

NILAI KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT *E-GLASS* TIPE WR185, MATRIKS LYCAL

TENSILE PROPERTIES WR 185 E-GLASS FIBER WITH MATRIKS LYCAL

Nurul Lailatul Muzayadah, Intan Luruh Larasati, Aryandi Marta, Lathifa Rusita Isna
Pusat Teknologi Penerbangan/Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Nurul.lailatul@lapan.go.id

Abstrak

Hand lay-up merupakan salah satu metode manufaktur yang sangat simpel, tidak membutuhkan infrastruktur yang berlebihan. Untuk mengaplikasikan metode ini dalam pembuatan struktur LAPAN *Surveillance* UAV (LSU), perlu diketahui terlebih dahulu sifat mekanik dari komposit hasil metode ini secara eksperimen. Salah satu eksperimen yang dilakukan yaitu pengujian tarik untuk mendapatkan *tensile strength*, modulus elastisitas, dan *failure mode* yang terjadi pada komposit. Eksperimen dilakukan terhadap komposit FRP menggunakan material serat WR 185 dan matriks *lycal* dibuat dengan metode *Hand lay-up* mulai dari tahap preparasi sampai tahap pengujian. Dari hasil manufaktur didapat nilai densitas dan ketebalan komposit serta fraksi massa dan fraksi volume material penyusun komposit. Spesimen dan proses pengujian mengikuti standar ASTM D3039 yang merupakan standar pengujian tarik untuk komposit dengan matriks polimer. Hasil pengujian menunjukkan nilai *ultimate tensile strength* $227,22 \pm 14,7$ MPa, modulus elastisitas $8.6 \pm 0,7$ GPa, dan *failure mode* LAT,LIT,GAT.

Kata kunci: *Hand lay-up*, *Tensile strength*, *Modulus elastisitas*, *Failure mode*, *SEM*, WR 185, *Lycal*

Abstract

*Hand lay-up technique is the simplest method of composite processing. The infrastructural requirement for this method is also minimal. Experiments carried out include tensile testing to obtain tensile stress, tensile strain, and elastic modulus performed using UTM (Universal Testing Machine) tools and collaborated with NI (National Instrument) tools to obtain poisson ratio data. In addition, density, composite thickness, mass fraction and fraction of composite material volume and SEM (Scanning Electron Microscope) photographs can be determined to see the bond density between fibers and resins. Making this composite using WR 185 composite material mixed with *lycal* resin matrix by method of hand lay up. Spesimen preparation refers to ASTM D3039 which is the standard tensile test for composites with a polymeric matrix. The test results show the value ultimate tensile strength is $227,22 \pm 14,7$ MPa, average modulus elasticity is $8.6 \pm 0,7$ GPa, and Poisson Ratio $0,094 \pm 0,007$. failure mode is LAT,LIT,GAT.*

Keywords: *Hand lay-up*, *Tensile strength*, *Modulus elastisitas*, *Failure mode*, *SEM*, WR 185, *Lycal*

1. PENDAHULUAN

Pesawat terbang tanpa awak atau *unmanned aerial vehicle* (UAV) merupakan mesin terbang dengan kendali jarak jauh. UAV sendiri memiliki manfaat yang sangat banyak, yaitu untuk foto udara, seperti potret kebakaran hutan, erupsi gunung berapi, longsor, verifikasi umur tanaman, padi, jagung dan untuk verifikasi hasil foto dari satelit. Biasanya digunakan material komposit *e-glass* untuk struktur UAV. Komposit adalah material yang terdiri dari dua atau lebih material dalam penyusunannya. Penopang komposit biasanya disebut dengan matriks dan penguatnya disebut dengan *reinforcement*. Sifat dari komposit ini sangat tergantung dari material penyusunnya [1]

Terdapat berbagai metode untuk memproduksi material komposit, yaitu *hand lay up*, *vacuum bagging*, *vacuum infusion*, *resin transfer moulding*, *prepreg autoclave* dan sebagainya. Adapun yang dipakai peneliti adalah *Wet/hand lay up*. *Hand lay up* merupakan proses laminasi konvensional dimana fiber dan resin belum menyatu, dan proses ini dilakukan dengan melaminasi campuran resin dan

hardener pada fiber dengan menggunakan kuas atau *roller*, dimana tingkat kerataan resin sangat tergantung pada cara melaminasi resin ke fiber. Proses *wet lay up* ini bagus jika menggunakan sistem fiber *unidirectional* (satu arah) [2]. Material komposit yang digunakan pada *hand lay up* ini adalah *glass fiber* dan resin *lycal*.

Kelebihan penggunaan metode ini adalah mudah dilakukan, cocok digunakan untuk komponen yang besar, volumenya rendah. Aplikasi dari pembuatan produk komposit menggunakan *hand lay up* ini biasanya digunakan pada material atau komponen yang sangat besar, seperti pembuatan bodi kapal, bodi pesawat terbang, dll. [3]. *Fiber Reinforced Polymers* (FRP) banyak dikembangkan dalam dunia industri, konstruksi, dan struktur pesawat terbang. Manfaat dari komposit ini yaitu resistant dalam peningkatan pertumbuhan retak [4]. *Lycal* sendiri merupakan salah satu jenis resin epoksi yang banyak digunakan dalam pembuatan struktur pesawat LSU ini.

Kualitas dan karakteristik dari material komposit polimer merupakan hal yang harus diamati pada pembuatan material komposit pesawat LSU NGLD. Kualitas dan karakteristik dari material dapat diamati dengan melakukan pengujian. Penelitian ini difokuskan pada pengujian tarik dan pengamatan struktur mikro.

2. METODOLOGI

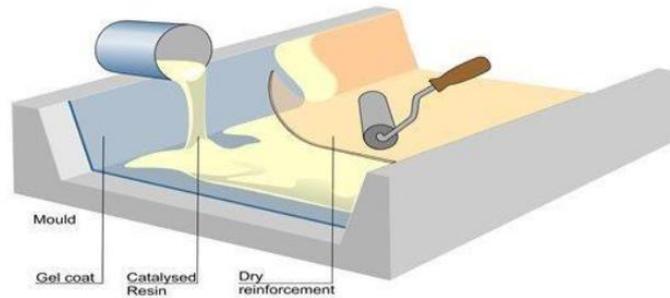
Berikut merupakan diagram alir pada penelitian komposit WR 185/Lycal untuk struktur LSU



Gambar 1. Prosedur Pengujian

2.1. Pembuatan Panel Komposit dan Spesimen Komposit.

Proses *Lay-up* (laminasi) terbagi menjadi dua yaitu dengan *dry lay up* dan *wet/hand lay up*. Pembuatan spesimen komposit dibuat dengan proses *hand lay-up* dibuat dengan proses laminasi dimana fiber WR 185 dan resin belum menyatu. Proses ini dilakukan dengan menggunakan kuas atau roller, dimana tingkat kerataan resin sangat tergantung dengan cara melaminasi resin ke fiber [3]. Proses pembuatan komposit ini dibuat dalam kondisi temperatur ruangan, untuk mendapatkan tebal yang diinginkan proses laminasi dilakukan secara berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Proses *hand lay up* bagus menggunakan system fiber *unidirectional* (satu arah) [2].



Gambar 2. Metode *Hand Lay-up* [2].

Pada penelitian ini komposit dibuat menggunakan 17 lapis material serat WR 185 yang memiliki densitas $2,10 \text{ g/cm}^3$ sebagai penguat dengan massa total 282.79 gram dan resin lycal dengan densitas $1,13 \text{ g/cm}^3$ sebagai matriks. Komposit dibuat pada kondisi temperatur kamar dengan tekanan vacuum - 100 Kpa. Dari hasil eksperimental diperoleh nilai densitas komposit serat WR 185/Lycal hasil Hand lay-up $1,86 \text{ g/cm}^3$, tebal 2,5 mm, fraksi massa serat 61%, dan fraksi massa resin 39%.

Spesimen uji tarik dibuat berdasarkan ASTM D3039 (*Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*) [5]. Berikut ini spesimen komposit berdasarkan ASTM D3039.



Gambar 3. Spesimen komposit WR 185/Lycal metode *Hand layup*

Dalam pengujian ini properti yang diambil adalah *tensile stress*, *ultimate tensile strength*, modulus elastisitas dan *poisson ratio*. Pada pelaksanaannya, uji UTM dimulai bersamaan dengan DAQ. Dari data UTM didapatkan *Load* dan *Elongation* untuk mendapatkan nilai stress dan strain, sedangkan dari DAQ didapatkan data strain arah lateral dan strain arah longitudinal untuk mendapatkan *poisson ratio*. Pengujian tarik dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) tensilon RTF 2410 kapasitas 100 kN.

2.2. Analisis dan Karakterisasi

Pengujian tarik spesimen komposit menggunakan *Universal Testing Mechine* (UTM) milik Pustekbang LAPAN. Pengujian Tarik digunakan untuk mengetahui nilai *tensile properties* seperti *tensile strength* (kekuatan Tarik), modulus elastisitas, *poisson ratio*, *failure mode* pada spesimen komposit. Selanjutnya untuk mengetahui morfologi dan karakteristik patahan dari spesimen komposit menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) FEI Inspect S50 milik Jurusan Teknik Material-FTI ITS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Uji Tarik

Spesimen komposit serat WR 185/Lycal hasil *hand layup* diuji sampai mengalami kegagalan untuk mendapatkan nilai *ultimate strength*. Berikut merupakan gambar proses pengujian Tarik spesimen menggunakan UTM.



Gambar 4. Spesimen Komposit WR 185/Lycal saat dilakukan Uji Tarik.

Berdasarkan data yang didapat dari UTM tersebut, dapat di temukan nilai *Stress* dan *strain* dan dapat dibuat grafik hubungan antara keduanya dengan menggunakan persamaan sbb:

$$\sigma_i = \frac{P_i}{A} \quad (1)$$

Dimana, σ_i = tegangan tarik (*Stress*) pada titik -i (MPa), P_i = beban pada titik -i (N), A = *sectional Area*

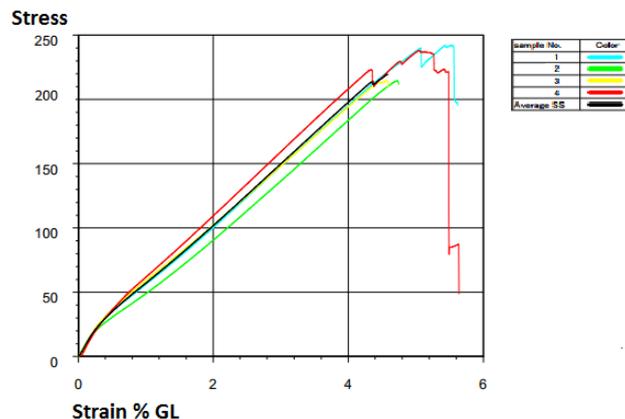
$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_g} \quad (2)$$

Dimana, ε = regangan (*Strain*), δ = perpindahan (*Elongation*) (mm), L_g = *gage length* (mm) [6].

Pada pengujian ini *gage length* -nya yaitu 150 mm.

Untuk mengetahui karakteristik komposit WR 185/Lycal dapat ditunjukkan dengan kurva *stress/strain* dapat dilihat pada gambar dibawah ini

Grafik Stress-Strain Komposit E-Glass WR 185 Hasil Hand layup



Gambar 5. Menunjukkan kurva tegangan regangan hasil uji Tarik komposit *e-glass* WR 185/lycal hasil hand layup

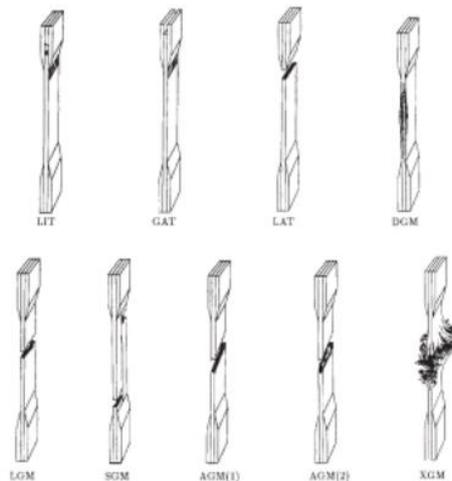
Dari kurva ini dapat diketahui nilai tegangan pada tiap titik regangan. Kurva tegangan-regangan menunjukkan bahwa material komposit sangat getas dan ditunjukkan oleh regangan maksimum dari keempat spesimen yaitu pada kisaran 0,025 *strain*, *ultimate strength* tertinggi 241 MPa dengan nilai modulus elastisitas 8399 MPa pada spesimen 1. Sedangkan untuk *ultimate strength* terendah yaitu 214.5 MPa dengan modulus elastisitas 7799 MPa pada spesimen 2. Rata-rata nilai *ultimate strength* yaitu 227,22MPa dengan standar deviasi 42,47 MPa dan rata-rata modulus elastisitas 8606.8 MPa dengan standar deviasi 692 MPa. Nilai kekuatan Tarik serupa didapatkan Kumar M S et al (2018) dengan rata-rata sebesar 306 MPa menggunakan metode hand layup serta serat E glass [7], sedangkan Nayak et al. (2018) dengan metode serupa menggunakan serat *E-glass* memiliki nilai kekuatan Tarik tertinggi sebesar 178 MPa [8]. Adapun serat *E-glass* matriks *epoxy* untuk sayap pesawat UAV dengan metode vacuum bagging diperoleh sebesar 268.17 Mpa, dengan modulus elastisitas 22.29 Gpa [9].

Poisson ratio hasil pengujian didapat dari perbandingan regangan arah transversal dan regangan arah longitudinal yang dibaca oleh *strain gauge* yang dipasang pada sample uji. Dari hasil pengujian diperoleh nilai rata-rata poisson ratio yaitu 0,094 dengan standar deviasi 0,007 atau bisa ditulis dengan $0,094 \pm 0,007$.



Gambar 6. Hasil Penampakan Visual Hasil Uji Tarik Spesimen Komposit WR 185/Lycal

Dalam menentukan jenis kerusakan komposit yang terjadi secara visual dapat melihat gambar ASTM D3039 pada Gambar 7 [10].



Gambar 7. Beberapa Tipe Kerusakan Spesimen Komposit [10].

Dari penampakan visual kegagalan spesimen setelah diuji tarik spesimen WR 185/Lycal, terlihat pada Gambar 6 terdapat tiga jenis kegagalan, pada spesimen, spesimen 1 dan 4 adalah GAT (*Grib/tab, At tab, Top*), Spesimen 2 adalah LAT (*Lateral, At tab, Top*), dan spesimen 3 LIT (*Lateral, Inside tab, Top*). Hampir semua spesimen komposit WR 185/Lycal, mengalami kegagalan pada bagian grip/tab, menurut Abdurahman, et al. (2016) hal ini dikarenakan grip hidrolis akan menekan spesimen pada bagian grip/tab sampai benar-benar kencang sehingga memungkinkan terjadinya stress konsentrasi pada bagian grip atau tab sedangkan bagian tengah spesimen tidak ada konsentrasi tegangan sama sekali. Sehingga ketika diberikan pembebanan tarik maka bagian yang pertama kali mengalami kerusakan yaitu pada bagian tab[6].

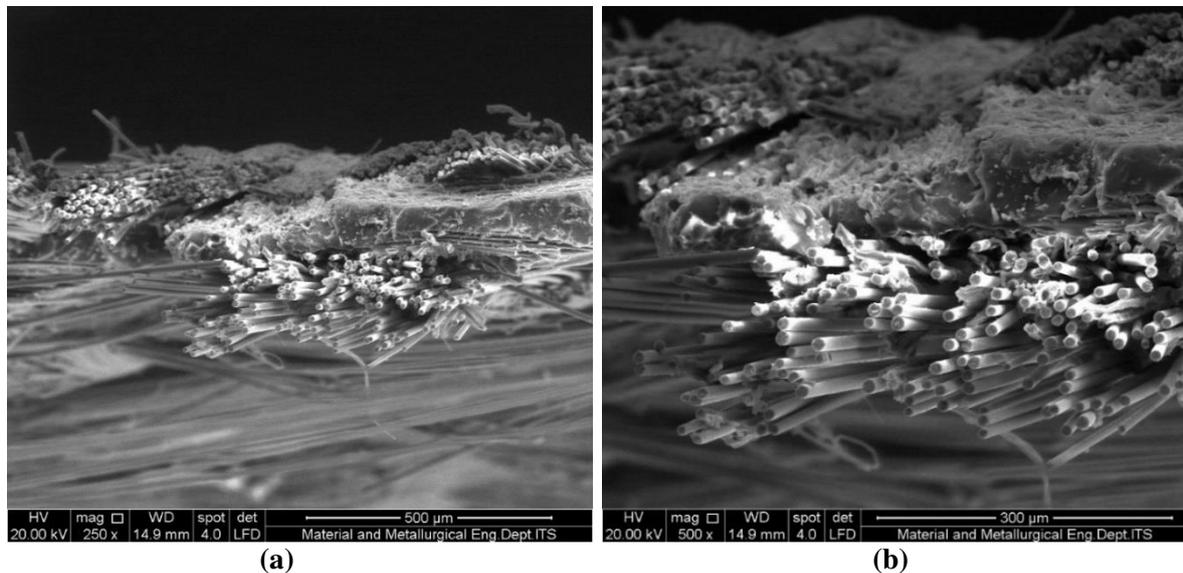
Berikut merupakan rangkuman hasil pengujian spesimen komposit WR 185/Lycal.

Tabel 1. Rangkuman hasil pengujian

<i>Tensile properties</i>	Nilai	Std. Deviasi
<i>Average maximum tensile strength</i>	227,22MPa	± 14.7 MPa
Modulus elastisitas (E)	8606.8 MPa	± 692 MPa
<i>Poisson ratio</i> (ν)	0,094	$\pm 0,007$
<i>Failure mode</i>	LAT, LIT, GAT	

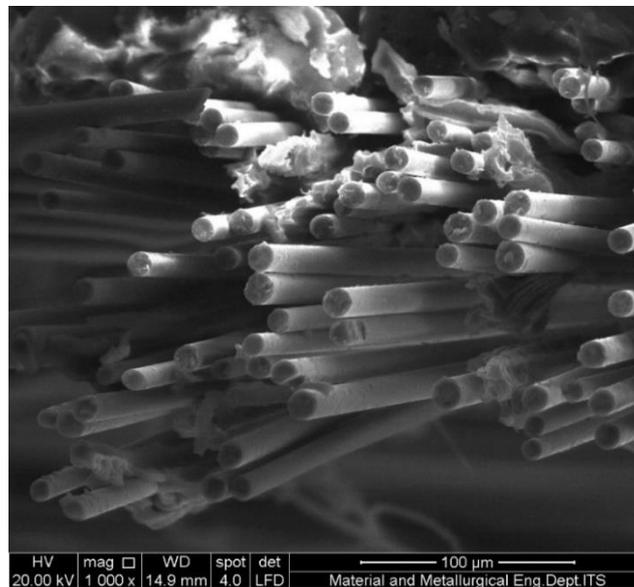
3.2. Analisa Uji SEM (Scanning Electron Microscope)

Untuk melihat kualitas struktur spesimen komposit dapat dilihat kualitas struktur bentuk permukaan, dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 8. (a) Spesimen Komposit WR 185/Lycal dengan Perbesaran 250x, (b) Spesimen Komposit dengan Perbesaran 500x

Pada Gambar 8 dapat diketahui komposit WR 185/Lycal metode *hand lay up* belum homogen, ini dapat terlihat dari persebaran dari serat WR 185 dan resin lycal yang tidak merata, dan terdapat penumpukan di layer atas berupa resin. Berdasarkan gambar tersebut resin lycal masih belum melekat sepenuhnya pada fiber [11].



Gambar 9. Spesimen Komposit dengan Perbesaran 1000x

Pada Gambar 9 terlihat pola patahan yang terjadi pada spesimen. Terlihat pula adanya retak matriks dan putusnya fiber. Ketidakmampuan *lycal* dalam mendistribusi beban menyebabkan kerusakan ikatan adhesive antara serat WR 185 dengan lycal. Terlihat lycal masih belum mampu menopang fiber mengakibatkan fiber terlepas dari strukturnya, hal ini diakibatkan dari metode *hand lay up* yang masih belum dapat meng-cover peningkatan struktur mekanik. [11][12].

4. KESIMPULAN

Hasil uji tarik komposit GFRP serat WR185/lycal menunjukkan komposit ini bersifat getas. Dari kurva tegangan-regangan didapat sifat tarik komposit yaitu *ultimate tensile strength* $227,22 \pm 14,7$ MPa dan modulus elastisitas $8.6 \pm 0,7$ GPa. Nilai *poisson ratio* $0,094 \pm 0,007$. Ada tiga jenis mode kegagalan yang terjadi pada spesimen yaitu LAT, LIT, dan GAT dimana semua kegagalan terjadi pada *grip/tab* bagian atas dikarenakan grip hidrolis menekan kuat spesimen pada bagian grip/tab sehingga memungkinkan terjadinya stress konsentrasi yang mengakibatkan adanya kegagalan pada bagian atas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Agus Aribowo selaku Kepala Bidang Progfas dan Bapak Gunawan Prabowo selaku Kepala Pusat Teknologi Penerbangan-LAPAN, Bapak Ir Atik Bintoro MT, Bapak Dr. Mabe Siahaan yang merupakan Tim Majelis Peneliti Utama yang mengajarkan dalam pembuatan Karya Tulis Ilmiah dan telah mendukung kegiatan ini. Terimakasih juga kami ucapkan kepada seluruh tim laboratorium Aerostruktur Pustekbang-LAPAN.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prashant Meshram, Sonika Sahu et al (2017). Study on mechanical properties of epoxy and nylon/epoxy composite. ScienceDirect Materials Today: Proceedings 5 (2018) 5925–5932
- [2] Teuku Rihayat dan Suryani. PEMBUATAN POLIMER KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN UNTUK APLIKASI INDUSTRI OTOMOTIF DAN ELEKTRONIK, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe
- [3] Setyanto, R. Hari. (2012). Review: Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya, Jurusan Teknik Industri, Performa Vol. 11, No. 1: 9 - 18. Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126, Indonesia P. R. Wolf. *Element of Photogrammetry*, Second Edition, McGraw Hill Book Company, New York, 1983.
- [4] Teuku Rihayat dan Suryani. PEMBUATAN POLIMER KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN UNTUK APLIKASI INDUSTRI OTOMOTIF DAN ELEKTRONIK, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe
- [5] ASTM Standard D3039 M-00, 2002. *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*, American Society for Testing Materials, West Conshohocken.
- [6] Abdurrohman, K dan Marta, A. 2016, Kajian Eksperimental Tensile Properties Komposit Poliester berpenguat serat karbon searah hasil manufaktur Vacuum Infusion sebagai material struktur LSU, *Jurnal Teknologi Dirgantara Vol. 14 No.1 Juni 2016 :61-72*. L. Imstrand et al. "Vehicle velocity estimation using nonlinear observers," *Automatica*, vol. 42, no. 2, pp. 2091-2103, 2000.
- [7] Shivamurthy, B., Bhat, K. U. and Anandhan, S. 2013. Mechanical and sliding wear properties of multi-layered laminates from glass fabric/graphite/epoxy composites. *Mater. Des.*, 44, pp.136-143
- [8] Tensile and Flexural Properties of Chopped Strand *E-glass* Fibre Mat Reinforced CNSLEpoxy Composites. Suhas Yeshwant Nayak et al (2018). MATEC Web of Conferences 144, 02025 (2018) <https://doi.org/10.1051/matecconf/201814402025> RiMES 2017.

- [9] Turgut, T. (2007). Manufacturing And Structural Analysis Of A Lightweight Sandwich Composite Uav Wing. A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University. Aerospace Engineering.
- [10] ASTM Standard D3039 M-00, 2002. Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, American Society for Testing Materials, West Conshohocken.
- [11] Agus Edy Pramono. (2012). Karakteristik Komposit Karbon-Karbon Berbasis Limbah Organik Hasil Proses Tekan Panas. FT UI
- [12] Hsiao, K.-T. and Heider, D. (2012) Vacuum assisted resin transfer molding (VARTM) in polymer matrix composites, Manufacturing Techniques for Polymer Matrix Composites (PMCs). Woodhead Publishing Limited. doi: 10.1533/9780857096258.3.310.