

METODE PEMBUATAN *SANDWICH PANEL* PADA SKALA LABORATORIUM UNTUK KONSTRUKSI KAPAL

Sandwich Panel Manufacturing Method in form of Test Spesimens for Ship Construction

Edy Utomo¹, Ahmad Zubaydi², Agung Budipriyanto³

¹Teknik Produksi dan Material Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

²Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

³Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Email: edyutomo99@gmail.com

Diterima: 22 Juni 2017; Direvisi: 3 Juli 2017; Disetujui: 10 Juli 2017

Abstrak

Sandwich panel sebagai material komposit memerlukan metode pembuatan yang khusus, untuk menghasilkan kondisi fisik material yang terbaik. Studi ini menyampaikan proses pembuatan *sandwich panel* untuk keperluan pengujian kekuatan material. *Sandwich panel* dibentuk dengan metode cetak untuk mempermudah proses pekerjaan dan dapat diulangi jika terjadi kegagalan. Beberapa kegagalan terjadi dalam proses pembuatan hingga proses preparasi spesimen yang dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti keretakan akibat temperatur sinar matahari, perbedaan kerekatan antar lapisan dari kondisi *faceplate* (halus dan kasar), serta metode pemotongan *sandwich panel* yang membutuhkan metode pemotongan pada temperatur rendah dan tidak menghasilkan getaran yang tinggi untuk menghindari kerusakan pada material sebelum dilakukannya pengujian kekuatan material.

Kata kunci: material maju, material komposit, *sandwich panel*, konstruksi kapal

Abstract

Sandwich panel as a composite materials require special method of manufacture, to produce the best of physical condition. This study give the manufacturing process of sandwich panel for the purpose of testing the strength of material. Sandwich panel created with molding method for simplify the process of work and can be repeated if a failure occurs. Saveral failures occur in creating process until preparation spesimen process that are influenced by several things, such as damage caused by the temperature of the sun, difference in viscosity between the layers of the conditions faceplate (smooth and rough), and the method of cutting the sandwich panel which requires cutting methods at low temperatures and does not produce the high vibration to avoid damage to the material before material strength test were performed.

Keywords: advanced material, composite material, *sandwich panel*, ship construction

PENDAHULUAN

Perkembangan material saat ini telah semakin maju dengan adanya beberapa material inovatif yang dikembangkan dan digunakan pada berbagai bentuk konstruksi. Material inovatif sangat berkembang dan menjadi salah satu bidang yang diminati oleh para

peneliti, karena mampu memperbaiki dan menambah sifat asli material dengan cara mengkombinasikannya pada material lain, sehingga dihasilkan material unggul di berbagai bidang, terutama pada bidang konstruksi (Triana, 2015). Beberapa material maju yang memiliki karakteristik memberikan keunggulan

telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah kombinasi dua material yang berbeda dalam bentuk lapisan, yang disebut *sandwich panel*.

Material *sandwich panel* sangat beragam jenisnya berdasarkan bahan penyusun material itu sendiri. (Silva et al, 2006) melakukan percobaan pembuatan material *sandwich panel* dengan menggunakan material aluminium sebagai *faceplate* dan *core material* dari beberapa jenis *foam*, *rohacell* dan *honeycomp*, dengan menggunakan standarisasi pengujian ASTM C 393. Selain itu, (Utomo & Baidowi, 2015) melakukan percobaan pembuatan material *sandwich panel* dengan bahan dasar multiplek sebagai *faceplate* dan *polyurethane foam* sebagai *core material*, namun material *sandwich panel* yang diciptakan tidak dapat memenuhi kriteria sebagai material dalam konstruksi kapal. Hal ini disebabkan oleh material *polyurethane foam* tidak mencapai syarat kekuatan sebagai *core material* untuk kapal yang telah disyaratkan dalam regulasi perkapalan. (Witkiewicz & Zielinski, 2006) melaporkan hasil investigasi pembuatan *polyurethane foam* yang menunjukkan bahwa *polyurethane foam* memiliki nilai kekuatan tarik lebih rendah dari standar jika difungsikan sebagai *core material sandwich panel*. (Utomo et al, 2016) melakukan pembuktian akan hal tersebut, dengan menguji material *polyurethane foam* dari beberapa konsentrasi yang menghasilkan rata-rata kekuatan tarik material hanya sebesar 0,22 Mpa jauh dibawah standard yang diberikan oleh DNV yaitu 16,1 Mpa pada temperatur ruang. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan perubahan jenis *core material* yang digunakan dari *polyurethane foam* menjadi *synthetic resin*.

Sandwich panel sebagai material komposit yang terdiri dari dua jenis material yang berbeda, yaitu pelat baja sebagai *faceplate* dan *synthetic resin* sebagai *core material* (Utomo et al, 2016), memerlukan metode khusus dalam pembuatannya. Seperti SPS (*Sandwich Plate System*) yang memiliki cara dan langkah pembuatan khusus. SPS dibentuk dengan menyatukan pelat baja pada parameter bar di bagian tepi pelat dan lapisan *polyurethane elastomer* sebagai *core material* diberikan dengan cara injeksi ke dalam lapisan pelat (Moomcilovic & Motok, 2009).

Proses manufaktur SPS dibagi menjadi dua, yaitu produksi dalam bentuk panel, dimana panel SPS dibuat terlebih dahulu kemudian disatukan dengan menggunakan penyambungan las sehingga menjadi

struktur pelat datar pada kapal dan produksi *overlay* yang berarti injeksi *core material* dilakukan langsung pada kapal yang bukan merupakan bangunan baru (Intelligent Engineering, 2012). SPS sendiri memiliki keunggulan utama yaitu mampu mereduksi berat konstruksi kapal dari penggunaan material baja konvensional yang secara tidak langsung dapat meningkatkan *payload* pada kapal (Brooking & Kennedy, 2004).

Beberapa eksperimen pendahuluan pembuatan *sandwich panel* dilakukan dengan harapan menemukan metode yang tepat untuk dipergunakan dalam proses manufaktur *sandwich panel*, seperti uji coba pembuatan *sandwich panel* dengan kombinasi multiplek dan *polyurethane foam* (Utomo & Baidowi, 2015). Berdasarkan uji coba tersebut, tidak memungkinkan metode yang ditemukan dapat digunakan dalam kasus pembuatan *sandwich panel* dengan kombinasi pelat baja dan *synthetic resin*, karena unsur *core material* yang digunakan berbeda.

Berdasarkan hal tersebut, studi ini berfokus untuk menjelaskan metode pembuatan *sandwich panel* yang mudah dalam pekerjaannya dan menjabarkan metode pembuatan *sandwich panel* untuk keperluan pengujian kekuatan material yang difungsikan pada struktur pelat datar pada konstruksi kapal. Hal ini bertujuan agar studi pembuatan *sandwich panel* kombinasi pelat baja dan *synthetic resin* ini dapat menjadi rujukan untuk perkembangan metode pembuatan yang lainnya sampai dengan metode manufaktur dalam skala yang jauh lebih besar.

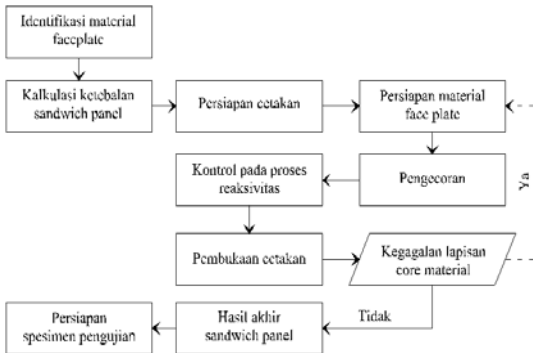
METODOLOGI

Sandwich panel yang dibentuk akan difungsikan sebagai spesimen pengujian kekuatan material, sehingga ukuran dimensional panel disesuaikan dengan kebutuhan spesimen uji. Selain itu, untuk dapat digunakan pada penelitian lebih lanjut, *sandwich panel* dibuat dengan metode *hand made* menggunakan cetakan, seperti yang diuraikan dalam bagan metode pembuatan, pada Gambar 1 berikut ini.

Gambar 1 menjelaskan urutan pembuatan *sandwich panel*, dimulai dari identifikasi material *faceplate* yang digunakan, dilanjutkan dengan kalkulasi ketebalan setiap lapisan *sandwich panel* sesuai dengan kapal yang menjadi objek dalam penelitian. Adapun kapal yang digunakan adalah kapal Roro 750 GT.

Proses selanjutnya adalah melakukan pekerjaan

fisik pembuatan *sandwich panel* sampai dengan persiapan spesimen untuk identifikasi kekuatan material.



Gambar 1. Skema metode pembuatan *sandwich panel*

Tahap identifikasi material *faceplate* dilakukan untuk mengetahui jenis material baja yang digunakan, dengan mengetahui jenis baja yang digunakan maka akan dapat diketahui nilai faktor material baja berdasarkan tingkat kekuatannya (f_t), yang digunakan untuk menentukan ketebalan *faceplate*. Nilai faktor material baja yang biasa digunakan sebagai material kapal ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Identifikasi dilakukan dengan menggunakan pengujian tarik pada material baja. Standarisasi pengujian berdasarkan pada ASTM D 412 dan EN 10002.

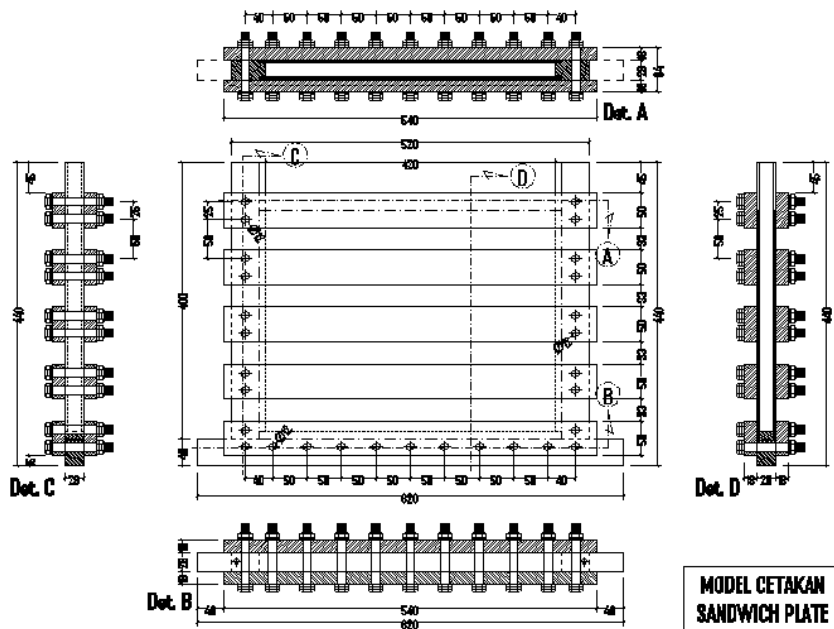
Tabel 1. Nilai faktor material baja

Jenis baja	Keterangan	Faktor material, f_t
NV-NS	σ_y tidak kurang dari 235 MPa	1,00
NV-27	σ_y tidak kurang dari 265 MPa	1,08
NV-32	σ_y tidak kurang dari 315 MPa	1,28
NV-36	σ_y tidak kurang dari 355 MPa	1,39
NV-40	σ_y tidak kurang dari 390 MPa	1,47

Sumber : DNV-Part.3, Chapter.1,Sec.2 (2011).

Sandwich panel dibuat dengan menggunakan cetakan. Cetakan *sandwich panel* dibentuk berdasarkan dimensional kebutuhan spesimen. *Sandwich panel* yang dibuat tidak memiliki dimensional yang besar, selain itu dimensional *sandwich panel* juga dirancang untuk dapat sesuai dengan beberapa peralatan produksi dan pengujian spesimen material. Adapun bentuk rancangan cetakan ditunjukkan pada Gambar 2 sebagai berikut.

Cetakan dibuat menggunakan material kayu dengan tujuan kemudahan dalam pekerjaan pembuatan *sandwich panel* nantinya. Jenis kayu yang digunakan



Gambar 2. Rancangan cetakan *sandwich panel*

adalah kayu lembasung yang termasuk dalam kayu kelas I. Bagian cetakan terdiri dari bingkai utama yang berfungsi untuk menghasilkan ukuran ketebalan *core material* dan balok gapit yang berfungsi untuk menahan bagian luar *faceplate* untuk tidak mengalami guling pada saat proses pengecoran *core material*.

Bingkai utama cetakan dibuat berdasarkan hasil kalkulasi ketebalan *core material* yang akan digunakan. Bagian balok gapit dengan jumlah 5 balok gapit pada setiap sisi bagian *faceplate* dikunci dengan menggunakan baut. Balok gapit dengan dimensi penampang 2/5 selain berfungsi sebagai penahan guling juga memberikan tahanan kepada pelat agar tidak mengalami deformasi berlebihan, mengingat pelat baja memiliki sifat elastis.

Pengunci baut antara balok gapit dan bingkai utama diatur sedemikian rupa tidak terkunci keras dan juga tidak terkunci secara ringan. Hal ini dilakukan agar dapat menjaga ketebalan dari *core material* yang dihasilkan pasca pembuatan *sandwich panel*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi *faceplate*

Identifikasi material *faceplate* dilakukan berdasarkan pengujian tarik yang dilakukan pada 5 spesimen pengujian. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

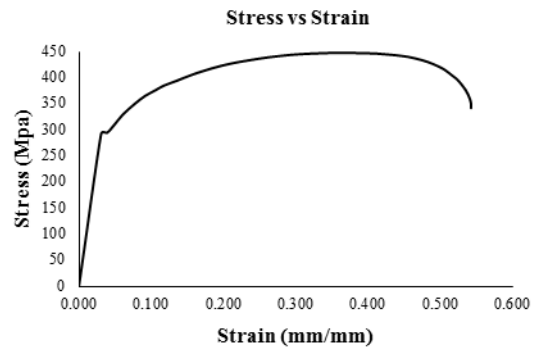
Tabel 2. Hasil identifikasi material *faceplate*

Spesimen	F (N)	σ_u (Mpa)	σ_y (Mpa)
T1	45.025,00	443,16	286,81
T2	45.706,30	444,61	283,07
T3	45.989,10	445,63	291,19
T4	45.471,90	440,62	284,24
T5	44.868,80	439,89	286,21
Rata-rata	45.375,76	442,78	286,30

Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata kekuatan tarik material *faceplate* sebesar 442,78 Mpa dengan kekuatan luluh rata-rata 286,31 Mpa. Kekuatan tarik maksimum terjadi pada spesimen T3 dengan grafik hubungan tegangan dan regangan ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.

Gambar 3 menunjukkan batas proposional elastis yang merupakan batas kekuatan luluh material terjadi pada tegangan 292.74 Mpa. Hal ini menunjukkan material *faceplate* memiliki paduan karbon yang rendah, seperti yang dijelaskan oleh (Gare &

Thimosenko, 1972), yang menyatakan bahwa *limit* proporsional yang berakhir pada titik luluh untuk baja karbon rendah memiliki rentang tegangan 210 sampai dengan 350 Mpa.



Gambar 3. Grafik hubungan tegangan dan regangan *faceplate* (spesimen T3)

Posisi titik luluh material menuju ketitik maksimum pada nilai tegangan 447,28 Mpa, material mengalami pengerasan regangan yang menghasilkan resistensi material terhadap deformasi lebih lanjut. Penarikan material lebih lanjut memberikan penurunan beban hingga material mengalami kondisi fraktur.

Berdasarkan identifikasi yang dilakukan, dapat diketahui bahwa nilai faktor material (f_i) yang digunakan dalam perancangan ketebalan material *faceplate* adalah antara 1 – 1,08 dan termasuk dalam jenis baja NV-NS dan NV-27, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Sandwich panel yang dibuat memiliki beberapa variasi ukuran ketebalan sesuai dengan letak penggunaan material pada bagian struktur pelat datar konstruksi kapal.

Persiapan material *faceplate*

Material *faceplate* yang sebelumnya telah diidentifikasi, selanjutnya disiapkan untuk dipasang pada cetakan. Sebelum material *faceplate* dipasang, terlebih dahulu *faceplate* dipotong menyesuaikan dimensional cetakan, yaitu pada ukuran 43 cm x 35 cm. Setelah pemotongan *faceplate*, selanjutnya dilakukan pengkasaran permukaan *faceplate* dengan menggunakan alat *blasting* dengan ukuran SA 2,5 mm.

Faceplate kemudian dibersihkan dengan menggunakan *crimp cup brush* untuk membersihkan sisa residu pekerjaan *blasting* yang tersisa pada permukaan *faceplate*. Tujuan dari pengkasaran permukaan ini adalah untuk menghasilkan ikatan

Metode Pembuatan *Sandwich Panel* Pada Skala Laboratorium untuk Konstruksi Kapal (Edy Utomo, Achmad Zubaydi, Agung Budipriyanto)

antara lapisan *core material* dengan *faceplate* tanpa adanya penggunaan bahan perekat.

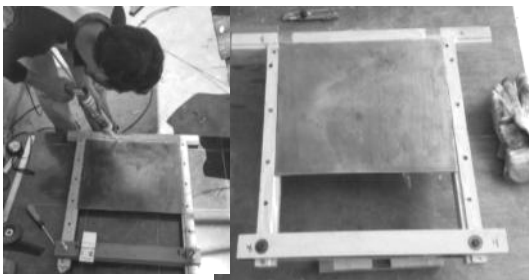


Gambar 4. Proses persiapan material *faceplate*

Gambar 4 menunjukkan proses persiapan *faceplate* sebelum disatukan pada cetakan, dimana dalam gambar tersebut menunjukkan proses pemotongan sampai dengan pembersihan permukaan *faceplate* yang dilakukan secara manual.

Pemasangan *faceplate* pada cetakan

Setelah proses persiapan *faceplate* selesai, maka dilanjutkan dengan pemasangan *faceplate* pada cetakan *sandwich panel*. Pemasangan dilakukan secara bergantian antara setiap bagian *faceplate*. *Faceplate* yang telah dibersihkan kemudian dipasang pada posisi *sponeng* (takikan bentuk pada balok bingkai cetakan) yang sebelumnya telah diberi *glazing acetic silicone* yang berfungsi untuk menutup bagian celah pertemuan antara *faceplate* dengan *sponeng* cetakan. Selanjutnya pada seluruh bagian sisi *faceplate* kembali diisi dengan *glazing acetic silicone* dengan tujuan menghindari kebocoran pada saat proses pengecoran dilakukan.



Gambar 5. Pemasangan *faceplate* pada cetakan *sandwich panel*

Gambar 5 menunjukkan proses pemasangan *faceplate* pada cetakan *sandwich panel*. Metode ini dilakukan juga pada pembuatan *sandwich panel* yang lain pada ketebalan *core material* yang berbeda. Perlu untuk diketahui kondisi *faceplate* yang melengkung akan mengakibatkan tebalnya pengisian *glazing acetic*

silicone, karena semakin besar celah yang terjadi maka akan berpotensi menghasilkan kebocoran pada proses pengecoran.

Balok gapit yang telah disiapkan, dipasang pada permukaan *faceplate*, balok gapit ini berfungsi untuk menahan *faceplate* agar tidak terjatuh dan terpisah dari cetakan. Setelah semua baut dikencangkan, diamkan sejenak pekerjaan agar *glazing acetic silicone* mengeras. Selanjutnya pekerjaan dapat dilakukan pada pemasangan sisi yang lain dari cetakan dengan menggunakan cara dan langkah yang sama seperti yang telah diuraikan.

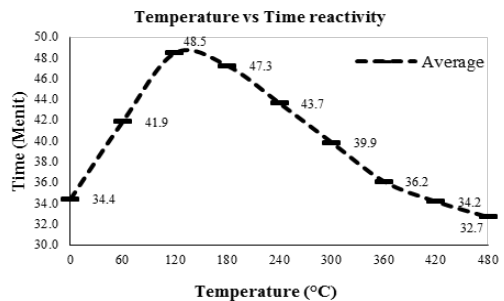
Pengecoran *core material* dan kontrol reaktivitas

Setelah proses pemasangan *faceplate* pada cetakan selesai, maka dilanjutkan dengan proses pengecoran *core material*. Pengecoran *core material* dilakukan secara manual. Sebelum pengecoran dilakukan, cetakan yang telah terpasang *faceplate* dapat ditegakkan pada posisi berdiri dan diukur kerataannya dengan menggunakan *waterpass*.

Pencampuran *core material* dilakukan secara bertahap dan perlahan sesuai dengan hasil waktu reaktivitas dari setiap jenis *core material*. ketika campuran telah selesai disiapkan, maka harus segera dituangkan dalam cetakan.

Kontrol reaktiitas *core material* dilakukan dengan mengidentifikasi dan mengamati perubahan suhu yang terjadi. Hal ini dilakukan untuk mengidentifikasi jika terjadi kerusakan pada material berdasarkan perubahan suhu reaktivitas yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan.

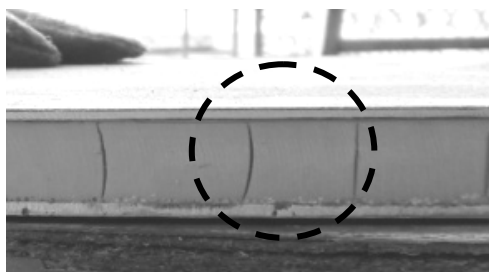
Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada proses pembuatan *sandwich panel* beberapa kegagalan terjadi pada proses reaktivitas *core material* yang diakibatkan oleh perubahan suhu reaktivitas. Hasil perekaman perubahan suhu terhadap waktu reaktivitas *core material* ditunjukkan pada Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Grafik perubahan temperatur pada proses reaktivitas

Gambar 6 menunjukkan grafik hubungan perubahan temperatur pada proses reaktivitas, dimana proses perubahan bentuk *core material* dari kondisi cair menjadi bentuk padat ditandai dengan peningkatan suhu 34,4°C ke suhu 48,5°C dalam waktu perubahan sekitar 120 menit. Kemudian perubahan bentuk mengalami penyusutan yang sangat kecil seiring dengan penurunan suhu pada rentang waktu yang relatif dekat.

Beberapa kerusakan *core material* terjadi pada titik penurunan suhu di kondisi suhu maksimum yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur yang tinggi dari proses reaktivitas *core material* dapat mengakibatkan kerusakan langsung pada *core material* dalam bentuk retakan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Bentuk kerusakan dalam proses reaktivitas

Pengaturan temperatur sangat dibutuhkan untuk menghindari kerusakan *core material* yang mengakibatkan material *sandwich panel* harus dibongkar dan dicetak ulang. Beberapa percobaan pembuatan *sandwich panel* dengan kondisi langsung terpapar cahaya matahari memberikan hasil keretakan pada lapisan *core material*. Hal ini dikarenakan terjadi penambahan temperatur dari proses reaktivitas yang bertambah akibat suhu disekitar lokasi kerja.

Pembukaan cetakan

Proses pembukaan cetakan *sandwich panel* dilakukan secara bertahap. Tahap pertama dilakukan dengan membuka balok gapit yang menahan bagian permukaan *faceplate*, dilanjutkan pada tahap kedua, yaitu melakukan pemisahan *glazing acetic silicone* dari cetakan.

Tahap ketiga yaitu melakukan pemisahan pada bingkai utama cetakan antara bingkai bawah dan kedua bingkai sisi, pemisahan dilakukan secara perlahan untuk menghindari kerusakan pada *sandwich panel*.

Setelah proses pembukaan selesai, cetakan *sandwich panel* harus dibersihkan dari sisa *glazing acetic silicone* yang menempel dan kemudian dirangkai kembali menjadi satu kesatuan untuk melakukan pencetakan pada *sandwich panel* yang lainnya. Jika terjadi kerusakan *core material*, dalam hal ini merupakan keretakan maka, *sandwich panel* tersebut harus dibongkar dan dibuat kembali dengan prosedur yang telah dijelaskan sebelumnya.

Pemotongan dan pambentukan *specimen*

Sandwich panel yang dibuat merupakan penyatuan dua material dengan karakteristik yang berbeda, ditambah lagi tidak digunakannya bahan perekat untuk menyatukan kedua material tersebut. Berdasarkan hal tersebut dikhawatirkan terjadinya pemisahan antara material pada proses produksi, salah satunya adalah proses pemotongan material untuk dijadikan sebagai *specimen* uji.

Beberapa metode pemotongan sederhana dilakukan untuk mengetahui hasil pemotongan dari setiap panel, diantaranya sebagai berikut :

- Pemotongan panas ; Pemotongan panas dalam hal ini adalah pemotongan langsung material dengan menggunakan mesin pemotong (gerinda) tanpa menggunakan sistem pendingin. Metode ini menghasilkan terpisahnya lapisan *core material* dengan *faceplate* yang disebabkan oleh pemanasan dari gesekan antara mata pemotong dengan material *faceplate* dan *core material*, selain itu getaran dan tekanan pemotongan yang tidak teratur juga menyebabkan hal tersebut terjadi.
- Pemotongan dingin ; dalam hal ini dilakukan pemotongan langsung material dengan menggunakan gerinda dan ditambahkan sirkulasi pendingin. Sirkulasi pendingin menggunakan media air yang dialirkan pada jalannya proses pemotongan. Metode ini tidak menghasilkan terpisahnya lapisan *core material* dengan *faceplate*, namun menghasilkan bentuk pemotongan yang tidak presisi.
- Pemotongan dingin bermata gigi ; dalam hal ini pemotongan dilakukan dengan mata pemotong berupa gigi tajam seperti gergaji yang dilengkapi dengan sirkulasi pendingin. Mesin pemotong yang digunakan adalah mesin *Band SAW RF-812 N*. Hasil pemotongan dengan metode ini menghasilkan bentuk presisi dan tidak terjadinya pemisahan antara lapisan *sandwich panel*, namun membutuhkan waktu yang lama dalam

prosesnya.

Berdasarkan metode pemotongan yang dilaksanakan, pemilihan pemotongan material *sandwich panel* selanjutnya menggunakan metode ketiga, dengan menggunakan sistem pemotongan bermata gigi yang dilengkapi dengan sistem pendingin dalam proses pemotongannya.



Gambar 8. Pemotongan *sandwich panel* dengan mesin *Band SAW RF-812 N*

Gambar 8 menunjukkan proses pemotongan *sandwich panel* dengan mesin *Band SAW RF-812 N*. Selain itu, kekasaran permukaan *faceplate* juga memiliki pengaruh pada hasil pemotongan *sandwich panel*.

Beberapa *sandwich panel* dengan permukaan halus diuji coba proses pemotongannya dengan peralatan yang sama. *Sandwich panel* dengan permukaan halus pada permukaan *faceplate* akan menghasilkan terpisahya ikatan *core material* dengan *faceplate* pada saat proses pemotongan selesai. Berbeda dengan kondisi *sandwich panel* dengan permukaan yang kasar dari proses *blasting*.

Gambar 9(a) menunjukkan hasil pemotongan *sandwich panel* tanpa kekasaran pada permukaan *faceplate*, berdasarkan pemotongan tersebut terjadi pemisahan antara lapisan *core material* dengan lapisan *faceplate*, sedangkan pada Gambar 9(b) menunjukkan hasil pemotongan *sandwich panel* dengan kekasaran permukaan *faceplate*, yang menunjukkan kerekatan antara *core material* dengan *faceplate* dapat bertahan. Berdasarkan hal tersebut membuktikan bahwa kekasaran pada permukaan *sandwich panel* dapat membantu ikatan antara lapisan *core material* dengan *faceplate*.



(a) (b)
Gambar 9. Hasil pemotongan *sandwich panel*

KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan pada proses pekerjaan pembuatan *sandwich panel*, diperoleh kesimpulan lokasi kerja disarankan untuk tidak langsung terkena sinar matahari, hal ini dikarenakan cahaya matahari dapat mengakibatkan penambahan suhu reaktivitas, sehingga temperatur reaktivitas bertambah dari pengaruh suhu luar. Hal ini akan mengakibatkan keretakan pada *core material* dalam lapisan *sandwich panel*. Permukaan *faceplate* harus kasar dan bersih, hal ini bertujuan untuk menambah ikatan antara lapisan material. Diperlukan ketelitian dalam proses pengecoran *core material* sampai dengan pembukaan cetakan *sandwich panel* untuk menghindari kerusakan *core material* dari adanya *human error*. Tidak direkomendasikan pengecoran sambungan dalam pembuatan satu *sandwich panel*, untuk menjaga homogenitas *core material*. Pemotongan *sandwich panel* dianjurkan dengan menggunakan alat pemotong yang memiliki sistem pendingin dan kecepatan yang konstan.

PENUTUP

Demikian studi tentang penemuan metode pembuatan material *sandwich panel* yang difungsikan untuk material pada konstruksi kapal ini dibuat. Kedepannya diharapkan dapat ditemukan metode yang lain untuk dapat memperbaiki kekurangan-keurangan yang ada pada metode ini. Selanjutnya metode ini dapat menjadi dasar untuk dapat mengembangkan pembuatan material *sandwich panel* dalam skala 1 : 1, yaitu pada ukuran nyata material *sandwich panel*.

Beberapa studi lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengembangkan penelitian ini, diantaranya adalah yang berkaitan dengan manufaktur material, seperti analisis sambungan yang tepat digunakan beserta metode sambungan yang tepat digunakan berdasarkan pertimbangan kekuatan material serta kajian ekonomis dan pengaruh proteksi lingkungan perairan ketika material *sandwich panel* ini diaplikasikan.

Atas nama penulis, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada segala pihak yang telah banyak membantu jalannya proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Silva, B., Soraes, L., Reis. (2006). Experimental Testing of Natural Cork – Based Composite. *8th International Conference. Co Sandwich Structure, ICSS8*.

- Brooking, M. A., Kennedy, S. J. (2004). The Performance Safety and Production Benefits of SPS Structures for Double Hull Tanker. *Proceedings of the RINA conferences on Double Hull Tankers. 25-26.02.2004, London, UK, PP.1-2.*
- DNV. (2012). *Steel Sandwich Panel Construction, Classification Notes.* Det Norske Veritas, No.30.11.
- Gere, J. M., Timoshenko, S. P. (1972). *Strength of Materials.* Jilid 1 & 2, Edisi 4, Penerbit Erlangga, Indonesia
- Intelligent Engineering, Ltd. (2012). *Overlay Tanks Top Plating in Plating Shape Sea Princess.* Project portfolio, IE, UK.
- Moomcilovic, N., Motok, M. (2009). *Estimation of Ship Lightweight Reduction by Means of Application of Sandwich Plate System.* Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Serbia.
- Triana, Y. (2015). Material Inovatif. *Kaltim.Prokal.co/read/news/267653-metalurgi langka dan populer.html.*
- Utomo, E., Baidowi, A. (2015). Preliminary Study of Sandwich Panel Application in Ship Construction: Combination of Plywood and Polyurethane Foam Material. *Proceeding of SENTA page 33-38, Faculty of Marine Technology, ITS, Surabaya, Indonesia.*
- Utomo, E., Zubaydi, A., Pratisna, P. (2016). Study of Core Material Sandwich Panel in Ship Construction. *The 2nd International seminar on science and technology (ISST), Surabaya, Indonesia.*
- Witkiewicz, W., Zielinski, A. (2006). *Properties of the Polyurethane (PU) light foams, Ship Design and Research Centre, Corrosion and Environment Protection.* Department of Material Science, Gdansk, Poland.