

PROSES MANUFAKTUR MATERIAL KOMPOSIT STRUKTUR SAYAP PESAWAT UDARA TANPA AWAK DENGAN MENGGUNAKAN METODE HAND LAY-UP DAN VACUUM BAGGING

Lenny Iryani, Singgih Satrio Wibowo

Program Studi Teknik Aeronautika
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung
Corresponding author: lenny.iryani@polban.ac.id

Abstrak. Pada penelitian ini dilakukan proses manufaktur struktur sayap pesawat udara tanpa awak dengan menggunakan material komposit. Serat carbon fiber dengan jenis WR 80, WR 100, dan WR 200 digunakan untuk membentuk material komposit struktur sayap ini. Metode pembuatan material komposit ini dilakukan dengan cara metode hand lay-up dan vacuum bagging. Guna mengetahui kekuatan dan properti dari material komposit ini, dilakukan uji Tarik dan uji geser masing-masing dengan standar ASTM D3039 dan ASTM D5379. Hasil dari uji ini diperoleh nilai kekuatan struktur material komposit berupa Ultimate tensile stress 238.6 MPa, Modulus of elasticity 10.38 MPa, Strain at Break Point 3.158 %, Ultimate Shear stress 40.85 MPa.

Kata kunci: PTTA, komposit, propertis material, uji tarik, uji geser.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

PTTA merupakan pesawat terbang tanpa awak yang dikendalikan dengan alat sistem kendali jarak jauh melalui gelombang radio. Awalnya PTTA digunakan sebagai misi kemiliteran, seiring berkembangnya kebutuhan PTTA juga digunakan untuk berbagai keperluan sipil diantaranya untuk keperluan foto udara, serta pemetaan. PTTA sendiri memiliki berbagai keuntungan jika dibandingkan pesawat berawak antara lain memiliki risiko yang rendah, dapat menjangkau daerah yang sulit diakses dengan biaya operasi lebih yang rendah. Salah satu penggunaan PTTA yang sangat diminati untuk kalangan sipil yaitu bidang pemetaan atau foto udara. PTTA jenis ini dilengkapi berbagai teknologi canggih seperti GPS, autopilot, kamera beresolusi tinggi, dan lain-lain.

Dalam perkembangannya, teknologi PTTA dicanangkan dan dikembangkan guna menunjang pemetaan wilayah khususnya daerah yang belum terpetakan dan termasuk dalam daerah rawan bencana alam. Salah satu program pengembangan PTTA untuk keperluan foto udara ini dimulai semenjak lima tahun yang lalu, dimulai dengan program pengembangan PTTA oleh LAPAN dan BPPT untuk keperluan patroli keamanan wilayah strategis Indonesia.

Pada penelitian ini, guna menunjang hasil perancangan pesawat terbang tanpa awak yang digunakan untuk tujuan pemetaan wilayah, diperlukan analisis kekuatan komponen struktur pesawat udara, terutama kekuatan struktur sayap,

serta metode dan cara manufaktur struktur sayap tersebut. Struktur sayap PTTA secara keseluruhan menggunakan material komposit. Untuk itu diperlukan pula kaji proses manufaktur struktur material komposit agar sesuai dengan rancangan struktur sayap dan menghasilkan struktur sayap yang kuat dalam menerima beban yang terjadi selama pengoperasian pesawatnya. Setelah proses manufaktur dilaksanakan, maka perlu dilakukan pengujian agar dapat dianalisis hasil dari pengujian tersebut. Hasil pengujian dapat mencerminkan properti dari material komposit yang dimanufaktur tersebut.

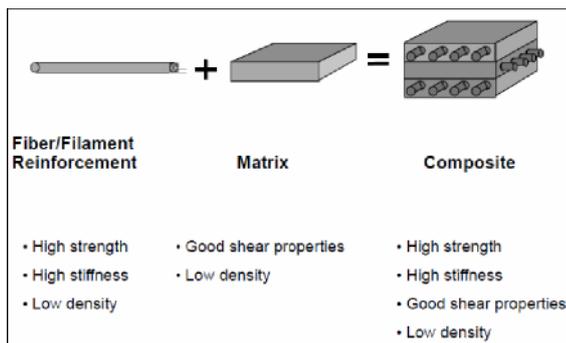
Material Komposit

Komposit merupakan material multifasa yang terdiri dari perpaduan dua atau lebih suatu material secara makroskopis dengan sifat kimia dan fisika yang berlainan, sehingga menghasilkan sebuah material baru yang memiliki sifat-sifat yang berbeda dari material penyusunnya (Jones, 1975). Artinya penggabungan sifat-sifat unggul dari penyusunnya masih terlihat nyata. Secara umum komposit terdiri dari dua unsur penyusun, yaitu penguat (*reinforcement*) dan matriks.

Pada struktur pesawat udara, material komposit tersusun oleh dua unsur, yaitu serat (*fiber*) dan matriksnya (*matrix*). Fungsi dari serat tersebut adalah menerima pembebanan yang terjadi pada struktur komposit serta membentuk kekakuan, kekuatan, kestabilan terhadap pembebanan termal, dan properti struktur lainnya. Unsur matriks memiliki fungsi sebagai pengikat untuk tiap-tiap

serat pembentuk struktur komposit tersebut, serta mentransfer beban yang diterima dari satu serat ke serat lainnya. Selain itu fungsi matriks juga sebagai pelindung serat terhadap zat kimia dari lingkungan, kerusakan pada saat manufaktur, serta jenis kerusakan lain seperti kelembaban lingkungan, terkenan paparan uap air, dan lain-lain [1].

Material komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan unsur pembentuk dari material komposit tersebut, yaitu *fiber composite*, *particulate composite*, dan *laminated composite*[2]. The illustration of the composite materials are shown in Gambar 1 [3].



Gambar 1. Komposisi Material Komposit [3].

Proses Manufaktur dan Pengujian

Material penyusun struktur sayap ini terdiri dari susunan lapisan komposit dengan konfigurasi susunan seperti ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Susunan Lapisan Komposit Penyusun Struktur Sayap

	Layer 1	Layer 2	Layer 3
Upper Skin Panel	WR 100 (0°)	Styrofoam EPS 22	WR 80 (0°)
Lower Skin Panel	WR 80 (0°)	Styrofoam EPS 22	WR 100 (0°)
Ribs	WR 100 (0°)	Multiplex Plywood	WR 100 (0°)
Pipe Spar	WR 200 (0°)	WR 200 (0°)	WR 200 (0°)
Flat Spar	WR 100 (0°)	Styrofoam EPS 22	WR 100 (0°)

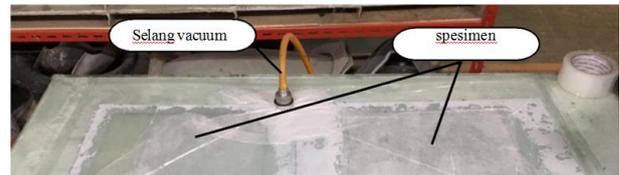
Proses manufaktur struktur sayap dengan komposit yang dilakukan dengan metode *Hand Lay-up* serta *Vacuum Bagging* dengan dimensi dan jumlah lapisan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Dimensi dan jumlah lapisan material komposit

Pengujian	Serat	Ukuran	Layer	Arah Serat
Uji Tarik	WR 80	30x20 cm	12	Seluruhnya 0°
	WR 200		12	Seluruhnya 0°
Uji Geser	WR 80	15x10 cm	48	Seluruhnya 0°
	WR 200		18	Seluruhnya 0°

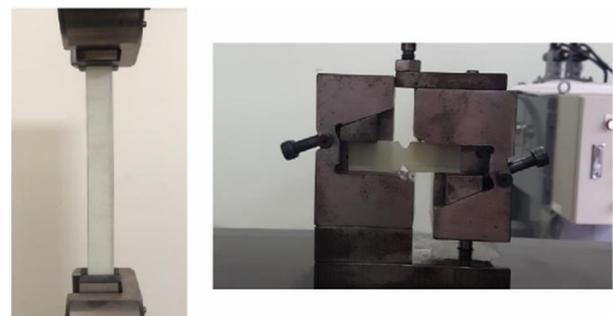
Proses vacuum bagging dilakukan dengan cara meletakkan *peel ply* pada permukaan spesimen secara merata, diusahakan tanpa kerutan. Di atasnya diletakkan *breather*, lalu lapisinya seluruhnya dengan *vacuum bag* yang telah direkatkan *double tape*

dan *vacuum connector*. Kemudian sambungkan selang yang berasal dari *vacuum pump* ke *vacuum connector*. Lapsi seluruh pinggiran *vacuum bag* dengan *tape* untuk mengurangi terjadinya kebocoran.



Gambar 2. Proses vacuum bagging

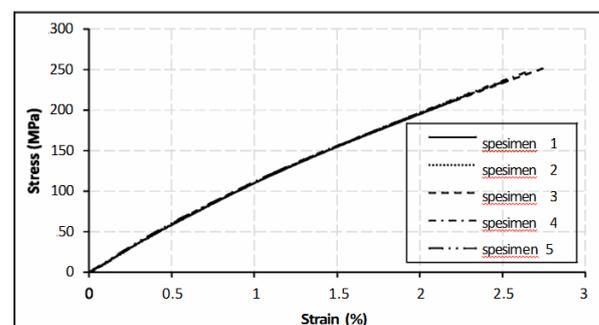
Proses vacuum bagging dilakukan dalam waktu 5 jam, agar gelembung-gelembung udara yang terperangkap di dalam lapisan komposit dapat dikeluarkan dan permukaan komposit menjadi rata (Gambar 2). Setelah proses *vacuum*, lepaskan selang *vacuum* kemudian dibiarkan pada suhu ruangan selama 7 hari hingga mengeras (*curing*).



Gambar 3. Uji Tarik dan Uji Geser

Hasil dan Analisis

Dari pengujian tarik yang dilakukan terhadap 3 jenis komposit dengan masing-masing 5 buah spesimen uji didapatkan hasil untuk setiap masing-masing jenis komposit (Gambar 4). Pada pengujian terhadap komposit berserat *e-glass* WR80 dapat terlihat bahwa grafik *stress-strain* untuk kelima spesimen memiliki nilai yang saling berdekatan. Besarnya nilai properti material hasil uji tarik ini tercantum pada Tabel 3.

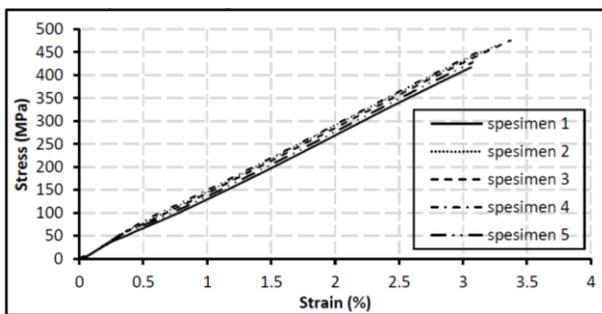


Gambar 4. Grafik Stress-Strain hasil pengujian komposit berserat WR80

Tabel 3. Hasil uji tarik komposit berserat WR80

Spesimen	Ultimate tensile stress (σ_u) (MPa)	Modulus of elasticity (E) (GPa)	Strain at Break Point (ϵ_u) (%)
1	213	11.527	2.175
2	236	11.769	2.536
3	253	11.517	2.768
4	248	11.656	2.656
5	236	11.419	2.520
Rata-rata	237.2	11.578	2.531
STD	15.45	0.136	0.223
CV	6.51%	1.18%	8.80%

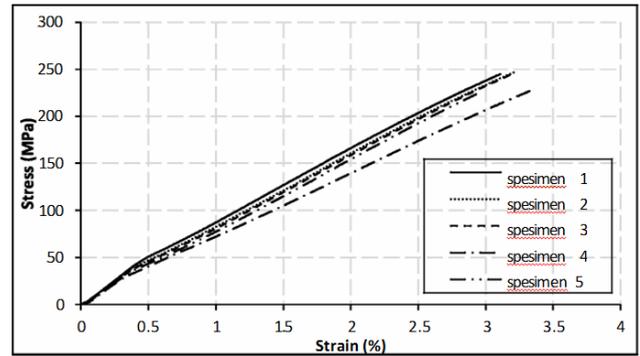
Untuk hasil pengujian terhadap komposit berserat *e-glass* WR100 ditunjukkan oleh Gambar 5. Dari hasil pengujian menunjukkan nilai yang sedikit bervariasi namun dengan deviasi yang cukup kecil. Untuk besar nilainya tercantum pada Tabel 4.

**Gambar 5.** Grafik *Stress-Strain* hasil pengujian komposit berserat WR100**Tabel 4.** Hasil uji tarik komposit berserat WR100

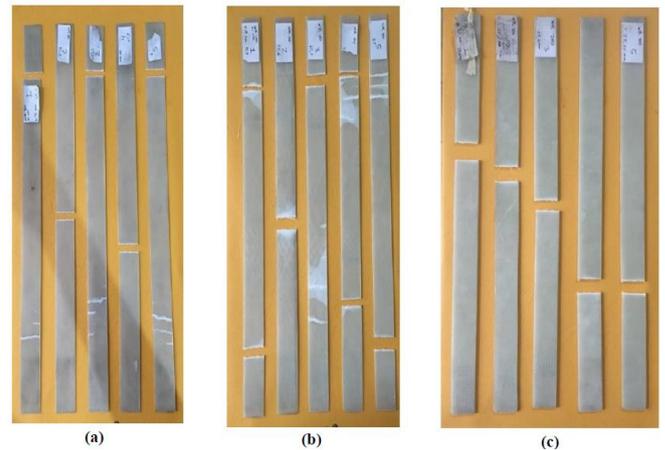
Spesimen	Ultimate tensile stress (σ_u) (MPa)	Modulus of elasticity (E) (GPa)	Strain at Break Point (ϵ_u) (%)
1	417	13.608	3.108
2	464	15.232	3.259
3	476	14.191	3.374
4	449	14.54	3.113
5	428	13.949	3.077
Rata-rata	446.8	14.304	3.186
STD	24.47	0.62	0.126
CV	5.48%	4.55%	3.969%

Hasil pengujian untuk komposit berserat *e-glass* WR200 ditunjukkan oleh Gambar 6. Dari hasil ini terlihat bahwa kurva untuk kelima spesimen sedikit bervariasi namun dengan deviasi yang cukup kecil. Terdapat deviasi yang cukup besar pada spesimen ke 4. Untuk besar nilainya tercantum pada Tabel 5

Berdasarkan hasil patahan spesimen terlihat bahwa untuk komposit berserat *e-glass* WR80 dan WR100 beberapa spesimen terjadi patahan pada dekat bagian *grip* alat penguji (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahwa patahan tersebut terjadi karena *grip* yang terlalu kuat sehingga dimungkinkan nilai tegangan maksimumnya lebih besar dari hasil pengujian

**Gambar 6.** Grafik *Stress-Strain* hasil pengujian komposit berserat WR200**Tabel 5.** Hasil uji tarik komposit berserat WR200

Spesimen	Ultimate tensile stress (σ_u) (MPa)	Modulus of elasticity (E) (GPa)	Strain at Break Point (ϵ_u) (%)
1	245	10	3.047
2	247	10.88	3.210
3	245	10.71	3.199
4	230	9.75	3.373
5	226	10.53	2.962
Rata-rata	238.6	10.38	3.158
STD	9.813	0.477	0.159
CV	4.11%	4.6%	5.04%

**Gambar 7.** Hasil patahan setelah uji tarik komposit berserat a) WR80 b) WR100 c) WR200

Untuk hasil pengujian komposit berserat *e-glass* WR200 seperti ditunjukkan Gambar 7.(c) menunjukkan hasil yang baik. Hal ini terlihat dari hasil patahan yang seluruhnya berada di bagian tengah dari spesimen. Dari pengujian geser yang dilakukan terhadap 10 buah spesimen uji didapatkan hasil untuk setiap masing-masing jenis, seperti ditunjukkan pada Tabel 6 untuk WR80 dan Tabel 7 untuk WR200.

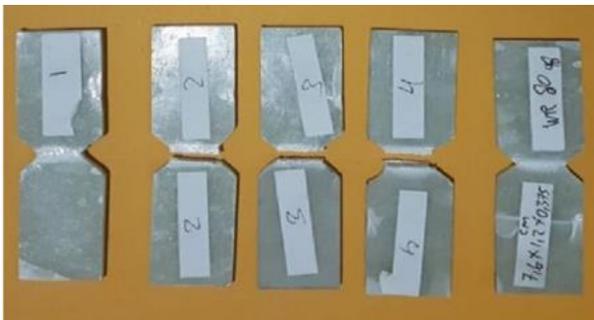
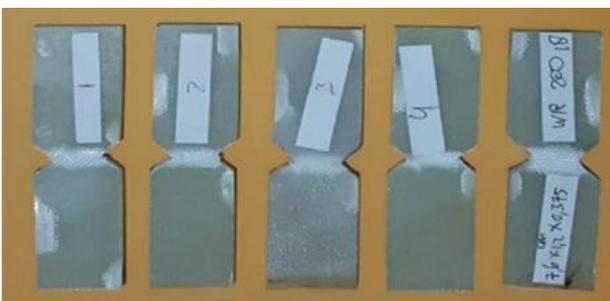
Tabel 6. Hasil uji geser komposit berserat WR80

Spesimen	Ultimate Shear stress (σ_u) (MPa)
1	52.3
2	55.4
3	60.23
4	56.53
5	55.72
Rata-rata	56
STD	2.84
CV	5.07%

Tabel 7. Hasil uji geser komposit berserat WR200

Spesimen	Ultimate Shear stress (σ_u) (MPa)
1	39.6
2	39.94
3	44.08
4	36.88
5	43.73
Rata-rata	40.85
STD	3.04
CV	7.44%

Dari seluruh hasil pengujian geser, berikut ini merupakan gambar hasil pengujian terhadap masing-masing spesimen. Gambar 8 menunjukkan hasil untuk WR80 sedangkan Gambar 9 menunjukkan hasil untuk WR200. Untuk WR200 hasilnya cukup unik dikarenakan patahan terjadi pada bagian tengah.

**Gambar 8.** Hasil pergeseran uji tarik komposit berserat WR80**Gambar 9.** Hasil pergeseran uji tarik komposit berserat WR200

Kesimpulan

Proses manufaktur material komposit struktur sayap pesawat udara tanpa awak telah dilakukan. Pengujian Tarik dan pengujian geser

untuk material ini dilakukan untuk mengetahui property material dari struktur sayap ini. Hasil dari pengujian terlihat bahwa untuk jenis serat WR 80, WR100, dan WR200 masing-masing memiliki sifat material yang berbeda. Proses selanjutnya akan dilakukan analisis kekuatan struktur material dari struktur sayap ini terhadap pembebanan yang mungkin terjadi.

Ucapan Terima kasih

Penelitian ini berjalan dan terselenggara berkat bantuan pembiayaan dari Sumber Dana DIPA Polban tahun 2019. Peneliti mengucapkan terima kasih banyak atas *support* dan bantuannya selama penelitian ini dilaksanakan.

Daftar Pustaka

- [1] Andhanari, D. (2010). *Analisis Distribusi Tegangan Pada Bilah Turbin Angin Berbahan Komposit Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga Untuk Memperoleh Konfigurasi Struktur Komposit Yang Optimum*. Tugas Sarjana.
- [2] ASTM D 3039/D 3039M - 00 *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. (2002). Annual Book of ASTM Standards. ASTM International, United States.
- [3] ASTM D 53 79/D 53 79M - 98 *Standard Test Method for Shear Properties of Composite Materials by the V-Notched Beam Method*. (1999). Annual Book of ASTM Standards. ASTM International, United States.
- [4] B.K, D. I. (2000). *Mekanika Strktur Komposit*. ITB.
- [5] Gunawan, M. (2010). *Analisis Kekuatan Statik Struktur Komposit Bilah Turbin Angin Skala Kecil Pada Kecepatan Angin 5-12m/s Menggunakan Perangkat Lunak MSC Patran/Nastran*.
- [7] Harrison, S. K. (2006). *Comparison of Shear Modulus Test Methods*. Blacksburg: Thesis.
- [8] Hibbeler, R. C. (2011). *Mechanics of Materials Eight Edition*. New York: Pearson Prentice Hall.
- [9] Naser, N. F. (2009). *Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Sutera Hand Lay-Up dan Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VaRTM)*.