

Proses Manufaktur Mobil Hemat Energi ARSHAKA V.I Dengan Bahan Bakar Ethanol [Manufacturing Process of Energy-Efficient Car ARSHAKA V.I Using Ethanol Fuel]

Muhammad Rifqi Habibi¹⁾, Mulyadi²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Email corresponding author: mulyadi@umsida.ac.id

Abstract. *This study aims to analyze the manufacturing process of the ARSHAKA V.I Energy Efficient Car fueled by ethanol in the prototype category, including production planning, calculation of manufacturing time and costs, and vehicle performance testing. The research method was carried out systematically through literature studies, detailed drawing design, Bill of Material (BoM) preparation, calculation of manufacturing process time, calculation of production and Machine rental costs, and performance tests in the form of braking tests and frame deflection tests. The main frame material uses aluminum 6061 because it has light, strong, and corrosion-resistant properties, while the body is made of fiberglass material to reduce vehicle weight. The results of the study show that the total manufacturing process time of the ARSHAKA V.I Energy Efficient Car is 1553.7 hours, with a total production cost of Rp33,596,033. After adding Machine rental costs and a profit of 20%, the selling price of the vehicle is set at Rp41,884,839. The results of the performance test indicate that the braking system and frame strength are within safe limits and are suitable for use in the KMHE competition. Thus, the ARSHAKA V.I Energy-Efficient Car is deemed to meet the energy efficiency, safety, and manufacturing feasibility requirements for a prototype vehicle.*

Keywords: *energy-efficient car, manufacturing process, prototype*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses manufaktur Mobil Hemat Energi ARSHAKA V.I berbahan bakar etanol pada kategori *prototype*, meliputi perencanaan produksi, perhitungan waktu dan biaya manufaktur, serta pengujian performansi kendaraan. Metode penelitian dilakukan secara sistematis melalui studi literatur, perancangan detail gambar, penyusunan *Bill of Material* (BoM), perhitungan waktu proses manufaktur, perhitungan biaya produksi dan Sewa Mesin, serta uji performansi berupa uji pengereman dan uji defleksi rangka. Material utama rangka menggunakan aluminium 6061 karena memiliki sifat ringan, kuat, dan tahan korosi, sedangkan *body* dibuat dari material *fiberglass* untuk mengurangi berat kendaraan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total waktu proses manufaktur Mobil Hemat Energi ARSHAKA V.I adalah sebesar 1553,7 jam, dengan total biaya produksi sebesar Rp33.596.033. Setelah ditambahkan biaya Sewa Mesin dan keuntungan sebesar 20%, harga jual kendaraan ditetapkan sebesar Rp41.884.839. Hasil uji performansi menunjukkan bahwa sistem pengereman dan kekuatan rangka berada dalam batas aman dan layak digunakan untuk kompetisi KMHE. Dengan demikian, Mobil Hemat Energi ARSHAKA V.I dinilai memenuhi aspek efisiensi energi, keselamatan, dan kelayakan manufaktur untuk kendaraan kategori *prototype*.

Kata kunci: mobil hemat energi, proses manufaktur, *prototype*.

I. PENDAHULUAN

Kemajuan pesat dalam teknologi transportasi dan kenaikan harga minyak mentah global, mendorong setiap produsen otomotif untuk mengembangkan teknologi kendaraan yang efisien bahan bakar dan ramah lingkungan, sambil tetap mempertahankan performa mesin yang optimal tanpa mengubah dimensi kendaraan[1]. Hampir seluruh perusahaan yang bergerak di bidang otomotif berlomba untuk menghasilkan produk yang mampu menghemat pemakaian bahan bakar melalui pengembangan teknologinya. Hal ini salah satunya dapat diwujudkan dalam sebuah kreativitas dalam kontes mobil hemat energi[2]

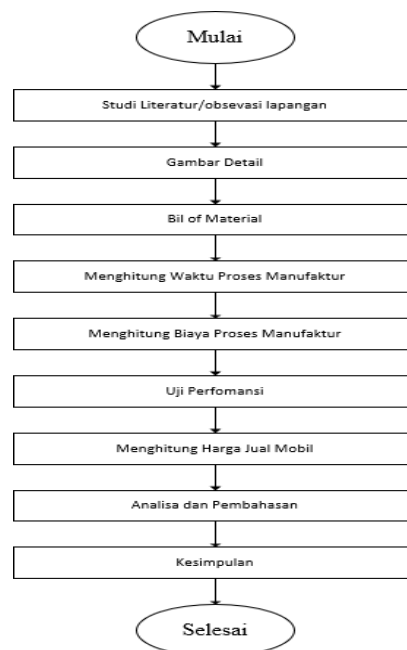
Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) adalah kompetisi tahunan yang diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi untuk menguji kemampuan mahasiswa dalam merancang kendaraan yang hemat energi, aman, dan ramah lingkungan[3]. Kompetisi ini terdiri dari dua kategori, yaitu *Prototype* dan *Urban*, yang masing-masing menekankan konsep aerodinamika dan kendaraan layak jalan. Kegiatan ini diikuti oleh berbagai universitas di seluruh Indonesia[4]. Mobil Arshaka V1 kategori *prototype* menggunakan bahan bakar etanol karena lebih ramah lingkungan, beremisi lebih rendah, dan memungkinkan rasio kompresi tinggi tanpa *knocking*. Namun, karena nilai kalor etanol lebih rendah dibandingkan bensin, konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan menjadi lebih besar. *Prototype* adalah kendaraan masa depan yang menampilkan desain khusus yang mengutamakan efisiensi bahan bakar[5]

Setiap kendaraan umum mempunyai bagian-bagian satu sama lain yang saling berhubungan. Salah satunya adalah *chassis*[6]. banyak penelitian yang dilakukan di bidang produksi *chassis* mobil hemat energi arshaka v.1 dengan kelas prototipe. Kategori prototipe yaitu rancangan kendaraan fokus pada desain kendaraan yang aerodinamis dan seringan mungkin supaya mobil dapat menempuh jarak terjauh dengan penggunaan energi yang efisien *Chassis* adalah faktor terpenting dalam stabilitas kendaraan[7]. Rancangan *chassis* mobil listrik ini didasarkan pada persyaratan kelas prototipe mobil hemat energi (KMHE)[8]. *chassis* yang dipilih adalah sasis yang kuat dan ringan untuk mobil hemat energi kategori *prototype*, di sisi lain, bobot yang ringan menjadi kunci utama untuk mengurangi gaya hambat dan beban kerja motor, sehingga konsumsi energi dapat ditekan seminimal mungkin. Bahan yang digunakan dalam pembuatan sasis kami menggunakan aluminium 6061 Aluminium 6061 merupakan bahan yang ideal untuk berbagai aplikasi rekayasa, termasuk dalam pembuatan mobil hemat energi, karena kombinasi antara kekuatan, ringan, tahan korosi, dan kemudahan dalam proses manufaktur.[9] Parameter-parameter yang harus diuji untuk upaya penghematan konsumsi energi pada mobil *prototype* antara lain: sasis, bentuk body mobil,serta mesin penggerak. Sasis yang dipilih adalah sasis yang kuat dan ringan untuk mobil hemat energi kategori *prototype*[10].

Pada bagian *body* mobil hemat energi Arshaka V1 dibuat serta dirancang sedemikian rupa supaya memperoleh bobot yang ringan dan juga kuat. *Body* merupakan komponen yang sangat penting dalam kendaraan[11] pemilihan material *body* merupakan salah satu faktor penting yang sangat memengaruhi efisiensi kendaraan secara keseluruhan. Salah satu material yang sering digunakan untuk pembuatan *body* adalah fiber atau serat[12] Semakin ringan kendaraan, maka semakin sedikit energi yang dibutuhkan untuk menggerakkanya hal ini tentu sejalan dengan prinsip dasar kendaraan hemat energi yang berfokus pada efisiensi bahan bakar[13].

II. METODE

Untuk mencapai target penelitian dengan tepat waktu maka dibuat tahapan – tahapan penelitian secara sistematis. Seperti pada gambar diagram alir dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

A. Studi Literatur/Observasi Lapangan

Pada tahapan ini merupakan tahapan penting dalam penelitian yang berfungsi untuk mengidentifikasi, mengkaji, dan mengevaluasi penelitian terdahulu yang relevan dengan topik yang diteliti[14]. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber seperti karya ilmiah, buku, jurnal referensi, dan berbagai sumber lainnya. Studi literatur membantu peneliti dalam memahami topik yang sedang diteliti dengan mengenal konsep dan temuan-temuan dari penelitian sebelumnya.

B. Gambar Detail

Dalam pembuatan detail gambar, tujuannya adalah untuk memberikan panduan yang jelas dan akurat kepada tim manufaktur dalam proses perakitan komponen-komponen Mobil hemat energi ARSHAKA V.I. Detail gambar ini tidak hanya berfungsi sebagai acuan, tetapi juga menjadi alat komunikasi yang efektif antara tim desain dan produksi[15]. Dengan mencantumkan dimensi, bentuk, serta posisi aktual dari setiap komponen, gambar ini memastikan bahwa setiap bagian mesin dapat dibuat dan dirakit dengan tepat sesuai spesifikasi yang telah direncanakan.

C. Bill of Material (BoM)

Menentukan komponen yang dibeli dan dibuat pada Mobil hemat energi ARSHAKA V.I, dalam *Bill of Material* memerlukan pemahaman komponen mana saja yang bisa diproduksi sendiri (*in-house*) dan mana yang dibeli. Mobil hemat energi ARSHAKA V.I ini memiliki beberapa kriteria pada komponen yang dibuat dan dibeli seperti berikut:

1. Kriteria komponen dibeli (*purchased parts*)
 - Kompleksitas produksi: komponen yang membutuhkan alat, atau teknologi yang tidak dimiliki perusahaan.
 - Biaya: membeli komponen lebih murah dari pada produksi sendiri, terutama untuk komponen dalam jumlah besar.
 - Waktu: komponen bisa didapatkan lebih cepat dari pada produksi sendiri.
 - Kualitas: dalam menghasilkan komponen dengan standart kualitas tinggi yang sulit dicapai jika produksi sendiri.
2. Kriteria komponen dibuat (*in-house manufacturing parts*)
 - Kontrol desain: komponen yang memerlukan desain khusus sesuai kebutuhan mesin.
 - Biaya produksi: lebih menghemat biaya produksi jika komponen dibuat sendiri.
 - Spesifikasi khusus: komponen yang memiliki spesifikasi khusus atau tidak tersedia dipasaran.

Pemilihan antara membeli atau memproduksi sendiri tergantung pada faktor-faktor diatas ini untuk mengoptimalkan efisiensi dan hasil produksi.

D. Menghitung Waktu Proses Manufaktur

Menghitung waktu proses manufaktur ini melibatkan penentuan durasi setiap langkah dalam proses produksi mulai dari persiapan bahan hingga produk akhir, berikut beberapa langkah-langkah menghitung proses manufaktur:

3. Identifikasi tahapan proses: langkah dari awal hingga akhir proses produksi, mulai dari bahan baku hingga bahan jadi. Tahap proses seperti pemotongan, pengelasan, perakitan masing-masing komponen dan finishing.
4. Waktu Proses: waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu produk mulai dari awal hingga akhir produksi.
5. Waktu Persiapan: waktu yang diperlukan untuk mempersiapkan alat dan bahan sebelum produksi dimulai, termasuk mengkalibrasi alat dan menyiapkan bahan.
6. Waktu jeda: waktu yang dibutuhkan produk untuk berpindah dari satu tahap ke tahap lainnya, ini juga mencakup waktu dimana bahan baku tersedia, waktu bergantian mesin dan waktu istirahat pekerja.
7. Waktu total: dimana waktu proses, waktu Persiapan, dan waktu Jeda dijumlah guna untuk mendapatkan total waktu proses manufaktur.

Dari langkah-langkah untuk menghitung waktu proses manufaktur ini memiliki rumus dasar untuk menghitung waktu total yaitu:

$$\text{Waktu total} = tc + ts + lt \dots \dots \dots \text{pers 1}$$

Dimana:

tc : waktu proses

ts : waktu persiapan

lt : waktu jeda

E. Menghitung Biaya Proses Manufaktur

Menghitung biaya proses manufaktur ini guna untuk menghitung semua biaya dari proses manufaktur, dengan melibatkan berbagai komponen seperti berikut:

1. Biaya bahan baku dan perlengkapan (*Raw materials cost*): biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan material mentah yang nantinya diproses untuk bahan produksi. Dalam menghitung biaya bahan baku dapat dilihat pada rumus berikut:

$$BBB = Q \times H \dots \dots \dots \text{pers 2}$$

Dimana:

BBB : biaya bahan baku

Q : jumlah bahan baku

H : harga bahan baku

2. Biaya tenaga kerja/upah pegawai: dimana biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan tenaga kerja yang mengerjakan meliputi proses produksi, operator, dan perakitan mesin dari bahan baku menjadi bahan jadi. Dalam menghitung biaya tenaga kerja dapat dilihat pada rumus berikut:

$$BTK = J \times U \dots\dots\dots \text{pers 3}$$

Dimana:

BTK : biaya tenaga kerja

J : jumlah jam kerja (Jam)

U : upah tenaga kerja (Jam)

3. Biaya operasional: dimana seluruh biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan alat dalam proses produksi, termasuk biaya tarif pemakaian listrik yang digunakan untuk mengoperasikan mesin-mesin seperti mesin bubut, frais/milling, las GTAW, gerinda dan Las SMAW.

F. Uji Performansi

Uji performansi pada mobil hemat energi guna untuk mengetahui seberapa efisiensi Mobil Hemat Energi Arshaka V1. Berikut uji performansi pada mobil hemat energi Arshaka :

1. Uji pengereman

Salah satu aspek penting dalam proses evaluasi performa dan keselamatan kendaraan. Khususnya dalam Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Uji ini bertujuan untuk mengetahui jarak pengereman, waktu pengereman, dan decelerasi. Dalam menghitung jarak pengereman, waktu pengereman, decelerasi. Bisa dilihat dengan rumus berikut :

- Jarak pengereman

Jarak yang ditempuh mobil sejak mulai mengerem hingga mobil berhenti. Dalam mencari nilai jarak pengereman dapat dilihat di rumus berikut:

$$S = \frac{v_0^2}{2a} \dots\dots\dots \text{pers 4}$$

Keterangan :

S = Jarak pengereman (meter)

v_0 = Kecepatan awal (m/s)

a = Percepatan negatif (m/s^2)

- Waktu pengereman

Waktu yang dibutuhkan mobil dari pengemudi menekan rem hingga mobil benar-benar berhenti total. Dalam mencari nilai waktu pengereman dapat dilihat di rumus berikut :

$$t = \frac{v_0}{a} \dots\dots\dots \text{pers 5}$$

Keterangan :

a = percepatan negatif (m/s^2)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

t = waktu pengereman (s)

- Percepatan negatif (*Decelerasi*)

Perubahan kecepatan terhadap waktu dengan arah yang berlawanan dari arah gerak. Dalam mencari nilai decelerasi dapat dilihat dari rumus berikut:

$$a = \frac{v_0}{t} \dots\dots\dots \text{pers 6}$$

Keterangan :

a = percepatan negatif (m/s^2)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

t = waktu pengereman (s)

Tabel 1. Tabel Pengujian Penggeraman

No	Kecepatan awal m/s	Jarak (m)	Waktu (s)	Deselerasi (m/s) ²	Rata rata
1.	30				
2.	40				
3.	50				

2. Uji Defleksi

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar lendutan (*defleksi*) yang terjadi pada rangka kendaraan saat diberikan beban tertentu. Uji ini penting untuk memastikan kekuatan struktural dan keamanan kendaraan, khususnya pada kategori kendaraan ringan seperti mobil hemat energi (MHE) yang digunakan di ajang seperti Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Untuk pengujian ini ada 3 variasi beban diantaranya 50kg, 60kg, dan 70kg.

Tabel 2. Tabel Pengujian Defleksi

No	Beban (kg)	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata rata
1.	50kg				
2.	60kg				
3.	70kg				

G. Menghitung Harga Jual Mesin

menghitung harga jual Mobil hemat energi ARSHAKA V.I, ada beberapa komponen yang perlu diperhitungkan yaitu biaya produksi, biaya sewa mesin, dan keuntungan yang diinginkan. Berikut langkah-langkah menghitung harga jual:

- Total biaya proses manufaktur

Biaya proses manufaktur mencakup semua biaya yang diperlukan untuk memproduksi Mobil hemat energi ARSHAKA V.I, termasuk:

- Biaya bahan baku: biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan material mentah yang nantinya diproses untuk bahan produksi, seperti biaya untuk masing-masing Mobil hemat energi ARSHAKA V.I
- Biaya tenaga kerja: Gaji atau upah yang dibayarkan kepada pekerja yang terlibat langsung dalam proses pembuatan mesin.
- Biaya operasional mesin: Biaya listrik, dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi

Total biaya produksi = BBB + BTK + BO.....pers 7
Dimana:

BBB: biaya bahan baku

BTK: biaya tenaga kerja

BO : biaya operasional

- Biaya sewa mesin

Biaya tidak langsung yang dikeluarkan dalam proses produksi Mobil hemat energi ARSHAKA V.I. Biaya ini mencakup penyimpanan mesin peralatan, pemeliharaan serta perbaikan,.Meskipun tidak berhubungan langsung dengan pembuatan mesin, biaya sewa mesin tetap harus diperhitungkan agar mengetahui harga jual total pengeluaran yang sebenarnya.

- Keuntungan

Dimana menentukan keuntungan yang diinginkan dalam bentuk presentase (%) yaitu dari total biaya proses manufaktur dan sewa alat. Dalam menghitung keuntungan yang diinginkan dapat dilihat dalam rumus berikut:

$$\text{Keuntungan} = (\text{total biaya proses manufaktur} + \text{Biaya sewa mesin}) \times \text{Presentase keuntungan (\%)} \dots \text{pers 8}$$

- Penentuan harga jual

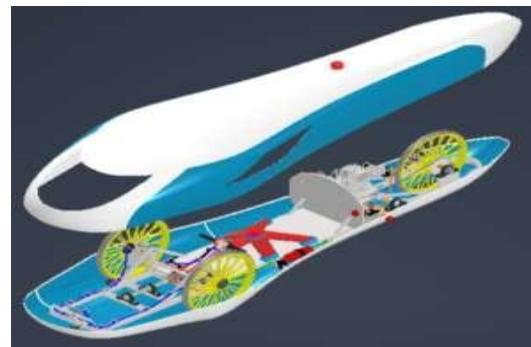
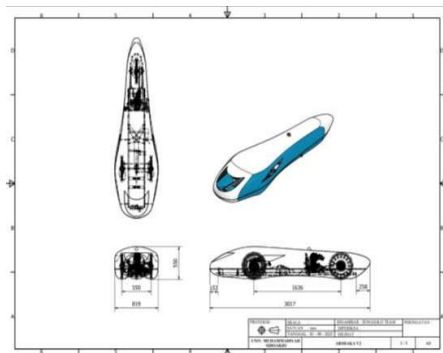
Menentukan harga jual mencakup total dari biaya proses manufaktur, biaya sewa mesin, dan keuntungan yang diinginkan. Dalam menentukan harga jual dapat dilihat dari dalam rumus berikut:

$$\text{Harga jual} = \text{total biaya proses manufaktur} + \text{Biaya sewa mesin} + \text{Keuntungan} \dots \text{pers 9}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Bill of Material

Dalam proses pembuatan Mobil hemat energi ARSHAKA V.I ini terdapat beberapa komponen yang dibuat dan komponen yang dibeli terdapat pada tabel 2, dan dapat dilihat pada tabel 3 bagian proses manufaktur Mobil hemat energi ARSHAKA V.I.



Gambar 2. Bill of Material Mobil hemat energi ARSHAKA V.I

Tabel 2. Komponen Bill Of Material

No.	Nama Komponen	Manufaktur	Beli
1.	Mesin Honda Beat		✓
2.	Ban		✓
3.	Aluminium 6061		✓
4.	Polikarbonat		✓
5.	Bearing		✓
6.	Velg		✓
7.	Rantai		✓
8.	<i>Universal joint/sambungan join</i>		✓
9.	<i>Engine Control Unit (ECU)</i>		✓
10.	<i>Ball joint</i>		✓
11.	Rangka mobil	✓	
12.	Mur baut		✓
13.	Piston		✓
14.	<i>Fuse/kring</i>		✓
15.	Apar		✓
16.	Knalpot		✓
17.	<i>Fibber glass</i>		✓
18.	<i>Injector</i>		✓
19.	Body mobil	✓	
20.	Rantai		✓
21.	<i>Capacitor Discharge Ignitio (CDI)</i>		✓
22.	<i>Disc brake / Cakram rem</i>		✓
23.	Selang rem		✓
24.	Aki		✓
25.	Gear		✓
26.	<i>Pressure gauge</i>		✓
27.	<i>Poxy</i>		✓
28.	Tali sabuk		✓
29.	<i>Cam shaft/noken as</i>		✓
30.	<i>Valve / katup</i>		✓
31.	Katalis		✓
32.	<i>Cairan Polivinil Alkohol (PVA)</i>		✓
33.	Neppel penematik		✓
34.	tromol		✓
35.	Ruji		✓
36.	Kemudi mobil	✓	
37.	<i>Tei rod</i>		✓
38.	<i>Engine mount</i>	✓	
39.	<i>Brake disc mount</i>	✓	
40.	<i>Air reservior</i>	✓	
41.	As Roda	✓	
42.	Shock as roda	✓	
43.	<i>Steering cone set</i>	✓	
44.	Dudukan gear depan	✓	

Tabel 3 Proses Manufaktur

No.	Komponen	Manufaktur
1.	Rangka mobil	Gerinda, Las GTAW, Bor
2.	<i>Engine mount</i>	Bor, Gerinda, Las GTAW
3.	Dudukan gear	Gerinda
4.	Air Reservior	Bor/drilling

5.	Body mobil	Pemotongan plywood, pembuatan moldingan, pembuatan bodi
6.	Break disc mount + Tie rod breaket	Bor/drilling, Frais ,Gerinda
7.	As roda	Gerinda, bubut
8.	Shock as roda	Gerinda, bubut
9.	Steering cone set	Gerinda, bubut
10.	Pengemudi mobil	Gerinda, Las SMAW

B. Menghitung Waktu Proses Manufaktur

Dalam proses manufaktur Mobil Hemat Energi ASHAKA V.I ini, juga diperlukan menghitung waktu proses manufaktur/menghitung durasi pengerjaan total dapat dilakukan dengan memperhatikan tiga tahapan utama, yaitu waktu proses (tc), waktu persiapan (ts), dan waktu jeda (lt) guna untuk meningkatkan efisiensi produksi, pada masing – masing tahapan menghitung waktu proses manufaktur ini menggunakan timer/*stopwatch*. Berikut menghitung waktu proses manufaktur dapat dilihat pada tabel 4:



Gambar 3. Proses Manufaktur Mobil hemat energi ARSHAKA V.I

Tabel 4. Menghitung Waktu Proses Manufaktur

No.	Komponen	Proses manufaktur	waktu proses (menit)	waktu persiapan (menit)	waktu jeda (menit)	waktu total (menit)	Keterangan
1.	Rangka mobil	Gerinda	180	30			
		Las GTAW	2.880	30	90	3.285	Pers 1
		Bor/drilling	60	15			
2.	Engine mount	Gerinda	60	10			
		Bor/drilling	20	20	60	915	Pers 1
		Las GTAW	720	30			
3.	Dudukan gear	Bubut	15	5	15	35	Pers 1
4.	Air Reservior	Bor/drilling	15	2	20	37	pers 1
		pemotongan plywood	2.880	60			

No.	Komponen	Proses manufaktur	waktu proses (menit)	waktu persiapan (menit)	waktu jeda (menit)	waktu total (menit)	Keterangan
5.	Body mobil	pembuatan moldingan	57.600	90	120	82.425	pers 1
		pembuatan body	20.160	60			
6.	Break disc mount + Tie rod breaket	Bor/drilling	15	5			
		Frais	5.760	60	30	5.870	Pers 1
		Gerinda	1.440	15			
7.	As roda	Gerinda	30	5	60	200	pers 1
		Bubut	90	15			
8.	Shock as roda	Gerinda	15	10	20	95	pers 1
		Bubut	35	15			
9.	Steerig cone set	Gerinda	15	15	30	115	pers 1
		Bubut	30	25			
10.	Pengemudi mobil	Gerinda	60	20	20	245	Pers 1
		Las SMAW	120	15			
		Waktu total				93.222	

Untuk mengetahui total menghitung waktu proses manufaktur maka diperlukan menghitung waktu setiap komponen nya dengan menjumlahkan waktu proses (tc), waktu persiapan (ts), dan waktu jeda (lt), contoh komponen piringan pisau menggunakan rumus berikut:

$$\text{Waktu total} = tc + ts + lt = 5775 + 65 + 30 = 5.870 \text{ menit}$$

Jadi dengan menjumlahkan semua waktu proses manufaktur setiap komponen nya, maka didapatkan waktu total menghitung proses manufaktur selama: 93.222 menit = 1553,7 jam atau 1553 jam 42 menit karena 0,7 jam dikonversi ke menit menjadi 42 menit, jika dibulatkan menjadi hari dan jam harus dibagi jumlah jam pekerja perhari maka: $1553,7 \text{ jam} \div 8 \text{ jam} = 194,21$ atau 13 hari 1 jam 41 menit.

C. Menghitung Biaya Proses Manufaktur

Menghitung biaya proses manufaktur ini guna untuk menghitung semua biaya dari proses manufaktur, dengan melibatkan berbagai komponen seperti berikut:

1. Biaya bahan baku dan perlengkapan (*Raw materials cost*): biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan material mentah yang nantinya diproses untuk bahan produksi. Dalam menghitung biaya bahan baku dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Menghitung Biaya Biaya bahan Baku

No.	Nama Komponen	Jumlah (Q)	Satuan	Harga per satuan (H)	Total (Rp)	Keterangan
1.	Triplek tebal 0,5 SNI	6	lembar	Rp160.000	Rp960.000	
2.	Polycarbonat	7	lembar	Rp310.000	Rp2.170.000	
3.	Aluminium foil	1	roll	Rp300.000	Rp300.000	
4.	Resin A/G	19	liter	Rp50.000	Rp950.000	
5.	Fiberglass 25 x 30 cm	10	meter	Rp30.000	Rp300.000	
6.	Amplas AA 80 (kasar)	5	meter	Rp250.000	Rp1.250.000	
7.	Amplas 120 halus	5	lembar	Rp40.000	Rp200.000	
8.	Kabel ties (20 cm)	2	Pcs	Rp50.000	Rp100.000	
9.	Paku rivet (429)	2	Pcs	Rp36.000	Rp72.000	
10.	Aluminium 6061 (pipa)	4	biji	Rp270.000	Rp1.080.000	

11.	Aluminium alloy silinder 20mm x 40mm, 2mm, 6 meter	4	biji	Rp780.000	Rp3.120.000	
12.	Aluminium alloy silinder Ø21,3mm, 2mm, 6 meter	4	biji	Rp875.000	Rp3.500.000	
13.	As roda	3	biji	Rp40.000	Rp120.000	
14.	Pillow bearing block	1	biji	Rp 90.000	Rp90.000	
15.	Kabel	4	meter	Rp12.000	Rp48.000	
16.	Remover	1	biji	Rp70.000	Rp70.000	
17.	Hanger bearing	2	biji	Rp90.000	Rp180.000	
18.	Plat besi	6	lembar	Rp50.000	Rp300.000	
19.	Cat	2	kg	Rp70.000	Rp140.000	
20.	Kawat las ER 5356	1	pack	Rp300.000	Rp300.000	
21.	Dudukan kemudi	2	set	Rp35.000	Rp70.000	
22.	Sefty belt	1	set	Rp720.000	Rp720.000	
23.	Arm steering	1	set	Rp150.000	Rp150.000	
24.	Ball joint	4	biji	Rp120.000	Rp480.000	pers 2
25.	Universal joint	1	biji	Rp30.000	Rp30.000	
26.	Rantai	3	biji	Rp70.000	Rp210.000	
27.	Master rem	3	biji	Rp170.000	Rp510.000	
28.	Pedal rem	3	biji	Rp20.000	Rp60.000	
29.	Connecting road	2	set	Rp40.000	Rp80.000	
30.	Switc rem	2	biji	Rp35.000	Rp70.000	
31.	Gigi stater VEGA ZE JUPI robot lepasan	1	set	Rp230.000	Rp230.000	
32.	Crankshaft crypton	1	set	Rp300.000	Rp300.000	
33.	Laher kruk AS FAG 63/22 - 15 original fag	2	biji	Rp390.000	Rp780.000	
34.	Gear set	1	set	Rp280.000	Rp280.000	
35.	Krengkes Jupiter z	1	biji	Rp500.000	Rp500.000	
36.	Bearing SKF	3	biji	Rp100.000	Rp300.000	
37.	ECU Uma M9 MX King	1	biji	Rp4.500.000	Rp4.500.000	
		Total			Rp 24.520.000	

untuk mengetahui total harga setiap komponen dapat dilihat pada rumus, berikut contoh perhitungan komponen plandes stanless piringan pisau dibawah ini :

$$\text{Biaya bahan baku (BBB)} = Q \times H = 6 \times 160.000 = \text{Rp}960.000$$

Jadi dengan menjumlahkan total harga semua komponen, maka didapatkan total harga biaya bahan baku:
Rp 24.520.000

- Biaya tenaga kerja: dimana biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan tenaga kerja yang mengerjakan meliputi proses pengelasan, pemotongan, pembubutan, dan frais. Dengan upah minimum kabupaten (UMK) sidoarjo saat ini sebesar sebesar Rp 5.191.541 per bulan, perhitungan biaya tenaga kerja dilakukan berdasarkan waktu kerja yang telah ditentukan, berikut adalah perhitungan upah tenaga kerja untuk pembuatan Mobil hemat energi ARSHAKA V.I dengan estimasi 8 jam per hari:

$$\frac{\text{UMK}}{\text{jumlah jam kerja} \times \text{hari}} = \frac{5.191.541}{8 \times 20} = \text{Rp } 32.447 / \text{jam}$$

Biaya tenaga kerja meliputi pemotongan, pengelasan, pembubutan, frais/milling, maka total biaya dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini:

Tabel 6. Menghitung Biaya Tenaga Kerja

No.	Jenis pekerjaan	Lama pengerjaan (J)	Upah/jam (U)	Total biaya (Rp)	Keterangan
1.	Pemotongan	76,98 jam		Rp 2.497.770	
2.	Pengelasan	62,05 jam		Rp 2.013.336	pers 3
3.	Pembubutan	1,83 jam	Rp 32.447	Rp 59.378	
4.	Frais/milling	96,2 jam		Rp 3.121.401	
5.	pembubutan	2,8 jam		Rp 91.825	
Total				Rp 7.783.710	

Untuk mengetahui total biaya tenaga kerja dapat dilihat pada rumus, berikut contoh perhitungan biaya tenaga kerja perjamnya pada proses pembubutan dibawah ini :

$$\text{Biaya tenaga kerja (BTK)} = J \times U = 62,05 \text{ jam} \times \text{Rp } 32.447 = 2.013.336$$

Jadi dengan menjumlahkan semua biaya dari masing-masing jenis pekerjaan dapat dihasilkan total biaya tenaga kerja: Rp 7.783.710

3. biaya operasional atau biaya listrik, dalam upaya menghitung biaya listrik yang digunakan penting untuk mengetahui tarif listrik yang berlaku. Berdasarkan tarif listrik saat ini, yang ditetapkan sebesar Rp1.699 per kWh. Berikut adalah perhitungan biaya tarif pemakaian listrik untuk proses manufaktur Mobil hemat energi ARSHAKA V.I, dapat dilihat pada tabel 7 berikut:

- Tarif listrik proses pemotongan
 Daya mesin : 0,71 kW
 Lama pengerjaan : 76,98jam
 Biaya listrik : $0,71 \times 1.699 \times 76,98$
 : Rp 92.860
- Tarif listrik proses pengelasan
 Daya mesin : 5 kW
 Lama pengerjaan : 62,08jam
 Biaya listrik : $5 \times 1.699 \times 62,08$
 : Rp 527.369
- Tarif listrik proses Bor/drilling
 Daya mesin : 3,7 kW
 Lama pengerjaan : 1,83 jam
 Biaya listrik : $3,7 \times 1.699 \times 1,83$
 : Rp 11.503
- Tarif listrik proses frai/milling
 Daya mesin : 3,7 kW
 Lama pengerjaan : 96,2 jam
 Biaya listrik : $3,7 \times 1.699 \times 96,2$
 : Rp 604.742
- Tarif listrik proses pembubutan
 Daya mesin : 6 kW
 Lama pengerjaan : 2,83 jam
 Biaya listrik : $6 \times 1.699 \times 2,83$
 : Rp 28.849

Tabel 7. Menghitung Biaya Operasional

No.	Nama alat	Daya alat (wat)	Daya alat (kwh)	Lama pengerjaan (jam)	Tarif listrik (Rp/kwh)	Biaya listrik (Rp)
1.	Gerinda	710	0,71	76,98	Rp1.699	Rp 92.860
2.	Las GTAW	5000	5	63,08		Rp 527.369
3.	Mesin Bubut	6000	6	2,83		Rp 11.503
4.	Mesin Frais/Milling	3700	3,7	96,2		Rp 604.742
5.	Bor/drilling	3700	3,7	1,83		Rp 28.849
Total						Rp 1.265.323

D. Uji Performansi

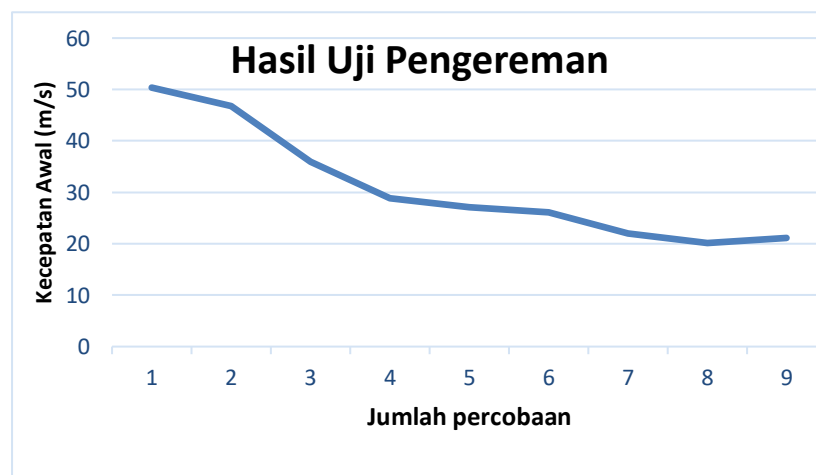
Uji performansi pada mobil hemat energi guna untuk mengetahui seberapa efisiensi Mobil Hemat Energi Arshaka V1. Berikut uji performansi pada mobil hemat energi Arshaka :

1. Uji pengereman

Salah satu aspek penting dalam proses evaluasi performa dan keselamatan kendaraan. Khususnya dalam Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Uji ini bertujuan untuk mengetahui jarak pengereman, waktu pengereman, dan decelerasi. Untuk hasil dari jarak pengereman, waktu pengereman, *deselerasi* bisa dilihat dari table dibawah ini:

Tabel 8 Hasil Uji Pengereman

Kecepatan Awal (m/s)	Jarak Rem (meter)	Waktu Rem (s)	Deselerasi (m/s ²)	Rata Rata
50	13,0	18,41	2,71	50,37333
	12,0	17,33	2,85	46,72667
	9,0	14,56	3,43	35,99667
40	7,0	13,56	2,94	28,83333
	6,7	10,79	3,7	27,16333
	6,4	10,29	3,88	26,05667
30	5,3	9,87	3,03	21,96667
	4,8	9,14	3,28	20,14
	5,1	8,79	3,41	21,06667



Gambar 4 Grafik Hasil Uji Pengereman

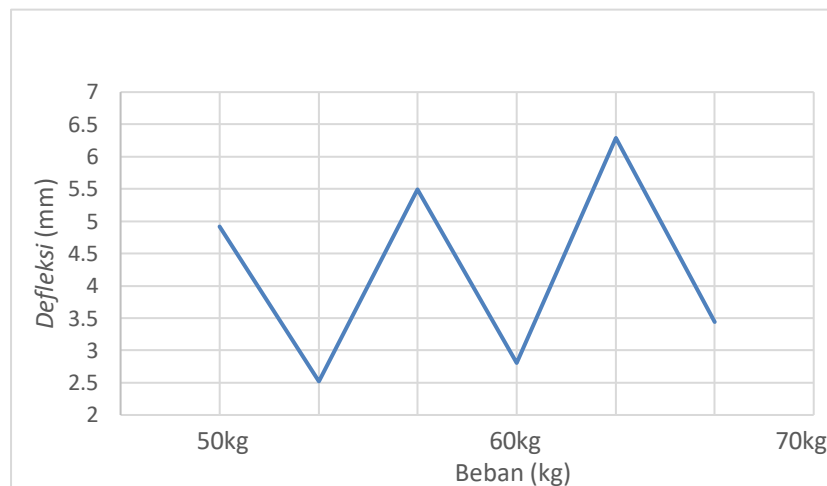
Grafik uji pengereman kendaraan KMHE menunjukkan bahwa kecepatan kendaraan mengalami penurunan signifikan pada fase awal akibat deselerasi besar dari sistem rem, kemudian melambat secara lebih stabil hingga akhir pengujian, yang menandakan kinerja pengereman yang efektif, terkendali, dan sesuai dengan karakteristik keselamatan kendaraan KMHE.

2. Uji Defleksi

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar lendutan (*defleksi*) yang terjadi pada rangka kendaraan saat diberikan beban tertentu[16]. Uji ini penting untuk memastikan kekuatan struktural dan keamanan kendaraan, khususnya pada kategori kendaraan ringan seperti mobil hemat energi (MHE) yang digunakan di ajang seperti Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Untuk pengujian ini ada 3 variasi beban diantaranya 50kg, 60kg, dan 70kg, bisa dilihat dari table dibawah:

Tabel 9 Hasil Uji Defleksi

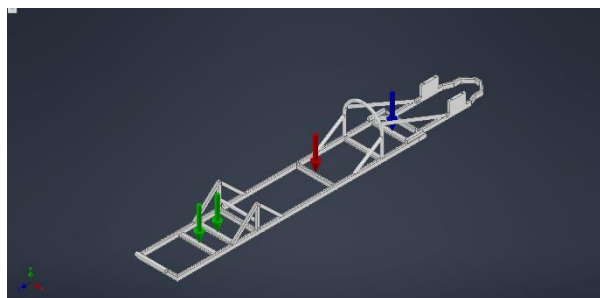
No	Beban (kg)	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata rata
1.	50kg	4,75	5,31	4,7	4,92
		1,8	2,84	2,52	2,52
2.	60kg	5,49	5,95	5,03	5,49
		2,7	2,91	2,82	2,81
3.	70kg	6,27	6,89	5,72	6,29
		3,81	3,26	3,25	3,44



Gambar 5 Grafik Hasil Uji Defleksi

Grafik menunjukkan bahwa *defleksi* (mm) cenderung meningkat seiring bertambahnya beban (kg), di mana pada beban 50 kg hingga 70 kg terjadi variasi nilai defleksi yang mengindikasikan respons struktur terhadap pembebanan, dengan defleksi maksimum terjadi pada beban sekitar 60–65 kg yang menandakan momen lentur paling besar, sementara fluktuasi antar titik menunjukkan adanya pengaruh distribusi beban, kondisi material, atau ketelitian pengukuran,

Bentuk profil persegi panjang dipilih karena memiliki daya tahan lebih baik terhadap defleksi. Berikut ini adalah *layout* beban yang diterima pada sasis:



Gambar 6. Peta Beban yang Diterima pada Sasis Mobil Arshaka V1

Keterangan:

Warna biru = Defleksi belakang
Warna merah = Letak Beban
Warna hijau = Defleksi depan

E. Menghitung Harga Jual Mesin

Pada menghitung harga jual Mobil hemat energi ARSHAKA V.I, ada beberapa komponen yang perlu diperhitungkan yaitu total biaya produksi, biaya *overhead*, dan keuntungan yang diinginkan. Berikut langkah-langkah menghitung harga jual:

- Total biaya proses manufaktur

Biaya proses manufaktur merupakan komponen utama dalam menentukan harga jual Mobil hemat energi ARSHAKA V.I. Biaya ini mencakup seluruh pengeluaran yang diperlukan untuk proses pembuatan mesin, seperti bahan baku, biaya tenaga kerja, dan biaya operasional. Maka dalam perhitungan total biaya produksi dapat dilihat pada rumus berikut:

BBB: Rp 24.520.000

BTK: Rp 7.783.710

BO : Rp 1.265.323

$$\begin{aligned}\text{Total biaya produksi (Rupiah)} &= \text{Rp } 24.520.000 + \text{Rp } 7.783.710 + \text{Rp } 1.265.323 \\ &= \text{Rp } 33.596.033\end{aligned}$$

- Biaya sewa mesin

Biaya tidak langsung yang dikeluarkan dalam proses produksi Mobil hemat energi ARSHAKA V.I. Biaya ini mencakup penyimpanan mesin peralatan, pemeliharaan serta perbaikan, Meskipun tidak berhubungan langsung dengan pembuatan mesin, biaya sewa mesin tetap harus diperhitungkan agar mengetahui harga jual total pengeluaran yang sebenarnya, biaya sewa mesin dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 10. Biaya sewa mesin

No	Biaya sewa mesin	Jumlah biaya
1.	Las GTAW	Rp 525.000
2.	Gerinda	Rp 30.000
3.	Bubut	Rp 150.000
4.	Bor/drilling	Rp 50.000
5.	Frais	Rp 600.00
total		Rp 1.335.000

- Keuntungan

Dimana menentukan keuntungan yang diinginkan dalam bentuk presentase, yaitu dari total biaya proses manufaktur dan sewa mesin. Dalam menghitung keuntungan yang diinginkan dapat dilihat dalam rumus berikut:

Total biaya proses manufaktur : Rp33.569,033

Biaya sewa mesin : Rp 1.335,000

Keuntungan : 20%

$$\text{Keuntungan} = (\text{Rp } 33.569,033 + \text{Rp } 1.335,000) \times 20\%$$

$$= \text{Rp } 34.519,033 \times 20\%$$

$$= \text{Rp } 6.980,806$$

- Penentuan harga jual

Menentukan harga jual mencakup total dari biaya proses manufaktur, biaya *overhead*, dan keuntungan yang diinginkan. Jadi dalam menentukan harga jual dapat menjumlahkannya, maka dapat dilihat pada rumus berikut:

Total biaya proses manufaktur : Rp 33.569,033

Biaya sewa mesin : Rp 1.335,000

Keuntungan : Rp 6.980,806

$$\text{Harga jual} = \text{Rp } 33.569,033 + \text{Rp } 1.335,000 + \text{Rp } 6.980,806$$

$$= \text{Rp } 41.884.839$$

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Mobil Hemat Energi ARSHAKA V.I kategori prototype telah memenuhi aspek kelayakan manufaktur, keselamatan, dan performa kendaraan. Total waktu proses manufaktur yang dibutuhkan sebesar 1553,7 jam dengan total biaya produksi Rp33.596.033, dan setelah ditambahkan biaya sewa mesin serta keuntungan sebesar 20%, diperoleh harga jual kendaraan sebesar Rp41.884.839

Hasil uji pengereman menunjukkan bahwa sistem rem mampu menghasilkan nilai deselerasi yang cukup untuk menurunkan kecepatan kendaraan secara efektif dan terkendali, sehingga jarak dan waktu pengereman berada dalam batas aman sesuai kebutuhan kompetisi KMHE. Sementara itu, hasil uji defleksi rangka pada variasi beban 50 kg, 60 kg, dan 70 kg menunjukkan bahwa nilai defleksi meningkat seiring bertambahnya beban namun masih berada dalam batas aman, menandakan bahwa rangka berbahan aluminium 6061 memiliki kekuatan struktural yang baik. Dengan demikian, Mobil Hemat Energi ARSHAKA V.I dinyatakan layak digunakan sebagai kendaraan prototype KMHE yang aman, efisien, dan memenuhi standar performa yang dipersyaratkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universita Muhammadiyah Sidarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat, serta kepada teman-teman Tim jenggolo ,kedua orang tua saya yang selalu mendoakan saya, yang selalu mensupport saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

REFERENSI

- [1] E. Adji Setya Pangestu, Rasy Fahrudin, A. Akbar, R. Firdaus, And N. Nuraeni Suryaman, "Perancangan Desain Dan Analisa Chassis Mobil Hemat Energi Tipe Prototype Dengan Material Aluminium 6061," *Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal* |, Vol. 9, No. 2, Pp. 2528–3723, 2024, Doi: 10.21070/Rem.V9i2.1706.
- [2] A. Sukmayadi, M. S. Muslih, S. Sos, M. S. R. Alfian, S. Kom, And F. Fitriana, "Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi Tahun 2021," *Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi*, Vol. 1, P. 2021, 2021.
- [3] E. S. Arbintarso, A. Pranoto, B. W. Sidharta, And I. Taqorub, "Perakitan Chassis Dan Powertrain Kendaraan Urban Concept Hemat Energi Untuk Kontes Mobil Hemat Energi Di Smk N 1 Sambi," *Jurnal Pkm Pemberdayaan Masyarakat*, Vol. 3, No. 2, Pp. 39–47, 2022.
- [4] G. A. Vajra, S. Tobing, And I. Iskandar, "Analisis Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Energi Kelas Urban Menggunakan Simulasi Computational Fluid Dynamics," *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 16, No. 2, Pp. 210–217, 2021.
- [5] B. Santoso Wibowo, J. Satriadi Harefa, M. Zainul Abdi, And J. Teknik, "Bullet : Jurnal Multidisiplin Ilmu Analisis Aerodinamika Kendaraan Tipe Prototype Tim Riset Hemat Energi Teknik Mesin Ubb".
- [6] S. A. P. Ledi, F. Y. Utama, Y. S. Widoretno, And D. Wulandari, "Analisis Pembebanan Statis Chassis Ladder Frame Pada Mobil Hemat Energi Tipe Urban Garnesa," *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 9, No. 01, Pp. 277–283, 2024.
- [7] A. P. B. Narendra, F. Hilmy, And I. Taufik, "Perbandingan Frame Untuk Kontes Mobil Hemat Energi Kategori Prototype," *Majamecha*, Vol. 6, No. 2, Pp. 247–253, 2024.
- [8] Amario Aldo Safaat Alamin, "Rancang Bangun Chassis Prototipe Mobil Listrik," Vol. 7, Pp. 1166–1172, 2023.
- [9] Alfian Muhajrin, Nirwanpaliki, Ricaldin, Saddang, Sudarsono, And Prinop Askar, "Rancang Bangun Rangka (Chasis) Mobil," *Piston: Jurnal Teknologi*, Vol. 8, No. 2, Pp. 27–34, Dec. 2023, Doi: 10.55679/Pistonjt.V8i2.46.
- [10] M. Sariski Dwi Ellianto And Y. Eko Nurcahyo, "Rancang Bangun Dan Simulasi Pembebanan Statik Pada Sasis Mobil Hemat Energi Kategori Prototype," 2020.
- [11] "Rama_21201_03051181924015_0030068102_01_Front_Ref".
- [12] R. A. Prasetyo, A. Hafizh, And A. Rasyid, "Analisis Kekuatan Impak Fiberglasswr600 Variasi Core Honeycomb Dan Polyurethane Pada Tulangan Bodi Garnesa 47 Analisis Kekuatan Impak Fiberglass Wr600 Variasi Core Honeycomb Dan Polyurethane Pada Tulangan Bodi Mobil Garnesa."
- [13] M. Juliansyah Winarto, L. Saefullah, W. Loe Mau, And J. Raya Anggrek Desa Pendem Kecamatan Junrejo, "Rancang Bangun Fiber Metal Laminate Sebagai Bahan Body Ranpur Dengan Metode Serat Karbon."
- [14] S. Marlina, "Analisis Literatur Sebagai Metode Penelitian," *Jurnal Hukum Tata Negara Dan Konstitusi Vol*, Vol. 1, No. 01, P. 1, 2025.
- [15] M. T. Ir Ikram *Et Al.*, *Gambar Teknik Dasar*. Nas Media Pustaka, 2024.
- [16] F. Adinata, A. Lubis, And A. Ansyori, "Perancangan Alat Uji Defleksi Batang Kantilever Fleksibel," *Prosiding Senapenmas*, Pp. 1401–1406, 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.