

ANALISIS UJI BENDING KOMPOSIT SERAT DAUN NANAS DAN PARTIKEL PASIR BESI DENGAN METODE VACUUM BAGGING

¹Moh. Afif Fikri, ²Ferry Setiawan, ³Edy Sofiyon

¹Jurusan Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
180102024@students.sttkd.ac.id

²Jurusan Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
ferrysetiawan@sttkd.ac.id

³Jurusan Teknik Mesin
Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
edvsofiyan@sttkd.ac.id

Article history:

Received 1th of June, 2024

Revised 6th of June, 2024

Accepted 8th of July, 2024

Abstract

This study aims to determine the effect of variations in the size of the pineapple leaf fiber frame on the flexural strength and modulus of elasticity of pineapple leaf fiber composites and iron sand. Variations in the size of the pineapple leaf fiber frame used are 5%, 10%, and 15%. The method of making composite specimens uses the vacuum bagging method. Flexural strength testing was carried out using the three point bending method. The results showed that the variation of pineapple leaf fiber frame size had a significant effect on the flexural strength and modulus of elasticity of pineapple leaf fiber and iron sand composites. Test specimens with 15% frame size variation had a maximum flexural strength of 76.9 MPa and a maximum elastic modulus of 639.76 MPa. Test specimens with 10% frame size variation had an average flexural strength of 53.7 MPa and an average elastic modulus of 192.74 MPa. Test specimens with 5% frame size variation had an average flexural strength of 44.3 MPa and an average elastic modulus of 164.04 MPa. The increase in flexural strength and modulus of elasticity of pineapple leaf fiber and iron sand composites with 15% frame size variation is due to several factors, namely: First, the increase in the number of pineapple leaf fibers in the composite. The greater the number of pineapple leaf fibers, the greater the tensile strength and modulus of elasticity of the composite. Second, the increase in composite density. The larger the size of the pineapple leaf fiber frame, the smaller the cavity formed in the composite. Cavities in the composite can reduce the tensile strength and elastic modulus of the composite. Based on the results of this study, it can be concluded that the use of 15% frame size variation as pineapple leaf fiber reinforcement can be used to make a matrix that can increase flexural strength and elastic modulus.

Keywords: composite, pineapple leaf fiber, iron sand, vacuum bagging, bending test.

Pendahuluan

Material komposit semakin menarik perhatian para ilmuwan sejak tahun 1950an. Material komposit yang diperkuat serat merupakan jenis material komposit yang paling banyak dikembangkan. Pemanfaatan material komposit ini memiliki beberapa keunggulan, seperti bobot yang ringan, ketahanan terhadap korosi dan air, performa tinggi, serta tidak memerlukan persyaratan pemesinan. Dibandingkan dengan barang logam, beban konstruksinya lebih rendah, dan produk komponen yang dibuat dari bahan komposit serat daun nanas memiliki harga yang lebih terjangkau. Jumlah penggunaan material logam impor dapat dikurangi dengan menggunakan material komposit [1]. Komposit adalah material baru yang dikembangkan yang terdiri dari minimal dua komponen berbeda, masing-masing berfungsi sebagai pengikat (matriks) dan penguat (filler), serta memiliki sifat kimia dan karakteristik yang berbeda. Tujuan dari manufaktur komposit adalah untuk mengurangi biaya, menyederhanakan desain manufaktur yang kompleks, dan mencapai kualitas atau persyaratan mekanis yang tepat. Harus ditambahkan bahan pembasah agar bahan penyusunnya dapat menyatu erat karena perbedaannya [2].

Hal yang sama juga berlaku untuk serat alami; ada pula yang berasal dari daun (serat daun). Dilihat dari morfologinya, daun nanas mempunyai banyak serat yang tersusun dalam beberapa ikatan yang masing-masing tersusun atas banyak serat (serat multiseluler). Pencarian alternatif pengganti serat alami dengan kualitas mekanik yang unggul dianggap penting. Nanas liar yang tahan kekeringan (keluarga Nanas) banyak terdapat di kawasan Piyungan, Bantul, Yogyakarta. Daun tebal tanaman ini digunakan untuk membuat serat. Serat dari tanaman ini pernah dimanfaatkan manusia untuk membuat tali. Industri pembuatan tali dari serat nanas punah karena harga tali sintetis jauh lebih murah. Oleh karena itu, masuk akal untuk menjajaki kemungkinan penggunaan serat nanas dalam industri teknik sebagai bahan penguat produk komposit [4]. Pada penelitian yang dilakukan oleh iqbal aizi menyatakan bahwa hasil pengujian bending dengan perendaman NaCl memiliki kekuatan bending

sebesar 6.137.722,00 Mpa dan dengan tanpa peredaman memiliki nilai sebesar 5.406.494,61 Mpa [5]. Bahan yang menggunakan teknik vacuum bagging lebih unggul dibandingkan dengan bahan yang menggunakan metode vacuum infusion, dibuktikan dengan hasil uji tarik rata-rata yang diperoleh benda uji vacuum infusion sebesar 202,543 Mpa dan benda uji vacuum bagging sebesar 270,602 Mpa. Karena hal ini terjadi pada saat proses pembuatan spesimen, maka hasil analisis uji foto mikro menunjukkan bahwa karakteristik material hasil uji tarik dengan metode pembuatan vacuum infusion mempunyai jumlah rongga yang lebih banyak dan vacuum bagging memiliki jumlah rongga yang lebih sedikit. Selama proses pembuatan, gas yang terperangkap dalam material komposit membentuk rongga. Kekosongan ini mengurangi kepadatan material, yang pada gilirannya mengurangi kekuatan lentur material pada material [6]. Pada penelitian yang sudah dilakukan oleh Fadhlah dengan menggunakan metode vacuum bagging pada serat hybrid dengan pengujian bending didapatkan hasil kekuatan bending dengan nilai 1.126,96 Mpa. Dan untuk serat non hybrid mendapatkan hasil sebesar 643,30 Mpa [7].

Landasan Teori

Komposit

Material komposit adalah material yang digunakan dalam bidang teknik yang terdiri dari dua atau lebih komponen berbeda, yang masing-masing memiliki karakteristik kimia dan fisik yang unik. Bahan pembasah diperlukan karena kekuatan ikatan komposit berasal dari perbedaan antar unsur penyusunnya. Material komposit terdiri dari dua atau lebih material berbeda yang, meskipun digabungkan menjadi satu komponen, namun berbeda dan independen pada tingkat makroskopis. Sederhananya, zat komposit adalah zat yang tersusun dari dua atau lebih komponen berbeda [8].

Komposit merupakan gabungan antara bahan matriks (pengikat) dengan penguat (reinforcement). Penggabungan bahan tersebut akan menghasilkan material komposit yang memiliki karakteristik dan sifat mekanis yang berbeda dari material pembentuknya [9].

Serat Daun Nanas

Salah satu jenis serat nabati yang berasal dari daun tanaman nanas disebut serat daun nanas (serat nabati). Tanaman nanas yang juga dikenal dengan nama *Ananas Cosmosus* merupakan anggota famili Bromeliaceae dan biasanya bersifat tahunan. Tanaman ini berasal dari Brazil dan dibawa ke Indonesia sekitar tahun 1599 oleh penjelajah Spanyol dan Portugis, menurut catatan sejarah.

Serat daun nanas merupakan serat tumbuhan alami yang termasuk dalam golongan selulosa. Bahan tumbuhan yang disebut serat daun nanas (disebut juga serat nabati) dikumpulkan dari daun tanaman nanas, dicuci, lalu dijemur. Ekstraksi atau pembuatan serat daun nanas dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan tangan dan dengan menggunakan mesin dekortikator. Dengan menggunakan pisau atau peralatan khusus lainnya, bahan lengket pada daun nanas dipisahkan pada proses produksi manual dengan cara direndam terlebih dahulu. Hal yang sama juga berlaku untuk serat alami ada pula yang berasal dari daun (serat daun).

Dilihat dari morfologinya, daun nanas mempunyai banyak serat yang tersusun dalam beberapa ikatan yang masing-masing tersusun atas banyak serat (serat multiseluler). Diameter dan panjang sel pada serat daun nanas jika diamati di bawah mikroskop, umumnya masing-masing sekitar $10\ \mu\text{m}$ dan 4,5 mm, dengan perbandingan panjang terhadap diameter 450. Serat daun nanas mempunyai ketebalan dinding sel rata-rata sebesar $8,3\ \mu\text{m}$ [3].

Pencarian alternatif pengganti serat alami dengan kualitas mekanik yang unggul dianggap penting. Nanas liar yang tahan kekeringan (keluarga Nanas) banyak terdapat di kawasan Piyungan, Bantul, Yogyakarta. Daun tebal tanaman ini digunakan untuk membuat serat. Serat dari tanaman ini pernah dimanfaatkan manusia untuk membuat tali. Industri pembuatan tali dari serat nanas punah karena

harga tali sintetis jauh lebih murah. Oleh karena itu, masuk akal untuk menjajaki kemungkinan penggunaan serat nanas dalam industri teknik sebagai bahan penguat produk komposit [4].

Resin Polyester

Cairan epoksi dan poliester yang digunakan dalam termoset memiliki kapasitas untuk mengikat bahan pengisi. Karena resin poliester terikat pada serat alami, ia dapat mengikat serat tanpa memicu reaksi dan memperkuat kekuatan lentur mekanis antara pengisi atau serat dan matriks [10].

Polimer termoset lainnya adalah poliester, resin dengan harga terjangkau yang banyak digunakan dalam aplikasi bangunan ringan. Transparan, mudah diwarnai, tahan cuaca dan bahan kimia, serta tahan air adalah beberapa kualitas poliester. Keuntungan resin ini meliputi stabilitas dimensi, kemudahan pencampuran dengan serat yang berbeda, dan keserbagunaan dalam aplikasi penguat plastik. Poliester sering kali membutuhkan tambahan katalis untuk mempercepat proses pembentukannya; namun, karena viskositasnya yang rendah, resin ini mudah dicampur untuk membuat komposit.

Pasir Besi

Salah satu jenis pasir yang kandungan besinya tinggi disebut pasir besi. Biasanya berwarna hitam atau abu-abu tua. Selain Fe₃O₄ yang bersifat magnetis, pasir ini juga memiliki kandungan silika, kalsium, mangan, titanium, dan vanadium yang sangat sedikit. Dibawah sinar matahari langsung, pasir besi cenderung memanas hingga mencapai tingkat yang dapat menyebabkan luka bakar ringan. Besi oksida (Fe₂O₃ dan Fe₃O₄), silikon oksida (SiO₂), dan senyawa rendah lainnya terdapat pada pasir besi. Dari hasil pengujian pada penelitian ini adalah karakteristik pasir besi di pantai selatan Kulonprogo memiliki sumber daya alam pasir besi yang memiliki kandungan tinggi yaitu 76,346% dikedalaman empat meter dan terletak 200 m dari pantai Kulonprogo menuju daratan, selain itu Kulonprogo memiliki kekayaan alam berupa Titanium dengan kandungan Titanium yaitu 12,8% [11].

Metode Vacuum Bagging

Vacuum Bagging adalah suatu metode pembuatan produk komposit dengan menggunakan perbedaan tekanan antara tekanan atmosfer dan tekanan di dalam cetakan dengan membuat aliran resin [12].

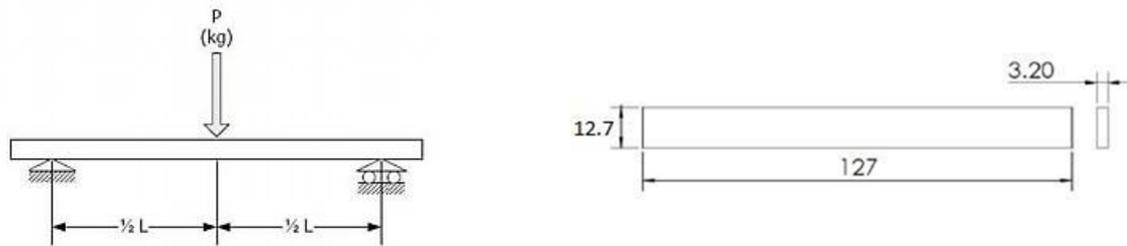
Tujuan dari metode kantong vakum adalah untuk meningkatkan proses dimana komposit sering kali memiliki lebih banyak rongga hand lay up. Ide di balik teknik vakum adalah dengan memanfaatkan pompa vacuum untuk mengeluarkan udara dari kantong vakum karena rongga ini akan menurunkan kualitas mekanik material komposit. Gelembung yang terperangkap dalam cetakan komposit dikeluarkan dari material komposit oleh udara luar yang menekan kantong vacuum. Dengan demikian, vacuum akan meminimalkan rongga, dan diperkirakan bahwa hal ini akan menghasilkan peningkatan karakteristik mekanik material komposit dibandingkan kondisi sebelumnya. Salah satu cara untuk membuat proses penataan tangan menjadi lebih baik adalah dengan menyedot laminasi dalam kantong vacuum. Teknik ini meminimalkan rongga yang disebabkan oleh endapan udara pada laminasi dengan menggunakan penyedot debu untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan kelebihan resin.

Pengantongan vacuum menerapkan tekanan yang sama dan penekanan simultan pada lapisan laminasi dengan menggunakan tekanan udara sebagai penjepit. Kantong kedap udara berisi laminasi tersegel. Tekanan udara di dalam dan di luar cetakan setara dengan tekanan atmosfer, atau sekitar 14,7 psi, setelah laminasi disegel. Setelah pompa vakum dihidupkan, tekanan di dalam cetakan turun sedangkan tekanan luar tetap pada 14,7 psi. Ini adalah cara yang praktis dan ekonomis. Prosedur ini mencakup laminasi serta langkah vakum yang menghilangkan udara yang terperangkap di dalam laminasi dan resin berlebih darinya. Berdasarkan data ini, proses pengantongan vakum memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan pengantongan manual. Pengantongan vakum memiliki kelemahan yaitu boros saat menggunakan kantong plastik dan memiliki risiko kebocoran yang signifikan, namun

hal ini sebagian besar bergantung pada pengalaman dan kompetensi [13].

Pengujian Bending

Kualitas mekanik komposit yang digunakan dalam konstruksi atau komponen yang mengalami beban lentur atau fabrikasi lentur diuji dengan pengujian lentur. Beban titik tunggal di tengah material yang ditahan pada tumpuan menyebabkan pembengkokan. Tergantung pada keadaan benda uji, dua metode Pembengkokan Tiga Titik dan Pembengkokan Empat Titik dapat digunakan untuk pengujian tekuk. *Three Point Bending* digunakan untuk menguji benda yang tidak rata sempurna. Beban titik tunggal ($1/2 L$) diterapkan pada spesimen di tengah teknik *Three Point Bending*. Untuk memperoleh momen kuat dan tegangan lentur (σ) terbesar dengan pendekatan ini, material harus tepat berada pada titik pusat. Bahan matriks polimer dibengkokkan menggunakan ASTM D790 dan panjang span 80 mm. Contoh pengujian tekukan dengan menggunakan teknik *Three Point Bending* ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 1. (a) Pembebanan Lengkung *Three Point Bending*; (b) Ukuran Spesimen Pengujian Bending ASTM D790

Setelah dilakukan uji bending, untuk mendapatkan kekuatan bending dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Modulus Elastisitas :

$$\sigma b = \frac{3PL}{(2bd^2)} \dots \dots \dots (1) ; Eb = \frac{L^3m}{4bd^3} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- | | |
|--|---------------------------|
| EB = modulus elastisitas bending (Mpa) | L = Panjang span (80) |
| σb = Tegangan bending (Mpa) | b = Lebar batang uji (mm) |
| m = slope tangent pada kurva beban defleksi (N/mm) | d = Tebal batang uji (mm) |
| P = Beban (N) | |

Tahapan Pengujian Bending

1. Siapkan spesimen, lakukan pengukuran dan tentukan titik tengah dan titik tumpuan dengan memberi tanda garis.
2. Pasang spesimen pada mesin bending dan pastikan tepat pada garis tumpuan yang telah dibuat tanda garis.
3. Sesuaikan indentor tekanan sampai menyentuh spesimen.
4. Jalankan mesin bending dengan kecepatan penekanan konstan.
5. Data hasil pengujian akan keluar pada monitor komputer.
6. Matikan mesin bending secara perlahan setelah spesimen patah.

Metode Penelitian

Metode pengumpulan data yang dipakai adalah eksperimen, yaitu melakukan serangkaian pengujian pada objek yang teliti untuk mendapatkan data yang diperlukan sebagai bahan perhitungan sesuai dengan acuan perbandingan.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu loyang dengan ukuran 12cmx12cmx3cm, mesin uji bending, timbangan digital. Sedangkan untuk bahan nya adalah resin *polyester*, serat daun nanas, katalis, wax.

Pembuatan Spesimen Komposit

Persiapkan bahan dan alat terlebih dahulu dengan mengecek seluruh nya. Setelah itu tahap awal timbang dengan berat yang sudah ditentukan dan pemotongan serat daun nanas dengan panjang 9-10 cm, kemudian timbang juga resin dengan perbandingan 100:2. Loyang diolesin wax dengan merata keseluruhan sampai terkena semua. Potong plastik vacum sesuai kebutuhan dengan melebihi dengan ukuran loyang agar bisa menekan spesimen. Setelah itu campurkan resin dan aduk secara merata dan olesi loyang dengan tipis kemudian taburi pasirbesi dengan menyeluruh dengan kemudian masukan serat daun nanas dengan merata dengan arah horizontal kemudian taburi kembali pasir besi kemudian tutup lagi dengan menuangkan resin seluruhnya. Tutup dengan plastik yg sudah di tempeli bagian tepinya dengan solasi double tipe kemudian rapatkan semua ke seluruh bagian setelah itu nyalakan vacum bagging dan tunggu sekitar 2 jam setelah itu matikan vacum dan kringkan selama 24 jam. Kemudian setelah kering keluarkan spesimen dari cetakan dan potong sesuai ASTM D790 sebelum dilakukan pengujian bending dan uji mikrostruktur.



Gambar 2. Spesimen komposit uji Bending

Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Bending

Tabel 1. Hasil Pengujian Bending

Variasi Spesimen	Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Span (mm)	Beban Maks (Newton)	Regangan (mm)
5%	A1	12,7	3,2	80	70	9,2
	A2	12,7	3,2	80	40	6,5
	A3	12,7	3,2	80	34	7,1
10%	B1	12,7	3,2	80	66	6,9

Variasi Spesimen	Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Span (mm)	Beban Maks (Newton)	Regangan (mm)
15%	B2	12,7	3,2	80	50	8,6
	B3	12,7	3,2	80	36	4,9
	C1	12,7	3,2	80	70	7,5
	C2	12,7	3,2	80	108	10
	C3	12,7	3,2	80	72	8,7

Tabel 2. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Variasi Spesimen	Spesimen	Kekuatan Bending σ_b (Mpa)	Modulus elastisitas E_b (Mpa)
5%	A1	64,6	153,79
	A2	36,9	141,48
	A3	31,4	196,85
	Rata-rata	44,3	164,04
10%	B1	60,9	184,54
	B2	58,2	203,00
	B3	41,9	190,70
	Rata-rata	53,7	192,74
15%	C1	64,6	1.261,08
	C2	99,7	307,58
	C3	66,4	350,64
	Rata-rata	76,9	639,76

Pada gambar 5 kekuatan bending pada spesimen C relatif memiliki kekuatan bending dengan rata-rata yang tinggi dengan nilai 76,9 Mpa, yang menandakan tingkat tingginya kekakuan bergantung pada jumlah besarnya serat dan yang terendah pada spesimen A dengan nilai rata-rata 44,3 Mpa. Hal ini mengidentifikasi bahwa perbedaan berat serat yang rendah dapat menghasilkan material komposit yang lebih lemah. Pada penelitian kali ini penguat yg digunakan yaitu serat daun nanas dengan presentasi 5%, 10%, 15% dan susunan serat horizontal berikut dengan matriks poliester 200gr dan pasir besi 20gr. Dengan adanya hasil kenaikan pada grafik kekuatan bending disebabkan karena penambahan serat pada setiap fraksi variasi dimana spesimen C lebih besar hasil kekuatan bendingnya serta pada hasil foto mikro juga menunjukkan bahwa void terkecil pada spesimen C yang mana, bisa disebabkan karena kerapatan pada manufaktur dan juga serat yang lebih banyak.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perbedaan nyata ditunjukkan oleh pengaruh signifikan modulus lentur dan elastisitas komposit serat daun nanas dan pasir besi. Benda uji dengan variasi 15% mempunyai kuat lentur maksimum sebesar 76,9 MPa dan modulus elastisitas maksimum sebesar 639,76 MPa. Selanjutnya benda uji dengan variasi 10% mempunyai kuat lentur rata-rata sebesar 53,7 MPa dan modulus elastisitas rata-rata sebesar 192,74 MPa. Sebaliknya benda uji dengan variasi 5% mempunyai kuat lentur rata-rata sebesar 44,3 MPa dan modulus elastisitas rata-rata sebesar 164,04 MPa. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menunjukkan bahwa penggunaan variasi ukuran rangka sebesar 15% sebagai penguat serat daun nanas dapat digunakan untuk membuat matriks yang dapat meningkatkan kekuatan lentur dan modulus elastisitas.

Daftar Notasi

EB = modulus elastisitas bending (Mpa)
 σ_b = Tegangan bending (Mpa)
 m = slope tangent pada kurva beban defleksi (N/mm)

P = Beban (N)
 L = Panjang span (80)
 b = Lebar batang uji (mm)
 d = Tebal batang uji (mm)

Daftar Pustaka

- [1] K. Diharjo and P. T. Penelitian, “Kekuatan Bending Komposit Hibrid Sandw Ich Kombinasi Serat Kenaf Dan Serat Gelas Dengan Core Kayu Sengon Laut.”
- [2] N. Nayiroh, “Teknologi Material Komposit.”
- [3] I. Doraiswamy, P. Chellamani, and A. Pavendhan, “COTTON GINNING,” *Textile Progress*, vol. 24, no. 2, pp. 1–28, Jun. 1993, doi: 10.1080/00405169308688859.
- [4] S. H. Nuri, T. Suwanda, and K. Diharjo, “Sigit Hidayat Nuri, dkk).”
- [5] M. I. A. Iqbal, Sehono, and F. Setiawan, “Pengaruh Penggunaan Serat Daun Nanas Dalam Pembuatan Komposit Menggunakan Metode Vacum Bagging Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending,” *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 8, no. 2, pp. 267–273, Nov. 2022, doi: 10.56521/teknika.v8i2.650.
- [6] D. Afdhallano Kukup Restu Negoro, F. Setiawan, and I. Rizki Putra, “Analisis Kekuatan Tarik Material Komposit Serat Karbon Dengan Metode Vacuum Infusion Dan Vacuum Bagging,” *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 9, no. 1, pp. 159–167, Jul. 2023, doi: 10.56521/teknika.v9i1.875.
- [7] F. Hazhari, F. Setiawan, T. Dirgantara, and S. Yogyakarta, “Pengaruh Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Hybrid Dan Non-Hybrid Menggunakan Metode Vacuum Bagging,” *Indonesian Journal of Mechanical Engineering*, vol. 2, 2022, [Online]. Available: <https://politap.ac.id/journal/index.php/injectionHal65-70>
- [8] M. Riduan, J. Teknik Mesin, and P. Negeri Bengkulu, “Politeknik Negeri Bengkulu Oktober 2019, hlm.”
- [9] M. Muhajir, M. Alfian Mizar, and D. Agus Sudjimat, “Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matriks Resin Berpenguat Serat Alam Dengan Berbagai Varian Tata Letak,” 2016.
- [10] MELKI JEKSON, “SKRIPSI,” Analisa Pengaruh Arah Serat Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Serat Eceng Gondok Bermatrik Resin Polyester Dengan Metode Vacuum Bag.
- [11] I. Suroso, P. Studi Aeronautika, S. Tinggi Teknologi Kedirgantaraan, and Y. Abstrak, “Analisis Secara Fisis Dan Mekanis Pasir Besi Dari Pantai Selatan Kulonprogo Berguna Bagi Material Pesawat Terbang,” 2017.
- [12] “PERBAIKAN PROSES PEMBUATAN PRODUK KOMPOSIT DENGAN METODE VACUUM BAGGING.”
- [13] M. Azissyukhron and S. Hidayat, “Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite.”