

PENGARUH PERSENTASE RESIN DAN KATALIS TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT *FIBERGLASS*

PERCENTAGE EFFECT OF CATALYSTS ON FIBERGLASS COMPOUND TENSILE STRENGTH

Ravika Milya⁽¹⁾, Syahril⁽²⁾, Yufrizal A⁽³⁾, Rahmat Aziz Nabawi⁽⁴⁾

⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

ravikamil24@gmail.com

syahril@ft.unp.ac.id

yufrizal_y@yahoo.com

raazna@ft.unp.ac.id

Abstrak

Komposit berbahan dasar *fiberglass* banyak ditemui pada produksi kapal. Namun, pemakaian komposit dalam proses produksi kapal belum mempunyai ketetapan mutu yang baik tentang pengaruh antara persentase resin dan hardener yang dipakai, akan tetapi banyaknya pemakaian katalis dan resin mempunyai pengaruh pada kekuatan komposit serat sebagai penguat. Penelitian ini dilakukan untuk melihat perbandingan persentase katalis dan resin pada kuat tarik komposit berbahan *fiberglass*. Metode yang dipakai pada penelitian ini ialah metode eksperimen yang memakai mesin uji tarik serta meragamkan persentase katalis pada campuran resin dari 1% hingga 2,5%. Hasil yang diperoleh pada penelitian yaitu komposit dengan kandungan persentase 1% mempunyai nilai kuat tarik 99,25 N/mm², elongasi 19,8% dan modulus elastisitas 518,18 N/mm². Komposit serta kandungan katalis 1% mempunyai skor kuat tarik 108,65 N/mm², elongasi 15,6% dan modulus elastisitas 11,86 N/mm². Komposit yang mengandung katalis 2% mempunyai skor kuat tarik 108,31 N/mm², elongasi 24,2% dan modulus elastisitas 500,52 N/mm². Komposit dengan kandungan katalis 2,5% mempunyai skor kuat tarik 104,75 N/mm², elongasi 19,4% dan modulus elastisitas 658,96 N/mm². Kekuatan tarik komposit *fiberglass* terjadi kenaikan pada kandungan katalis 1% sampai 1,5% serta terjadi pelemahan pada kandungan katalis 2% sampai dengan kandungan katalis 2,5%. Hasil kuat tarik paling tinggi berada pada komposit dengan campuran kandungan resin 98,5% dan kandungan katalis 1,5%.

Kata kunci : Kekuatan Tarik, Katalis, Komposit, Fiberglass, Hand Lay-up

Abstract

Fiberglass-supported composites commonly build in ship production. Nevertheless, the use of composite on ship production process is not of have a good quality determination about the influence the percentage of resin and catalyst used, but the large number of uses of catalysts and resins has an influence on the strength of fiber composites as reinforcement. This study of conducted to see the comparison of the percentage of catalysts and resins in the tensile strength of fibreglass composites. The method used in this study is experimental method that uses a tensile testing machine and diversifies the percentage of catalysts in the resin mixture from 1% to 2.5%. The results obtained in the study were composites with a percentage content of 1% having a tensile strength value of 99.25 N/mm², elongation of 19.8% and modulus of elasticity of 518.18 N/mm². The composite and catalyst content of 1% have a tensile strength score of 108.65 N/mm², elongation of 15.6% and an elasticity modulus of 11.86 N/mm². Composites containing 2% catalysts have a tensile strength score of 108.31 N/mm², elongation of 24.2% and an elasticity modulus of 500.52 N/mm². Composites with a catalyst content of 2.5% have a tensile strength score of 104.75 N/mm², elongation of 19.4% and an elasticity modulus of 658.96 N/mm². The tensile strength of fibreglass composites increases in the catalyst content by 1% to 1.5% and there is a weakening in the catalyst content of 2% to the catalyst content of 2.5%. The highest tensile strength results are in composites with a resin content of 98.5% and a catalyst content of 1.5%.

Keywords : Tensile Strength, Catalyst, Composite, Fiberglass, Hand Lay-up

I. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara maritim membutuhkan sarana kapal berjumlah banyak dengan berbagai jenis seperti kapal peyangkap ikan, kapal wisata, kapal penumpang antar pulau dan kapal barang (*cargo*).

Seperti yang kita ketahui ada berbagai jenis kapal di Indonesia, masing-masing memiliki konstruksi dan fungsi yang berbeda-beda (Hendri Hestiawan, Jamasri 2017). Konstruksi dari kapal tersebut memiliki keunggulan mulai dari jenis bahan baku, desain bodi,

kapasitas mesin, biaya produksi dan lainnya. Salah satu jenis kapal yang dibedakan berdasarkan bahan bakunya yaitu kapal baja, *ferrocement*, kapal kayu, aluminium dan kapal *fiber* (Syahril 2019).

Kapal logam adalah kapal yang terbuat dari logam, baik itu baja maupun aluminium (Al) (Wardani 2015). logam seperti baja memiliki keunggulan lebih kuat dari pada bahan kayu, *ferrocement* maupun *fiber* yang didapatkan dari sifat fisis dan mekanis logam tersebut (Prasetyo 2006). Sementara kelemahannya ada pada berat spesifik bahan logam dan biaya produksi yang lebih besar dari pada kapal kayu dan *fiber* (Yufrizal, Indrawan, and Helmi 2019). Sedangkan kekurangan pada kapal berbahan baku kayu ada pada keterbatasan material kayu yang bermutu dan harga yang mahal (Prabowo 2007).

Kapal *fiber* adalah jenis kapal yang terbuat dari material komposit berserat *fiber* (Djamil, Sobron Y Lubis, and Hartono 2014). Kapal berbahan *fiberglass* (FRP) paling banyak diminati kapal bertipe kecil (Putra et al. 2021). Produksi massal juga dapat dilakukan pada kapal berbahan fiber (megggunakan cetakan) dalam waktu yang cepat, biaya produksi murah, konstruksinya ringan dan banyak galangan yang bisa memproduksinya karena modal relatif kecil, teknologinya mudah, dan tidak terlalu memerlukan tenaga kerja yang tinggi (Ilmy, Junus, and Rosyadi 2018). Selain itu, kapal fiber ini ampuh untuk menaikkan produktifitas nelayan dan mengurangi pengeluaran, tahan pakai cukup lama, *durability* tinggi, tahan karat, biaya produksi serta pemeliharaan tidak terlalu mahal di dibandingkan kapal kayu, tidak butuh pengecatan yang berulang-ulang (Soemardi and Setiawan 2018). Dalam pembuatan kapal fiber terdapat proses pelapisan pada bodi atau lambung kapal yang disebut dengan laminasi (Alamsyah, Hidayat, and Iskandar 2020).

Laminasi pada lambung kapal fiber umumnya menggunakan metode *hand lay up* (metode pencetakan tangan) (Rifelino et al. 2020). Metode *hand lay up* adalah metode yang paling sederhana dibandingkan dengan metode laminasi komposit yang lain (Kurniawan 2017). Metode *hand lay up* memiliki kelebihan diantaranya proses pembuatannya mudah dan tidak memerlukan peralatan yang khusus, dari produk komposit memiliki keunggulan yang lebih kaku, kuat, dan tahan korosi (Yufrizal. A 2019). Disebut sederhana karna pengerjaannya sangat mudah diaplikasikan yakni cairan resin yang telah dicampur dengan hardener dioleskan diatas cetakan dan selanjutnya serat layer diletakan diataskannya, dengan menggunakan rol/kuas resin kembali diratakan (Irzal 2022). Akan tetapi, penggunaan komposit pada pembuatan kapal belum memiliki standar mutu yang jelas mengenai perbandingan antara jumlah resin dan katalis yang digunakan sebagai bahan pengikat pada material komposit.

Proses Laminasi komposit terdapat matrik sebagai

pengikat dan pelindung pada material dari pengaruh gaya luar (Priyanto 2018). Kebanyakan matrik diproduksi menggunakan bahan- bahan yang lunak dan liat (polimer) dan juga mampu menahan panas (Azis Nabawi 2019). Untuk aplikasi matrik agar proses laminasi komposit berjalan cepat dan menghasilkan material yang baik, maka matriks perlu ditambahkan dengan *hardener*/katalis sebagai percepatan pengeringan (Fatihuddin, Kholil, and Budhi Susetyo 2019). Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa jumlah penggunaan resin dan katalis memiliki pengaruh terhadap kekuatan dari kmposit berpenguat serat. Namun, belu ada penelitian mengenai pengaruh presentase resin dan katalis terhadap kekuatan tarik komposit *fiberglass*. Diharapkan engan adanya penelitian inidapat berguna bagi penelitian terkait material komposit sebagai bahan pembuatan kapal.

II. Metode Penelitian

A. Jenis Penelitian

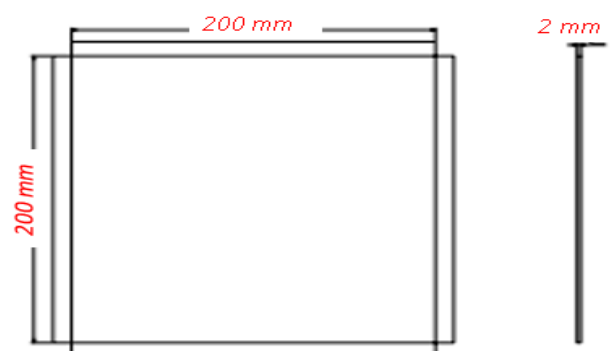
Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah metode eksperimen pada pembuatan kapal berbahan *fiberglass*. Penelitian ini bertujuan perbandingan persentase katalis dengan metode *hand lay up* (Rizal 2018). Banyak faktor atau variabel yang dapat mempengaruhi penelitian ini, maka dari itu dibutuhkan tambahan referensi dan informasi yang banyak dari buku, jurnal dan sumber lainnya yang bersangkutan dengan penelitian (Sugiyono 2011).

B. Waktu Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian pada semester Agustus – Desember 2021 mulai dari pengajuan judul, pembuatan prosal, bimbingan penulisan proposal, seminar proposal, proses peneltia dan analisa data hingga pembuatan laporan. Tempat penelitian dilaksanakan ialah di Laboratorium Manufaktur Jurusan Teknik Mesin FT-UNP Padang.

C. Alat dan Bahan

1. Alat proses laminasi
 - a. Cetakan laminasi



Gambar 1. Cetakan Laminasi

- b. Kuas 1,5 inch
 - c. Gunting
 - d. Timbangan digital
 - e. Penggaris
 - f. Gelas ukur
 - g. Suntik 300 ml
 - h. Mirror Glaze
2. Alat pembuatan bahan uji tarik
 - a. Gerinda Duduk
 - b. Gerinda Tangan
 - c. Amplas
 - d. Lakban
 3. Alat Uji Tarik
Uji tarik pada penelitian ini menggunakan alat HT-2402 Computer *Universal Tensile Machine* (UTM), Cap. 50KN dan perlengkapannya di labor Manufaktur Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
 4. Bahan Penelitian
Bahan yang dijadikan bahan uji pada penelitian ini adalah *Unsaturated Polyester Resin* seri *Yucalac 157 60%*, *hardener*, serat *Moven Roving 600* dan serat *chpped strand mat* (CSM) dengan fraksi volume 40%.

D. Teknik Analisis Data

Nilai regangan pada bahan didapat dengan menganalisis grafik uji tarik setiap bahan. Kekuatan tarik pada bahan didapat dengan menggunakan rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana:

σ = Tegangan (N/mm²)

F = Gaya yang diberikan (N)

A = Luas penampang (mm²)

Nilai modulus young atau yang biasanya di simbolkan dengan (*E*) pada bahan didapat menggunakan rumus:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dimana:

E = Modulus Elastisitas (N/mm²)

σ = Tegangan (N/mm²)

ε = Regangan (N/mm²)

Data dari penelitian ini dianalisa menurut hasil pengamatan dan pengujian yang telah dilaksanakan lalu didiskripsikan.

III. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dibuat untuk menentukan sifat mekanis komposit *fiberglass*. Pengujian yang dilakukan ialah uji tarik untuk melihat kuat tarik dan modulus elastisitas. Pembuatan komposit dilakukan dengan menggunakan metode *hand lay-up* proses pembuatan komposit dengan metode *hand lay-up* ini adalah pembuatan komposit dengan menggunakan lapisan

demis lapisan sehingga diperoleh ketebalan yang ditentukan (Alamsyah, 2020). Sebelum melakukan pengujian tarik, terlebih dahulu dilakukan langkah-langkah membuat cetakan, penentuan fraksi volume serat dan persentase katalis.

A. Proses Laminasi Komposit dengan Metode *Hand Lay-up*

Proses pengerjaan benda uji laminasi komposit ialah:

1. Siapkan cetakan, lalu permukaan cetakan diolesi *release agent*. Cetakan dilapisi ± 3 kali, yaitu lapisan pertama dan ketiga menggunakan serat *movin roving 600* sedangkan pada lapisan ke dua menggunakan serat *chopped strand mat* (CSM), setiap lapisan biarkan kering terlebih dahulu. Pelapisan *Mirror glaze* digunakan untuk mempermudah melepaskan benda dari cetakan.
2. Lakukan penentuan volume resin dan volume katalis. *mould* yang dipakai 200 mm \times 200 mm \times 2 mm. Rumus cetakan yang dipakai yaitu:

$$\begin{aligned} V(\text{katalis}) &= V(\text{resin} + \text{katalis}) \\ &= p \times l \times t \\ &= 200 \times 200 \times 2 \\ &= 80.000 \text{ mm}^3 \\ &= 80 \text{ ml} \end{aligned}$$

3. Siapkan serat sesuai dengan persentase volume serat yang diperlukan, massa untuk volume serat yakni 40%

$$\begin{aligned} V_{\text{serat}} &= 40\% \times V_{\text{cetakan}} \\ &= 40\% \times 80 \text{ ml} \\ &= 32 \text{ ml} \end{aligned}$$

4. Resin dan katalis dipersiapkan dengan volume cetakan sebesar 80 ml

$$\begin{aligned} V(\text{resin} + \text{katalis}) &= 60\% \times V_{\text{cetakan}} \\ &= 60\% \times 80 \text{ ml} \\ &= 48 \text{ ml} \end{aligned}$$

5. Tuang resin dan katalis pada sebuah gelas ukur kemudian dicampur sampai merata dengan perbandingan sebagai berikut:

Tabel 1. Fraksi Volume Serat

No Sampel	Persentase katalis (%)	V _{resin} (ml)	V _{katalis} (ml)
1	1	47,52	0,48
2	1,5	47,28	0,72
3	2	47,04	0,96
4	2,5	46,56	1,44

Perhitungan Volume resin dan Volume katalis pada persentase 1%:

$$V_{resin} = V_{total} \times 99\% \\ = 47,52 \text{ ml}$$

$$V_{katalis} = V_{total} \times 1\% \\ = 0,48 \text{ ml}$$

6. Campuran katalis dan resin $\pm 25\%$ dituang kedalam cetakan merata pada cetakan selanjutnya diberi serat untuk melapisi resin kemudian diratakan dengan menggunakan kuas.

Langkah ini diulangi sampai terbentuk tiga lapisan.

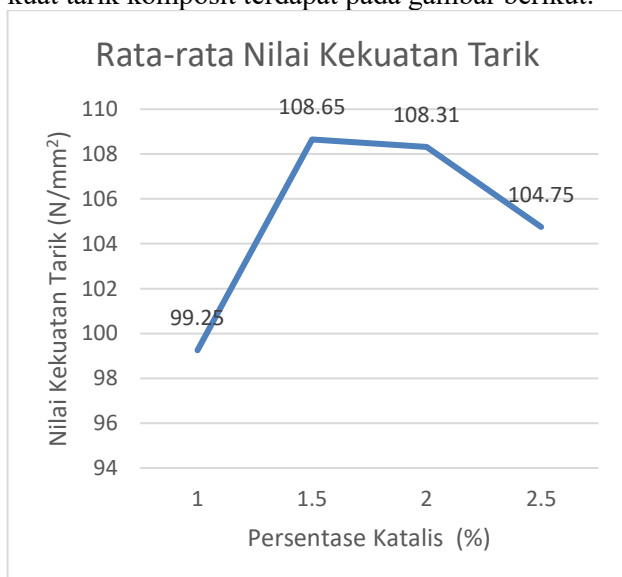
7. Dilakukan penutupan pada cetakan dengan menggunakan kaca dan diberi pemberat untuk menahan laminasi sehingga mendapatkan ketebalan yang ditentukan atau yang diinginkan.
8. Setelah hasil laminasi kering kemudian dilepaskan dari *mold* dan dibuat sesuai ukuran *standart* uji tarik komposit ASTM D638-90.

B. Data Hasil Uji Tarik

Tabel 2. Tabulasi Data Pengujian Bahan

No	Persentase Katalis (%)	Sampel	Kekuatan Luluh (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)	Elogasi (%)	Modulus Elastisitas (N/mm ²)
1	1	1	85,09	113,82	21	542,00
2		2	35,06	82,24	22	373,82
3		3	45,65	96,46	24	401,92
4		4	58,14	95,46	16	596,63
5		5	67,22	108,25	16	676,56
6	1,5	1	60,70	108,63	12	905,25
7		2	87,44	115,58	18	642,11
8		3	46,96	97,64	18	542,44
9		4	69,62	125,34	16	783,38
10		5	43,13	96,06	14	686,14
11	2	1	91,2	118,20	25	472,80
12		2	49,02	100,98	24	420,75
13		3	84,67	108,20	40	270,50
14		4	62,89	106,22	16	663,88
15		5	66,12	107,95	16	674,69
16	2,5	1	48,71	101,40	10	1014,00
17		2	74,79	114,94	28	410,50
18		3	46,51	95,95	22	436,14
19		4	67,26	108,05	27	400,19
20		5	64,40	103,40	10	1034,00

Dari data yang diatas, dapat gambar grafik korelasi antara peyangbahan kamdungan katalis dengan skor kuat tarik komposit terdapat pada gambar berikut:



Gambar 2. Grafik korelasi Jumlah Katalis dengan Nilai Kuat Tarik Komposit

C. Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dilihat pada grafik rata-rata nilai kekuatan tarik terjadi kenaikan skor kuat tarik sebanyak 9,3% dimulai oleh komposit dengan penambahan kandungan katalis 1% hingga penambahan kandungan katalis 1,5%. Selanjutnya terjadi penuruyang nilai kuat tarik 0,3 % dari komposit dengan penambahan jumlah katalis 1,5% sampai dengan komposit dengan penambahan kandungan katalis 2%. Komposit dengan penambahan kandungan katalis 2% hingga kandungan katalis 2,5% kembali terjadi penuruyang skor kuat tarik sebesar 3,3 %.

Hal ini juga seperti riset terdahulu bahwa dengan ditambahkannya jumlah katalis diatas 1% bisa melemahkan kekuatan tarik komposit. Kecendrungan tersebut diperkuat oleh jurnal yang mengatakan bahwa penggunaan katalis yang tidak sedikit bisa menyebabkan kalor yang berlebihan saat proses *hardening*, menghasilkan reaksi kalor yang berlebihih diantara resin dan katalis dapat menyebatkan kerusakan pada hasil laminasi komposit.

Persentase dari perubahan nilai kekuatan tarik berdasarkan tabel data hasil uji tarik, maka bisa ditarik kesimpulan yaitu pemberian katalis pada resin sangat berpengaruh dengan skor kekuatan tarik. Semakin bertambah jumlah katalis yang digunakan pada cairan resin maka semakin bertambah juga nilai kekuatan tariknya. Akan tetapi, penambahan jumlah katalis yang banyak juga dapat mengurangi nilai kekuatan tariknya.

Kenaikan nilai kekuatan tarik disebabkan karena pemakaian jumlah katalis yang sedikit, menyebabkan proses *curing* resin berjalan tidak cepat, sehingga resin mengental yang menyebabkan komposit menjadi tidak keras dan lentur, sehingga penambahan katalis yang sedikit pada komposit memiliki nilai elongasi yang tidak rendah.

Sebaliknya pemakaian katalis yang banyak bisa melemahkan skor kuat tarik komposit. Kondisi ini disebabkan penambahan katalis pada resin yang banyak sehingga *curing* resin menjadi tidak lambat, sehingga hasil laminasi komposit yang didapatkan menjadi tidak lunak serta getas. Penambahan jumlah katalis yang berlebih membuat nilai elongasi komposit membuat semakin kecil, hal ini dapat dilihat pada proses pengujian tarik bahan, komposit menjadi mudah patah dan renggangan yang diperoleh sangat kecil.

Hasil patahan material yang diuji tarik dengan diberikan beban tarik hingga bahan uji tersebut mengalami patah. Gambar bentuk patahan bahan uji tarik bisa dilihat pada berikut:



Gambar 3. Hasil Patahan Bahan Uji Tarik Komposit

Berdasarkan gambar 3, hasil patahan pada tiap bahan berbeda-beda, dari yang patah pada posisi tengah bahan hingga patah yang tidak tepat pada bagian tengah bahan uji. Hal ini disebabkan saat proses laminasi komposit, ada *void* yang mengakibatkan hasil laminasi tidak rata. *Void* terjadi pada saat proses pencampuran resin dan katalis tidak konstan, sehingga *void* yang dihasilkan banyak. Letak dari gelembung udara sangat berpengaruh pada hasil patahan dari material saat uji tarik.

Selain itu saat produksi komposit, serat yang dipakai sebagai penguat tidak mempunyai hasil yang tidak berbeda dipermukaan disetiap lapisannya. Hasil laminasi dipotong 5 macam, banyak serat yang ada pada setiap spesimen tidak merata. Hal itulah yang membuat hasil patahan pada tiap bahan berbeda-beda sesudah dilaksanakan pengujian tarik.

IV. Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian hasil laminasi komposit yang sudah dilaksanakan dengan penambahan nilai

variasi katalis yaitu 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% dapat mempengaruhi kekuatan tarik hasil laminasi komposit dengan cara *hand lay up* ialah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian kekuatan tarik maximum diperoleh pada penambahan katalis 1,5% dengan rata-rata kekuatan tarik 108,65 N/mm². Jika jumlah katalis melebihi 1,5% maka nilai kekuatan tariknya akan menurun.
2. Kenaikan skor kekuatan tarik disebabkan karena pemakaian jumlah katalis yang sedikit, menyebabkan proses *curing* resin berjalan tidak cepat, sehingga resin mengental yang mengalami hasil komposit menjadi tidak keras dan lentur, sehingga penambahan katalis yang sedikit pada komposit mempunyai nilai elongasinya tinggi.
3. Hasil pengujian bahan pada setiap patahan spesimen berbeda-beda. Patahan yang ada pada bahan beragam, mulai dari yang putus pada bagian tengah spesimen hingga patah yang tidak tepat pada tengah spesimen.
4. Proses pembuatan komposit *fiberglass* dengan metode *hand lay-up* digunakan untuk pembuatan lambung kapal.
5. Belum adanya standarisasi presentase resin dan katalis dalam proses pembuatan komposit berbahan *fiberglass*.
6. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai persentase penggunaan katalis dalam proses laminasi *fiberglass*, sehingga dapat menghasilkan produk komposit yang lebih baik.

Referensi

- A, Yufrizal. 2019. "Pengaruh Sudut Potong Dan Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Mild Steel ST 37." *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi* 19(2):29–36.
- Alamsyah, Alamsyah, Taufik Hidayat, and Arif Nur Iskandar. 2020. "Pengaruh Perbandingan Resin Dan Katalis Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass-Polyester Untuk Bahan Pembuatan Kapal." *Zona Laut: Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan* I(2):26–32.
- Azis Nabawi, Rahmat. 2019. "Studi Perancangan Kapal Wisata Katamaran Untuk Pengembangan Wisata Danau Sumatera Barat." *Jurnal Sains Dan Teknologi* 19(1):67–71.
- Djamil, Sofyan, Sobron Y Lubis, and Dan Hartono. 2014. "Kekuatan Tarik Komposit Matrik Polimer Berpenguat Serat Alam Bambu Gigantochloa Apus Jenis Anyaman Diamond Braid Dan Plain Weave." *Jurnal Energi Dan Manufaktur* 7(1):1–8.

- Fatihuddin, Muhammad, Ahmad Kholil, and Ferry Budhi Susetyo. 2019. "Efek Polaritas Dan Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Permukaan Hardfacing Baja Karbon Rendah." *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur* 1(2):1–5.
- Hendri Hestiawan, Jamasri, Kusmono. 2017. "Pengaruh Penambahan Katalis Terhadap Sifat Mekanis Resin Poliester Tak Jenuh." *Teknosia* 3(1):1–7.
- Ilmy, Mohammad Alfian, Salahuddin Junus, and Ahmad Adib Rosyadi. 2018. "Pengaruh Fraksi Volume *Fiber Glass* Terhadap Sifat Mekanik Komposit Fiber Glass / Epoxy Dengan Metode Vari." *Jurnal STATOR, Volume 1 Nomor 1, Januari* 1(1):10–15.
- Irzal, Purwanton, Abdul Latif, and A. Yufrizal. 2022. "Analisa Perbandingan Hasil SMAW(Shield Metal Arc Welding) Dan Las MIG (Metal Inert Gas) Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah ST 37." *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)* 4(2):39–43.
- Kurniawan, Fadly Ahmad. 2017. "Penyelidikan Karakteristik Mekanik Tarik Komposit Serbuk Kasar Kenaf." *Jurnal Inotera* 2(1):1.
- Prabowo, Lukas. 2007. "Pengaruh Perlakuan Kimia Pada Serat Kelapa (Coir Fiber)." *Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma* 4(2):7–17.
- Prasetyo, Adyanto Eko. 2006. "Kekuatan Tarik Komposit Chopped Strandmat Nim Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik." *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin* 3(2):114–23.
- Priyanto, S. 2018. "Analisa Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Pandan Wangi Dan Sekam." *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9):1689–99.
- Putra, Gede Himawan, I. Wayan Surata, Tjokorda Gde, and Tirta Nindhia. 2021. "Karakteristik Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Polyester Berpenguat Serat Sisal Yang Diekstraksi Dengan Metode Water Retting." *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika* 10(1):1230–38.
- Rifelino, Irzal, Doni Hamdani, and Nofri Helmi. 2020. "Conventional Lathe Processes Pengaruh Cutting Condition Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 42 Pada Proses Bubut Konvensional." *Motivaction* 2(3):11–20.
- Rizal, Yose. 2018. "Peningkatan Kekuatan Tarik Baja Karbon AISI 1040 Akibat Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Perlakuan Panas." *Journal of Materials Processing Technology* 2(9):71–78.
- Soemardi, Heryanto Budiono, and Awan Setiawan. 2018. "Pengaruh Prosentase Campuran Resin Dan Katalis Dengan Pelepah Pisang Kepok Terhadap Kekuatan Tarik." *Prosiding SNTT* 4(2):31–36.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D)*; Bandung: Alfabeta.
- Syahril, Syahril. 2019. "The Create Skills of Vocational Students to Design a Product: Comparison Project Based Learning Versus Cooperative Learning-Project Based Learning." *Advances in Social Science, Education and Humanities Research* 299(Ictvet 2018):316–20. doi: 10.2991/ictvet-18.2019.72.
- Wardani, Dhien Kusuma. 2015. "Pengaruh Rasio Resin Dan Hardener the Effect of Resin and Hardener Ratio on the Mechanical Properties of Composite Matrix Reinforced." *Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur Dan Energi* 5(2):97–105.
- Yufrizal, A., Eko Indrawan, and Nofri Helmi. 2019. "Analysis Comparative Feeding Variation to Quality Surface Processes Blocking Equipment of Ems Steel 45on Cnc Latheing Machine." *Journal of Physics: Conference Series* 1387(1):43–51.