

ANALISIS SIFAT KOMPOSIT SERAT RAMI/LYCAL VARIASI SERAT LAPIS 1, 2, DAN 3 PADA MATERIAL STRUKTUR PESAWAT LSU

¹Wahyuni Fajar Arum, ²Khairully Nisa Ismulia

^{1,2}UIN Sunan Ampel Surabaya, STTKD Yogyakarta

Abstrak

Material komposit yaitu gabungan dari dua atau lebih material yang menghasilkan sifat baru dari material tersebut. Pada pengujian ini akan dilakukan pengembangan pada serat penguat komposit dengan menggunakan jenis serat alam yaitu serat rami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sifat-sifat mekanis pada material dengan uji densitas dan uji tekan. Pengujian densitas bertujuan untuk mengetahui nilai massa di air, massa di udara dan massa jenis material. Pengujian tekan bertujuan untuk mendapatkan nilai-nilai mekanik terutama kekuatan dan ketahanan material komposit terhadap beban tekan.

Eksperimen yang akan dilakukan yaitu pembuatan komposit berpenguat serat rami dengan variasi lapisan serat 1, 2, dan 3 bermatriks *lycal* menggunakan metode *Hand Lay Up* yaitu dengan meletakkan serat di sebuah cetakan lalu diolesi resin. Pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan *Gravity Meter Balance Densimeter* dan pengujian tekan menggunakan *Universal Testing Mechine* (UTM).

Berdasarkan hasil pengujian densitas dan pengujian tekan didapatkan komposit serat rami bersifat ringan dan ulet. Sesuai dengan sifat material yang dibutuhkan pada pesawat yaitu ringan dan kuat, maka komposit serat rami yang memiliki sifat lebih ringan yaitu variasi serat lapis 3 dengan nilai massa jenis 0,8504 g/cm³, komposit yang memiliki keuletan lebih tinggi yaitu variasi serat lapis 2 dengan nilai *strain* 1,849%, dan komposit yang memiliki sifat kekakuan lebih rendah yaitu komposit variasi serat lapis 1 dengan nilai *elastic modulus* 6776,84 MPa.

Kata Kunci : *Hand Lay Up*, Komposit, Rami

Abstract

Composite material is a combination of two or more materials that produce new properties of the material. This test will be developed for composite reinforcing fibers by using a type of natural fiber that is ramie fiber. This research aims to determine the characteristics of the mechanical properties of the material by density and pressure tests. Density testing aims to determine the value of mass in water, mass in air and density of material. Compressive testing aims to obtain mechanical values, especially the strength and resistance of composite materials to compressive loads.

Experiments to be carried out are the manufacture of ramie fiber reinforced composites with 1, 2 and 3 fiber layer variations using the Lycal matrix using the Hand Lay Up method by placing the fiber in a mold and then smearing it with resin. Density testing is performed using a Gravity Meter Balance Densimeter and compressive testing using Universal Testing Mechine (UTM).

Based on the results of density testing and compressive testing, ramie fiber composites are lightweight and ductility. In accordance with the nature of the material required on the aircraft that is light and strong, the ramie fiber composite which has lighter properties is a variation of layer 3 fiber with a density value of 0.8504 g/cm³, a composite which has a higher ductility is a variation of layer 2 fiber with strain value 1,849%, and composites which have lower stiffness properties are composites of layer 1 variation with elastic modulus value of 6776.84 MPa.

Keywords : *Hand Lay Up*, Composites, Ramie

Pendahuluan

Skin adalah salah satu konstruksi pesawat terbang yang berfungsi memberikan bentuk aerodonami dan juga meneruskan beban yang diterima ke bagian struktur utama lainnya (Bukit, 2018). *Skin* atau lapisan terluar dari pesawat terbang. Lapisan terluar dari pesawat terbang memiliki fungsi penting untuk melindungi bagian dalam dari pesawat terbang, diperlukan sifat material yang ringan, kuat,

¹Email Address: wahyuni.fajar.arum@uinsby.ac.id

Received 8 November 2022, Available Online 30 Desember 2022

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i2.684>

tidak mudah korosif, ekonomis, dan mudah dalam penggunaannya. Pada masa ini telah dikembangkan sebuah material yang memiliki sifat-sifat tersebut yaitu material komposit.

Material komposit yaitu gabungan dari dua atau lebih material yang menghasilkan sifat baru dari material tersebut. Material komposit sendiri telah dikembangkan sebagai materi alternative pengganti logam dan kayu (Suryawan, 2019). Jenis komposit yang sering sekali digunakan adalah komposit yang diperkuat oleh serat. Salah satu yang sering digunakan pada komposit berpenguat serat adalah komposit *fiberglass*. Namun pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan pada serat penguat komposit dengan menggunakan jenis serat alam yaitu serat rami. Mengingat kembali Indonesia kaya akan sumber daya alamnya, serat rami yaitu serat alam yang terbuat dari batang tanaman rami.

Pembuatan komposit akan dilakukan dengan metode *Hand Lay Up* yang mudah dilakukan dan cocok digunakan untuk membuat sebuah komponen yang besar dan volume rendah. Untuk mengetahui karakteristik sifat-sifat mekanis khususnya sifat densitas dan tekan, maka diperlukan pengujian densitas dan tekan pada spesimen dengan menggunakan *Universal Testing Mechine* (UTM). Pengujian densitas bertujuan untuk mengetahui nilai massa di air, massa di udara dan massa jenis material. Pengujian tekan bertujuan untuk mendapatkan nilai-nilai mekanik terutama kekuatan dan ketahanan material komposit terhadap beban tekan.

Tinjauan Pustaka

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan oleh Sunardi, Fawaid dan M, 2015 dalam penelitiannya menyatakan pada dasarnya nilai porositas suatu bahan berbanding terbalik dengan densitas bahan komposit tersebut. Karena porositas adalah rongga yang terdapat pada bahan komposit, dan tentu akan mempengaruhi densitas bahan tersebut. Semakin padat suatu bahan maka densitasnya akan semakin tinggi dan porositas akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya. Porositas pada bahan komposit dapat menurunkan sifat bahan seperti kekerasan dan laju keausan, yang pada akhirnya mempengaruhi sifat karakteristik bahan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ahaddin, Farid dan Pratiwi, 2016 penelitiannya menyatakan terbukti dengan bertambahnya fraksi massa serat maka nilai densitas akan meningkat. Jumlah *void* yang banyak akan mengakibatkan jumlah gas dalam *void* akan bertambah. Gas ini mempunyai kekuatan mekanik yang dapat menurunkan sifat mekanik dari *foam* atau *void* tersebut. Berarti akan mengakibatkan turunnya densitas.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Purboputro dan Hariyanto, 2017 menyatakan ikatan *interfacial bonding* pada komposit serat alam sangat tergantung dari kekasaran permukaan serat. Pada penelitian ini proses yang digunakan adalah perlakuan alkali terhadap permukaan serat dengan cara merendam serat rami selama 2,4,6, dan 8 jam. Larutan alkali yang digunakan adalah larutan NaOH dengan konsentrasi 10% pada pelarut air. Serat rami *Boehmeria nivea (L) Goud* direndam pada larutan NaOH selama 2, 4, 6, dan 8 jam perendaman, untuk menghilangkan zat ligninnya agar kekuatan ikatan permukaan bisa diperbaiki.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Abdurohman dan Marta, 2018 menyatakan 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.

Landasan Teori

Pesawat LSU (LAPAN *Surveillance UAV*)

Pesawat LSU yaitu pesawat tanpa awak yang dibuat oleh LAPAN untuk berbagai misi. Program LSU ini telah menghasilkan 5 jenis *prototype Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* yaitu LSU-01, LSU-02, LSU-03, LSU-04 dan LSU-05.

Komposit

Kata komposit atau *composite* yaitu kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. Komposit dalam lingkup ilmu material adalah gabungan dua buah material atau lebih yang digabung dalam skala makroskopis untuk membuat material baru yang lebih bermanfaat. Keunggulan dari material komposit yaitu penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya.

Uji Densitas

Densitas atau massa jenis atau kerapatan adalah pengukuran massa suatu benda dalam setiap satuan volume benda. Massa jenis merupakan sifat dari suatu bahan. Massa jenis biasanya digunakan untuk mengkararakteristikan massa dari sebuah sistem fluida (Kasli, 2016). Massa jenis pada penelitian ini ditentukan secara eksperimental menggunakan densitimeter. Alat ini digunakan untuk menentukan densitas benda padat maupun cair secara otomatis dengan menggunakan prinsip hukum Archimedes sebagai berikut.

$$\rho_c = \frac{w_c}{w_c - w_i} \rho_w \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

ρ_c = densitas komposit (g/cm^3)

w_c = massa komposit (g)

w_i = massa komposit saat tenggelam di air (g)

ρ_w = densitas cairan yang digunakan (g/cm^3)

Uji Tekan

Uji tekan (*compression test*) adalah salah satu jenis pengujian *stress* (tegangan)-*strain* (regangan) yang bersifat merusak benda uji (*destructive test*) menggunakan alat uji yaitu *Universal Testing Machine (UTM)* dengan prosedur sesuai *American Standard Testing and Material (ASTM)* yaitu ASTM D6641/D6641M-16^{e1}. Alat uji tekan merupakan suatu alat uji mekanik yang digunakan untuk mengukur tingkat kekuatan suatu benda atau material terhadap tekanan yang diujikan (Reza, 2022). Uji tekan sendiri merupakan salah satu sifat teknis atau uji yang digunakan untuk mengetahui titik runtuh atau sifat elastisitas batuan terhadap pemberian tekanan maksimum (Dinoy, 2020).

Berikut persamaan perhitungan hubungan tegangan dan regangan pada beban tekan secara manual dalam menentukan nilai pengujian komposit untuk menentukan kekuatan tekan yang digunakan pada kurva.

$$\sigma = \frac{F}{A_o} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

σ = Tegangan/*Stress* (MPa)

F = Beban (N)

A_o = Luas area mula-mula (mm^2)

Nilai regangan ini termasuk nilai regangan proporsional yang didapat dari garis proporsional pada grafik tegangan-regangan hasil uji tekan komposit.

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- ϵ = Regangan/*Strain*
- Δl = Perubahan panjang (mm)
- L_0 = Panjang mula-mula (mm)

Nilai modulus elastisitas merupakan perbandingan tegangan dan regangan pada daerah proporsional.

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} \dots\dots\dots (4)$$

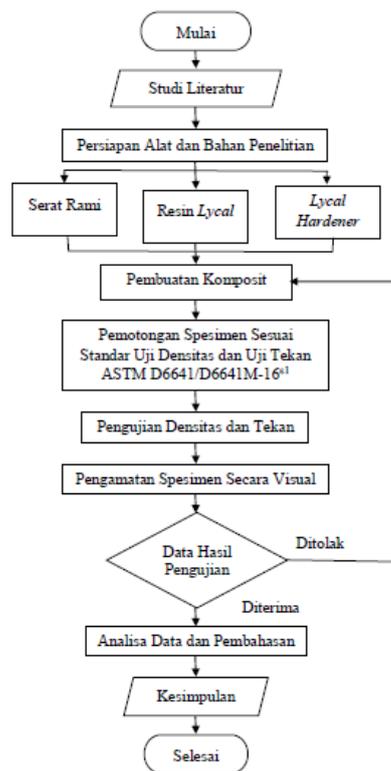
Dimana :

- E = Modulus elastisitas (MPa)
- $\Delta \sigma$ = Perubahan tegangan (MPa)
- $\Delta \epsilon$ = Perubahan regangan

Metode Penelitian

Desain Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian analisis sifat serat rami bermatrik *lycal* variasi lapis 1, 2, dan 3 dengan menggunakan metode *hand lay up* adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental, bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan sebab akibat dari satu atau lebih variabel terikat dengan memanipulasi variabel bebas pada suatu keadaan yang terkendali (variabel kontrol). Variabel-variabel yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu variabel bebas (material komposit serat rami bermatrik *lycal* dengan variasi lapis serat 1, 2, dan 3), variabel terikat (pengujian densitas dan tekan pada material komposit serat rami), dan variabel kontrol (proses manufaktur pembuatan komposit dan suhu spesimen).



Gambar 1. Langkah-Langkah Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Metode Observasi

Metode observasi data pada penelitian ini dengan melakukan pengujian langsung, dimulai pada saat pembuatan material komposit hingga pengujian densitas dan pengujian tekan yang dilakukan sesuai dengan prosedur ASTM D6641/D6641M-16^{e1}.

Studi Kepustakaan

Pengumpulan data diperoleh dari buku maupun internet yang mengenai material komposit serat rami, dengan mengacu pada pengujian densitas, tekan maupun tarik dalam penyusunan penelitian. Salah satu contoh buku yang digunakan yaitu buku ASTM *Standards* sebagai prosedur pengujian tekan pada material.

Wawancara

Mengajukan beberapa pertanyaan yang berkaitan dengan penelitian uji material komposit kepada pembimbing.

Dokumentasi

Pengumpulan dengan teknik dokumentasi juga dilakukan dengan menganalisis dan melihat dokumen-dokumen yang berkaitan tentang pengujian material komposit yang sudah terlebih dahulu dilakukan.

Teknik Analisis Data

Penelitian ini termasuk penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Ekperimen dilakukan untuk melihat sebab akibat dari suatu perlakuan yang dilakukan oleh peneliti. Sehingga hasil dari pengolahan data tersebut akan memaparkan nilai-nilai yang berupa data angka hasil observasi mengenai objek yang diteliti. Metode tersebut digunakan untuk mengetahui hasil perhitungan penelitian pada bahan uji yang merupakan kekuatan spesimen material komposit serat rami untuk material pesawat LSU melalui uji densitas dan uji tekan.

Alat Dan Bahan

Alat :

1. *Universal Testing Machine* (UTM) adalah mesin atau alat pengujian kekuatan suatu bahan material yang berfungsi untuk pengujian statik yang berupa uji tekan (*compress test*), uji kelenturan (*flexure/bend test*), uji tarik (*tensile test*) dan pengujian dinamik (*fatigue test*).
2. *Gravity Meter Balance Desimeter* adalah alat yang digunakan untuk mengukur densitas benda uji.
3. *Dry Cabinet* adalah tempat penyimpanan spesimen untuk menjaga kelembaban dalam tempatnya. Spesimen akan disimpan ± 24 jam sebelum dilakukannya pengujian.

Bahan :

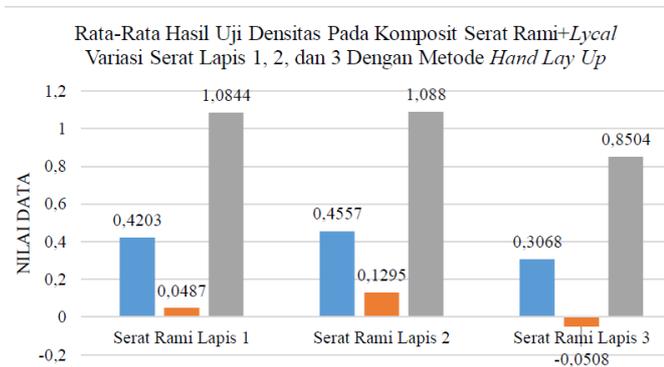
1. Spesimen uji densitas variasi serat lapis 1, 2, dan 3
2. Spesimen uji tekan variasi serat lapis 1, 2, dan 3

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Data Pengujian Spesimen Dengan Uji Densitas

Dari hasil pengujian spesimen komposit serat rami bermatriks *lycal* dengan uji densitas, dihasilkan grafik rata-rata nilai sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik Rata-Rata Hasil Uji Densitas

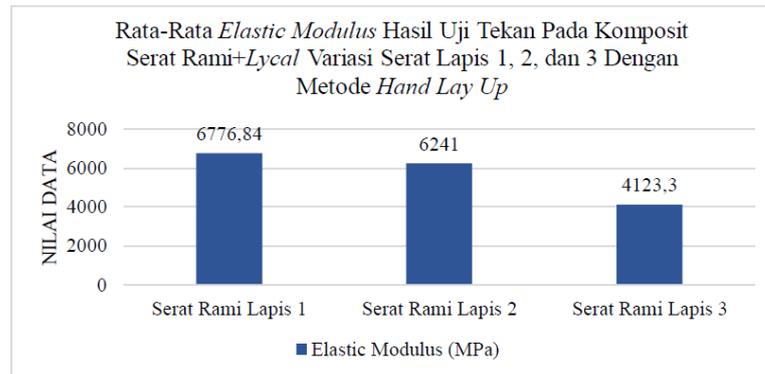
Pada **Gambar 2.** menunjukkan bahwa massa di udara dengan nilai tertinggi yaitu 0,4557g (komposit serat rami lapis 2) dan nilai terendah yaitu 0,3068 g (komposit serat rami lapis 3), massa di air dengan nilai tertinggi yaitu 0,1295 g (komposit serat rami lapis 2) dan nilai terendah yaitu -0,0508g (komposit serat rami lapis 3), dan massa jenis (density) dengan nilai tertinggi yaitu 1,088 g/cm^3 (komposit serat rami lapis 2) dan nilai terendah yaitu 0,8504 g/cm^3 (komposit serat rami lapis 3).

Data Pengujian Spesimen Dengan Uji Tekan

Data penelitian yang didapat dari hasil pengujian densitas dan pengujian tekan pada komposit serat rami variasi serat lapis 1, 2, dan 3 bermatriks *lycal* dengan metode *hand lay up* telah menunjukkan hasil sebagai berikut :

- Hasil pengujian 5 spesimen komposit serat rami lapis 1 dengan uji densitas didapatkan nilai rata-rata massa di udara 0.4203 g, rata-rata massa di air 0.0487 g, dan rata-rata massa jenis 1.0844 g/cm^3 .
- Hasil pengujian 5 spesimen komposit serat rami lapis 2 dengan uji densitas didapatkan nilai rata-rata massa di udara 0,4557 g, rata-rata massa di air 0.1295 g, dan rata-rata massa jenis 1.088 g/cm^3 .
- Hasil pengujian 5 spesimen komposit serat rami lapis 3 dengan uji densitas didapatkan nilai rata-rata massa di udara 0.3068 g, rata-rata massa di air -0.0508 g, dan rata-rata massa jenis 0.8504 g/cm^3 . Pada pengujian komposit serat rami lapis 3 ditemukan kondisi yang berbeda dari lapis serat sebelumnya yaitu pada saat pengujian massa di air benda uji mengapung sehingga memiliki nilai rata-rata massa di air dengan -0.0508 g yang lebih kecil dari nilai massa jenis air itu sendiri.
- Hasil pengujian 5 spesimen komposit serat rami lapis 1 serat dengan uji tekan didapatkan rata-rata nilai *maximum point load* sebesar 2758.6 N, *maximum point stress* 60.826 MPa, *elastic modulus* sebesar 6776.84 MPa, dan titik putus/*break point strain* sebesar 1.371 %GL.
- Hasil pengujian 5 spesimen komposit serat rami lapis 2 serat dengan uji tekan didapatkan rata-rata nilai *maximum point load* sebesar 3429.7 N, *maximum point stress* 65.947 MPa, *elastic modulus* sebesar 6241 MPa, dan titik putus/*break point strain* sebesar 1.849%GL.
- Hasil pengujian 5 spesimen komposit serat rami lapis 3 serat dengan uji tekan didapatkan rata-rata nilai *maximum point load* sebesar 1586.94 N, *maximum point stress* 35.584 MPa, *elastic modulus* sebesar 4123.3 MPa, dan titik putus/*break point strain* sebesar 0.993%GL.

Dari hasil pengujian tekan pada spesimen komposit serat rami bermatriks *lycal*, didapatkan nilai rata-rata *elastic modulus* sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Rata-Rata *Elastic Modulus* Hasil Uji Tekan

Pada **Gambar 3.** menunjukkan bahwa nilai *elastic modulus* tertinggi yaitu 6776,84 MPa (komposit serat rami lapis 1) dan nilai terendah yaitu 4123,3 MPa (komposit serat rami lapis 2).



Gambar 4. Setelah Dilakukan Uji Tekan Pada Spesimen Variasi Lapis Serat 1, 2, Dan 3

Pembahasan

Pada penelitian serat rami bermatriks *lycal* memiliki nilai rata-rata *ultimate strenght* 54,119 MPa dan nilai rata-rata *elastic modulus* 5713,71 MPa sehingga memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan penelitian sebelumnya dengan serat rami bermatriks poliester yang memiliki nilai *ultimate strenght* 36,097 MPa, namun lebih rendah jika dibandingkan dengan serat karbon dengan nilai *ultimate strenght* 1011,67 MPa *elastic modulus* 59074,96 MPa dan serat *E-Glass ±45°* dengan nilai *ultimate strenght* 104,72±12,28 MPa *elastic modulus* 9587,3±1714,79 MPa.

Analisis karakteristik sifat mekanis yang terdapat pada komposit serat rami bermatriks *lycal* variasi serat lapis 1, 2, dan 3 dengan metode *hand lay up* berdasarkan hasil pengujian densitas dan pengujian tekan. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan komposit serat rami bersifat ringan dan ulet, sifat ulet dapat diketahui dari hasil patahan pada saat uji tekan. Komposit serat rami yang memiliki sifat lebih ringan yaitu variasi serat lapis 3 karena memiliki nilai massa jenis yang lebih rendah dibandingkan variasi serat lapis 1 dan 2, komposit yang memiliki sifat keuletan lebih tinggi yaitu komposit variasi serat lapis 2 karena memiliki nilai *strain* lebih tinggi dibandingkan variasi 1 dan 3, dan komposit yang memiliki sifat kekakuan lebih rendah yaitu komposit variasi serat lapis 1 karena memiliki nilai *elastic modulus* lebih tinggi dibandingkan variasi 2 dan 3.

Kesimpulan

Hasil yang didapatkan dari pengujian densitas pada komposit serat rami variasi lapis 1,2, dan 3 diperoleh nilai rata-rata massa jenis (density) dengan nilai tertinggi yaitu 1,088 g/cm³ (komposit serat rami lapis 2) dan nilai terendah yaitu 0,8504 g/cm³ (komposit serat rami lapis 3). Hasil yang didapatkan dari pengujian tekan pada komposit serat rami variasi lapis 1,2, dan 3 diperoleh nilai *elastic modulus* tertinggi yaitu 6776,84 MPa (komposit serat rami lapis 1) dan nilai terendah yaitu 4123,3 MPa (komposit serat rami lapis 2). Nilai rata-rata *ultimate strenght* dan nilai *elastic modulus* pada penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan penelitian sebelumnya dengan serat rami bermatriks poliester, namun lebih rendah jika dibandingkan dengan serat karbon dan serat *E-Glass ±45°*.

Daftar Pustaka

- Abdurohman, K., & Marta, A. 2018. Kajian eksperimental tensile properties komposit poliester berpenguat serat karbon searah hasil manufaktur vacuum infusion sebagai material struktur Lsu. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 14(1), 61-72.
- Ahaddin, E. E., Farid, M., & Pratiwi, V. M. 2016. Analisa Pengaruh Fraksi Massa Terhadap Kekuatan Komposit Polyurethane/Serat Bambu Betung Dengan Metode Hand Lay-up Untuk Aplikasi Door Panel Mobil. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 32-35.
- Bukit, O., & Hartopo, H. (2018). Airframe After Bird Strike Pada Airbus A320-200 PK-AXM. *Jurnal Industri Elektro dan Penerbangan*, 6(2).
- Dinoy, E., Tampaty, Y. G., Mabuhat, I. S., Sutiray, J. A. D., & Cahyono, Y. D. G. (2020). ANALISIS REKAHAN BATUAN PADA UJI KUAT TEKAN UNIAKSIAL. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMATAN)*, 2(1), 411-415.
- Kasli, E., & Aminullah, A. 2016. Pengaruh massa jenis benda terhadap tekanan hidrostatik. *Jurnal Pendidikan Geosfer*, 1(1).
- Purboputro, P. I., & Hariyanto, A. 2017. Analisis sifat Tarik dan Impak komposit serat rami dengan perlakuan Alkali dalam Waktu 2, 4, 6 dan 8 jam Bermatrik Poliester. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 18(2).
- Reza, A. Rancang Bangun Alat Uji Tekan Menggunakan Sensor Load Cell Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328 (Doctoral dissertation, Universitas Materam)
- Standard, A. S. T. M. 2009. Standard test method for compressive properties of polymer matrix composite materials using a combined loading compression (CLC) test fixture. *ASTM International: West Conshohocken, PA, USA*.
- Sunardi, S., Fawaid, M., & Noor, M. F. R. 2015. Variasi campuran fly ash batubara untuk material komposit. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 2(1).
- Suryawan, I. G. P. A., Suardana, N. P. G., Suarsana, I. K., Lokantara, I. P., & Lagawa, I. K. J. (2019). Kekuatan tarik dan lentur pada material komposit berpenguat serat jelatang. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 12(1), 7-12.
- Ansori, A.S.R., Hariadi, M., dan Endah, W. 2013. Pemodelan Retakan Tiga Dimensi Akibat Ledakan Untuk Serious Games. *Semnasteknomedia 2013*, pp.13-1, Januari 13.
- Frinkel, R., Taylor, R., Bolles, R., Paul, R. 2006. An overview of AL, programming system for automation. *Proc. Fourth Int. Join Conf Artif.Intel.*, pp. 758-765, Sept. 3-7.
- Morse, P.M. dan Feshback, H. 1953. *Methods of Theoretical Physic*. McGraw Hill. New York.