

# Pengaruh Teknik Isolasi terhadap Kekuatan Tarik dan Lengkung Material Komposit pada Pembuatan *Fuselage* Pesawat Tanpa Awak

Gesang Nugroho<sup>1,\*</sup> dan Ogi Budiana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta

\*Korespondensi: gesangnugroho@ugm.ac.id

**Abstrak.** Pengembangan pesawat tanpa awak semakin menjadi daya tarik karena banyak bermanfaat untuk kehidupan manusia. Selain untuk kebutuhan militer, pesawat tanpa awak juga sangat berguna untuk misi sipil, seperti pemetaan daerah bencana, pemantauan daerah perbatasan, pemantauan lalu lintas dan sebagainya. Untuk meningkatkan kehandalan terbang, pesawat tanpa awak perlu disusun atas struktur material yang memiliki specific strength tinggi, maka komposit menjadi pilihan terbaik. Namun dalam penelitian ini diperlukan komposit yang lebih kuat mengingat ukuran pesawat yang lebih besar. Maka dari itu penelitian ini memodifikasi teknik isolasi dalam metode vacuum bagging untuk mendapatkan komposit berkekuatan tinggi namun dengan biaya yang efisien. Beberapa teknik isolasi diuji coba dengan pengujian kekuatan tarik dan lengkung. Hasilnya, dibandingkan dengan komposit hasil isolasi sealant tape yang biasa digunakan dalam metode vacuum bagging, isolasi dengan menggunakan double tape pun memiliki kekuatan yang mendekati angka kekuatan mekanis hasil isolasi sealant tape.

**Kata kunci:** Unmanned Aerial Vehicle, komposit, vacuum bagging, teknik isolasi

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

Pada saat perang dunia ke dua, dimana Jerman mulai menggunakan rudal V-1 untuk menyerang Inggris pada tahun 1944 dan kemudian Amerika Serikat mulai menggunakan pembom-pembom yang tak berawak dalam rangka menyerang target sasaran di dalam wilayah yang dikuasai Jerman. Meskipun program ini kemudian menemui masalah, tetapi hal ini adalah awal dimulainya teknologi misil jarak jauh, kemudian juga awal dari uji pesawat yang tak berawak dengan kendali jarak jauh. Hal tersebut menjadi momentum untuk mengenal lebih jauh teknologi modern pesawat tak berawak dan sistem pengendali jarak jauhnya, dan yang kemudian dikenal sebagai *drone* atau *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* [1].

Jens Hinrichsen dan Cesar Bautista selaku Direktur dan desainer Airbus A380 pada tahun 2001 menganalisis mengenai tantangan untuk mengurangi bobot dan biaya produksi airframe. Airbus merupakan salah satu industri pesawat terbesar di dunia yang giat melakukan pengembangan material untuk membuat *airframe* dengan bobot ringan tapi juga biaya produksi rendah. Beberapa komponen yang sebelumnya dibuat dari logam, perlahan digantikan oleh komposit [1].

Penerapan material komposit dalam struktur pesawat menjadi kontribusi yang sangat besar dalam perkembangan pesawat, tentunya setelah di temukan *carbon fiber* oleh *Royal Aircraft Establishment* di *Farnborough, UK* pada tahun 1964 [2].

Komposit berkualitas memerlukan metode yang baik dalam manufakturnya, sebagai pengembangan *hand lay up*, *vacuum bagging* menjadi pilihan sederhana. *Single vacuum bagging (SVB)* sangat cocok untuk fabrikasi komposit bermatriks epoksi karena bisa mengalir dengan baik dan tidak adanya reaksi lain seperti emisi styrene pada resin poliester. Namun biasanya SVB tidak terlalu baik untuk penggunaan resin lain seperti poliamida dan phenolic, diperlukan tekanan tambahan untuk mencegah adanya porositas pada laminasi [3].

Komposit hasil metode vacuum infusion memiliki kekuatan tarik lebih besar dibandingkan dengan metode *hand lay up*. Selain itu, metode *vacuum infusion* memberikan hasil komposit yang lebih ringan karena resin terpakai secara efektif [4].

Spesimen diproduksi menggunakan VARTM memiliki kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan dengan metode *hand lay up* [5]. Semakin besar fraksi volume serat ijuk maka semakin besar pula kemampuan komposit dalam menahan beban tarik.

Kerusakan pada laminasi CFRP bisa ditanggulangi dengan tambalan bio-komposit. Bio-komposit adalah komposit bermatriks dan berpekuat serat alami. Penambalan CFRP dengan bio-komposit ini berhasil dilaksanakan dengan sifat mekanik yang cukup baik, kekuatan tinggi, non abrasif, ramah lingkungan dan *biodegradability* [6].

Mengingat pengembangan metode manufaktur dengan vacuum bagging memerlukan biaya cukup tinggi, maka penelitian ini bertujuan untuk melaku-

kan efisiensi metode tersebut, dengan standar kualitas yang mendekati cara yang sering dipakai.

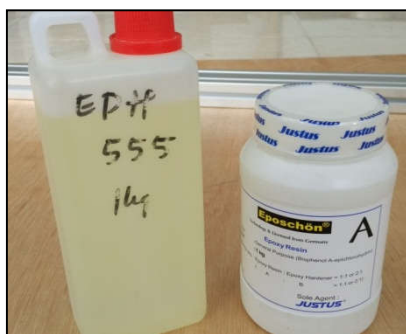
### Metode Penelitian

Proses manufaktur dengan metode konvensional *hand lay-up* memang praktis dan tidak membutuhkan perlengkapan yang mahal, namun untuk pesawat dengan ukuran besar seperti Elang Caraka dibutuhkan *airframe* yang lebih kuat. Kekuatan struktur pesawat ditentukan oleh kekuatan komposit penyusunnya, maka dari itu perlu dibuat komposit dengan serat yang lebih banyak. Metode *hand lay up* bisa saja digunakan untuk membuat komposit dengan kadar serat lebih banyak, namun bobotnya pun akan meningkat. Maka dari itu diperlukan pengembangan teknik manufaktur untuk menghasilkan komposit dengan kadar serat tinggi sehingga berkekuatan tinggi, namun juga ringan.

Diawali dengan membuat spesimen uji, perhitungan fraksi volume, uji tarik dan uji lengkung, sehingga didapatkan formulasi terbaik dan efisien dalam teknik isolasi vacuum bagging. Hasilnya kemudian diterapkan pada pembuatan fuselage pesawat. Pembuatan fuselage pesawat diawali dengan pembuatan master, kemudian membuat cetakan, pembuatan laminasi, proses bonding dan finishing.

#### a. Pembuatan dan pengujian spesimen

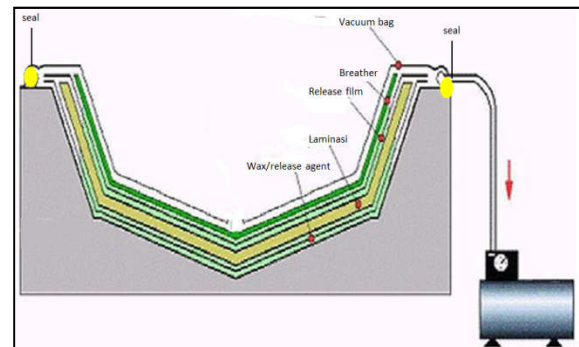
Aplikasi vacuum bagging memerlukan resin dengan proses curing cukup lama, maka dari itu digunakan resin epoksi dan hardener EPH 555 seperti ditunjukkan Gambar 1 berikut ini.



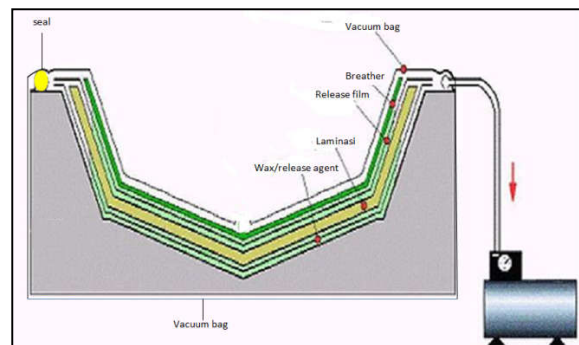
Gambar 1. Resin eposchon A dan hardener EPH 555

Serat penguat yang digunakan berupa serat kaca tipe WR 100 sebanyak 7 lapis. Hal ini dilakukan karena pengujian dapat dilakukan dengan batas ketebalan minimal 1 mm. Uji spesimen dilakukan terhadap 6 variasi teknik isolasi yaitu penggunaan lakban, *double tape* & *sealant tape*. Isolasi dengan *sealant tape* ini merupakan metode yang sering digunakan namun biayanya mahal. Selain itu teknik isolasi divariasikan menjadi 2 teknik, yaitu dengan 1/2 permukaan bagging, dan bagging penuh sebagaimana ditunjukkan gambar 2 dan 3. Sedang-

kan desain eksperimen selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 2. Skema teknik isolasi 1/2 permukaan bagging



Gambar 3. Skema teknik isolasi bagging penuh

Tabel 1. Desain experimentt

Experiment	Jenis perekat	Teknik bagging
L1	Lakban	1/2 bagging
L2	Lakban	Bagging penuh
D1	Double tape	1/2 bagging
D2	Double tape	Bagging penuh
S1	Sealant tape	1/2 bagging
S2	Sealalant tape	Bagging penuh

Langkah-langkah pembuatan specimen sama dengan pembuatan *fuselage*, yaitu: pertama membersihkan *tool* dari kotoran supaya diperoleh komponen dengan kualitas yang maksimal. Kemudian menyiapkan serat gelas sebanyak 7 lapis sesuai ukuran yang diperlukan, selain itu menyiapkan bahan habis pakai seperti *release film*, *breather* dan *vacuum bag* sesuai dengan kebutuhan. *Vacuum bag* harus dipotong 20% lebih besar dibandingkan ukuran *tool* untuk memudahkan pemasangan.

Berikutnya adalah melakukan pelapisan *release agent* dan ditunggu hingga kering supaya mudah dilepas. *Tool* yang baru pertama kali digunakan sebaiknya dilapisi *release agent* beberapa lapis dengan arah berbeda. disiapkan campuran resin dengan hardener secukupnya dengan perbandingan 50 : 50 dengan menakar menggunakan timbangan digital. Kemudian resin dituangkan hingga merata pada area *tool*. Proses *lay up* dilakukan dengan bantuan roller untuk meratakan resin hingga tujuh

lapis serat kaca seperti ditunjukkan pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Proses *lay-up*

*Release film* diletakkan di atas laminasi seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Peletakan *release film*

*Release film* berfungsi untuk membatasi dan melepaskan laminasi dari lapisan vakum *consumable* agar mudah dilepas setelah laminasi kering. *Release film* terdapat lubang-lubang sehingga udara dan resin dapat melewatinya menuju *breather*. *Breather* diletakkan di atas *release film* seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Peletakan *breather*

*Breather* berfungsi untuk melewatkan udara supaya tidak ada yang terjebak dan menyerap resin berlebih pada laminasi sehingga meningkatkan fraksi volum fiber.

Dibuat lubang kecil untuk menghubungkan *vacuum port* dengan kompresor dan selang. *Vacuum port* harus terpasang kencang/rapat untuk mencegah terjadinya kebocoran. Beberapa lapis *breather* diletakkan dibawah *vacuum port* untuk mencegah resin terhisap dan masuk ke lubang selang seperti ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Penambahan *breather* untuk bagian *port*

Semua komponen harus terpasang dengan baik dan lapisan *consumable* dipasang sesuai dengan urutannya. Sisi lain selang disambungkan ke bagian *intake* dari kompresor.

Kompresor dihidupkan untuk memulai mengalirkan udara keluar dari dalam kantung. Selama proses vakum, kondisikan *vacuum bag* diatur untuk membantu mengalirkan udara dan dilakukan penanganan jika terjadi kebocoran. Gambar 8 menunjukkan laminasi setelah divakum.



Gambar 8. Laminasi setelah divakum

Setelah semua udara dialirkan ke luar sistem maka *valve* yang terdapat pada *vacuum port* ditutup untuk mengurangi kerja pompa vakum dan ditunggu sampai laminasi kering. Setelah laminasi kering selanjutnya *vacuum bag* dibuka, *breather* dan *release film* dilepas dan laminasi dilepas dari *tool*.

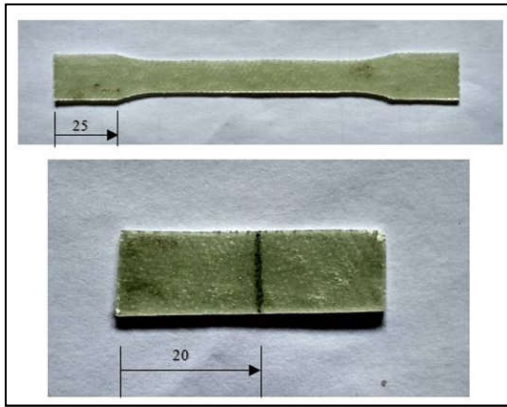
Laminasi yang sudah jadi selanjutnya dipotong sesuai bentuk spesimen menggunakan *cutter*. Gambar 9 menunjukkan spesimen hasil pemotongan.

#### b. Pengukuran Fraksi Volume Serat

Fraksi volume menunjukkan persentase kadar volume serat dalam komposit. Dengan mengetahui massa jenis matriks, massa jenis serat, volume spesimen serta berat spesimen maka fraksi volume dapat dihitung dengan persamaan 1 berikut ini.

$$V_f = \frac{\rho_c - \rho_m}{\rho_f - \rho_m} \quad (1)$$

dimana,  $V_f$  : fraksi volume serat,  $\rho_c$  : massa jenis komposit,  $\rho_f$  : massa jenis serat (gram),  $\rho_m$  : massa jenis matrik (gram).



Gambar 9. Spesimen uji

**c. Uji Kekuatan Mekanis**

Pembebanan struktur komposit pada *airframe* pesawat meliputi beban tarik dan lengkung. Oleh karena itu maka dilakukan pengujian tarik dan lengkung terhadap spesimen yang telah disiapkan. Standar pengujian kekuatan tarik menacu pada ASTM D638-02a, sedangkan uji lengkung mengacu pada ASTM D6272.

**Hasil dan Pembahasan**

Pengujian spesimen menghasilkan data berupa fraksi volume serat, kekuatan tarik, dan kekuatan lengkung. Berikut penjelasan hasil pengujian tersebut.

**a. Fraksi Volume Serat**

Fraksi volume serat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Dengan mengukur dimensi, volume, berat komposit spesimen, densitas matriks serta densitas serat, maka fraksi volume serat dapat diketahui seperti terlihat pada Tabel 2 berikut ini.

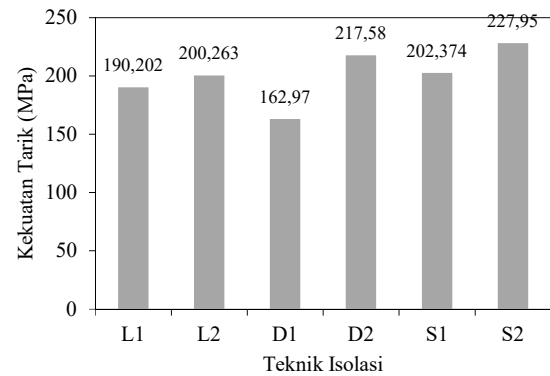
Tabel 2. Perhitungan fraksi volume serat

Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (gram)	$\rho_c$ (Gr/cm <sup>3</sup> )	$\rho_m$ (Gr/cm <sup>3</sup> )	$\rho_f$ (Gr/cm <sup>3</sup> )	V <sub>f</sub> (%)
L1	57	13	1,3	0,9633	52	53,98111	1,2	2,54	40,28441
L2	57	13	1,3	0,9633	59	61,24779	1,2	2,54	45,70731
D1	57	13	1,42	1,05222	62	58,92304	1,2	2,54	43,97242
D2	57	13	1,4	1,0374	75	72,29612	1,2	2,54	53,95233
S1	57	13	1,1	0,8151	56	68,70323	1,2	2,54	51,27106
S2	57	13	1,28	0,94848	75	79,07389	1,2	2,54	59,01036

**b. Kekuatan Tarik**

Gambar 10 berikut ini menyajikan nilai rata-rata kekuatan tarik dari 3 spesimen dengan berbagai macam teknik isolasi. Gambar 10 menunjukkan hasil yang sedikit berbeda dengan grafik beban maksimum. Nilai kekuatan tarik tertinggi dihasilkan oleh komposit dengan teknik isolasi S2, dan yang terkecil adalah dengan teknik isolasi D1. Hal ini disebabkan karena ketebalan yang berbeda untuk setiap spesimen. Kekuatan tarik dihitung dengan melibatkan luas area penampang sebagai pembagi beban maksimum. Sehingga ketika dihitung kekuatan tarik pada S2 lebih besar karena luas penam-

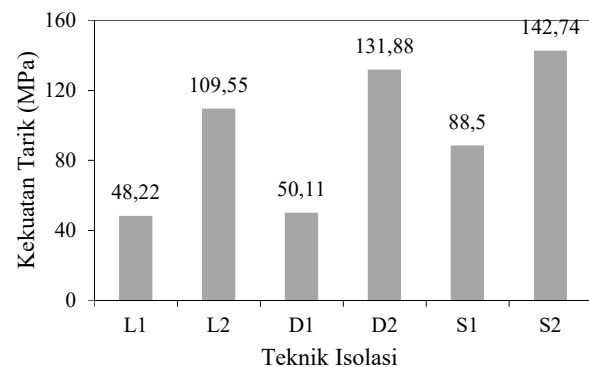
pang yang lebih kecil dibanding D2. Namun teknik dua tetap menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan teknik satu.



Gambar 10. Grafik kekuatan tarik pada variasi teknik isolasi

**c. Kekuatan Lengkung**

Gambar 11 menyajikan nilai beban kekuatan lengkung pengujian dalam bentuk grafik.



Gambar 11. Grafik kekuatan lengkung pada variasi teknik isolasi

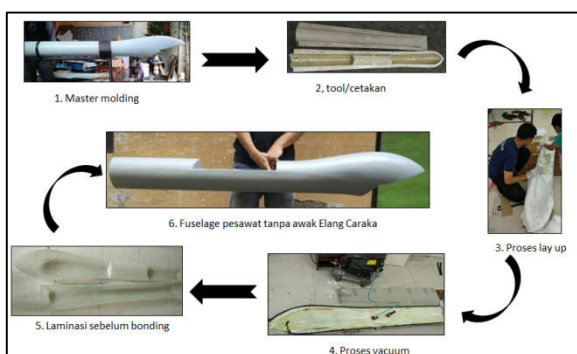
Gambar 11 menunjukkan grafik perbandingan kekuatan lengkung pada berbagai variasi teknik isolasi. Kekuatan lengkung tertinggi terjadi pada spesimen hasil teknik isolasi S2, kemudian di urutan kedua adalah spesimen hasil teknik isolasi D2. Grafik tersebut juga menunjukkan adanya perbedaan nilai kekuatan lengkung yang cukup banyak antara taknik isolasi satu dan dua baik untuk isolasi menggunakan lakban, *double tape* maupun *sealant tape*.

**d. Aplikasi pada Pembuatan Fuselage**

Hasil uji spesimen menunjukkan teknik isolasi dengan *double tape* cara 2 (D2) memiliki kekuatan mekanis paling mendekati teknik isolasi dengan *sealant tape* (S2).Naka dari itu teknik isolasi ini diaplikasikan dalam metode *vacuum bagging* dalam pembuatan *fuselage*.

Pembuatan fuselage dengan metode *vacuum bagging* dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti pembuatan spesimen diawali dengan pembuatan master, pembuatan *tool/cetakan*, proses *lay*

up, proses *vacuum*, serta *bonding* dan *finishing*. Berikut gambar 12 menunjukkan rangkaian langkah pembuatan fuselage.



Gambar 12. Langkah-langkah pembuatan fuselage

## Kesimpulan

Upaya penyederhanaan teknik isolasi metode *vacuum bagging* berhasil dilaksanakan. Teknik isolasi paling mendekati standar (S2) adalah teknik isolasi D2 yaitu dengan menggunakan double tape kantong penuh, dengan hasil sebagai berikut

- Kekuatan tarik 95,45%
- Modulus elastisitas tarik 94,49%
- Kekuatan lengkung 92,39%
- Modulus elastisitas lengkung 94,89%

dari nilai yang didapat teknik isolasi S2.

Aplikasi teknik isolasi D2 metode *vacuum bagging* berhasil dilakukan pada pembuatan fuselage pesawat Elang Caraka sebanyak 6 lapis serat kaca, 2x lebih banyak dibanding metode hand lay up dalam ketebalan dan berat yang sama. Dengan menggunakan teknik ini pada proses pembuatan bodi pesawat dengan metode *vacuum bagging* maka dapat dihemat biaya namun kekuatannya mendekati dengan metode yang umum digunakan.

## Referensi

- [1] Joshi, S. And Stein, A., 2013. Emerging Drone Nations, Global Politics and Strategy Ed. 5, Vol. 55, 53-78.
- [2] Soutis, C., 2005. Carbon fiber reinforced plastics in aircraft construction, *Materials Science and Engineering*, 412, 171–176.
- [3] Hou, T. and Jensen, B.J., 2004. Evaluation of Double-Vacuum-Bag Process For Composite Fabrication, NASA Langley Research Center, Virginia.
- [4] Yuhazri, M., Phongsakorn, Y., Sihombing, P., 2010. A Comparison Process Between Vacuum Infusion and Hand Lay-Up Method Toward Kenaf/Polyster Composites, *IJBAS – IJENS* Vol. 10, No. 03.

- [5] Sevkata, E. and Brahimib, M., 2011. The bearing strength of pin loaded woven composites manufactured by vacuum assisted resin transfer moulding and hand lay-up techniques. *Procedia Engineering* 10, 153–158.

- [6] Muda, M.K.H., Mustapha, F., Aris, K.D.M., Sultan, M.T.H., 2014. Fabrication Technique for Bio-Composite Patch Repair on Laminated Structures of CFRP Plate, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 564, 366–371.