

# ANALISIS UJI EDX PADA MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT KARBON KEVLAR DENGAN METODE VACUUM INFUSION DAN VACUUM BAGGING

<sup>1</sup>Danindra Lingga Putra, <sup>2</sup>Ferry Setiawan, <sup>3</sup>Dhimas Wicaksono

<sup>1,2,3</sup> Teknik Dirgantara, STTKD Yogyakarta

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan karakteristik pengujian bending pada hasil terlemah dan terkuat dari metode pembuatan vacuum bagging dan vacuum infusion yang kemudian di analisis dengan metode pengujian EDX (Energy Dispersive X-Ray) untuk mengetahui pengaruh unsur penyusun material komposit pada kekuatan material yang di hasilkan. Hasil analisis dari hasil rata-rata pengujian bending menunjukkan bahwa spesimen dengan metode pembuatan vacuum infusion merupakan metode dengan hasil yang terbaik dibandingkan dengan metode pembuatan vacuum bagging, ditunjukkan dengan hasil rata-rata sebesar 253,68 MPa untuk metode vacuum infusion, sedangkan untuk metode vacuum bagging ditunjukkan dengan hasil rata-rata sebesar 187,87 MPa. Untuk hasil uji EDX menunjukkan komposisi mikro spesimen dengan metode pembuatan vacuum infusion memiliki kandungan O<sub>2</sub> dan N sebesar 16,83% sehingga memiliki kerapatan yang lebih baik karena mengandung sedikit void, sedangkan untuk spesimen dengan metode pembuatan vacuum bagging memiliki kandungan O<sub>2</sub> dan N sebesar 49,78% sehingga memiliki kerapatan yang kurang baik karena mengandung lebih banyak void.

**Kata kunci:** Vacuum Infusion, Vacuum Bagging, Uji Bending, Uji EDX

## Abstract

This study aims to determine the comparison of bending test characteristics on the weakest and strongest results of vacuum bagging and vacuum infusion manufacturing methods which are then analyzed by EDX (Energy Dispersive X-Ray) testing method to determine the effect of composite material constituents on the strength of the material produced. The analysis results of the average bending test results show that the specimen with the vacuum infusion manufacturing method is the method with the best results compared to the vacuum bagging manufacturing method, indicated by the average result of 253.68 MPa for the vacuum infusion method, while for the vacuum bagging method it is shown with an average result of 187.87 MPa. The EDX test results show that the micro-composition of specimens with the vacuum infusion method has a content of O<sub>2</sub> and N of 16.83% so that it has a better density because it contains few voids, while for specimens with the vacuum bagging method has a content of O<sub>2</sub> and N of 49.78% so that it has a less good density because it contains more voids.

**Keywords:** Vacuum Infusion, Vacuum Bagging, Bending Test, EDX Test

## Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin pesat telah menciptakan benda-benda berteknologi canggih yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan manusia, terutama di bidang penerbangan yang juga mengikuti kemajuan teknologi yang kini telah melahirkan pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle /UAV*), atau yang biasa dikenal di kalangan umum dengan sebutan drone. UAV saat ini banyak digunakan dan dikembangkan dengan berbagai variasi yang disesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan untuk memudahkan manusia dalam beraktivitas pada kehidupan sehari-hari. Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit) (Nayiroh: Nurun, 2013). Saat ini material komposit telah banyak digunakan di dunia industri khususnya di bidang kedirgantaraan. Boeing 787 merupakan pesawat yang strukturnya menggunakan komposit sebanyak 50% dari total berat dan 80% komposit berdasarkan total volume (Setiawan et al., 2022). Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya yaitu penelitian MBKM yang pelaksanaannya dilakukan di STTKD dan di PT. FROGS

<sup>1</sup>Email Address: [190202061@students.sttkd.ac.id](mailto:190202061@students.sttkd.ac.id)

Received 25 Oktober 2023, Available Online 30 Desember 2023



<https://doi.org/10.56521/teknika.v9i2.981>

Indonesia yang mana penelitian sebelumnya membuat pesawat tanpa awak dengan material *carbon kevlar*. Pada penelitian ini, peneliti melakukan analisis dari material yang di uji yaitu material *carbon kevlar* dengan metode pembuatannya menggunakan metode *vacuum infusion* dan *vacuum bagging* untuk material dari *fuselage Skywalker 1900* dengan melakukan uji *bending* dan uji EDX (*Energy Dispersive X-ray*). Pengujian dilakukan untuk membandingkan dan mengetahui hasil terbaik antara dua metode pembuatan material yang selanjutnya akan ditetapkan untuk pembuatan *fuselage Skywalker 1900*.

## Tinjauan Pustaka

### *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*

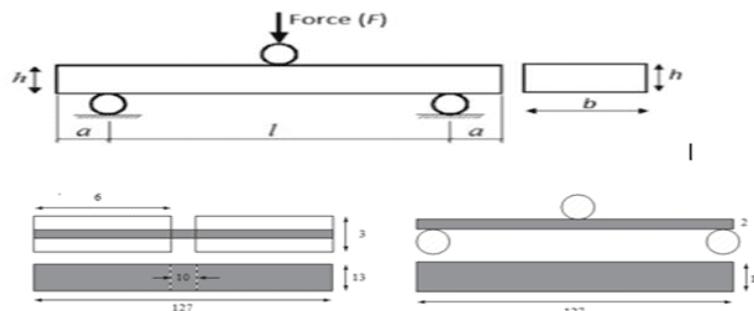
UAV merupakan mesin terbang yang dikendalikan melalui jarak jauh yang menerapkan hukum aerodinamika untuk menerbangkan dirinya ke udara. UAV dikendalikan dengan sistem otomatis melalui rancangan program komputer melalui kendali jarak jauh oleh pilot yang berada di dataran atau di tempat lainnya (Ratnasari et al., 2022). Beberapa tahapan dalam pembuatan *fuselage UAV Skywalker 1900* dimulai dari pembuatan desain, proses *3D printing*, *assembly* atau penyatuan komponen-komponen yang telah dicetak, pembuatan *master molding*, terakhir pencetakan material yang menggunakan metode *vacuum infusion* dan *vacuum bagging* (Wicaksono, 2023)

### Material Komposit

Komposit merupakan kombinasi material yang terbentuk dari dua material atau lebih yang menghasilkan material komposit yang bersifat mekanik dan memiliki karakteristik yang berbeda dari material penyusunnya (Setiawan & Ardianto, 2018). Menurut (Sirojuddin et al., 2019) material komposit merupakan salah satu rekayasa material yang dapat mereduksi dan meningkatkan kekuatan dari UAV. Komposit banyak digunakan untuk material alternatif seperti di industri manufaktur dirgantara karena memiliki sifat mekanik, *density* dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari material logam. Komposit tersusun dari dua material yang berbeda, yaitu serat dan matriks (Nayiroh: Nurun, 2013). Serat memiliki fungsi sebagai material rangka untuk menyusun komposit, sedangkan matriks memiliki fungsi untuk merekatkan serat sehingga tumpukan serat yang digabungkan dapat merekat dengan kuat dan tidak berubah posisinya. Matriks bersifat fleksibel atau mudah dibentuk sesuai desain yang dibutuhkan (Oroh, 2012)

### Pengujian *Bending*

Uji *bending* merupakan proses pengujian material yang dilakukan dengan melengkungkan atau memberi gaya tekan pada material untuk mendapatkan hasil berupa data kekuatan lengkung dan sifat mekanik dari material yang telah di uji. Jenis material dan pembebanan mempengaruhi besarnya kekuatan *bending*. Material akan mendapat tekanan pada bagian atas dan akan mendapat tegangan tarik pada bagian bawah. Spesimen kemungkinan bisa patah karena kekuatan tariknya lebih kecil sedangkan kekuatan tekannya lebih besar (Wona et al., 2015)



Gambar 1. *Three Point Bending*

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

## Pengujian EDX

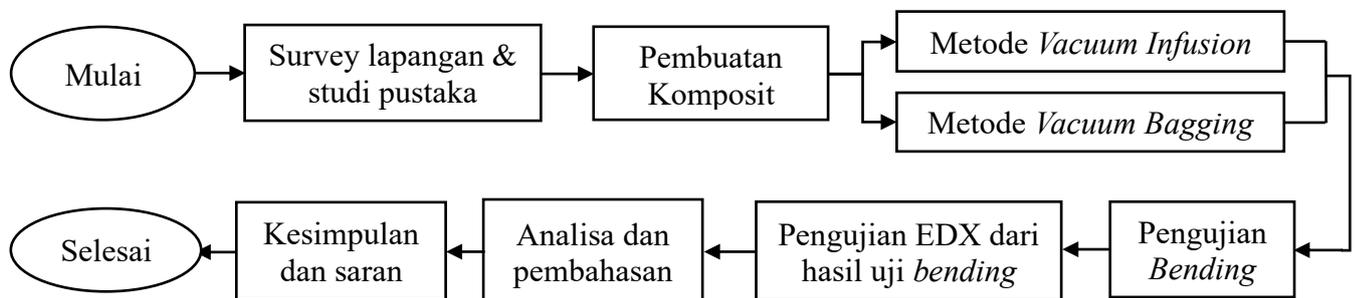
Uji EDX adalah metode uji untuk menentukan unsur-unsur kimia yang terkandung pada suatu spesimen, yang mana dasar dari analisis uji EDX adalah melacak dan mengukur sifat-sifat sinar-X yang dibangkitkan oleh elektron-elektron cepat (Kustomo, 2020). Prinsip kerja uji EDX yaitu sebuah piston elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda, kemudian lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel (Julinawati et al., 2015). Sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel. Ketika elektron mengenai sampel, maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor. Pada pengujian EDX ini dilakukan di Laboratorium Terpadu UII Yogyakarta.



Gambar 2. Alat Uji EDX Laboratorium UII Yogyakarta

## Metode Penelitian

Sebelum penelitian dilaksanakan, tahap awal yang dilakukan adalah pengumpulan data untuk mengetahui ilmu tentang penelitian yang akan dilakukan dan mengolah data yang dijadikan sebagai bahan dari penelitian. Berikut alur penelitian yang dilakukan dalam prosedur penelitian ini:



Gambar 3. Alur Penelitian

Gambar 4 merupakan alat pembuatan komposit yang memiliki penguat yaitu *fiber* karbon kevlar yang dilakukan dengan menggunakan dua metode pembuatan pada penelitian ini, yaitu metode *vacuum infusion* dan *vacuum bagging*.

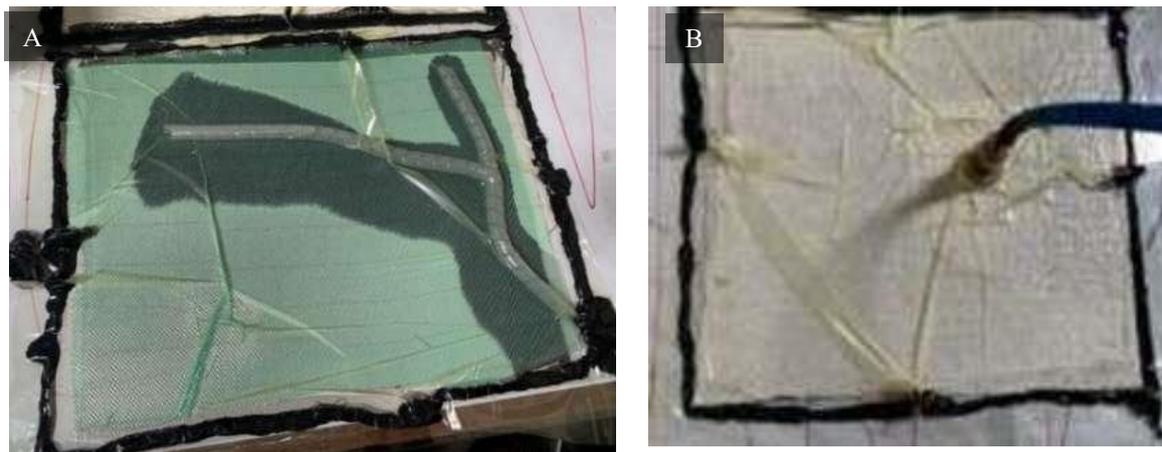


Gambar 4. Mesin *Vacuum Infusion* dan *Vacuum Bagging*

### Hasil dan Pembahasan

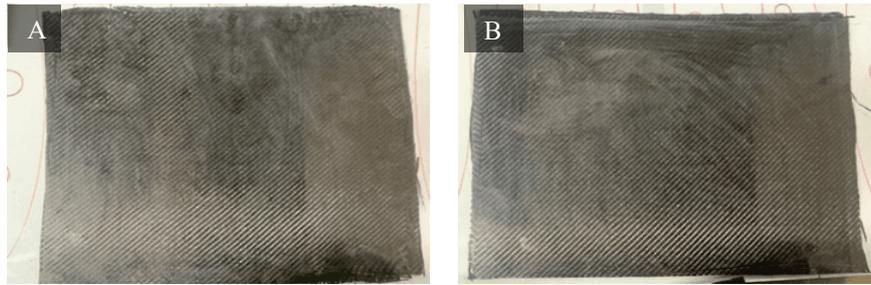
#### Hasil Manufaktur

Proses pembuatan material pada gambar 5 merupakan proses yang menggunakan metode *vacuum infusion* dan *vacuum bagging*.



Gambar 5. Proses a). *Vacuum infusion*; b). *Vacuum bagging*

Berikut hasil pembuatan material komposit yang telah melalui proses *vacuum infusion* dan *vacuum bagging* yang ditunjukkan pada gambar 6. Proses pemvakuman dilakukan selama 6 jam kemudian didiamkan selama 18 jam.



**Gambar 6. Hasil proses A). *Vacuum Infusion*; dan B). *Vacuum Bagging***

Pemotongan material komposit menggunakan CNC router dan sesuai ASTM D790-1 dan sesuai ASTM-D790-17 untuk pengujian kekuatan *bending*, ditunjukkan pada gambar 7 berikut.



**Gambar 7. Hasil pemotongan spesimen dari metode A). *Vacuum Infusion* dan B). *Vacuum Bagging* sesuai ASTM D790-1**

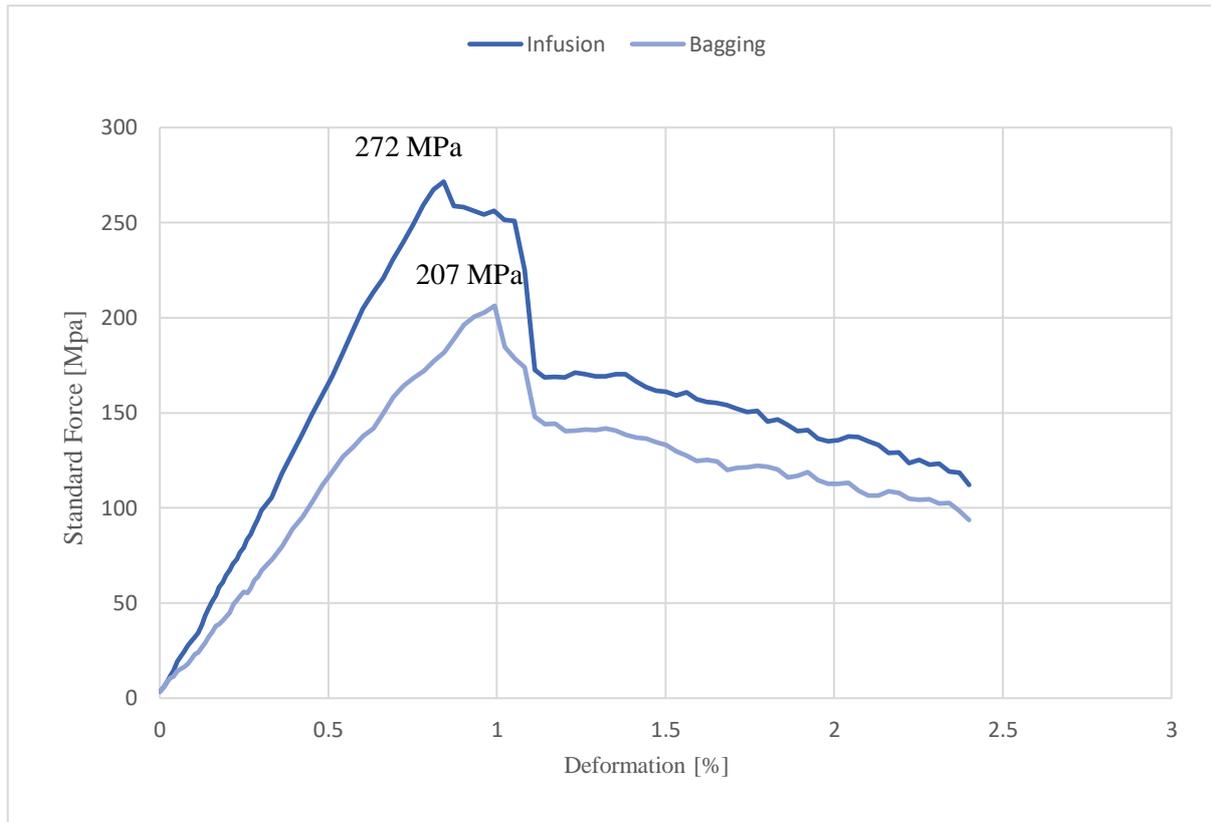
### Uji *Bending*

Uji *bending* merupakan bentuk pengujian untuk mengetahui nilai mutu suatu material dengan cara melengkungkan spesimen menggunakan penekan di beberapa titik tertentu (Fahmi et al., 2016), yang kemudian akan dilanjutkan untuk pengujian EDX untuk mengetahui komposisi dari terkandung pada material. Tabel 1 dibawah merupakan hasil dari pengujian *bending* spesimen komposit karbon kevlar dengan 4 potong spesimen, yang mana 2 spesimen menggunakan metode pembuatan *vacuum infusion* dan 2 spesimen menggunakan metode pembuatan *vacuum bagging*. Kekuatan *bending* tertinggi mencapai 272 MPa untuk spesimen dengan metode pembuatan *vacuum infusion* 1 dan kekuatan *bending* terendah mencapai angka 168.60 MPa untuk spesimen dengan metode pembuatan *vacuum bagging* 2. Rata-rata kekuatan *bending* yang didapatkan dari metode pembuatan *vacuum infusion* sebesar 153,68 MPa dan untuk metode pembuatan *vacuum bagging* sebesar 187,8 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi didapatkan dari metode pembuatan *vacuum infusion* dikarenakan pada metode *vacuum infusion* pendistribusian resin menggunakan selang *spiral* yang terletak ditengah spesimen karbon sehingga resin dapat menyerap dengan lebih merata dibanding dengan metode pembuatan *vacuum bagging* yang pengaplikasian resinnnya hanya dengan mengoleskan resin pada permukaan karbon.

**Tabel 1. Hasil Uji *Bending***

Variasi	Panjang Span (mm)	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Max. Load (N)	Kekuatan Bending (MPa)	Rata-Rata Kekuatan Bending (MPa)
<i>Infusion 1</i>	50	0,62	12,7	11,82	272	253,68
<i>Infusion 2</i>	50	0,62	12,7	15,31	235,36	
<i>Bagging 1</i>	50	0,62	12,7	8,99	207	187,8
<i>Bagging 2</i>	50	0,62	12,7	10,27	168.60	

Grafik data dibawah merupakan hasil pengujian *bending* pertama yang didapatkan dari pengujian di Politeknik ATMI Surakarta



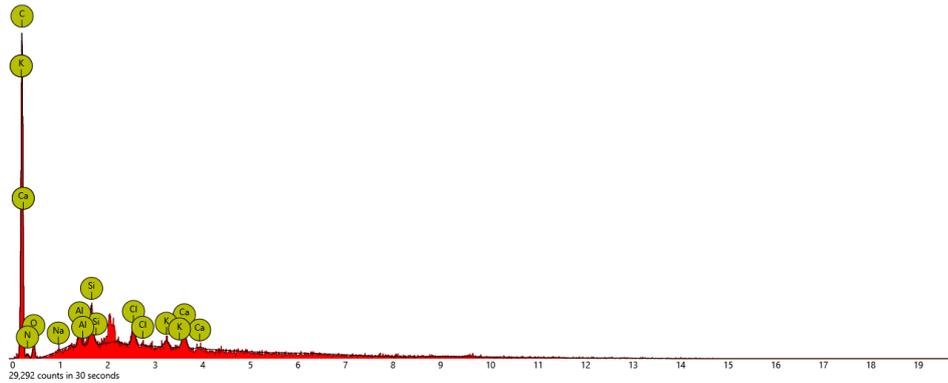
**Gambar 8. Grafik Kekuatan *Bending***

### Uji EDX (*Energy Dispersive X-Ray*)

Tabel dan gambar grafik dibawah merupakan hasil pengujian yang dilakukan di Lab Terpadu Universitas Islam Indonesia yang mana diperoleh data 2 analisis spesimen yang dibuat menggunakan metode *vacuum infusion* dan 2 analisis dari spesimen yang dibuat dengan menggunakan metode *vacuum bagging*.

**Tabel 2. Data hasil uji EDX spesimen metode *vacuum infusion***

<i>Element Number</i>	<i>Element Symbol</i>	<i>Element Name</i>	<i>Atomic Conc.</i>	<i>Weight Conc.</i>
6	C	Carbon	80.85	72.90
7	N	Nitrogen	8.08	8.49
8	O	Oxygen	6.94	8.34
20	Ca	Calcium	1.01	3.04
14	Si	Silicon	1.30	2.73
17	Cl	Chlorine	0.73	1.94
13	Al	Aluminium	0.66	1.33
19	K	Potassium	0.38	1.12
11	Na	Sodium	0.06	0.11

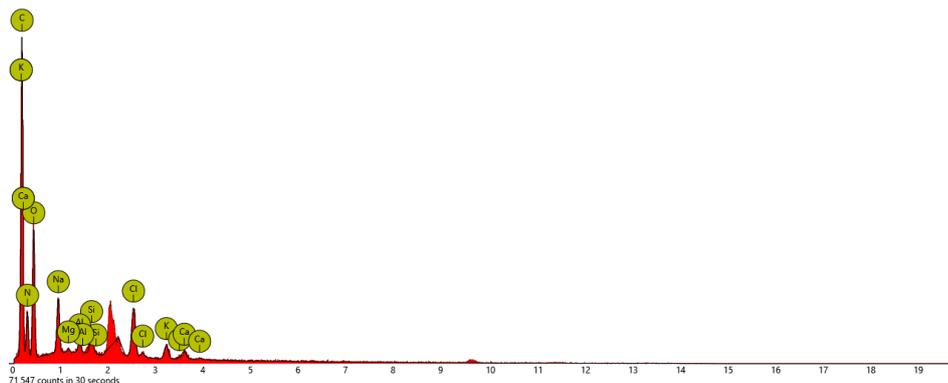


**Gambar 9. Grafik spektrum hasil uji EDX spesimen metode *vacuum infusion***

Grafik spektrum dan tabel data diatas merupakan hasil pengujian EDX untuk spesimen dengan menggunakan metode *vacuum infusion*, yang menjelaskan bahwa permukaan serat karbon memiliki pori yang besar, dikonfirmasi dengan adanya puncak grafik dengan jumlah unsur *carbon* dengan *weight conc.* sebesar 72.90%, *nitrogen* dengan *weight conc.* 8.49%, *oxygen* dengan *weight conc.* 8.34%, *calcium* dengan *weight conc.* 3.04%, *silicon* dengan *weight conc.* 2.73%, *chlorine* dengan *weight conc.* 1.94%, *aluminium* dengan *weight conc.* 1.33%, *potassium* dengan *weight conc.* 1.12%, terakhir *sodium* dengan *weight conc.* 0.11%.

**Table 3. Data hasil uji EDX spesimen metode *vacuum bagging***

<i>Element Number</i>	<i>Element Symbol</i>	<i>Element Name</i>	<i>Atomic Conc.</i>	<i>Weight Conc.</i>
6	C	Carbon	48.70	41.25
8	O	Oxygen	24.06	27.14
7	N	Nitrogen	22.92	22.64
11	Na	Sodium	1.80	2.91
17	Cl	Chlorine	1.12	2.79
19	K	Potassium	0.38	1.06
14	Si	Silicon	0.45	0.90
20	Ca	Calcium	0.25	0.70
13	Al	Aluminium	0.24	0.46
12	Mg	Magnesium	0.08	0.14



**Gambar 10. Grafik spektrum hasil uji EDX spesimen metode *vacuum bagging***

Grafik spektrum dan tabel data diatas hasil uji EDX pada spesimen dengan metode *vacuum bagging*

terdiri dari komposisi *carbon* dengan *weight conc.* sebesar 41.25%, *oxygen* dengan *weight conc.* 27.14%, *nitrogen* dengan *weight conc.* 22.64%, *sodium* dengan *weight conc.* 2.91%, *chlorine* dengan *weight conc.* 2.79%, *potassium* dengan *weight conc.* 1.06%, *silicon* dengan *weight conc.* 0.90%, *calcium* dengan *weight conc.* 0.70%, *aluminium* dengan *weight conc.* 0.46%, *magnesium* dengan *weight conc.* 0.14% Unsur gas sangat mempengaruhi kekuatan dari material, karena jika semakin sedikit kandungan dari unsur gas maka akan semakin baik kerapatan udara dan akan mengurangi *void* pada material.

## Kesimpulan

Metode *vacuum infusion* menghasilkan kekuatan *bending* yang lebih tinggi daripada metode *vacuum bagging*. Rata-rata hasil pengujian *bending* untuk *vacuum infusion* adalah 253,68 MPa, sedangkan *vacuum bagging* hanya mencapai 187,87 MPa. Pengujian EDX menunjukkan bahwa komposisi mikro pada spesimen dengan *vacuum infusion* memiliki kandungan O<sub>2</sub> dan N sebesar 16,83%, mengindikasikan kerapatan yang lebih baik karena jumlah *void* (ruang kosong) yang lebih sedikit. Komposisi mikro spesimen dengan *vacuum bagging* menunjukkan kandungan O<sub>2</sub> dan N sebesar 49,78%, mengindikasikan kerapatan yang lebih rendah karena lebih banyak *void*. Berdasarkan perbandingan hasil, dapat disimpulkan bahwa spesimen yang dibuat dengan metode *vacuum Infusion* memiliki kualitas yang lebih unggul. Hal ini disebabkan oleh jumlah unsur gas yang lebih sedikit dalam spesimen tersebut, menghasilkan kerapatan yang lebih baik. Metode *vacuum infusion* memungkinkan resin untuk meresap secara optimal pada serat karbon karena proses vakum dan aliran resin yang terpusat.

## Daftar Pustaka

- Fahmi, H., Hadi, S., & Kapur, F. M. (2016). Analisis Kekuatan Komposit Resin diperkuat Serat Pinang. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 86–91.
- Julinawati, Marlina, Nasution, & Sheilatina. (2015). Applying Sem-edx Techniques to Identifying the Types of Mineral of Jades (Giok) Takengon, Aceh. *Jurnal Natural Unsyiah*, 15(2), 44–48.
- Kustomo. (2020). Uji karakterisasi dan mapping magnetit nanopartikel terlapis asam humat dengan Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(3), 149–153.
- Nayiroh: Nurun. (2013). Teknologi Material Komposit. *Nayiroh*, N.
- Oroh, J. (2012). Rawlings. *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, 1(1712), 583. <https://doi.org/10.2307/964910>
- Ratnasari, W., Apriliani, E., & Mardijah, M. (2022). Desain Kontrol pada Model Gerak Lateral-Direksional Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Menggunakan Output Feedback Control. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 11(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v11i2.75502>
- Setiaawan, F., Fauzaan Firmansyah, M., Irvin Eka Bakti, D., Wicaksono, D., Rizki Putra, I., Kedirgantaraan Yogyakarta, T., Parangtritis No, J. K., & Daerah Istimewa Yogyakarta, B. (2022). *Manufacture Of UAV Skywalker 1900 Flying Vehicles Made Of Composites*. 5(Ii), 134–146. <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/al-fiziya>
- Setiawan, F., & Ardianto, H. (2018). Karakteristik Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Komposit Nanopartikel Daur Ulang PET dengan Limbah Abu Bagase Boiler. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, Vol. 5(2)(2), Pp. 30–44.
- Sirojuddin, M. R., Wibowo, S. B., & Nugroho, G. (2019). Perancangan dan Pengujian Terbang Pesawat Tanpa Awak Lokeswara. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 334–338.
- Wicaksono, D. (2023). *PENERAPAN METODE MANUFAKTUR TERBARU PADA BODY DRONE*. 9(1), 201–208.
- Wona, H., Boimau, K., & Maliwemu, E. U. K. (2015). Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Agave Cantula atau lebih gabungan konstituen yang dan tidak larut dalam satu sama lain . Salah. *Lontar Jurnal Teknik Mesin*, 02(01), 39–50.