



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Alamat Prosiding: sinta.eng.unila.ac.id



Masalah *infusion resin* pada *sandwich composite honeycomb structure* menggunakan metode vari

K I Jaya^{a,*}, N L Muzayadah^b, T S Nurtiasto^b, R Fitriansyah^b, M F Ramadhan^a

^aUniversitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

^bAeronautics Technology Center, National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), Indonesia. Jl. Raya Lapan, Rumpin, Bogor, Jawa Barat

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima: 30 September 2020

Direvisi: 12 November 2020

Kata kunci:

Honeycomb

Sandwich Composite

VARI

Penggunaan dan pemanfaatan komposit semakin lama semakin berkembang, khususnya pada bidang kedirgantaraan hampir seluruh bagian utama pada pesawat terbang, seperti ribs, spars, flaps dan rudders menggunakan komposit. Pembuatan komposit banyak menggunakan berbagai macam metode antara lain hand layup, vaccum banging, Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) dan prepreg. Manufaktur menggunakan metode VARI memiliki kelebihan yaitu low cost process dan lebih efektif, namun ada beberapa kendala pada manufaktur yang akan di bahas pada paper ini diantaranya kebocoran vacuum dan masuknya resin kedalam core honeycomb merupakan tantangan terbesar dalam membuat sandwich composite honeycomb metode VARI. Pada pembuatan komposit sandwich menggunakan material serat karbon unidirectional, honeycomb aramide, dan epoxy sebagai perekat (adhesive) antara skin (carbon) ke core (honeycomb).

1. Pendahuluan

Sandwich composite secara umum dipakai di dunia penerbangan karena nilai *strength* dan *stiffness to weight ratio* yang baik dibandingkan dengan material konvensional pada umumnya. *Sandwich composite* biasa diaplikasikan pada struktur pesawat dibagian *spars, flaps, ribs* dan *rudders* (Hsiao dkk., 2006).

Konstruksi *sandwich composite* pada umumnya terdiri dari *facesheet (skin)* yang tipis dan dipisahkan oleh *core* yang ringan. Biasanya *facesheet* digunakan untuk menahan beban *bending* dan *core* menahan beban *shear/compressive loads*. Pada bagian *core* material yang sering digunakan antara lain *balsa, foam* dan *honeycomb* yang masing-masing memiliki keunggulan dan kekurangannya (Menta dkk., 2012). Keunggulan *sandwich composite* yaitu mempunyai sifat yang kuat, ringan, kaku, tahan terhadap korosi dan tahan lama. Adapun kekurangan yang dimiliki *sandwich composite* yaitu biaya material yang cukup mahal dan cara pembuatan yang sulit (D. Zekert, 1997).

Core menggunakan *honeycomb* secara signifikan mengurangi berat dari material komposit itu sendiri dibandingkan dengan komposit dengan *core* berupa *foam*

dan kayu balsa (Bitzer T, 1998). Selain itu *honeycomb* menggunakan material organik memiliki kelebihan lain seperti fleksibilitas yang lebih besar dan konduktivitas terhadap listrik yang rendah. *Honeycomb* memiliki kekurangan untuk digunakan sebagai *core sandwich composite* yang menjadi tantangan secara umum untuk membuat *sandwich composite* yaitu masuknya resin ke dalam *cell core* saat dilakukan metode pemvakuman (Menta dkk., 2012).

Pada umumnya untuk menghindari resin yang masuk kedalam *cell core* peneliti banyak menggunakan material *prepreg* dan metode *hand lay up*. Material *prepreg* merupakan material berupa serat yang telah diberi resin termoset dan telah menyatu. Dalam pembuatan komposit ini membutuhkan panas dan tekanan tertentu menggunakan alat bantu autoklaf. Kekurangan dari metode ini adalah *high cost production* sehingga kurang ekonomis (Rahman Alfariysi, 2016). Metode *hand lay up* adalah metode laminasi dimana serat dan resin belum menyatu, dan metode ini dilakukan dengan melaminasi campuran resin dan hardener pada *fiber* dengan menggunakan kuas atau *roller*, dimana tingkat kerataan resin sangat tergantung pada cara

* Kukuh Indra Jaya

E-mail: kukuhindrajaya72@gmail.com

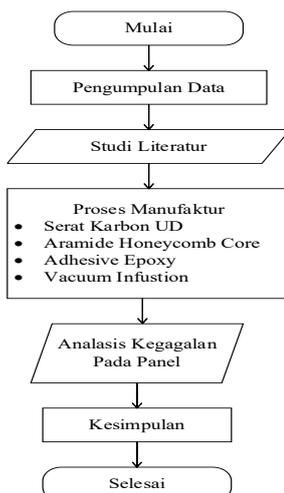
melaminasi resin ke serat. Berdasarkan penelitian Cavatorta, metode *wet lay up* ini bagus jika menggunakan sistem *fiber unidirectional* (satu arah), metode *hand lay up* mempunyai biaya produksi yang lebih murah (*low cost production*) (M.P.Cavatorta, 2007). Material *composite* yang dihasilkan sangat tergantung pada keahlian seorang laminator dalam melaminasi resin pada serat sehingga sifat mekanik yang dihasilkan dengan metode *hand lay up* memiliki nilai rata-rata yang cenderung rendah (Jatmiko dkk., 2017).

Beberapa dekade terakhir, metode *resin infusion* telah menjadi populer untuk manufaktur struktur komposit dengan matriks polimer. Metode *resin infusion* merupakan alternatif teknik dengan biaya lebih rendah dibanding teknik manufaktur menggunakan autoklaf. Sebagai contoh, dengan metode *resin infusion* memungkinkan untuk memproduksi *part* dengan bentuk rumit dan tebal menghasilkan sifat mekanik yang sangat bagus dan *waste* lebih sedikit dibanding metode tradisional (Wang dkk., 2011). Salah satu contoh aplikasi metode ini yaitu suksanya percobaan pembuatan *vertical stabilizer* pesawat Mitsubishi Regional Jet oleh Mitsubishi Heavy Industries (Yamashita dkk., 2008).

Pada penelitian yang telah dilakukan, beberapa *cell core* terisi oleh resin karena saat proses vakum, *core* dan *skin* yang digunakan tidak ditempelkan menggunakan adesif. Permasalahan seperti ini harus dihindari karena akan mempengaruhi sifat dari material itu sendiri. Masalah seperti ini dapat diatasi dengan menggunakan perekat *solid* antara *skin to core* seperti *adhesive film*, *prepreg* dan lain-lain. Namun dikarenakan biaya untuk *adhesive film* ataupun sejenisnya kurang ekonomis, maka diganti dengan material lain untuk menggantikan *adhesive film* seperti *liquid resins* dan *paste adhesive*.

2. Eksperimental

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada flow chart (Gambar 1).



Gambar 1. Prosedur Penelitian.

2.1 Data manufaktur

Facesheet menggunakan karbon *unidirectional*, *core* menggunakan *NNS 8-125 Class 1 type 2 Grade F Aramide Honeycomb core*, untuk mengikat (*bond*) serat karbon dengan *honeycomb core* menggunakan resin epoksi dicampur *hardener*

dengan perbandingan 1:1 dan menggunakan resin vinilester + promotor (Kobalt) + katalis.

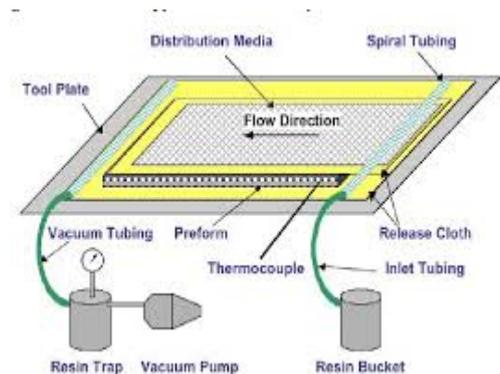
Tabel 1. Core Properties

Property	HRH10/OX-4.8-48 (MPa)
Bare Compression	2,21
Stabilized Compression	2,41
L shear	0,79
L Modulus	21
W Shear	0,93
W Modulus	41

Material yang digunakan untuk manufaktur menggunakan metode *Vacuum Assisted Resin Infusion* yaitu karbon *unidirectional* (UD) 12 K dengan massa 187,40 gram (4 lembar), *honeycomb* sebagai *core* dengan massa 108,07 gram, *epoxy* dengan massa 50 gram, *hardener* dengan massa 50 gram, *resin vinilester* dengan massa 1242,12 gram, *promotor (kobalt)* dengan massa 1,24 gram dan *katalis* dengan massa 21,1 gram. Pada panel 1 tidak menggunakan *adhesive*, dan panel 2 menggunakan *adhesive*.

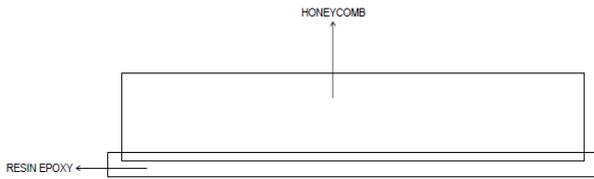
2.2 Metode manufaktur

Metode *vacuum infusion* menggunakan teknik tekanan vakum untuk mengalirkan resin ke serat. Material diletakkan kedalam cetakan dan vakum disiapkan sebelum resin dialirkan. Setelah vakum disiapkan dan terpasang, resin lalu dialirkan perlahan kedalam serat melalui pipa selang. Metode ini dapat berguna untuk bermacam-macam material (Abdurohman dan Marta, 2018). Gambar 2 menunjukkan metode manufaktur *sandwich composite* menggunakan *vacuum infusion*. Perbandingan serat dan *resin* yang digunakan yaitu 60% serat dan 40% fraksi massa *resin*. Penggunaan *resin* menggunakan perbandingan 98,2% resin : 1,7% katalis, : 0,1% promotor (kobalt).



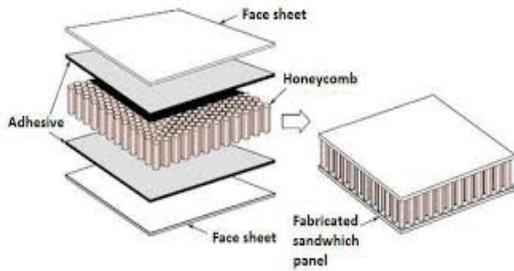
Gambar 2. Metode *vacuum infusion*. (Changlei Xia dkk., 2020).

Upper facesheet terdiri dari 2 lapis serat karbon, kemudian *honeycomb core* dan *lower surface* terdiri dari 2 lapis serat. Sebelum panel di vakum, *skin* dan *core* harus terlebih dahulu ditempel menggunakan epoksi dengan metode *dip surface core* ke epoksi cair di kedua sisi *surface* yang berinteraksi langsung dengan serat karbon, proses dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Metode pemberian epoxy pada honeycomb.

Setelah core terkena epoksi, core ditempelkan dengan 1 lembar serat karbon dikedua sisi dan diamkan selama sehari dalam suhu ruangan. Kemudian disusun seperti gambar 4 berikut, dengan ukuran panel 300 mm x 300 mm.



Gambar 4. Struktur Sandwich Composite (<https://www.stressebook.com/honeycomb-sandwich-panels>, 2020)

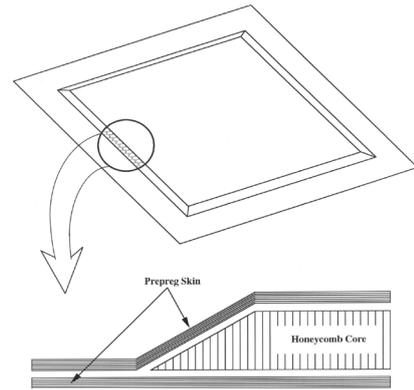
Kemudian susun peel ply, dan mesh diatas panel yang dibuat sebelumnya lalu tutupi dengan film bagging. Setelah komponen sudah terpasang dengan baik maka metode vacuum infusion dapat dilakukan. Panel divakum terlebih dahulu dengan tekanan 100 kPa untuk membuang udara selama 15-20 menit dan pastikan tidak ada kebocoran pada film bagging. Siapkan resin vinylester untuk dimasukkan kedalam ruang vakum untuk mengikat bagian facesheet/serat karbon melalui selang sepanjang 90 cm dengan diameter 1 cm. Setelah seluruh lapisan terkena resin, diamkan selama 1 hari dalam keadaan tervakum dengan tekanan 100 kPa.

3. Metodologi

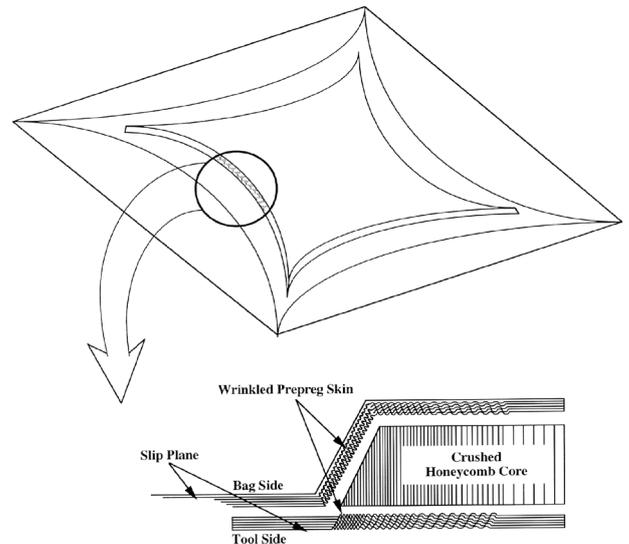
3.1 Core crush pada panel

Pada gambar 5 adalah skema sandwich composite sebelum divakum, terlihat dari sisi samping terdapat lapisan-lapisan karbon, peel ply, film bagging dan honeycomb core.

Pada gambar 6 adalah skema core crush yang terjadi setelah metode pemvakuman, vakum berfungsi untuk menekan udara. Tekanan tersebut menekan lapisan luar yaitu film bagging menuju bagian dalam panel. Ketika bagian terluar dari core tidak mampu menahan udara yang menekan maka core akan mengalami crush sehingga akan terjadi pengerutan pada panel.



Gambar 5. Skema Panel sandwich honeycomb composite (Hsiao dkk., 2006)



Gambar 6. Skema Core Crush pada panel yang telah divakum. (Hsiao dkk.,2006)

Pada panel 1 gambar 7 terlihat bahwa terjadi pengerutan pada semua sisi panel pada upper surface. Hal ini terjadi akibat core crush yang terjadi pada saat proses pemvakuman dilakukan, tidak ada perekat yang menghubungkan antara skin dengan core sehingga saat divakum ada udara yang masuk ke cell honeycomb. Saat tekanan semakin meningkat maka udara yang masuk kedalam cell tersebut akan mendorong permukaan cell honeycomb disinilah akan terjadi pengerutan.



Gambar 7. Pengerutan Pada Panel.

Pada gambar 8, panel 2 terlihat hanya sisi samping upper surface saja yang terjadi pengerutan. Hal ini terjadi sama seperti pada panel pertama yaitu pada bagian tersebut ada udara yang masuk kedalam cell honeycomb. Walaupun terjadi pengerutan namun apabila dibandingkan dengan panel 1 maka panel 2 ini

jauh lebih kecil dikarenakan panel 2 menggunakan *adhesive*. Berdasarkan teori yang didapatkan adesif memiliki fungsi untuk mengurangi terjadinya *void* dan pengerutan (CMH-17, 1985)



Gambar 8. Pengerutan Pada Panel.

Core crush yang terjadi pada panel ini dapat diketahui dengan mencari persentase *core crush*. Dimensi luas area sebelum panel dilakukan pemvakuman pada panel 1 memiliki luas area 24 cm x 26 cm (624 cm²) dan panel 2 memiliki luas area 32 cm x 32 cm (1024 cm²) dan setelah proses pemvakuman setiap sisi panel menyusut sebesar 2 cm dari sumbu horizontal dan 2 cm dari sumbu vertikal (Hsiao; Lee; dan Buyny 2006) . Area yang terjadi kerusakan dapat dikalkulasikan menggunakan persamaan :

$$A = \sum_{n=1}^4 \frac{2}{3} \cdot x_n \cdot L_n \tag{1}$$

Maka hasil area yang didapat pada persamaan tersebut adalah panel 1 sebesar 36 cm dan panel 2 sebesar 10,6 cm. Untuk mendapatkan presentase *core crush* yang terjadi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :

$$\text{percent core crush panel 1} = 100 \times A/624 \tag{2}$$

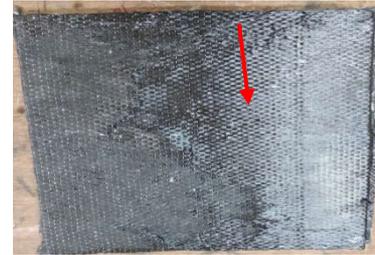
$$\text{percent core crush panel 2} = 100 \times A/1024 \tag{3}$$

Hasil *presentase* yang terjadi pada *core crush* didapat menggunakan persamaan tersebut yaitu panel 1 sebesar 5,76% pada panel 2 sebesar 1,035%. Pada penelitian sebelumnya menggunakan material *prepreg* menunjukkan *core crush* terjadi akibat pergeseran yang berlawanan dibagian dalam pada lapisan-lapisan *prepreg* (Hsiao dkk., 2006).

Proses pengerutan juga dapat disebabkan oleh kebocoran yang terjadi pada *film bagging*. Cara mengindikasikan ada kebocoran itu sendiri adalah bisa dari suara udara yang keluar dari *film bagging*. Ada beberapa hal yang menyebabkan terjadinya kebocoran: 1) Pada bagian *sealent tape* kurang rapat dengan *film bagging* sehingga pada proses pemvakuman udara akan ada udara yang keluar. 2) *Film bagging* yang terlalu tipis sehingga ketika resin sedang mengalir, *film bagging* tidak sanggup menahan suhu yang cukup tinggi sehingga akan terjadi kebocoran. Cara mengatasi kebocoran ini adalah dengan memeriksa secara teliti saat memasang komponen, dan menggunakan *film bagging* yang lebih tebal.

3.2 Analisis tabel

Pada gambar 9 terlihat panel 1 terlihat seluruh bagian serat tertutupi resin. Tidak ada serat yang tidak terkena resin seperti panel 2. Pada gambar 3-5 terlihat hasil pemvakuman 60% permukaan *upper facesheet* pada panel 2 tidak teraliri resin dengan sempurna sehingga terjadi delaminasi antara tumpukan sheet pertama dan kedua seperti pada gambar 10.



Gambar 9. Bagian panel yang tidak terkena resin.



Gambar 10. Delaminasi pada serat.

Hal ini bisa disebabkan oleh 3 hal yaitu 1) Tidak meratanya resin pada bagian tersebut yang disebabkan karena masuknya resin terlebih dahulu kedalam *core*. Resin lebih banyak masuk ke dalam *core* dan sisa resin tidak cukup membasahi seluruh serat di permukaan *core*. 2) *Film bagging* terjadi kebocoran saat dilakukan pemvakuman yang disebabkan tidak rapatnya *sealent tape* saat pemasangan *film bagging*. Kebocoran terjadi pada saat proses *curing* pada panel selama 15 jam lebih terlihat ada udara masuk ke dalam panel. 3) *Gel time* yang terjadi pada resin terlalu cepat. *Gel time* yang terlalu cepat akan menghambat laju resin dan menyebabkan tidak meratanya resin.

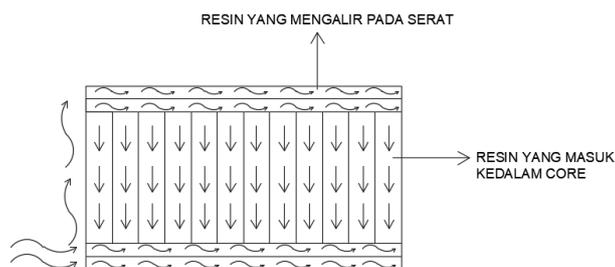
Berdasarkan penelitian sebelumnya pemilihan serat juga berpengaruh terhadap hasil manufaktur, dimana serat yang memiliki 3 K tow akan jauh lebih bagus dari pada serat yang memiliki 12 K tow. Hal ini terjadi karena resin yang mengalir pada serat yang memiliki 3 K tow akan jauh lebih cepat merekat jika dibandingkan dengan serat yang memiliki 12 K tow (Hsiao dkk.,2006), dimana serat yang digunakan berjenis karbon *unidirectional* 12 K, dimana 12 K berarti memiliki 12.000 filamen per tow.

3.3 Resin dengan core

Pada gambar 11 terlihat bahwa *cell core* terisi oleh resin. Hal ini disebabkan karena permukaan *core* yang tidak menempel baik dengan serat karbon karena tidak menggunakan *adhesive* sebelum proses vakum. *Adhesive* digunakan untuk merekatkan *core* dengan serat dan memastikan tidak ada lagi celah di permukaan *core* saat proses vakum. Pada penelitian sebelumnya, resin hasil pemvakuman tidak berhasil masuk ke dalam *core*. Peneliti tersebut menggunakan *adhesive film* untuk merekatkan serat dengan *core* (M.P.Cavatorta, 2007). Berikut pada gambar 12 sketsa masuknya resin kedalam *core*.



Gambar 11. Resin masuk dalam core.



Gambar 12. Sketsa masuknya resin kedalam core.

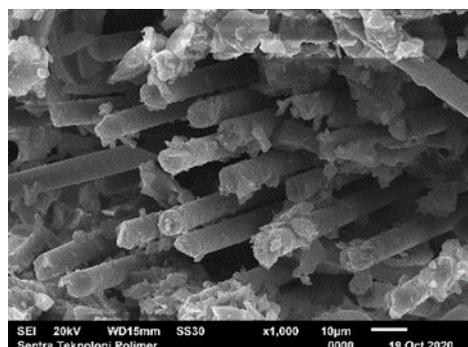
Pada gambar 13 terlihat ada bagian core yang tidak terkena resin. Permasalahan ini bukan disebabkan oleh adesif yang tidak merekat antara serat dengan core, tetapi karena resin yang tidak merata pada bagian tersebut sehingga tidak ada resin yang masuk ke dalam core.



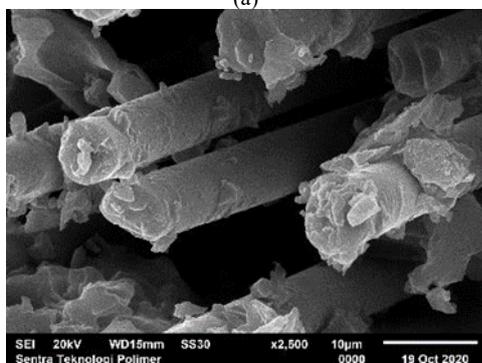
Gambar 13. Core yang tidak terkena resin.

3.4 Citra Scanning Electron Microscope (SEM)

Untuk melihat permukaan citra dari Sandwich Honeycomb Composite dapat dilihat menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) di Balai Teknologi Polimer (BTP)-BPPT Tangerang. Pada gambar 14 serat dan resin telah memang telah melekat pada masing-masing filamen serat karbon unidirectional.



(a)



(b)

Gambar 14. Citra SEM Sandwich Honeycomb Composite perbesaran (a.) 1000x , Citra SEM perbesaran (b.) 2500x

4. Kesimpulan

Pada penelitian dengan metode VARI ini ada beberapa faktor yang menyebabkan hasil dari pemvakuman tidak berhasil yaitu *core crush* pada panel disebabkan oleh kobocoran dan udara yang masuk pada *cell honeycomb*. Tidak meratanya resin keseluruhan serat dikarenakan menggunakan serat karbon *unidirectional*. Bagian serat yang tidak terkena resin disebabkan oleh kebocoran pada *film bagging* dan terlalu banyak resin yang masuk ke dalam core sehingga ada bagian yang tidak terkena resin dan laju alir resin yang tidak stabil. Resin yang masuk ke dalam core diakibatkan oleh tidak tertutupnya *cell honeycomb* oleh *adhesive epoxy* yang hanya menutupi dinding dari core.

Daftar Pustaka

CMH-17. (1985) *Composite Materials Handbook - Vol.6 Structural Sandwich Composites. Journal of Mechanical Working Technology*. Vol. 11. [https://doi.org/10.1016/0378-3804\(85\)90127-5](https://doi.org/10.1016/0378-3804(85)90127-5).

Abdurohman, Kosim, and Aryandi Marta. (2018) Kajian Eksperimental Tensile Properties Komposit Poliester Berpenguat Serat Karbon Searah Hasil Manufaktur Vacuum Infusion Sebagai Material Struktur Lsu. *Jurnal Teknologi Dirgantara* 14 (1): 61. <https://doi.org/10.30536/j.jtd.2016.v14.a2948>.

Hsiao, H. M., S. M. Lee, and R. A. Buyny. (2006) Core Crush Problem in Manufacturing of Composite Sandwich Structures: Mechanisms and Solutions. *AIAA Journal* 44 (4): 901–7. <https://doi.org/10.2514/1.18067>.

Jatmiko, Agus, Samsul Hadi, Fakultas Teknik Elektro, and Universitas Telkom. (2017) Alat Wet Lay Up Terkontrol Sederhana Dan Analisis Pengaruh metode Lay Up Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit a Simple Controllable Wet Lay Up Instrument and the Analysis of Lay Up Process To the Mechanical Properties of Composite. 4 (1): 803–10.

Menta, V. G.K., R. R. Vuppalapati, K. Chandrashekhara, D. Pfitzinger, and N. Phan. (2012) Manufacturing and Mechanical Performance Evaluation of Resin-Infused Honeycomb Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 31 (6): 415–23. <https://doi.org/10.1177/0731684412439792>.

Yamashita, Mistunori, Toru Sakagawa, Fumihito Takeda, Fumio Kimata, and Yasuhiro Komori. (2008). Development of Advanced Vacuum-Assisted Resin Transfer Molding Technology for Use in an MRJ Empennage Box Structure. *Mitsubishi Heavy Industries, Ltd, Technical Review* 45 (4): 1–4.

D. Zekert,(1997) *THE HANDBOOK OF SANDWICH CONSTRUCTION*. Stocholm, Sweden: Nordic Industrial Fund (NI), Oslo, Norway.

Wang, P, Drapier, S Molimard, J Vautrin, A and J.C. Minni, (2011) Numerical and Experimental Analyses of Resin Infusion Manufacturing Processes of Composite Materials, *Journal of Composite Materials* 46(13) 1617-1631.

Bitzer T. Honeycomb technology (1998) *materials, design, manufacturing, applications and testing*. London: Chapman & Hall.

Rahman Alfarisyi .(2016) Analisis sifat mekanik dan kekuatan komposit S-Glassfiber hal 23,

M.P.Cavatorta.(2007) A comparative study of the fatigue and post-fatigue behaviour of carbon-glass/epoxyhybrid RTM and hand lay up composites.Springer.

Changlei Xia, Sheldon Shi and Liping Cai. (2020). 'Vacuum Assisted Resin Transfer Molding' . <https://www.swst.org/wp/meetings/AM14/pdfs/presentations/shi%20pdf.pdf>

<https://www.stressebook.com/honeycomb-sandwich-panels>
(2020)