sebatas luasan permukaan badan kapal), tanpa permesinan, material handling, peralatan kapal, perpipaan, dan sebagainya antara FRP *Sandwich* dibandingkan FRP *Single Skin* yang mengacu pada hasil pengujian.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu:

- Mengetahui perbandingan kekuatan tarik antara FRP konstruksi *Single Skin* dengan *Sandwich*.
- Mengetahui perbandingan ekonomis antara FRP konstruksi *Single Skin* dengan *Sandwich* pada pembuatan sebuah badan kapal.

Metodologi Penelitian

Studi Literatur

Yaitu dengan mempelajari permasalahan beserta solusinya yang akan dikemukakan di dalam tugas akhir dengan acuan buku-buku referensi dan juga literatur yang dipublikasikan di internet.

Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan secara langsung dan wawancara, diantaranya:

- Mengumpulkan data ukuran utama kapal yang digunakan.
- Mengumpulkan daftar harga material yang digunakan dalam penelitian.

Pemilihan Lapisan Inti (*Core*)

Pada penelitian ini, lapisan inti (*core*) yang digunakan adalah jenis *Coremat* yang memiliki keunggulan memiliki ketahanan tumbuk sangat tinggi, kuat, tahan lama, ringan, serta mudah digunakan dan didapat.

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Undip

Pembuatan Spesimen Uji

Proses pembuatan spesimen uji dilakukan dengan cara manual yaitu *hand lay up* (metode olesan) yang terdiri dari kombinasi serat penguat *Woven Roving* dan *Chopped Strand Mat*, resin serta katalis sebagai bahan pendukung dengan menggunakan cetakan yang terbuat dari kaca. Lami-nasi kulit *sandwich* dibuat dengan 4 (empat) macam variasi ketebalan kulit yaitu: *single skin t*, *sandwich t*, *sandwich t/2*, *sandwich t/4*, dimana *t* adalah ketebalan kulit konstruksi *Single Skin*.

Adapun jumlah spesimen yang akan diuji tarik adalah berdasarkan variasi ketebalan kulit dan dari masing-masing ketebalan kulit diambil 3 (tiga) sampel untuk diuji kekuatan tarik, sehingga berjumlah total 12 buah spesimen uji berdasarkan standar pengujian ASTM D 638 – 03.

Pengujian Spesimen Uji

Pengujian tarik dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin UGM Yogyakarta.

Analisa Teknis

Dari data hasil pengujian di laboratorium, maka akan diketahui, antara lain:

- Kekuatan tarik laminasi FRP *Sandwich* yang dibuat.
- Optimasi ketebalan kulit FRP *Sandwich*.

Analisa Ekonomis

Dengan adanya ukuran utama kapal, maka luasan dan pembebanan pada kulit kapal dapat diketahui. Sehingga, biaya produksi untuk konstruksi FRP *Sandwich* yang ditinjau dari biaya material dapat diketahui. Dalam hal ini, peninjauan hanya dari sebagian biaya total produksi sebatas luasan permukaan badan kapal.

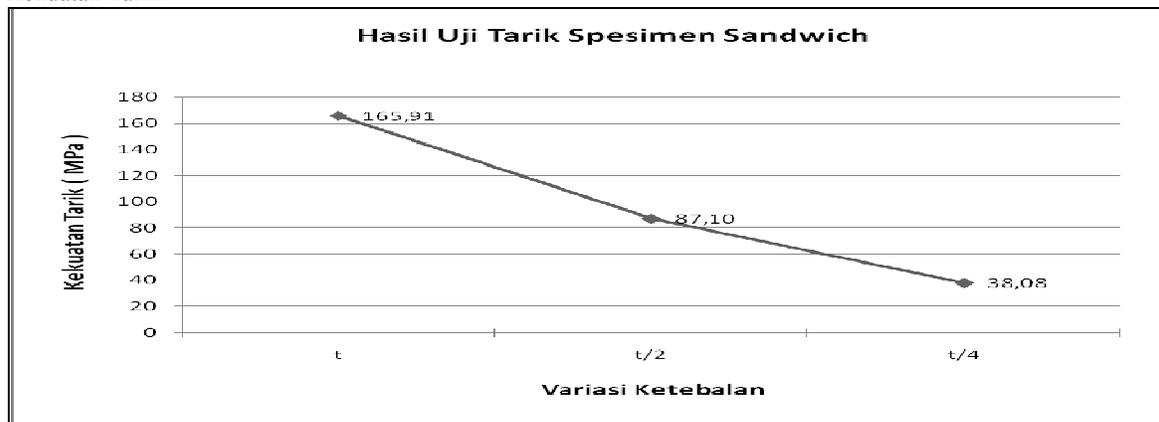
Hasil Dan Pembahasan

Analisa Teknis

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tarik FRP *Single Skin* dan *Sandwich*

Variasi Ketebalan	Spesimen	Δl (mm)	Luas (mm ²)	Fmax (kg)	σ max (kg/mm ²)	σ max (Mpa)	Regangan (ϵ)	E (kg/mm ²)	E (Mpa)
<i>Single Skin</i> (t)	1	0,90	228	2760	12,11	118,68	0,01579	769,048	7536,67
	2	0,83	228	2860	12,54	122,89	0,01456	861,938	8446,99
	3	1,00	228	2720	11,93	116,91	0,01754	680,510	6669,00
<i>Sandwich</i> (t)	1	0,72	380	6480	17,052	167,12	0,01263	1,350,034	13230,33
	2	0,75	380	6740	17,736	173,82	0,01316	1,347,992	13210,32
	3	0,77	380	6080	16,000	156,80	0,01351	1,184,416	11607,27
<i>Sandwich</i> (t/2)	1	0,55	226	2444	9,188	90,04	0,00965	952,186	9331,42
	2	0,68	226	2240	8,421	82,53	0,01193	705,914	6917,96
	3	0,72	226	2408	9,053	88,72	0,01263	716,701	7023,67
<i>Sandwich</i> (t/4)	1	0,52	209	844	4,038	39,58	0,00912	442,712	4338,58
	2	0,45	209	848	4,057	39,76	0,00789	513,905	5036,27
	3	0,50	209	744	3,560	34,89	0,00877	405,863	3977,46

Kekuatan Tarik



Gambar 1. Grafik Kekuatan Tarik FRP *Sandwich*

Hasil yang didapat dari pengujian tarik dengan variasi ketebalan kulit menunjukkan bahwa kekuatan tarik rata-rata spesimen uji pada konstruksi:

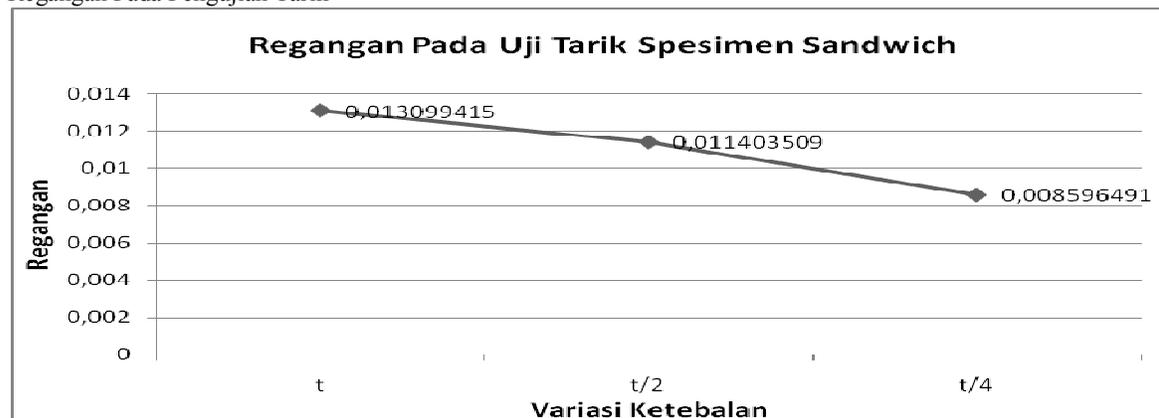
- *single skin* dengan ketebalan t sebesar 119,67 Mpa,
- *sandwich* dengan ketebalan kulit total t sebesar 165,91 Mpa,
- *sandwich* dengan ketebalan kulit total t/2 sebesar 87,10 Mpa, dan
- *sandwich* dengan ketebalan kulit t/4 sebesar 38,08 Mpa.

Dapat dilihat dari grafik di atas (gambar 1) bahwa optimasi ketebalan kulit konstruksi *sandwich* dengan

Coremat sebagai lapisan inti terletak diantara variasi ketebalan t dan t/2. Setelah ditarik garis lurus pada grafik didapat bahwa ketebalan konstruksi *sandwich* yang kekuatannya setara dengan konstruksi *single skin* terletak pada ketebalan sekitar 2/3 t yaitu 15,73 mm. Artinya, dalam hal ini telah terjadi pengurangan ketebalan kulit total pada konstruksi *sandwich*.

Terlihat pula bahwa setelah dilakukan pengujian, spesimen hanya mengalami sedikit pertambahan panjang. Hal ini berpengaruh pada besarnya regangan dan besarnya modulus elastisitas yang terjadi pada spesimen.

Regangan Pada Pengujian Tarik

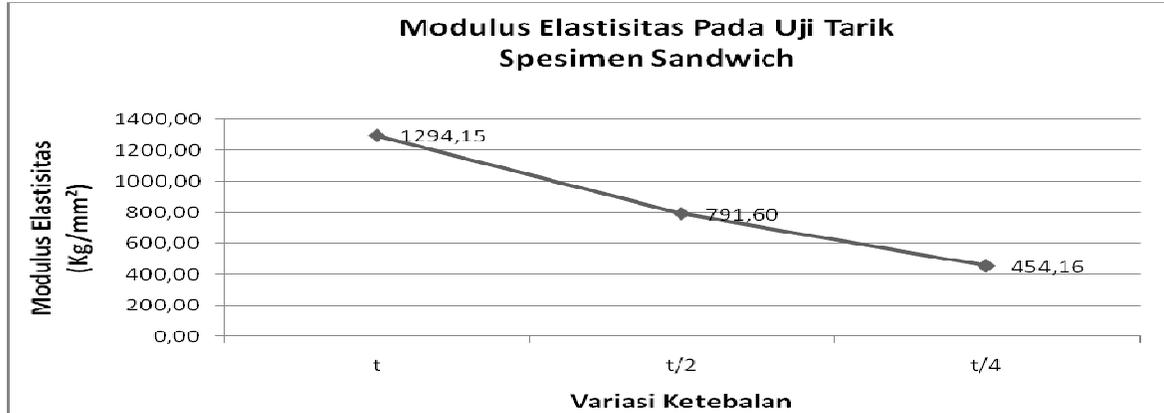


Gambar 2. Grafik Regangan Spesimen Uji

Pada grafik yang tertera di gambar 2. menunjukkan bahwa regangan spesimen uji pada pengujian tarik untuk tiap-tiap variasi ketebalan memiliki besar regangan yang berbeda. Hal ini dikarenakan pada saat menerima beban tarik spesimen uji mengalami pertambahan panjang. Nilai pertambahan panjang

tergantung dari perbandingan ketebalan lapisan inti dengan kulit *sandwich*. Semakin kecil perbandingan kulit *sandwich* dengan lapisan inti, maka regangan yang dihasilkan pun akan kecil. Jadi dapat dikatakan bahwa variasi ketebalan kulit mempengaruhi besarnya regangan pada spesimen uji.

Modulus Elastis

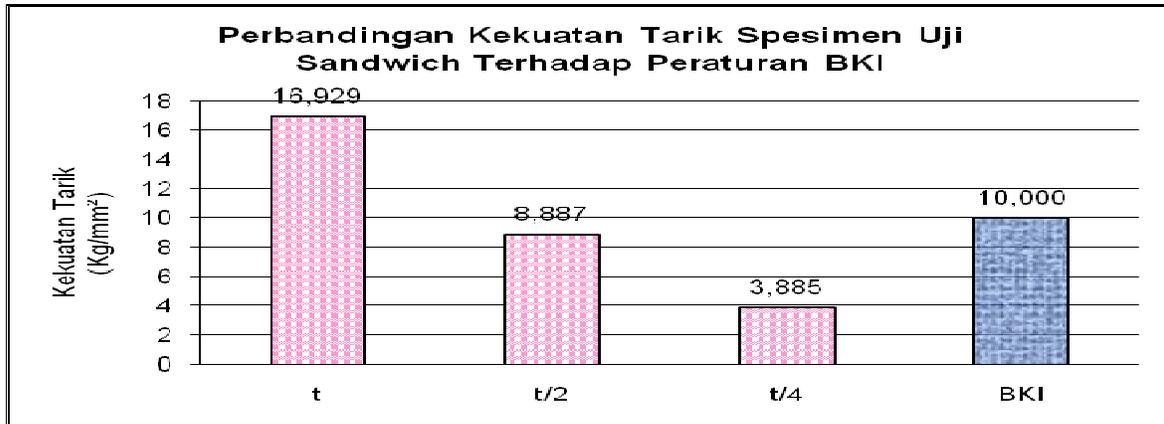


Gambar 3. Grafik Modulus Elastis FRP Sandwich

Pada grafik yang tertera di gambar 3. menunjukkan bahwa modulus elastisitas rata – rata spesimen uji dipengaruhi oleh besarnya regangan. Terlihat bahwa spesimen *sandwich* dengan ketebalan t memiliki modulus elastisitas sebesar 12683,15 Kg/mm², t/2

sebesar 791,60 Kg/mm², dan modulus elastisitas yang paling lemah pada t/4 sebesar 454,16 Kg / mm². Semakin besar regangan yang didapat spesi-men, maka semakin kecil modulus elastis yang didapat.

Kekuatan Tarik

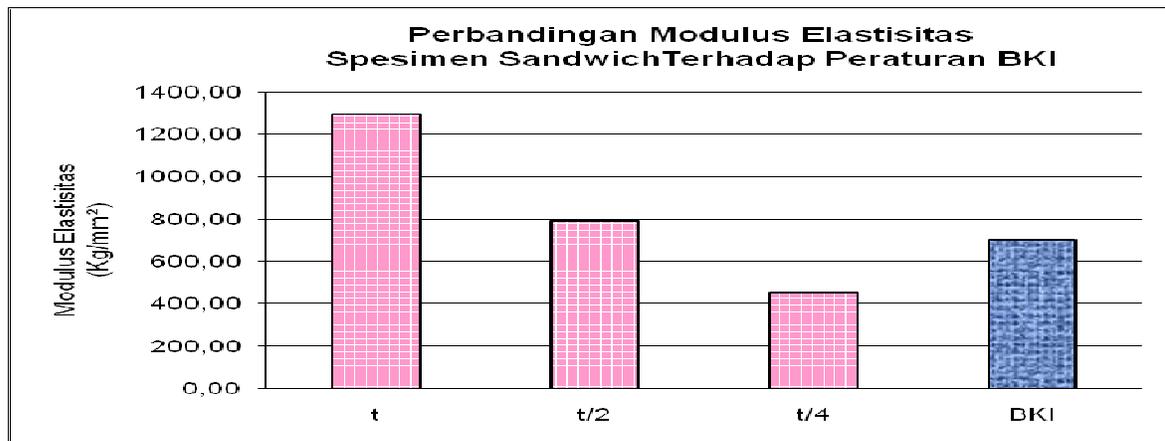


Gambar 4. Perbandingan Kekuatan Tarik Spesimen Uji Terhadap BKI

Dari gambar 4, kekuatan spesimen uji memiliki nilai – nilai yang lebih besar dari standar BKI dengan rasio sebagai berikut :

- Untuk *single skin* dengan ketebalan t, kekuatan tariknya 21,90 % lebih besar dari BKI.
- Untuk *sandwich* dengan ketebalan kulit total t, kekuatan tariknya 69,30 % lebih besar dari BKI.
- Untuk *sandwich* dengan ketebalan kulit total t/2, kekuatan tariknya 11,10 % lebih kecil dari BKI.
- Untuk *sandwich* dengan ketebalan kulit total t/4, kekuatan tariknya 61,10 % lebih kecil dari BKI.

Modulus Elastis



Gambar 5. Perbandingan Modulus Elastisitas Spesimen Uji Terhadap BKI

Dari gambar 5, modulus elastisitas spesimen uji memiliki nilai – nilai yang lebih besar dari standar BKI dengan rasio sebagai berikut :

- Untuk *single skin* dengan ketebalan t, modulus elastisitasnya 10,07% lebih besar dari BKI.
- Untuk *sandwich* dengan ketebalan kulit total t, modulus elastisitasnya 84,88% lebih besar dari BKI.
- Untuk *sandwich* dengan ketebalan kulit total t/2, modulus elastisitasnya 13,09% lebih besar dari BKI.
- Untuk *sandwich* dengan ketebalan kulit total t/4, modulus elastisitasnya 35,12% lebih kecil dari BKI.

Analisa Ekonomis

Tabel 2. Perbandingan Tebal Komponen Kulit Kapal

No	KOMPONEN BADAN KAPAL	BKI (mm)	SINGLE SKIN (mm)	SANDWICH (mm)
1	Kulit alas	11,10	11,31	15,16
2	Kulit alas haluan yang diperkuat	13,66	14,35	16,82
3	Kulit Sisi	10,54	11,28	14,81
4	Geladak akomodasi dan Navigasi	6,17	6,71	12,82
5	Geladak Foredeck	12,16	12,84	15,85
6	Lunas	19,40	19,95	20,53
7	Sekat Tangki Ceruk Buritan	10,39	11,31	14,75
8	Sekat No.3	10,13	11,31	14,61
9	Sekat Tubrukan	10,86	11,31	15,05

Tabel 3. Berat Material Konstruksi FRP *Single Skin*

No.	Nama Bagian	Luas (m ²)	Berat (Kg)		
			Serat	Resin	Total
1	Kulit alas	80,98	647,84	814,43	1462,27
2	Kulit alas haluan yang diperkuat	38,17	389,33	487,49	876,82
3	Kulit Sisi	142,42	1139,33	1432,30	2571,63
4	Geladak akomodasi dan Navigasi	129,18	607,15	773,23	1380,38
5	Geladak Foredeck	45,33	412,50	517,41	929,91
6	Lunas	24,34	348,06	429,43	777,49
7	Sekat Ceruk Buritan	21,82	174,56	219,45	394,01
8	Sekat No.3	12,31	88,63	113,96	202,59
9	Sekat Tubrukan	7,42	59,36	74,62	133,98
Total =		501,97	3866,77	4862,31	8729,07

Tabel 4. Berat Material Konstruksi FRP *Sandwich*

No.	Nama Bagian	Luas (m ²)	Berat (Kg)			
			Serat	Coremat	Resin	Total
1	Kulit alas	80,98	380,61	18,46	725,35	1124,42
2	Kulit alas haluan yang diperkuat	38,17	221,39	8,70	400,24	630,33
3	Kulit Sisi	142,42	669,36	32,47	1214,61	1916,43
4	Geladak akomodasi dan Navigasi	129,18	361,70	29,45	901,39	1292,55
5	Geladak Foredeck	45,33	213,05	10,34	444,74	668,12
6	Lunas	24,34	187,42	5,55	344,28	537,24
7	Sekat Ceruk Buritan	21,82	85,10	4,97	192,74	282,82
8	Sekat No.3	12,31	48,01	2,81	106,55	157,37
9	Sekat Tubrukan	7,42	34,87	1,69	65,40	101,97
Total =		501,97	2201,50	114,45	4395,29	6711,24

Tabel 5. Biaya Material Konstruksi FRP *Single Skin*

No.	Nama Bagian	Luas (m ²)	Biaya (Rp)		
			Serat	Resin	Total
1	Kulit alas	80,98	11.920.256	22.803.968	34.724.224
2	Kulit alas haluan yang diperkuat	38,17	7.145.424	13.649.592	20.795.016
3	Kulit Sisi	142,42	20.963.635	40.104.346	61.067.981
4	Geladak akomodasi dan Navigasi	129,18	11.264.496	21.650.568	32.915.064
5	Sekat No.3	45,33	7.579.176	14.487.468	22.066.644
6	Lunas	24,34	6.328.400	12.023.960	18.352.360
7	Sekat Ceruk Buritan	21,82	3.211.904	6.144.512	9.356.416
8	Sekat No.3	12,31	1.654.464	3.190.752	4.845.216
9	Sekat Tubrukan	7,42	1.092.230	2.089.472	3.181.702
Total =		501,97	71.159.985	136.144.638	207.304.623

Tabel 6. Biaya Material Konstruksi FRP *Sandwich*

No.	Nama Bagian	Luas (m ²)	Biaya (Rp)			
			Serat	Coremat	Resin	Total
1	Kulit alas	80,98	7.061.456	10.851.320	20.309.784	38.222.560
2	Kulit alas haluan diperkuat	38,17	4.091.824	5.114.780	11.206.712	20.413.316
3	Kulit Sisi	142,42	12.418.675	19.083.744	34.008.941	65.511.360
4	Geladak akomodasi & Nav	129,18	7.027.392	17.310.120	24.595.872	48.933.384
5	Geladak Foredeck	45,33	3.952.776	6.074.220	12.452.655	22.479.651
6	Lunas	24,34	3.407.600	3.261.560	9.639.722	16.308.882
7	Sekat Tangki Ceruk Buritan	21,82	1.623.408	2.923.880	5.396.813	9.944.101
8	Sekat No.3	12,31	915.864	1.649.540	2.983.397	5.548.801
9	Sekat Tubrukan	7,42	647.024	994.280	1.831.256	3.472.560
Total =		501,97	41.146.019	67.263.444	122.425.151	230.834.615

Pembahasan

Dari hasil pengujian tarik diatas, diketahui bahwa optimasi ketebalan konstruksi *sandwich* yang terlihat pada grafik hasil pengujian terletak diantara ketebalan kulit t dan $t/2$ yaitu 15,73 mm atau $2/3t$, dalam hal ini terjadi penurunan ketebalan kulit sebesar $\pm 35,58\%$ dibanding konstruksi *single skin* tanpa mengurangi kekuatan tarik sedikitpun. Kenaikan kekuatan konstruksi *sandwich* mengacu pada tiga spesimen uji yang menggunakan *Coremat* dibandingkan kekuatan tarik spesimen uji *single skin* didapat dengan rasio rata-rata sebagai berikut :

- Untuk *sandwich* dengan variasi ketebalan kulit t , kekuatan tariknya 38,85 % lebih besar dari t .

- Untuk *sandwich* dengan variasi ketebalan kulit $t/2$, kekuatan tariknya 45,77 % lebih besar dari t .
- Untuk *sandwich* dengan variasi ketebalan kulit $t/4$, kekuatan tariknya 27,47 % lebih besar dari t .

Kenaikan kekuatan spesimen uji pada konstruksi *sandwich* disebabkan adanya *Coremat* sebagai lapisan inti. *Coremat* inilah yang bertindak seperti gading menerus diantara kulit luar dan kulit dalam, sehingga kekakuan (*stiffness*) panel atau balok meningkat.

Dengan kata lain, tegangan tarik (*tensile stress*) dan tegangan tekan (*compressive stress*) utama yang

dibebankan pada lapisan kulit (*facing skin*) ditransfer menjadi tegangan geser (*shear stress*) pada *Coremat* (lapisan inti). Oleh karena itu, ikatan (*bonding*) antara komponen *sandwich* (lapisan kulit luar, lapisan inti, dan lapisan kulit dalam) menjadi faktor yang sangat menentukan untuk mendapatkan keuntungan dari penggunaan konstruksi tersebut.

Meskipun kekuatan tarik rata-rata spesimen *sandwich* naik dibandingkan spesimen *single skin*, namun terdapat dua variasi ketebalan kulit yang tidak memenuhi persyaratan BKI. Hal ini dikarenakan proses pembuatan komposit yang kurang sempurna, diantaranya pencampuran resin dan katalis yang tidak merata (*homogen*) sehingga banyak gelembung udara (*void*) yang terjebak di dalamnya karena keterbatasan peralatan yang tersedia pada waktu proses pembuatan. Dalam hal ini pencampuran seharusnya dikerjakan oleh tenaga khusus yang benar-benar ahli. Sedangkan adanya *void* yang terperangkap menyebabkan turunnya *density* material sehingga material keropos. Hal ini disebabkan karena tidak meratanya pengepresan pada proses pembuatan laminasi dengan sistem olesan tangan (*hand lay up*), sehingga kekuatan tarik yang didapat pada spesimen uji tidak maksimal.

Tidak sempurnanya spesimen uji juga bisa dilihat pada hasil patahan tarik spesimen uji dengan adanya serabut serat yang terkoyak di luar matrik. Hal ini menunjukkan bahwa material serat putus setelah matrik terputus atau terjadi slip antara serat dengan matrik karena ikatan antara keduanya tidak kuat sehingga serat keluar dari matrik. Patahan juga tidak selalu terjadi di tengah, ada beberapa spesimen yang patah pada ujung-ujung panjang bagian yang sempit (L), hal ini terjadi karena spesimen tidak homogen sehingga titik terlemah tidak selalu ada di tengah dari panjang spesimen.

Sedangkan pengujian spesimen dengan variasi ketebalan kulit memang dilakukan untuk mengetahui letak optimasi ketebalan kulit dengan kekuatan yang setara dengan kekuatan *single skin*, sehingga nilai ekonomis dalam penggunaan *Coremat* pada pembuatan kapal *fibreglass* dapat diketahui.

Dari perbandingan ketebalan diatas diketahui bahwa penambahan ketebalan terbesar terjadi pada Geladak Navigasi sebesar 91,07 %. Hal ini disebabkan karena adanya aturan BKI Bab 7.7.3.2 yang menyebutkan bahwa ketebalan kulit FRP *sandwich* minimal tidak boleh kurang dari 2,40 mm. Jadi, penggunaan lapisan inti pada ketebalan total kulit *sandwich* yang kurang dari 4,80 mm tidak akan mengurangi ketebalan kulit *sandwich*. Hal ini sangat berpengaruh pula pada biaya material di komponen ini.

Pada tabel di atas jelas terlihat bahwa penambahan biaya material terbesar terjadi pada Geladak Navigasi

pada konstruksi *sandwich* sebesar 48,67 % dikarenakan peraturan klasifikasi tersebut di atas. Namun terlihat pula bahwa biaya konstruksi *sandwich* pada komponen kulit alas haluan yang diperkuat dan lunas kapal lebih rendah 1,84 % dan 11,13 % daripada konstruksi *single skin*. Hal ini dikarenakan bagian tersebut merupakan bagian paling tebal, sehingga penggunaan *Coremat* dapat maksimal. Semakin besar ketebalan kulit komponen kapal yang dapat digantikan oleh *Coremat*, semakin tinggi pula nilai ekonomisnya.

Sedangkan adanya penurunan berat total yang terjadi di seluruh komponen badan kapal sebesar 23,12 % pada konstruksi *sandwich* memberikan keuntungan yaitu meningkatkan muatan kapal (*cargo capacity*). Selain itu, keuntungan lain yang bisa didapat dari penggunaan konstruksi *sandwich* adalah mengurangi tenaga kerja karena jumlah laminasi total konstruksi *sandwich* lebih sedikit dibandingkan konstruksi *single skin*. Artinya, tenaga kerja yang dibutuhkan untuk membangun sebuah badan kapal juga lebih sedikit. Dari pengurangan biaya tenaga kerja inilah yang diharapkan dapat meminimalisir harga *Coremat* yang relatif lebih mahal dibandingkan serat penguat.

Kesimpulan

Dari pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan pada akhir penulisan diantaranya meliputi :

1. Analisa teknis dari hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa:
 - a. Terjadi kenaikan kekuatan konstruksi *sandwich* mengacu pada tiga spesimen uji yang menggunakan *Coremat* dibandingkan kekuatan tarik spesimen uji *single skin* didapat dengan rasio rata-rata sebagai berikut :
 - Untuk *sandwich* dengan variasi ketebalan kulit t , kekuatan tariknya 38,85 % lebih besar dari t *single skin*.
 - Untuk *sandwich* dengan variasi ketebalan kulit $t/2$, kekuatan tariknya 45,77 % lebih besar dari t *single skin*.
 - Untuk *sandwich* dengan variasi ketebalan kulit $t/4$, kekuatan tariknya 27,47 % lebih besar dari t *single skin*.
 - b. Optimasi ketebalan kulit konstruksi *Sandwich* menggunakan *Coremat* yang kekuatan tariknya setara dengan konstruksi *Single Skin* terletak diantara ketebalan kulit t dan $t/2$, yaitu $2/3t$.
 - c. Penggunaan konstruksi *Sandwich* menyebabkan terjadinya penambahan ketebalan pada kulit kapal dengan prosentase rata - rata 33,38 %.
 - d. Untuk komponen badan kapal yang ditinjau, penggunaan konstruksi *Sandwich* menyebabkan penurunan berat material sebesar 23,12 %.
2. Analisa ekonomis dari penggunaan *Coremat* menunjukkan bahwa:

- a. Keuntungan dari adanya penurunan berat adalah kompensasi penambahan DWT kapal sebesar 23,12 % dan mengurangi tenaga kerja pada pembuatan kulit kapal.
- b. Biaya material untuk konstruksi *Sandwich* pada badan kapal yang ditinjau 11,35 % lebih besar dibandingkan dengan konstruksi *Single Skin*.

Saran

Dalam penelitian ini penulis merasa masih banyak kekurangan-kekurangannya yang disebabkan oleh keterbatasan peralatan, dana, dan waktu, sehingga untuk peneliti selanjutnya perlu mempertimbangkan hal-hal berikut :

1. Diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui lebih jauh optimasi ketebalan dan kekuatan dengan variasi ketebalan *core* (lapisan inti).
2. Untuk pembuatan spesimen uji ini masih dilakukan secara *hand lay up* yang sangat tergantung pada kemampuan pekerja dan peralatan yang sederhana. Disarankan untuk pembuatan spesimen uji sebaiknya dilakukan oleh orang yang sudah ahli di bidang komposit dan dengan peralatan yang lebih modern sehingga diperoleh spesimen uji yang benar-benar homogen.
3. Penelitian kali ini hanya meninjau dari pengujian tarik saja. Oleh karena itu, disarankan juga dilakukan pengujian lainnya seperti uji impak, bending, fatigue, dan uji kekedapan terhadap air untuk mengetahui lebih jauh sifat dan karakteristik dari material.

1. Chalmers, D. W, 1994, *The Potential for the Use of Composite Materials in Marine Structures*, Marine Structures, Dorset UK.
2. Gibson, R. F, 1994, *Principles of Composite Material Mechanics*, McGraw-Hill, Book Co, Singapore.
3. Justus Sakti Raya Cooperation, P.T, Pengenalan Fiber Glass Reinforced Plastics (FRP), Technical Information, Jakarta.
4. Popov, E.P, 1996, *Mekanika Teknik*, Erlangga, Jakarta
5. Slater, J.E, 1994, *Selection of Blast-Resistant FRP Composite Panel Design for Naval Ship Structures*, Marine Structures, Canada.
6. Wiley, Jack, 1982, *The Fibreglass Repair and Konstruktion Handbook*, USA.
7. <http://www.lantor.ln>

Daftar Pustaka

