



PENGARUH FRAKSI BERAT DAN JENIS KERTAS TERHADAP KEKUATAN IMPAK DAN TARIK KOMPOSIT PVAC SEBAGAI BAHAN BODI MOBIL DARI LIMBAH KERTAS

The Influence of Weight Fraction and Type of Paper on The Impact and Tensile Strength of PVAc Composites as Car Body Materials From Waster Paper

Alief Julidio*¹, Made Wijana², Agus Dwi Chatur³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahitno.62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia.

E-mail: aliefjulidio0907@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 11 November 2023

2023

Accepted 12 November 2023

Available online 13 November 2023

Keywords:

Heavy fraction, composite, waste, paper, impact test, tensile test, PVAc, car body

The development of the automotive industry is currently experiencing many marked advances with various engine types, while on the other hand progress can be seen from There are many car body industries with various products and types of body shapes planned. The development of vehicle body body technology is largely determined by aerodynamic shapes, elegant shapes and aesthetic elements, every type of vehicle always releasing various shapes and accessories, and encouraging creativity engine body to be creative. This research was carried out to reprocess paper waste into materials composite by mixing PVAc white glue and the expected waste paper produce new composite products. This new composite product will later be innovated as a material for making car bodies that will be tested for impact strength and testing pull with a mixture of paper and PVAc glue, 3.5 kg paper: 1 kg glue, 3 kg : 1 kg and 2.5 kg : 1 kg. The research results show that the weight fraction does not have much influence on impact and tensile strength due to the impact test of 3 mixtures, namely 2.5 : 1, 3 : 1, and 3.5 : 1, in the HVS paper variation the highest impact strength is found in the 3 : 1 mixture of 0.027398 J/mm² and the lowest was in



the 3.5:1 mixture at 0.010552 J/mm² , and in the newsprint variety the highest impact strength is found in the mixture 2.5 : 1 is 0.02215 J/mm² and the lowest is found in a mixture of 3.5: 1 of 0.009068 J/mm² , as well as in the tensile test of 3 mixtures, namely 2.5 : 1 , 3 : 1 , and 3.5 : 1, in the HVS paper variation the highest tensile strength is found in the 2.5:1 mixture of 18,644 Mpa, and the lowest was found in the 3.5: 1 mixture of 10,816 Mpa, as well as in The highest impact strength variation of newsprint is found in a 3:1 mixture of 19.423 Mpa and the lowest was found in the 3.5:1 mixture of 14,850 Mpa. Got it conclude that increases and decreases in weight fractions produce strength values impact and tension are not constant in each treatment.

1. PENDAHULUAN

Di era perkembangan zaman yang semakin pesat memberikan dampak positif bagi perkembangan dunia industri. Salah satu dunia industri yang berkembang pesat saat ini adalah industri otomotif. Semakin banyaknya penambahan jumlah penduduk semakin meningkatnya penggunaan alat transportasi, berdampak pada bahan bakar gas yang semakin hari semakin menipis. Industri otomotif saat ini sedang memikirkan untuk menciptakan alat transportasi masa depan yang tidak selalu menggunakan bahan bakar gas. Maka dari itu industri otomotif mengeluarkan inovasi baru yaitu, menciptakan alat transportasi baru yang menggunakan listrik sebagai tenaga penggeraknya (Pribadi, 2015).

Perkembangan industri otomotif pada saat ini mengalami banyak kemajuan ditandai dengan berbagai tipe *engine*, sedangkan di sisi lain kemajuan itu dapat dilihat dari banyaknya industri karoseri dengan berbagai produk dan tipe bentuk bodi yang direncanakan. Perkembangan teknologi karoseri bodi kendaraan banyak ditentukan oleh bentuk yang *aerodinamis*, bentuk yang elegan dan unsur estetika, setiap jenis kendaraan selalu mengeluarkan berbagai macam bentuk dan aksesorisnya, dan memacu kreatifitas *engine* bodi untuk berkreasi (Rachman, 2015).

Mobil listrik merupakan mobil masa depan dan juga topik penelitian yang masuk dalam Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) 2045. Hal yang terpenting dalam merancang mobil ini adalah efisiensi energi untuk dapat menghasilkan performance mobil yang baik. Salah satu langkah untuk efisiensi energi pada mobil listrik adalah penggunaan body mobil yang ringan. Body mobil yang ringan bisa digunakan dengan mengganti bahan body mobil dari logam ke non logam atau komposit. Komposit memiliki keunggulan yaitu memiliki kekuatan yang baik dan ringan. (Fikri, 2020)

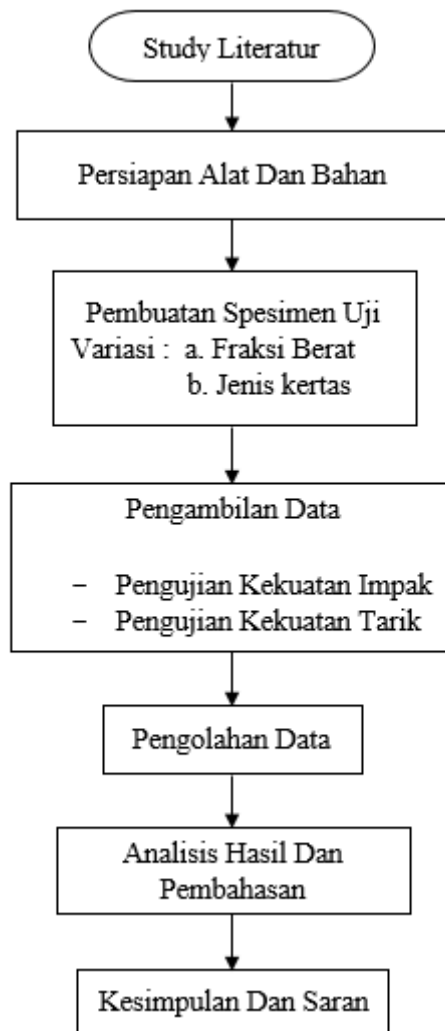
Komposit merupakan salah satu jenis material didalam dunia teknik yang dibuat dengan menggabungkan dua macam bahan yang mempunyai sifat berbeda menjadi satu material baru dengan sifat yang berbeda pula. Dalam bidang teknologi material, bahan-bahan serat alam merupakan kandidat sebagai bahan penguat untuk dapat menghasilkan bahan komposit yang ringan, kuat, ramah lingkungan serta ekonomis (Apriani, 2017).

Kertas sebagai hasil pengolahan dari kayu kemudian dijadikan pulp/bubur kayu yang kemudian diolah sebagai bahan baku kertas. Banyaknya pemanfaatan kertas pada kehidupan sehari-hari menyisakan limbah setelah fungsi kertas tidak dimanfaatkan lagi (Gunarto, dkk. 2008).

Kertas merupakan barang yang banyak digunakan oleh masyarakat berbagai usia. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dunia, permintaan akan kertas juga semakin meningkat. Menurut Kementerian Perindustrian Indonesia tahun 2012, produk kertas tahun 2012 bisa mencapai 13 juta ton. Jurnal tersebut naik sekitar 8,3% dari produk tahun lalu yang hanya 12 juta ton. Penggunaan kertas yang banyak akan menyebabkan peningkatan jumlah limbah kertas. Limbah kertas, meskipun mudah hancur namun sampah-sampah tersebut akan menimbulkan masalah yang dapat mengganggu kebersihan dan keindahan lingkungan. Limbah kertas yang ada sekarang sudah banyak dimanfaatkan kembali dengan cara didaur ulang sehingga dapat dihasilkan kertas yang baru (Khrisna, 2017).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2.1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Persiapan Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Alat yang digunakan
 - a. Baskom
 - b. Jangka sorong
 - c. Moisture meter (pengukur kadar air)
 - d. Cetakan komposit
 - e. Blender
 - f. Saringan atau kain kasa
 - g. Amplas
 - h. Timbangan
 - i. Alat uji impak
 - j. Alat uji tarik
2. Bahan yang digunakan
 - a. Limbah kertas HVS
 - b. Limbah kertas Koran
 - c. Lem putih PVAc
 - d. Air

2.3 Pembuatan Spesimen Uji

Proses pembuatan spesimen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kertas disobek-sobek secara manual menggunakan tangan
2. Setelah semua kertas telah di sobek barulah kertas direndam menggunakan baskom berisi air selama 4 sampai 5 jam
3. Setelah itu kertas yang telah direndam didalam baskom dihancurkan secara manual menggunakan tangan dengan digosok-gosok dan remas langsung di dalam baskom
4. Setelah semua kertasnya hancur, barulah dihancurkan lagi menggunakan blender untuk menaikan homogenya
5. Kertas yang telah diblender disaring menggunakan kain kasa untuk mengurangi kadar airnya dan sambil mengukur kadar airnya agar tidak kurang dari 50%
6. Setelah itu kertas yang telah di saring itu ditimbang secara terpisah dengan lem putih PVAc baru setelah itu kertas dan lem dicampuri hingga rata
7. Setelah kertas yang ditimbang dan dicampur dengan lem telah tercampur rata , barulah di cetak menggunakan cetakan yang telah di siapkan dengan ukuran masing-masing
 - a. Cetakan spesimen uji impak
 - 1) Tebal cetakan 10 mm
 - 2) Lebar cetakan 10 mm
 - 3) Panjang cetakan 55 mm
 - 4) Dan kedalaman takikan spesimen uji impak 2 mm

- b. Cetakan spesimen uji tarik
 - 1) Tebal cetakan 3 mm
 - 2) Lebar cetakan 19 mm
 - 3) Panjang cetakan 115 mm
- 8. Setelah dicetak baru lah di keringkan dibawah sinar mata hari selama 1 sampai 2 minggu hingga kadar airnya mencapai 10%
- 9. Setelah di jemur selama 6 jam , maka dilakukan pengolesan lem PVAc yang telah di cairkan ke seluruh bagian spesimen barulah pengeringan di lanjutkan hingga kadar air mencapai 10%

2.4 Pengambilan Data

Pada tahap ini makan akan dilakukan pengambilan data untuk pengujian kekuatan impact dan kekuatan tarik sebagai berikut

2.4.1 Pengujian kekuatan impact

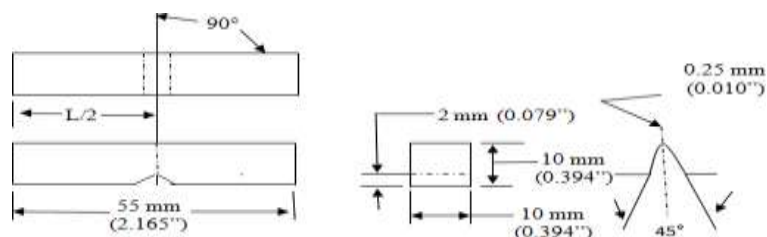
Desain tabel pengambilan data pengujian kekuatan impact komposit limbah kertas

Tabel 2.1 Pengujian Kekuatan Impact spesimen dari kertas HVS dan Koran

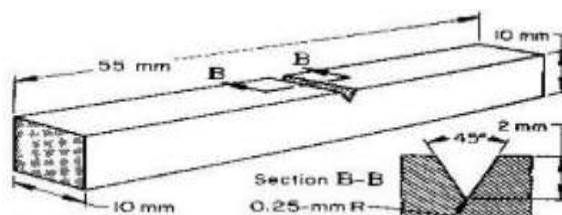
Variasi campuran Kertas : lem	Panjang p (mm)	Lebar b (mm)	Tebal t (mm)	Kedalaman takikan d (mm)	Ketinggian h (mm)	Lebar takikan mm	Energi joule	HI J/mm ²	HI J/mm ² Rata-rata
3,5 : 1									
3 : 1									
2,5 : 1									

Adapun komposisi bubuk kertas pada tabel diatas sudah termaksud dengan 50% kadar airnya juga, sebab bubuk kertas ditimbang setelah diukur kadar airnya, barulah di campur dengan lem putih PVAc sebelum dicetak.

Dimensi dan ukuran spesimen uji impact



Gambar 2.2 Dimensi dan ukuran spesimen uji impact charpy



Gambar 2.3 Bentuk dan dimensi spesimen (Safrijal, 2017).

Setelah mendapatkan hasil pengujian kekuatan impak maka barulah dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$E = W X R [\cos(\beta) - \cos(\alpha)] \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- E : Energi (joule)
- W : Weight of hammer
- R : Panjang lengan bandul
- β : Sudut akhir bandul
- α : Sudut awal bandul

Setelah mendapatkan nilai Energi (Joule) barulah bisa menghitung Harga Impaknya

$$HI = \frac{E_{srp}}{A_o} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

- HI : Nilai Impak (J/mm^2)
- Esrp : Usaha yang diberikan untuk mematahkan beban uji (J)
- Ao : Luas penampang (mm^2)

2.4.2 Pengujian kekuatan tarik

Desain tabel pengambilan data pengujian kekuatan tarik komposit limbah kertas

Tabel 2.2. Pengujian Kekuatan Tarik

Tebal	Komposisi bubuk kertas : lem	Nilai Kekuatan Tarik							
		HVS (a)			Rata-rata	Koran (b)			Rata-rata
		1	2	3		1	2	3	
3 mm	A. 3,5 : 1								
	B. 3 : 1								
	C. 2,5 : 1								

Adapun komposisi bubuk kertas pada tabel diatas sudah termaksud dengan 50% kadar airnya juga, sebab bubuk kertas ditimbang setelah diukur kadar airnya, barulah di campur dengan lem putih PVAc sebelum dicetak.

Setelah mendapatkan hasil pengujian kekuatan tarik maka barulah dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$P = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = P / A \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan

- P = Beban (N)
- A = Luas penampang (mm^2)
- σ = Tegangan (Mpa)

atau

$$\epsilon = \Delta L / L \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan

- ϵ = Regangan (mm/mm)
- ΔL = Pertambahan panjang (mm)
- L = Panjang daerah yang tidak di jepit (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Uji Impact

Pada pengujian kekuatan impact menghasilkan data-data nilai yang beragam yang dapat dilihat pada halaman lampiran. Dari data hasil pengujian impact yang dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Mataram, kemudian didapatkan hasil perhitungan harga impact. Untuk menghitung Harga Impact maka harus mencari dulu E (energi) atau besarnya usaha untuk mematahkan benda uji, adapun rumus yang dipakai untuk mencari E yaitu sebagai berikut

$$E = W \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$$

E = energi impact (Joule)

W = berat pendulum (N)

R = panjang lengan pendulum (m) = jarak antara titik ayun pendulum dengan titik tumpu

α = sudut awal, sebelum pendulum di ayunkan

β = sudut akhir, setelah pendulum menumbuk spesimen

Usaha untuk mematahkan material atau spesimen uji dapat dihitung sebagai berikut

$$E = W \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$$

W = berat pendulum = 201,94 Newton

R = panjang lengan pendulum = 80 cm = 0,8 meter

α = sudut awal, sebelum pendulum di ayunkan = $\cos 15^\circ$

β = sudut akhir, setelah pendulum menumbuk spesimen = $\cos 14^\circ$

Sehingga untuk variasi kertas HVS untuk campuran 3,5 : 1 pengulangan pertama dapat di hitung :

$$E = W \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$E = 201,94 \text{ N} \times 0,8 \text{ m} (\cos 14^\circ - \cos 15^\circ)$$

$$E = 161,552 \times (0,970 - 0,966)$$

$$E = 161,552 \times 0,004$$

$$E = 0,6462 \text{ Joule}$$

Dengan menggunakan cara yang sama dapat dihitung usaha untuk mematahkan spesimen uji pada campuran berikutnya, begitupun pada variasi koran dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan cara yang sama seperti diatas, dan dapat dilihat di tabel 4.1 hasil dari semua perhitungan dari 2 variasi dan campuran antara kertas HVS dan kertas Koran

Dari data perhitungan diatas setelah mendapatkan nilai E (energi) dapat dicari Harga impact menggunakan rumus sebagai berikut

E = Besarnya usaha untuk mematahkan benda uji (Joule)

A_0 = Luas penampang dibawah takikan = (mm)

$$HI = \frac{E_{srp}}{A_0}$$

Sehingga untuk variasi kertas HVS untuk campuran 3,5 : 1 pengulangan pertama dapat di hitung :

E = Besarnya usaha untuk mematahkan benda uji = 0,6462 Joule

A_0 = Luas penampang dibawah takikan = 82,214 mm

$$HI = \frac{E_{srp}}{A_0}$$

$$= \frac{0,6462}{82,214}$$

$$= 0,00786 \text{ Joule/mm}^2$$

Dengan menggunakan cara yang sama dapat dihitung Harga Impak untuk campuran berikutnya , begitupun pada variasi koran dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan cara yang sama seperti diatas, dan dapat di lihat di tabel 4.1 hasil dari semua perhitungan dari 2 variasi dan campuran antara kertas HVS dan kertas Koran

Tabel 3.1 Hasil analisis data nilai rata-rata kekuatan impact

No	Variasi	Campuran Kertas : Lem	A ₀ (mm ²)	E (joule)	HI (J/mm ²)	Rata-rata HI (J/mm ²)
1	HVS	3,5 : 1	82,214	0,6462	0,00786	0,010552
			81,123	0,9693	0,011949	
			81,81	0,9693	0,011848	
		3 : 1	81,769	2,2617	0,02766	0,027398
			83,148	2,2617	0,027201	
			82,742	2,2617	0,027334	
	2,5 : 1	83,108	0,9693	0,011663	0,021955	
		83,476	2,2617	0,027094		
		83,436	2,2617	0,027107		
2	Koran	3,5 : 1	83,476	0,9693	0,011612	0,009068
			82,824	0,6462	0,007802	
			82,945	0,6462	0,007791	
		3 : 1	83,436	0,6462	0,007745	0,009104
			82	0,6462	0,00788	
			82,945	0,9693	0,011686	
	2,5 : 1	83,272	0,9693	0,01164	0,02215	
		81,8	2,2617	0,027649		
		83,272	2,2617	0,02716		

Dari tabel 4.1 data hasil perhitungan pengujian impact di atas , kemudian dapat di gambarkan harga impact dalam bentuk grafik yang terlihat pada gambar 4.1 dan 4.2 dibawah



Gambar 3.1 Grafik hubungan fraksi berat pada kekuatan impact kertas HVS

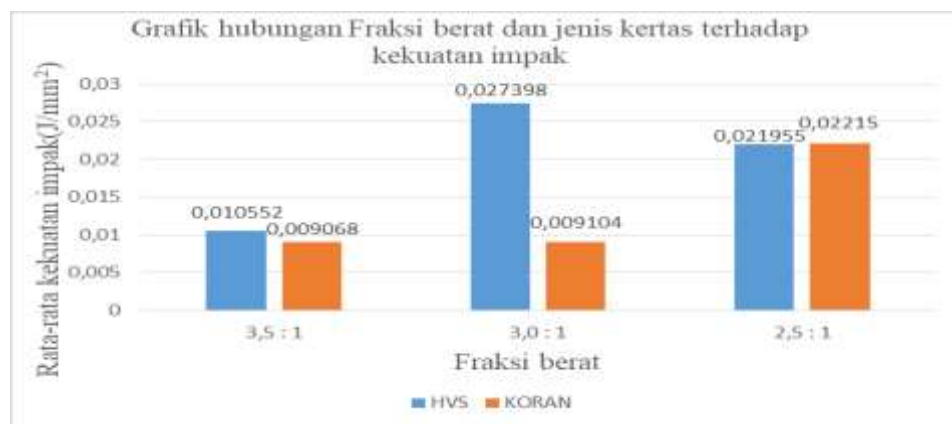
Pada gambar 3.1 perbandingan perbandingan variasi campuran kertas HVS dengan nilai impact yang berbeda pada masing-masing variasi campuran. Dimana rata-rata Harga Impact pada variasi HVS campuran pertama yaitu 3,5 kg kertas dan lem putih 1 kg mendapatkan rata-rata Harga impact sebesar 0,010552 Joule/mm². Campuran kedua pada variasi kertas HVS yaitu 3 kg kertas dan 1 kg lem putih didapat rata-rata

Harga Impak sebesar $0,027398 \text{ Joule/mm}^2$. Campuran ke tiga pada variasi kertas HVS yaitu 2,5 kg kertas dan 1 kg lem putih didapat rata-rata Harga Impak sebesar $0,021955 \text{ Joule/mm}^2$. Dari penelitian yang dilakukan menunjukkan rata-rata Harga Impak terbesar pada variasi campuran 3 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar $0,027398 \text{ Joule/mm}^2$, sedangkan rata-rata Harga Impak terendah pada campuran 3,5 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar $0,010552 \text{ Joule/mm}^2$.



Gambar 3.2 Grafik hubungan fraksi berat pada kekuatan impact kertas Koran

Pada gambar 3.2 perbandingan perbandingan variasi campuran kertas Koran dengan nilai impact yang berbeda pada masing-masing variasi campuran. Dimana rata-rata Harga Impact pada variasi Koran campuran pertama yaitu 3,5 kg kertas dan lem putih 1 kg mendapatkan rata-rata Harga impact sebesar $0,009068 \text{ Joule/mm}^2$. Campuran kedua pada variasi kertas Koran yaitu 3 kg kertas dan 1 kg lem putih didapat rata-rata Harga Impact sebesar $0,009104 \text{ Joule/mm}^2$. Campuran ke tiga pada variasi kertas Koran yaitu 2,5 kg kertas dan 1 kg lem putih didapat rata-rata Harga Impact sebesar $0,02215 \text{ Joule/mm}^2$. Dari penelitian yang dilakukan menunjukkan rata-rata Harga Impact terbesar pada variasi campuran 2,5 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar $0,02215 \text{ Joule/mm}^2$, sedangkan rata-rata Harga Impact terendah pada campuran 3,5 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar $0,009068 \text{ Joule/mm}^2$.



Gambar 4.3 Grafik hubungan fraksi berat dan jenis kertas terhadap kekuatan impact

Pada gambar 4.3 perbandingan variasi campuran pada dua jenis kertas yang berbeda dengan nilai impact yang berbeda pada masing-masing variasi campuran. Dimana rata-rata Harga Impact pada variasi campuran dengan dua jenis kertas yang berbeda dari penelitian yang dilakukan menunjukkan rata-rata Harga Impact terbesar terdapat pada jenis kertas HVS pada variasi campuran 3 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar $0,027398 \text{ Joule/mm}^2$, sedangkan rata-rata Harga Impact terendah terdapat pada jenis kertas koran pada variasi campuran 3,5 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar $0,009068 \text{ Joule/mm}^2$.

3.2 Hasil Uji Tarik

Dari data hasil pengujian tarik yang dilakukan di Laboratorium Fisika Fakultas MIPA Universitas Mataram, kemudian dicari Tegangan dan Regangan menggunakan rumus sebagai berikut

Mencari Tegangan

$$P = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = P / A$$

P = Beban (N)

A = Luas penampang (mm²)

σ = Tegangan (Mpa)

Sehingga untuk variasi kertas HVS untuk campuran 2,5 : 1 pengulangan pertama dapat di hitung :

$$\sigma = P / A$$

$$\sigma = 317,99 / 18$$

$$\sigma = 17,666 \text{ Mpa}$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk mencari nilai σ (tegangan) pada pengulangan untuk variasi campuran lainnya pada HVS maupun Koran, dan dari data perhitungan diatas setelah mendapatkan nilai σ (tegangan) dapat di cari ε (Regangan) menggunakan rumus sebagai berikut

$$\epsilon = \Delta L / L$$

Keterangan

ε = Regangan (mm/mm)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L = Panjang daerah yang tidak di jepit (mm)

Sehingga untuk variasi kertas HVS untuk campuran 2,5 : 1 pengulangan pertama dapat di hitung :

$$\epsilon = \Delta L / L$$

$$\epsilon = 3,418 / 65$$

$$\epsilon = 0,052584 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk mencari nilai ε (Regangan) pada pengulangan untuk variasi campuran lainnya pada HVS maupun Koran

Tabel 4.2 Hasil analisis data nilai rata-rata kekuatan tarik

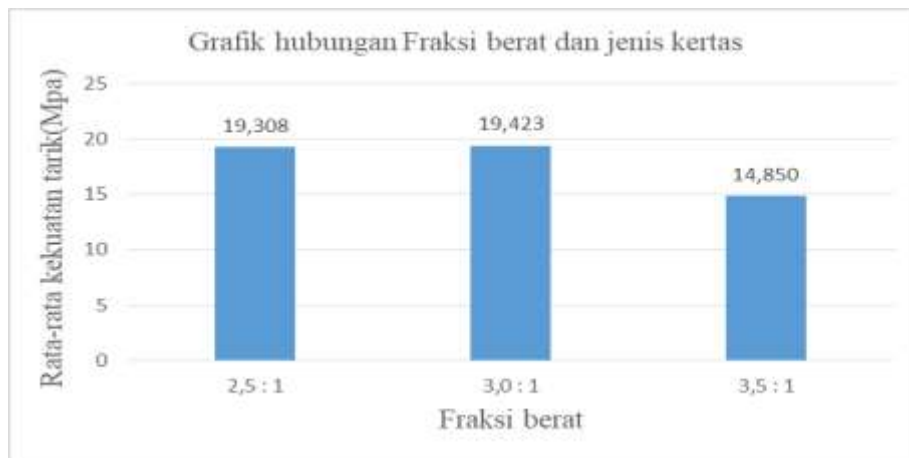
No	Variasi	Campuran	Kekuatan tarik σ	Rata-rata	
1	HVS	2,5 : 1	17,666	18,644	
			18,246		
			20,021		
		3 : 1	16,368		16,240
			16,174		
			16,177		
	3,5 : 1	12,269	10,816		
		9,0199			
		11,158			
2	Koran	2,5 : 1	19,421	19,308	
			20,807		
			17,696		
		3 : 1	16,293		19,423
			20,018		
			21,959		
	3,5 : 1	13,635	14,850		
		16,099			
		14,817			

Dari tabel 3.2 pada data hasil perhitungan uji tarik di atas , kemudian dapat di gambarkan nilai rata-rata tegangan stres maksimal dari varisasi kertas HVS dan kertas koran dalam bentuk grafik dengan menggunakan diagram batang yang terlihat pada gambar 4.4 dan 4.5 dibawah



Gambar 3.4 Grafik diagram batang nilai rata-rata tegangan stres maksimal variasi kertas HVS

Pada gambar 3.4 grafik perbandingan variasi campuran kertas HVS dengan nilai tegangan stres maksimal yang berbeda pada masing-masing variasi campuran didapatkan nilai rata-rata tegangan stress maksimal pada variasi HVS campuran pertama yaitu 2,5 kg kertas dan lem putih 1 kg mendapatkan rata-rata tegangan sebesar 18,644 Mpa. Campuran kedua pada variasi kertas HVS yaitu 3 kg kertas dan 1 kg lem putih didapat nilai rata-rata tegangan sebesar 16,240 Mpa. Campuran ke tiga pada variasi kertas HVS yaitu 3,5 kg kertas dan 1 kg lem putih didapat nilai rata-rata tegangan sebesar 10,816 Mpa. Dari penelitian yang dilakukan menunjukkan rata-rata nilai tegangan terbesar pada variasi campuran 2,5 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar 18,644 Mpa, sedangkan rata-rata nilai tegangan terendah pada campuran 3,5 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar 10,816 Mpa.



Gambar 3.5 Grafik hubungan fraksi berat terhadap kekuatan tarik

Pada gambar 3.5 grafik perbandingan variasi campuran kertas Koran dengan nilai tegangan stres maksimal yang berbeda pada masing-masing variasi campuran didapatkan nilai rata-rata tegangan stress maksimal pada variasi Koran campuran pertama yaitu 2,5 kg kertas dan lem putih 1 kg mendapatkan rata-rata tegangan sebesar 19,308 Mpa. Campuran kedua pada variasi kertas Koran yaitu 3 kg kertas dan 1 kg lem putih didapat nilai rata-rata tegangan sebesar 19,423 Mpa. Campuran ke tiga pada variasi kertas Koran yaitu 3,5 kg kertas dan 1 kg lem putih didapat nilai rata-rata tegangan sebesar 14,85 Mpa. Dari penelitian yang dilakukan menunjukkan rata-rata nilai tegangan terbesar pada variasi campuran 3 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar 19,423 Mpa, sedangkan rata-rata nilai tegangan terendah pada campuran 3,5 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar 14,850 Mpa.



Gambar 3.6 Grafik hubungan fraksi berat dan jenis kertas terhadap kekuatan tarik

Pada gambar 3.6 perbandingan variasi campuran pada dua jenis kertas yang berbeda dengan nilai kekuatan tarik yang berbeda pada masing-masing variasi campuran, dimana nilai kekuatan tarik pada variasi campuran dengan dua jenis kertas yang berbeda dari penelitian yang dilakukan menunjukkan rata-rata nilai kekuatan tarik terbesar terdapat pada jenis kertas koran pada variasi campuran 3 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar 19,423 MPa, sedangkan rata-rata nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada jenis kertas HVS pada variasi campuran 3,5 kg kertas dengan 1 kg lem putih yaitu sebesar 10,816 MPa.

Dari data nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi pada pengujian diatas yang dapat dilihat pada gambar 4.6, nilai tertinggi terdapat pada campuran 3 kg kertas koran dan 1 kg lem pada jenis kertas koran sebesar 19,423 Mpa. Dari hasil penelitian diatas dapat di bandingkan dengan penelitian terdahulu dimana pembuatan body mobil listrik menggunakan *Fiberglass* pada KMHE (Kontes Mobil Hemat Energi) tahun 2019 mendapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 39,48 Mpa, dan data hasil dua penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah

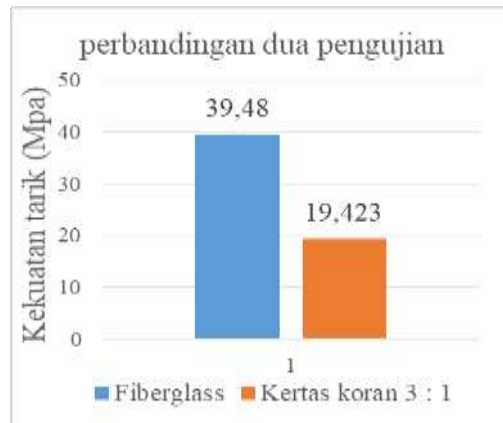
Tabel 3.3 Hasil uji kekuatan tarik Fiberglass dari penelitian terdahulu (Fadilah, 2020).

spesimen	Lebar mm	Tebal mm	Luas area mm ²	Beban N	Kekuatan tarik MPa	Regangan (%)	ΔL mm	L mm
1	6	3	18	293,28	16,293	2,8582	1,8177	65
2	6	3	18	360,32	20,018	3,5678	2,3191	65
3	6	3	18	395,26	21,959	3,968	2,5592	65
Rata-rata	6	3	18	349,62	19,423	3,4647	2,232	65

Tabel 3.4 Hasil uji kekuatan tarik campuran 3 : 1 variasi kertas koran

spesimen	Lebar mm	Tebal mm	Luas area mm ²	Beban N	Kekuatan tarik MPa	Regangan (%)	ΔL mm	L mm
1	25	1,40	35	1037	29,615	0,43	8,6	20
2	25	1,40	35	1186	33,976	0,42	8,4	20
3	25	1,40	35	1566	44,745	0,64	8	20
4	25	1,40	35	1735	49,581	0,62	12,4	20
Rata-rata	25	1,40	35	1381	39,48	0,5275	9,35	20

Dapat dilihat dari dua tabel hasil uji tarik diatas, dimana tabel 3.3 merupakan hasil uji tarik dari fiberglass yang merupakan penelitian terdahulu dan tabel 3.4 merupakan hasil uji tarik penelitian yang saat ini sedang dilakukan. Dari dua hasil uji tarik di atas akan dibuat diagram batang sebagai berikut



Gambar 3.7 Perbandingan pengujian kekuatan tarik

Dapat dilihat pada gambar 3.7 diatas nilai rata-rata kekuatan tarik dari dua pengujian dimana nilai terbesar terdapat pada penelitian terdahulu yaitu komposit fiberglass dengan nilai 39,48 Mpa

3.3 Uji Anova 2 Arah

3.3.1 Uji Anova pada kekuatan impact

Pengujian analisis variansi (ANOVA) dilakukan terhadap nilai kekuatan impact untuk mengetahui apakah faktor-faktor yang diteliti berpengaruh signifikan terhadap variabel respon tersebut.

Tabel 3.5 Nilai Rata-rata HI kertas HVS dan Koran

Fraksi Berat kertas : lem	HI HVS(J/mm ²)	HI KORAN(J/mm ²)
3,5 : 1	0,010552	0,009068
3,0 : 1	0,027398	0,009104
2,5 : 1	0,021955	0,02215

Dari data tersebut dilakukan pengujian hipotesis terhadap perbedaan rata-rata perlakuan (perbedaan pengaruh perlakuan) dan perbedaan pengaruh blok dengan hipotesis:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ utk sedikitnya satu pasang } (i, j)$$

Dan

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 \text{ utk sedikitnya satu } j$$

Tingkat signifikansi $\alpha = 5\% = 0.05$

Analisis Varian:

Mencari JK_{Total} menggunakan persamaan berikut:

$$JK_{Total} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$$

$$= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

$$JK_{Total} = 0,010552^2 + 0,009068^2 + 0,027398^2 + 0,009104^2 + 0,021955^2 + 0,02215^2 - \frac{0,100227^2}{6}$$

6

Dinamika Teknik Mesin.

$$JK_{Total} = 0,001999751 - 0,0016742419$$

$$JK_{Total} = 0,000325509$$

Mencari $JK_{Perlakuan}$ menggunakan persamaan berikut :

$$JK_{Perlakuan} = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^a y_{i\cdot}^2 - \frac{y_{\cdot\cdot}^2}{N}$$

$$JK_{Perlakuan} = 1 \frac{(0,01962^2 + 0,036502^2 + 0,044105^2)}{2} - \frac{0,100227}{6}$$

$$JK_{Perlakuan} = 0,001831296 - 0,0016742419$$

$$JK_{Perlakuan} = 0,000157$$

Mencari JK_{Blok} menggunakan persamaan berikut :

$$JK_{Blok} = \frac{1}{a} \sum_{j=1}^b y_{\cdot j}^2 - \frac{y_{\cdot\cdot}^2}{N}$$

$$JK_{Blok} = 1 \frac{(0,059905^2 + 0,040322^2)}{3} - \frac{0,100227}{6}$$

$$JK_{Blok} = 0,001738158 - 0,0016742419$$

$$JK_{Blok} = 0,000063916$$

Mencari JK_{Galat} menggunakan persamaan berikut :

$$JK_{Galat} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} - JK_{Blok}$$

$$JK_{Galat} = 0,000325509 - 0,000157 - 0,000063916$$

$$JK_{Galat} = 0,000104593$$

Mencari $KT_{Perlakuan}$ menggunakan persamaan berikut :

$$KT_{Perlakuan} = \frac{JK_{Perlakuan}}{a - 1}$$

$$KT_{Perlakuan} = \frac{0,000157}{2}$$

$$KT_{Perlakuan} = 0,0000785 = 7,85E-05$$

Mencari KT_{Blok} menggunakan persamaan berikut :

$$KT_{Blok} = \frac{JK_{Blok}}{b - 1}$$

$$KT_{Blok} = \frac{0,000063916}{1}$$

$$KT_{Blok} = 0,000063916 = 6,39E-05$$

Mencari KT_{Galat} menggunakan persamaan berikut :

$$KT_{Galat} = \frac{JK_{Galat}}{2}$$

$$KT_{Galat} = \frac{0,000105}{2}$$

$$KT_{Galat} = 0,0000525$$

Mencari F_{Hitung} fraksi berat menggunakan persamaan berikut :

$$F_{Hitung} = \frac{KT_{Perlakuan}}{KT_{Galat}}$$

$$F_{Hitung} = \frac{0,0000785}{0,0000525}$$

$$F_{Hitung} = 1,500956022$$

Mencari F_{Hitung} pada jenis kertas menggunakan persamaan berikut :

$$F_{Hitung} = \frac{KT_{Blok}}{KT_{Galat}}$$

$$F_{Hitung} = \frac{0,000063916}{0,0000525}$$

$$F_{Hitung} = 1,222801325$$

Tabel 3.6 Hasil perhitungan ANOVA 2 arah pada kekuatan Impak

Sumber keragaman	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat bebas (db)	Kuadrat tengah (KT)	F_{hitung}	$P-value$	F_{Tabel}
Fraksi berat	0,000157	2	7,85E-05	1,500956022	0,399627	19
Jenis kertas	6,39E-05	1	6,39E-05	1,222801325	0,384028	18,51282
Error	0,000105	2	0,0000525			
Total	0,000326	5				

H_0 ditolak jika $F_{Hitung} > F_{a, b-1, (a-1)(b-1)}$

H_0 ditolak jika $F_{Hitung} > F_{a, a-1, (a-1)(b-1)}$

$$F_{Hitung} < F_{0,05, 2, 2} = 19 \quad F_{Hitung} = 1,222801$$

$$F_{Hitung} < F_{0,05, 1, 2} = 18,512 \quad F_{Hitung} = 1,500956$$

$F_{Hitung} < F_{0,05, 2, 2} = 19$ sehingga H_0 diterima dan dapat disimpulkan bahwa , fraksi berat tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan Impak antar ketiga perlakuan

$F_{Hitung} < F_{0,05, 1, 2} = 18,512$ sehingga H_0 diterima dan dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap jenis kertas pada kekerasan material

3.3.2 Uji Anova pada kekuatan tarik

Pengujian analisis variansi (ANOVA) dilakukan terhadap nilai kekuatan tarik untuk mengetahui apakah faktor-faktor yang diteliti berpengaruh signifikan terhadap variabel respon tersebut.

Tabel 3.7 Nilai rata-rata kekuatan tarik HVS dan KORAN

Fraksi Berat kertas : lem	Kekuatan tarik HVS	Kekuatan tarik Koran
2,5 : 1	18,644	19,308
3,0 : 1	16,240	19,423
3,5 : 1	10,816	14,850

Dari data tersebut dilakukan pengujian hipotesis terhadap perbedaan rata-rata perlakuan (perbedaan pengaruh perlakuan) dan perbedaan pengaruh blok dengan hipotesis:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ utk sedikitnya satu pasang } (i, j)$$

Dan

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 \text{ utk sedikitnya satu } j$$

Tingkat signifikansi $\alpha = 5\% = 0,05$

Dinamika Teknik Mesin.

Analisis Varian:

Mencari JK_{Total} pada uji tarik menggunakan persamaan berikut:

$$JK_{Total} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$$
$$= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

$$JK_{Total} = 18,644^2 + 19,308^2 + 16,240^2 + 19,423^2 + 10,816^2 + 14,850^2 - \frac{99,281^2}{6}$$

$$JK_{Total} = 1698,8964 - 1642,7861$$

$$JK_{Total} = 56,1103$$

Mencari $JK_{Perlakuan}$ pada uji tarik menggunakan persamaan berikut:

$$JK_{Perlakuan} = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^a y_{i.}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

$$JK_{Perlakuan} = 1 \frac{(37,952^2 + 35,663^2 + 25,666^2) - 99,281^2}{2 \cdot 6}$$

$$JK_{Perlakuan} = 1685,4737 - 1642,7861$$

$$JK_{Perlakuan} = 42,6876$$

Mencari JK_{Blok} pada uji tarik menggunakan persamaan berikut:

$$JK_{Blok} = \frac{1}{a} \sum_{j=1}^b y_{.j}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

$$JK_{Blok} = 1 \frac{(45,7^2 + 53,581^2) - 99,281^2}{3 \cdot 6}$$

$$JK_{Blok} = 1653,1378 - 1642,7861$$

$$JK_{Blok} = 10,3517$$

Mencari JK_{Galat} pada uji tarik menggunakan persamaan berikut:

$$JK_{Galat} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} - JK_{Blok}$$

$$JK_{Galat} = 56,1103 - 42,6876 - 10,3517$$

$$JK_{Galat} = 3,071$$

Mencari $KT_{Perlakuan}$ pada uji tarik menggunakan persamaan berikut:

$$KT_{Perlakuan} = \frac{JK_{Perlakuan}}{a - 1}$$

$$KT_{Perlakuan} = \frac{42,6876}{2}$$

$$KT_{Perlakuan} = 21,3438$$

Mencari KT_{Blok} pada uji tarik menggunakan persamaan berikut:

$$KT_{Blok} = \frac{JK_{Blok}}{b - 1}$$

$$KT_{Blok} = \frac{10,3517}{1}$$

$$KT_{Blok} = 10,3517$$

Mencari KT_{Galat} pada uji tarik menggunakan persamaan berikut:

$$KT_{Galat} = \frac{JK_{Galat}}{2}$$

$$KT_{Galat} = \frac{3,071}{2}$$

$$KT_{Galat} = 1,5355$$

Mencari F_{Hitung} pada Fraksi berat menggunakan persamaan berikut :

$$F_{Hitung} = \frac{KT_{Perlakuan}}{KT_{Galat}}$$

$$F_{Hitung} = \frac{21,3438}{1,5355}$$

$$F_{Hitung} = 13,90022$$

Mencari F_{Hitung} pada jenis kertas menggunakan persamaan berikut :

$$F_{Hitung} = \frac{KT_{Blok}}{KT_{Galat}}$$

$$F_{Hitung} = \frac{10,3517}{1,5355}$$

$$F_{Hitung} = 6,74158$$

Tabel 3.8 Hasil perhitungan ANOVA 2 arah pada kekuatan tarik

Sumber keragaman	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat bebas (db)	Kuadrat tengah (KT)	F_{hitung}	$P-value$	F_{tabel}
Fraksi berat	42,68755	2	21,34378	13,89986	0,067115	19
Jenis kertas	10,35169	1	10,35169	6,741409	0,121818	18,51282
Error	3,071077	2	1,535538			
Total	56,11032	5				

H_0 ditolak jika $F_{Hitung} > F_{a, b-1, (a-1)(b-1)}$

H_0 ditolak jika $F_{Hitung} > F_{a, a-1, (a-1)(b-1)}$

$$F_{Hitung} < F_{0,05, 2, 2} = 19 \quad F_{Hitung} = 6,74158$$

$$F_{Hitung} < F_{0,05, 1, 2} = 18,512 \quad F_{Hitung} = 13,90022$$

$F_{Hitung} < F_{0,05, 2, 2} = 19$ sehingga H_0 diterima dan dapat disimpulkan bahwa , fraksi berat tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik antar ketiga perlakuan

$F_{Hitung} < F_{0,05, 1, 2} = 18,512$ sehingga H_0 diterima dan dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap jenis kertas pada kekerasan material

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Fraksi berat tidak terlalu berpengaruh terhadap kekuatan impact dan tarik karena pada uji impact dari 3 campuran yaitu 2,5 : 1 , 3 : 1 , dan 3,5 : 1 , pada variasi kertas HVS kekuatan impact tertinggi terdapat pada campuran 3 : 1 sebesar 0,027398 J/mm² dan terendah terdapat pada campuran 3,5 : 1 sebesar 0,010552 J/mm², serta pada variasi kertas koran kekuatan impact tertinggi terdapat pada campuran 2,5 : 1 sebesar 0,02215 J/mm² dan terendah terdapat pada campuran 3,5 : 1 sebesar 0,009068 J/mm², begitupun pada uji tarik dari 3 campuran yaitu 2,5 : 1 , 3 : 1 , dan 3,5 : 1 , pada variasi kertas HVS kekuatan tarik tertinggi terdapat pada campuran 2,5 : 1 sebesar 18,644 Mpa, dan terendah terdapat pada campuran 3,5 : 1 sebesar

Dinamika Teknik Mesin.

10,816 Mpa, serta pada variasi kertas koran kekuatan impact tertinggi terdapat pada campuran 3 : 1 sebesar 19,423 Mpa dan terendah terdapat pada campuran 3,5 : 1 sebesar 14,850 Mpa. Dapat di simpulkan bahwa kenaikan dan penurunan pada fraksi berat menghasilkan nilai kekuatan impact dan tarik yang tidak konstan pada tiap perlakuannya

2. Jenis kertas berpengaruh terhadap kekuatan impact dan tarik, dimana kekuatan impact tertinggi terdapat pada kertas HVS sebesar 0,027398 J/mm² dan nilai impact terkecil terdapat pada kertas koran sebesar 0,009068 J/mm². Berbanding terbalik pada pengujian tarik dimana kekuatan tarik tertinggi terdapat pada kertas koran sebesar 19,423 Mpa dan nilai kekuatan tarik terkecil terdapat pada kertas HVS sebesar 10,816 Mpa.
3. Berdasarkan perbandingan pendekatan dengan penelitian sejenis bahan fiberglass diketahui bahwa komposit dari campuran kertas dan lem belum bisa menggantikan bahan pembuatan bodi mobil, karena nilai dari kekuatan tariknya masih lebih rendah dari bodi mobil berbahan dasar fiberglass.

DAFTAR PUSTAKA

- Pribadi, O.S (2015) Proses Pembuatan Bodi Pada Mobil Listrik Menggunakan Bahan Komposit. Fakultas Teknik Universitas Semarang. *Skripsi*
- Rachman, A. (2015) Pembuatan Body Mobil Listrik Dengan Menggunakan Media Fiberglass. Fakultas Teknik Universitas Semarang. *Skripsi*
- Fikri,A., dan Nasuha, C. N. (2020) Pengaruh Massa Filler Composite Dari Serat Jerami Terhadap Nilai Tegangan Tarik Bahan Untuk Aplikasi Body Mobil Listrik. *Jurnal Fakultas Teknik Kuningan, 1(1),1-4*
- Apriani, E. (2017). Analisa Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Limbah dari Serat Kelapa Muda, Batang Pisang dan Kertas bekas terhadap Kekuatan Bending sebagai Papan Komposit. *Jurnal Engine_ Energi, Manufaktur, dan Material, 1(2), 38-46.*
- Gunarto, A., Satyarno, I., And Tjokrodinuljo, K. (2009) Pemanfaatan Limbah Kertas Koran Untuk Pembuatan Panel Papercrete. In *Civil Engineering Forum Sipil (Vol. 18, No 2, Pp. Pp-788)*
- Safrijal, S., And Ali, S. (2017) Pengujian Papan Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Menggunakan Alat Uji Impact Charpy. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, inovasi dan Teknologi*
- Fadilah,R., Dan Widyaputra,G. (2020) Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Material Komposit Pada Body Mobil Listrik Prosoe Kmhe 2019. *Jurnal Teknik Mesin: Vol. 09, No. 2*