

KAJI SIFAT MEKANIK PANEL KARBON KOMPOSIT SANDWICH MENGGUNAKAN METODE VACUUM BAGGING PADA PESAWAT PUNA MALE

Study the Mechanical Properties of Carbon Sandwich Composite Panels Using the Vacuum Bagging Method on Puna Male Aircraft

Vendrio Ziansyah¹, Hendri Hestiawan^{1*}, Seto Roseno²

- 1) Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu, Jl. W.R. Supratman Kandang Limun, Bengkulu
- 2) Pusat Riset Material Maju BRIN, Gedung 224 Jl. Kw. Puspipetek, Kota Tangerang Selatan, Banten

*) Email : hestiawan@unib.ac.id

ABSTRACT

The drone is the result of a collaboration to form a consortium between the Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT), the Ministry of Defence, the Indonesian Air Force, ITB, PT Dirgantara Indonesia, and PT LEN Persero. In this research, an analysis of the mechanical properties of the carbon composite sandwich panel was carried out using the vacuum bagging method to determine the compressive strength of the composite material. The data used was taken from the results of compression tests carried out on 5 specimens using the Universal Testing Machine (UTM) TENSILON RTF-2410. From the tests that have been carried out, the average compressive strength data is 1.924 MPa and the strain value is 4.253 %. Compared to the compressive strength of the PUNA MALE aircraft specifications, which is 0.127 MPa and the average pressure value obtained in the compressive test on the carbon sandwich composite is 1.924 MPa, it can be concluded that the carbon sandwich composite is suitable to be used as a PUNA MALE body material.

Keywords: *Compression Testing, Puna Male Aircraft, Vacuum Bagging, Sandwich Composites*

1. PENDAHULUAN

Pesawat Udara Nir Awak (PUNA) yang merupakan pesawat drone yang diperuntukan untuk persenjataan militer, Pesawat ini biasa di sebut juga dengan nama PUNA MALE yaitu Medium Altitude Long Endurance yang mendefinisikan kemampuan dari pesawat tersebut, kemampuan dari pesawat PUNA antara lain adalah terbang mandiri secara penuh, tinggi terbang : 15.000 ft – 30.000 ft, lama terbang 24 Jam, bersenjata (kapabilitas kombat), dapat beroperasi siang dan malam, dapat beroperasi di segala cuaca, komunikasi line of sight 200 Km dan lebih untuk Beyond Line of Sight. Terdapat 2 pilihan material struktur yang dapat digunakan yaitu metal dan komposit (BRIN, 2021).

Seiring dengan berkembangnya desain dan teknologi pesawat tanpa awak atau DRONE yang makin canggih, kebutuhan akan material yang makin baik juga semakin meningkat. Pemilihan bahan material struktur Body menggunakan metal pada Body pesawat PUNA sebelumnya dirasa kurang maksimal untuk digunakan pada area cuaca yang ekstreme khususnya daerah yang rawan, karena material metal itu sendiri memiliki beberapa kelemahan yaitu Ketahanan material terhadap pesawat pada saat di operasikan. Oleh karena itu, diperlukan material yang cocok untuk digunakan sebagai material pesawat PUNA ini.

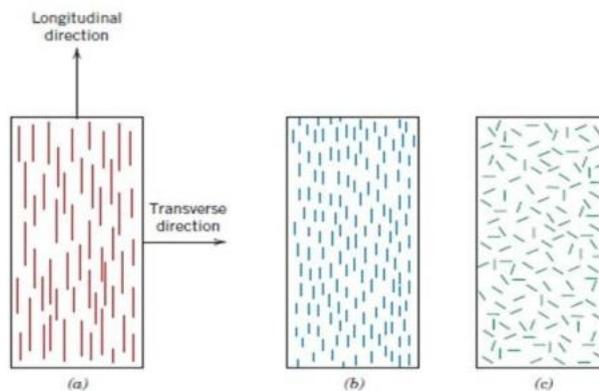
Komposit merupakan material yang dianggap cocok untuk menggantikan material metal pada pesawat PUNA sebelumnya, karena material komposit memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan material metal yaitu tahan terhadap Tekanan dan memiliki berat yang ringan sehingga dianggap cocok digunakan sebagai material Body pesawat PUNA yang akan lebih sering di gunakan pada saat operasi militer di medan perang.

Material komposit memiliki tingkat kekuatan yang berbeda dibandingkan dengan material metal yang tentunya memiliki tingkat kekuatan yang cukup baik. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan pembuatan komposit yang tersusun dari dua komponen yaitu penguat (*reinforcement*) serat karbon dan matrik resin yang bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik pada komposit yang akan digunakan sebagai material Body pesawat PUNA. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik pada komposit harus memiliki ikatan polimer yang sempurna. Selain bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik pada komposit yang akan digunakan pada material Body pesawat PUNA, penelitian ini bertujuan juga untuk mengetahui pengaruh Kekuatan matrik Campuran Resin dan Hardener

pada komposit tersebut. Karena, pada pembuatan komposit dengan menggunakan matrik resin epocshon memiliki beberapa kelemahan. Salah satu kelemahan dari resin epocshon yaitu penyebaran resin ke permukaan serat karbon tidak merata pada saat di fabrikasi, maka diperlukan proses pengujian Tekan (*compression test*) untuk melihat ketahanan dari panel *sandwich* komposit karbon ini, sehingga mendapatkan nilai kekuatan yang baik pada material komposit tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang digabung atau dicampur secara makroskopis menjadi suatu bahan yang berguna (Ahmed et.al, 2008). Komposit merupakan bahan gabungan secara makro, maka bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu material yang tergabung dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berada di dalam bentuk atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Linganiso et.al, 2016). Bahan komposit secara umum terdiri dari penguat dan matriks. Sifat-sifat komposit tidak dapat dilepaskan dari pengaruh kekuatan serat sebagai salah satu penyusun utama komposit, dengan kandungan serat yang tinggi maka kekuatan tariknya juga akan tinggi, tetapi dengan kekuatan tarik yang tinggi belum tentu sifat-sifat lain juga akan lebih baik. Oleh karena itu perbandingan jumlah resin dan serat merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan sifat - sifat material komposit. Arah serat fiber sangat menentukan kekuatan mekanik komposit pada arah tertentu. Beberapa jenis susunan serat fiber dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Susunan serat fiber menurut kontinuitas dan arahnya, susunan kontinyu terarah (a), susunan tidak kontinyu terarah (b), dan susunan tidak kontinyu acak (c)

Arah serat kontinyu memiliki serat panjang yang tidak putus dan terarah pada satu arah tertentu. Arah serat yang tidak kontinyu memiliki serat-serat pendek yang terputus-putus, terkadang susunan seperti ini bersifat acak.

2.1 Klasifikasi komposit

Komposit diklasifikasikan berdasarkan komponen penyusunnya, yaitu matriks dan *reinforcement*.

A. Matriks

Matriks pada komposit mempunyai beberapa fungsi antara lain sebagai berikut mentransfer tegangan yang bekerja diantara serat karbon. Sebagai pelindung dari segala pengaruh lingkungan yang korosif. Untuk melindungi permukaan serat karbon dari pengaruh abrasi. Matriks dibagi menjadi dua golongan besar yaitu : Polymeric Matrix dan Metal Matrix. Polymeric Matrix terdiri dari Thermoplastic dan Thermoset Polymer. Pada penelitian ini menggunakan termoseting resin yaitu Resin Epoxy.

Resin Epoxy Dimana jenis resin ini juga kerap disebut dengan poli epoksida. Kandungan dari resin jenis ini adalah seperti serat karbon, serat kaca, hingga aramid. Dibandingkan dengan jenis resin lainnya, resin jenis epoxy memang lebih populer. Kebanyakan para pengrajin juga menggunakan resin epoxy sebagai bahan dasar pembuatan kerajinan. Namun dalam dunia industri, resin jenis ini digunakan untuk perekat bahan semen dengan mortar, rigid foam, pelapis lantai sampai pada pematatan permukaan berpasir ketika proses

pengeboran minyak. Jika dilihat dari kualitas yang diberikan, maka resin epoxy memiliki kualitas terbaik dibandingkan resin jenis lainnya.

B. Reinforcement

Salah satu bagian utama dari komposit adalah Reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit.

C. Serat Karbon

Serat karbon merupakan serat yang mengandung setidaknya 90 bentuk serat karbon terdiri atas serah, bersilangan, berkaitan, atau tidak tentu. Kualitas serat adalah distribusi serat yang merata, tidak adanya celah. Serat Karbon bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Serat Karbon

D. Honeycomb Propolylene

Honeycomb polypropylene digunakan sebagai inti dalam panel komposit, dalam penyerapan energi dan media filtrasi. Sarang lebah polypropylene menunjukkan struktur sel yang unik. Inti memiliki 3 orientasi vs. 2 orientasi yang umum dengan sarang lebah lainnya, membuat sifat-sifatnya lebih seragam. Setiap sel memiliki bentuk tubular dan secara inheren stabil. Bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Honeycomb Propolylene

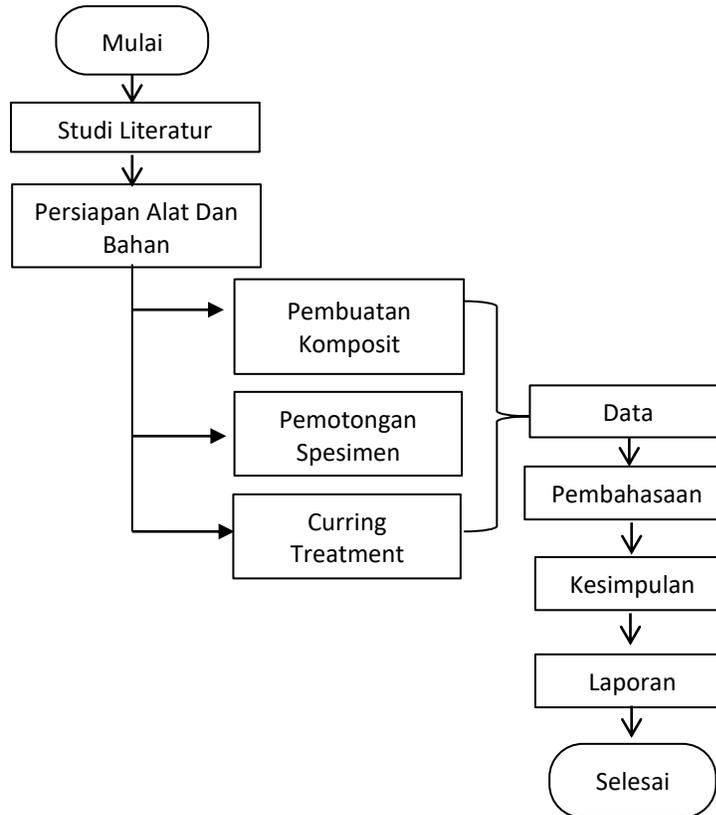
2.2 Uji Tekan

Pengujian tekan dilakukan terhadap spesimen batang uji yang standar. Bahan yang akan diuji mula-mula dibuat menjadi batang uji dengan bentuk sesuai standar tertentu. Pada bagian tengah dari batang uji merupakan bagian yang menerima tegangan, pada bagian ini diukur panjang batang uji, yaitu bagian yang dianggap menerima pengaruh pembenanan.

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini pembuatan Komposit Karbon dijelaskan secara sistematis langkah-langkah dari

pelaksanaan yang dilakukan untuk proses pemesinan untuk pembuatan Komposit Karbon. Diagram Prosedur Penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini akan dibuat komposit Sandwich dengan serat karbon, Core Honeycomb dan resin epoxy dengan menggunakan metode Vacuum Bagging. Komposit akan Diberi dimensi untuk pemotongan. Masing-masing tiap dimensi komposit yang akan dibentuk untuk kedua ini ialah 50 cm x 50 cm dan dengan ketebalan tiap masing-masing komposit 2,2 cm., dapat dilihat Langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Meja
Membersihkan meja dan melapisi wax pada permukaan meja kerja agar saat fabrikasi dan saat pengangkatan hasil fabrikasi jadi lebih mudah dan tidak menempel pada meja kerja.
2. *Double tape*
siapkan doubletape mengitaridisekitar material komposit, tapi tidak mengena menempelkan doubletape pada meja kerja membentuk persegi mengelilingi specimen komposit karbon yang akan di vacuum.
3. Resin Dan Hardener
Formulasikan Resin Epoxy dengan perbandingan berat 2:3 (b:b) Epoxy Resin dan Hardener di mixing hingga merata (5 menit) mencampur resin epoxy dan Hardener dengan perbandingan 2:3 dengan cara diaduk sampai merata dalam waktu paling lambat 5 menit agar resin dan hardener tidak mengeras.
4. Pelapisan Layer
Lalu resin yang sudah tercampur rata di lapisi pada meja kerja dan di lapiskan lagi layer pertama dari serat komposit karbon sampai lapisan ke empat dan kemudian di lapiskan honeycomb pada lapisan kelima dan dilanjutkan lagi dilapisi dengan 4 layer serat komposit karbon.
5. Lapisan Terluar Layer
kemudian setelah 8 layer serat karbon dan satu layer *honeycomb* dilapiskan lalu kemudian dilapisi kain *breather* dan kemudian *plastic peel play* dan ditutup dengan *plastic bag*.

6. *Melubangi Plastik Bag*
membuat lubang pada plastic bag guna untuk saluran selang pada mesin vacuum untuk memulai proses vacuum dan memastikan tidak ada udara yang masuk ke dalam plastic bag melalui sambungan vacuum maupun doubletape yang ada di pinggir meja kerja.
7. *Menghubungkan Vacuum Pump*
menghubungkan material komposit yang akan di vacuum melalui selang pada mesin vacuum dan pastikan pada plastic dan selang tidak ada udara yang bocor dan mengantisipasinya dengan *double-tape*.
8. *Memulai Proses Vacuum*
kemudian nyalakan vacuum dan pastikan tidak ada yang bocor pada plastic bag yang digunakan apabila ada yang bocor di perbaiki atau dilapisi dengan *double-tape* agar tidak terjadi kebocoran.
9. *Proses Vacuum bag*
Setelah dilakukan pengecekan lagi pada meja kerja dan sudah tidak ada kebocoran pada *plastic bag* kemudian pada meteran mesin vacuum tekanan vacuum harus mencapai -70 Mpa dan di biarkan proses vacuum selama 1 jam.
10. *Curing time*
setelah selesai proses *vacuum* pada komposit karbon kemudian matikan mesin *vacuum* dan di biarkan pada udara terbuka atau suhu ruangan selama 24 jam untuk merubah resin memiliki daya ikat yang tinggi dengan serat pada saat komposit telah padat.
11. *Prose Oven*
setelah dilakukan proses *curing time* pada temperatur ruangan selama 24 jam lalu sampel yang telah jadi di angkat dari meja kerja dan dilakukan pemanasan pada oven pada waktu 1 jam dengan suhu 80° .
12. *Penimbangan Komposit*
Setelah proses pembuatan komposit selesai, maka dilakukan proses penimbangan panel spesimen komposit yang telah jadi untuk mengetahui perbandingan serat dengan resin yang terpakai.
13. *Dimensi*
Pemberian dimensi pada komposit dilakukan agar pada saat dilakukan pemotongan spesimen, spesimen yang akan dipotong memiliki ukuran yang sesuai dengan ASTM D-365 yaitu dengan dimensinya panjang 50 mm dan lebar 50 mm.
14. *Pemotongan Spesimen*
Setelah dilakukannya pemberian dimensi maka proses berikutnya ialah pemotongan komposit menjadi spesimen uji dengan menggunakan mesin gergaji, pemotongan dilakukan sesuai dengan ukuran diberikan atau sesuai dengan ukuran ASTM D-365.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Manufaktur

Hasil manufaktur dari proses pembuatan Komposit Karbon menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) dapat dilihat pada Gambar 5.

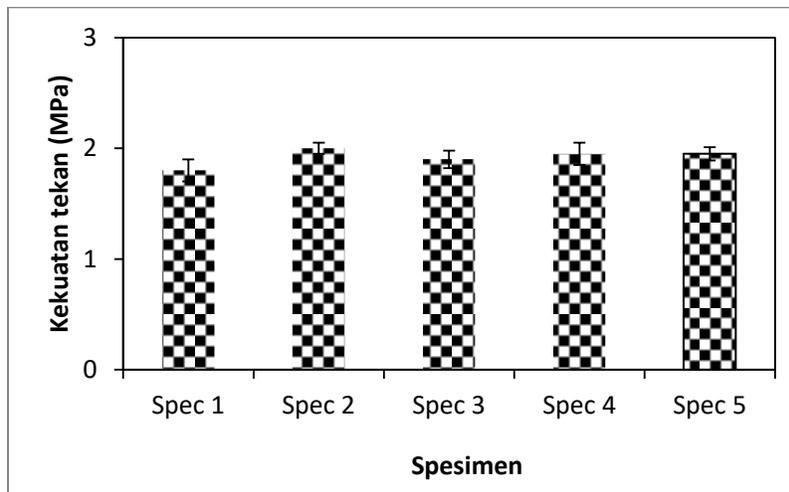


Gambar 5. Komposit Karbon

Pada pengujian tekan ini, didapatkan hasil dari pengujian tekan yang dilakukan dengan ASTM D-365, dapat dilihat pada spesimen hasil uji didapatkan maksimal tekanan pada core honeycomb nya terdapat kerusakan berupa retakan yang terjadi ketika spesimen komposit karbon sandwich diberi tekanan.

4.2. Data Pengujian

Uji tekan dilakukan di laboratorium PUSAT RISET MATERIAL MAJU (PRMM) Pengujian bending dilakukan dengan 5 spesimen yang telah diberikan perlakuan curing time selama 1 jam, pada temperatur 80 °C. Pengujian tekan dilakukan dengan kecepatan konstan 2 mm/menit pada 5 spesimen. Saat pengujian lengkung telah mencapai batas nilai strength tertinggi, maka UTM otomatis akan berhenti dan didapatkanlah data hasil uji tekan, seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kekuatan tekan komposit karbon sandwich

4.3. Pembahasan

Pengujian uji Tekan atau Compression test dilakukan menggunakan UTM (Universal Testing Machine) AG-X Plus 250 kN. Pengujian tekan bertujuan untuk mendapatkan nilai Ketahanan dan kekerasan tertinggi pada suatu material dan mengamati kekuatan tekan yang terjadi pada spesimen uji tekan sesuai dengan ASTM D-365. Pengujian tekan dengan komposit sandwich serat karbon dengan campuran epoxy pada proses manufakturnya diberikan perlakuan panas dengan temperatur 80°C selama 1 jam. Dari proses manufaktur didapatkan 5 spesimen uji bending yang sesuai dengan ASTM D-365 yang mana 5 spesimen telah diberikan perlakuan curing time.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil uji tekan untuk panel sandwich komposit karbon epoxy dengan menggunakan metode Vacuum Bagging, dimana nilai stress tertinggi terdapat pada spesimen ke-2 dengan nilai sebesar 2.012 dan nilai stress terendah pada spesimen ke-1 dengan nilai stress yang didapatkan sebesar 1.830 dan hasil nilai kekuatan tekan rata-rata pada setiap spesimen pengujian tekan didapatkan nilai sebesar 1.924 Mpa dengan nilai deviasi nya 0.064. kemudian didapati juga nilai strain dimana nilai strain tertinggi terdapat pada spesimen ke-4 dengan nilai sebesar 4.656 dan nilai strain terendah pada spesimen ke-3 dengan nilai strain yang didapatkan sebesar 3.959 dan hasil nilai kekuatan regangan rata-rata pada setiap spesimen pengujian tekan didapatkan nilai sebesar 4.253 %

Pada pengujian sampel pertama pertama didapatkan nilai tekanan sebesar 1.830 dan mengalami kenaikan 0.182 Mpa pada pengujian spesimen ke-2 dengan nilai tekanan yang didapatkan sebesar 2.01230 Mpa. Pada pengujian spesimen ke-3 nilai tekanan mengalami penurunan sebesar 0.097 Mpa dengan nilai tekanan yang didapatkan sebesar 1.915 Mpa, Kemudian pada pengujian spesimen ke-4 nilai kekuatan tekan nya mengalami kenaikan yang tidak berbeda jauh dari hasil sebelumnya dengan selisih nilai 0.027 Mpa dengan nilai tekanan yang didapatkan sebesar 1.942 Mpa, dan nilai tekanan pada spesimen terakhir yaitu spesimen ke-5, dimana nilai kekuatan tekan nya mengalami penurunan lagi dengan selisih nilai yang tidak begitu jauh dari hasil nilai tekanan dari pengujian sebelumnya yaitu dengan selisih nilai 0.019 Mpa, dan hasil nilai tekanan yang didapatkan pada pengujian spesimen ke-5 sebesar 1.922 Mpa.

Dapat disimpulkan bahwa dari hasil penelitian ini pada spesimen ke-1 dan ke-2 saja yang mengalami penurunan nilai stress yang cukup jauh dari hasil pengujian spesimen lain nya, hal tersebut dapat terjadi dikarekan saat proses manufaktur pemberian resin dilakukan secara manual, sehingga resin yang diberikan kurang merata dan kebocoran yang terjadi pada saat proses komposite sandwich di vakum sehingga menurunkan tekan vakum yang harusnya tekanan vakum 70 Psi, hal ini juga yang mempengaruhi hasil dari komposite sandwich yang di hasilkan serta pada saat pembentukan spesimen pengujian terdapat cacat seperti keretakan pada saat pemotongan spesimen, sehingga komposite sandwich mengalami penurunan nilai yang sangat jauh saat dilakukan pengujian tekan (compression test).

Dari hasil pengujian yang di lakukan didapatkan bahwasanya specimen dapat dapat dijadikan sebagai bahan untuk pembuatan body PUNA MALE sesuai dengan studi literature dimana nilai yang sanggup di tahan oleh PUNA MALE yaitu sebesar 0,127 MPa (BRIN, 2021) sedangkan nilai tekan yang di dapatkan pada pengujian komposit karbon sandwich yaitu rata rata didapatkan sebesar 1,924 MPa dapat disimpulkan bahwa komposit karbon sandwich yang di buat layak untuk di jadikan material untuk pembuatan body PUNA MALE.

Maka dari itu, sifat mekanik dari suatu material sangat penting dalam melakukan suatu perancangan produk yang diinginkan. Hal ini diperlukan untuk menentukan kualitas dari suatu produk yang dihasilkan, agar sesuai dengan kegunaan serta proses manufakturing yang akan dilakukan. Dalam kasus ini, material komposit sandwich berserat karbon dengan campuran epoxy akan dijadikan sebagai material untuk pengembangan pembentuk bagian body Pesawat Udara Nir Awak (PUNA) dengan tipe Medium Altitude Long Endurance (MALE).

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tekan dari komposit karbon sandwich sebesar 1,924 MPa dengan nilai regangan sebesar 4,253 %. Apabila dibandingkan dengan kekuatan tekan pada spesifikasi pesawat Puna Male sebesar 0,127 MPa maka dapat disimpulkan bahwa komposit karbon sandwich layak untuk digunakan sebagai bahan baku material pesawat Puna Male.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BRIN. (2021, November). Elang Hitam. Retrieved November 2022, from https://id.m.wikipedia.org/wiki/Elang_Hitam.
- [2] Ahmed, A. F., Hamdan, M. M., Sahari, B. B., & Sapuan, S. M. (2008). Experimental Characterization of Filament Wound Glass/Epoxy and Carbon/Epoxy Composite Materials. *Asian Research Publishing Network*, III, 76-87.
- [3] Liganiso, L. Z., & Anandjiwala, R. D. (2016). *Fibre-reinforcer laminates in aerospace engineering. In Advanced Composite Materials for Aerospace Engineering (pp. Port Elizabeth, South Africa)*.
- [4] Rahmani, H., Najafi, S. M., Matin, S. S., & Ashori, A. (2013). Mechanical Properties of Carbon Fiber/Epoxy Composites: Effects of Number Plies, Fiber Contents, and Angle Ply Layers. *Polymer Engineering and Science*.