

Kajian Kekuatan Tekan Komponen Spoiler Berbahan Material Komposit Sampah Plastik *Polyethylene terephthalate* (PET)

Budhi Martana^{*1}, Fahrudin², Sigit Pradana³, Hanif Ega Naufal⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta
Email: ¹budhi.martana@upnvj.ac.id, ²fahrudin@upnvj.ac.id, ³sigit.pradana@upnvj.ac.id, ⁴hanif.eganufal@upnvj.ac.id

Abstrak

Studi ini bertujuan untuk mengembangkan penggunaan material komposit sebagai alternatif untuk manufaktur spoiler kendaraan roda empat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tekan berbahan komposit sampah plastik *polyethylene terephthalate* dengan penambahan serat *fiberglass* dan resin *polyester* sebagai penguat. Metode penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan penelitian dimulai dari penentuan material yang akan digunakan, pembuatan spoiler, pembuatan spesimen uji, pengujian tekan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan simulasi *software engineering*. Hasil yang diperoleh dari material komposit spoiler memiliki kekuatan tekan $6.912e^{+07}$ N/m² dan *displacement ratio* sebesar 0,132 mm, dengan demikian material komposit hasil penelitian dapat disarankan untuk digunakan sebagai material alternatif manufaktur komponen spoiler kendaraan dan memiliki karakteristik mekanikal yang baik.

Kata kunci: komposit, sampah plastik, spoiler.

Abstract

This study aims to explore the use of composite materials as an alternative in the manufacturing of four-wheeled vehicle spoilers. The research investigates the compressive strength of a composite material comprising polyethylene terephthalate plastic waste, fiberglass fiber, and polyester resin as reinforcement. The research methodology encompasses material selection, spoiler fabrication, specimen creation, and compressive testing. Engineering software simulation was employed for testing. The results indicate that the composite material for the spoilers exhibits a compressive strength of $6.912e^{+07}$ N/m² and a displacement ratio of 0.132 mm. Consequently, the composite material developed in this study is a viable alternative for manufacturing vehicle spoiler components, offering favorable mechanical properties.

Keywords: composites, plastic waste, spoilers.

1. Pendahuluan

Permasalahan sampah semakin kompleks dan sulit untuk ditanggulangi, termasuk sampah plastik. Penggunaan plastik sejak 50 tahun yang lalu, dan diperkirakan setiap tahunnya terdapat kurang lebih 500 juta sampai 1 Milyar kantong plastik yang digunakan oleh penduduk dunia. Plastik telah banyak digunakan secara sangat besar pada bidang industri otomotif, sehingga menjadi bahan plastik yang sangat diperlukan pasar dunia [1].

Sampah plastik yang mengotori lautan dalam satu tahun di Indonesia sebanyak 0,48-1,29 juta ton. Indonesia sebagai penyumbang sampah plastik terbesar ke-2 di dunia [2]. Sampah botol plastik terus meningkat setiap tahunnya seiring dengan semakin banyaknya produk minuman yang menggunakan kemasan botol berbahan *polyethylene terephthalate*, berbagai cara telah dilakukan untuk menanggulangi permasalahan sampah botol plastik sekali pakai sebagai upaya perlindungan terhadap lingkungan hidup [3]. Penanggulangan berbasis konsep daur ulang dan reduksi pemakaian bahan berbasis plastik semakin banyak dilakukan sampai sekarang ini. Metode pemanfaatan sampah plastik berjenis PET yang terus berkembang untuk mengolah atau mengubah sampah menjadi produk/material yang memiliki fungsi lain dengan tujuan diversifikasi produk [4].

Material komposit terdiri atas dua atau lebih material penyusunnya, material penyusun memiliki sifat mekanis yang berbeda satu sama dengan lainnya baik sifat kimia maupun fisiknya. Material penyusun komposit terdiri atas penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matrix*). Penguat pada umumnya lebih kuat dari pada matrik [5]. Bahan komposit yang diperkuat dengan serat

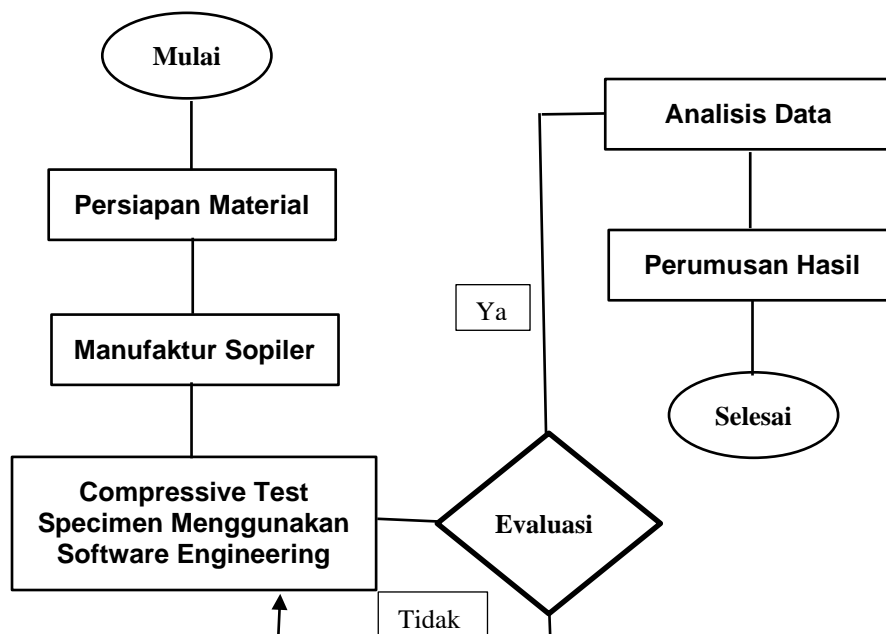
memiliki serat berkekuatan tinggi dan modulus yang tertanam di dalam atau terikat pada matriks dengan batas (antar muka) yang berbeda di antara keduanya. Kekuatan dari Komposit serat jika dibandingkan dengan komposit penguat serbuk memiliki nilai kekuatan yang lebih tinggi [6]. Perkembangan teknologi transportasi yang sangat pesat membutuhkan bahan yang memiliki karakteristik yang sesuai untuk produk komponen otomotif saat ini. Material yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik, biaya produksi murah, ringan dan bahan bakar yang digunakan lebih kecil [7].

Penelitian ini bertujuan ini sebagai suatu upaya meminimalisir timbulan sampah plastik, selain itu untuk mendapatkan gambaran karakteristik kekuatan lentur material komposit untuk pembuatan spoiler. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai material alternatif proses manufaktur komponen spoiler dengan memanfaatkan sampah plastik dari botol air material (PET).

2. Metode Penelitian

Material komposit untuk komponen spoiler pada penelitian ini berbahan daur ulang sampah plastik *polyethylene terephthalate* (PET) dengan penambahan menggunakan *matrix polyester* dan *fiberglass*. Proses pembuatan material komposit menggunakan perbandingan fraksi volume campuran resin dengan serat yaitu 78,2 % : 21,8 % *laminat* dibuat dengan arah serat 90° dan 45° dengan lapisan sebanyak 3 lapis. Bahan dan alat yang digunakan antara lain: sampah plastik jenis PET, *polyester resin yukalac 157*, katalis, *pigmen*, *wax*, *aerosol*, *fiberglass CSM 300*, *thinner*. Alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu peralatan manufaktur pembuatan spoiler, alat ukur, dan *software engineering*.

Metode pembuatan specimen material komposit pada penelitian ini menggunakan metode *hand lay-up*, metode ini dipilih dengan mempertimbangkan karena banyak diaplikasikan untuk pembuatan komposit sangat sederhana, biaya murah, cetakan dapat digunakan berulang kali. Langkah ini dilakukan secara berulang untuk mendapatkan ketebalan lapisan komponen yang diinginkan. Metode *hand lay-up* memiliki waktu *curing* pada suhu kamar dan akan mengering hingga satu hari tergantung jumlah resin dan volume katalis yang diberikan pada campuran cairan resin [8]. Analisis kekuatan tekan material komposit untuk pembuatan spoiler dilakukan menggunakan *software engineering*. Metode penelitian yang dilakukan digambarkan pada diagram alir penelitian berikut.

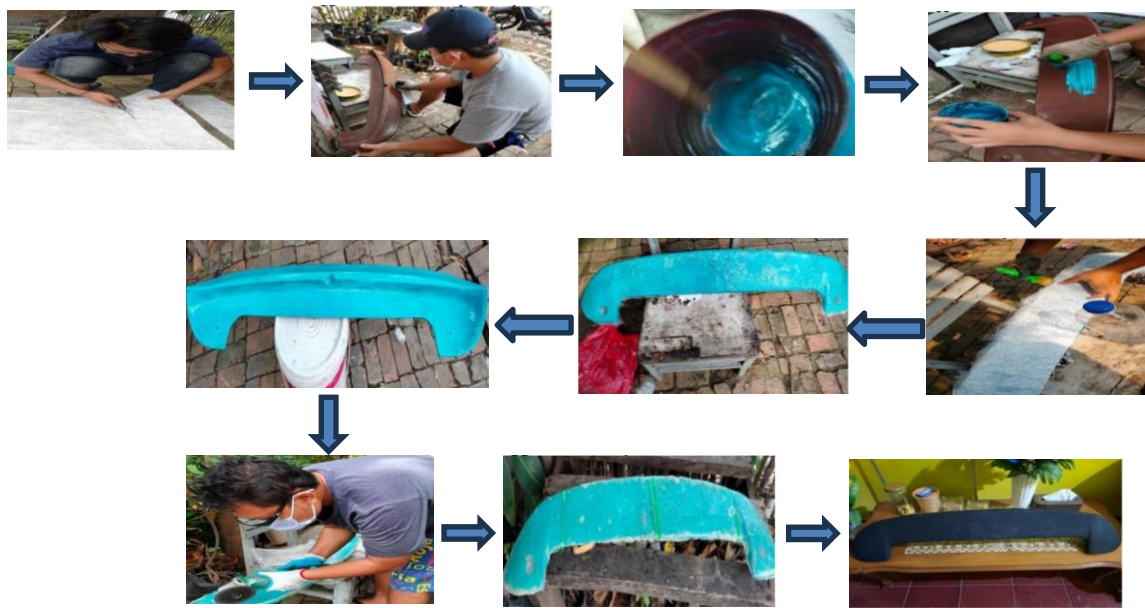


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Analisis

3.1. Manufaktur Spoiler

Manufaktur komponen spoiler berbahan komposit dengan pemanfaatan sampah plastik *polyethylene terephthalate* dengan penambahan serat sintetis *fiberglass* CSM 300 dan resin *polyester* dijabarkan dengan langkah-langkah berikut yaitu (1) potong *fiberglass* sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, (2) *molding* spoiler dilapisi menggunakan *wax* sebanyak 3 lapis, (3) resin, aerosil, pigmen serta katalis diukur sesuai spesifikasi, kemudian campur hingga merata, (4) aplikasikan campuran resin pada *molding* spoiler bagian atas dengan menggunakan alat bantu kuas, (5) setelah kering, aplikasikan serat komposit sintetis CSM 300 pada spoiler, lalu lapisi lagi menggunakan campuran resin sebelumnya, (6) ulangi proses pelapisan sebanyak 3 kali pelapisan, (7) ulangi langkah 4-6 pada *molding* spoiler bagian bawah, (8) gunakan Gerinda tangan untuk melakukan penghalusan permukaan, pada bagian atas dan bawah spoiler, (9) setelah halus, sambungkan bagian atas dan bawah spesimen spoiler menggunakan campuran resin, dan (10) produk spesimen spoiler telah selesai melalui proses manufaktur. Proses manufaktur spoiler diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Proses Manufaktur

3.2. Perhitungan Spesimen Komposit

Komposisi dari material komposit daur ulang sampah plastik PET dengan penambahan persentase *fiberglass* sebanyak 3 lapisan dengan berat total *fiberglass* CSM 300 yang digunakan sebanyak 1230 gram, resin sebanyak 6 lapisan dengan volume yang digunakan sebanyak 1650 ml, dan volume aerosil yang digunakan sebanyak 49,5 ml (109 gram dengan massa jenis 2.2 gr/cm³), serta volume katalis sebanyak 33,5 ml [9].

Perhitungan volume 3 lapisan fiberglass:

Massa jenis *fiberglass* (ρ) = 2,54 gr/cm³

$$V_F = \frac{M}{\rho}$$

Dimana, didapatkan massa dari 1 lapisan *fiberglass* sesuai ukuran *molding* pada bagian atas maupun bawah, yang didapatkan setelah proses penimbangan massa *fiberglass* berjumlah sebanyak 410 gram/lapis.

Volume *Fiber* (V_F) sebanyak 3 lapis:

$$\begin{aligned} V &= \frac{M}{\rho} \\ &= \frac{1230 \text{ gr}}{2,54 \text{ gr/cm}^3} = 484,2 \text{ ml} \end{aligned}$$

Perhitungan volume dan matriks

Volume resin + Katalis + Aerosil = (1650 + 33,5 + 49,5)ml. Volume Matriks = 1733 ml.

$$\begin{aligned}\text{Persentase Matriks} &= \frac{V \text{ Matriks}}{V \text{ Matriks} + V \text{ Fiber}} \times 100 \% \\ &= \frac{1733 \text{ ml}}{1733 \text{ ml} + 484,2 \text{ ml}} \times 100 \% \\ &= 78,2 \%\end{aligned}$$

Perhitungan persentase fiberglass

$$\begin{aligned}\text{Persentase Fiber} &= \frac{V \text{ Fiber}}{V \text{ Matriks} + V \text{ Fiber}} \times 100 \% \\ &= \frac{484,2 \text{ ml}}{1733 \text{ ml} + 484,2 \text{ ml}} \times 100 \% \\ &= 21,8 \%\end{aligned}$$

Perhitungan persentase katalis

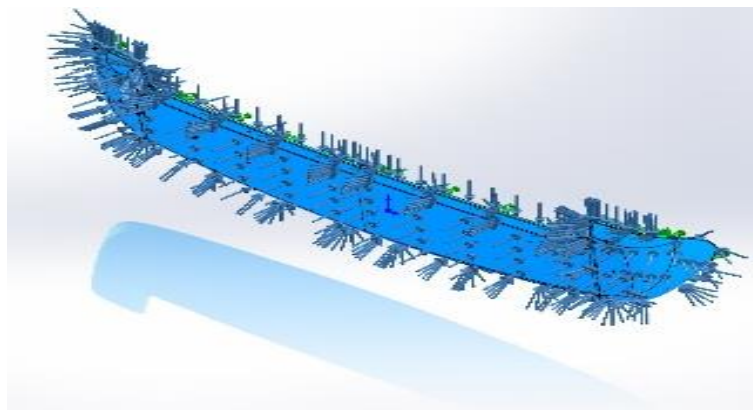
$$\begin{aligned}\text{Persentase Katalis} &= \frac{V \text{ Katalis}}{V \text{ Matriks}} \times 100 \% \\ &= \frac{33,5 \text{ ml}}{1733 \text{ ml}} \times 100 \% \\ &= 1,9 \%\end{aligned}$$

Perhitungan persentase aerosil

$$\begin{aligned}\text{Persentase Aerosil} &= \frac{V \text{ Aerosil}}{V \text{ Matriks}} \times 100 \% \\ &= \frac{49,5 \text{ ml}}{1733 \text{ ml}} \times 100 \% \\ &= 2,9 \%\end{aligned}$$

3.3. Analisis Kekuatan Tekan Material Komposit Bahan Pembuatan Spoiler

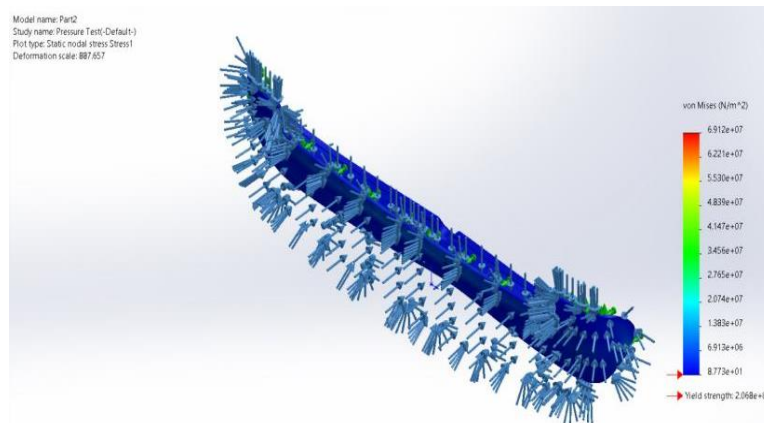
Setelah spoiler dengan material komposit selesai di manufaktur, kemudian dilakukan proses analisa kekuatan tekan dengan menggunakan alat bantu *software engineering solidworks*. Kemudian dilakukan pengujian dengan parameter kekuatan tekan serta *displacement ratio* yang terjadi pada material spoiler, dengan pembebanan sebesar 1.010 mbar, sesuai dengan tekanan udara rata-rata di daerah tropis. Gambar 3 menunjukkan surface spoiler yang diberikan pembebanan.



Gambar 3. Pemberian Pembebanan Tekan Pada Surface Spoiler

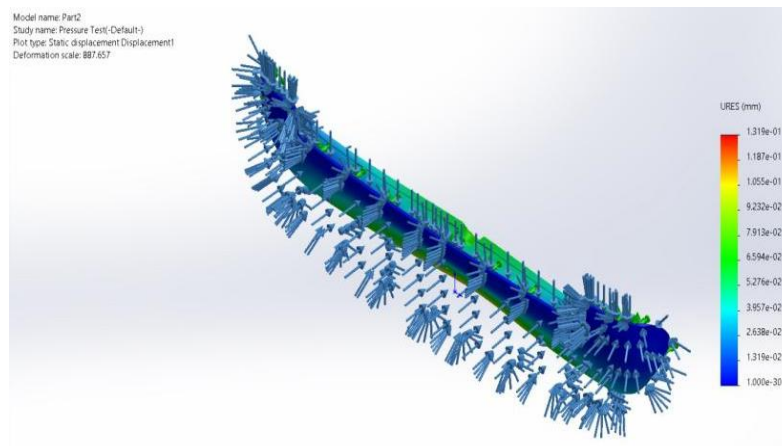
Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tekan dari material spoiler, sekaligus mendapat gambaran dari komposit, sehingga dapat digunakan sebagai material alternatif untuk pembuatan spoiler kendaraan roda empat. Proses analisis dengan melakukan simulasi pemberian pembebanan pada material komposit komponen spoiler pada dua parameter yang diukur yaitu kekuatan tekan dan *displacement ratio*.

Hasil analisis dari pengujian kekuatan tekan pada material komposit daur ulang sampah plastik *polyethylene terephthalate* (PET) untuk pembuatan spoiler diperoleh kekuatan tekan minimum sebesar $8.773e+01$ N/m² dan kekuatan tekan maksimum sebesar $6.912e+07$ N/m². Hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Analisis Kekuatan Tekan Material Komposit untuk Bahan Spoiler

Hasil analisis yang didapatkan berdasarkan pengujian *displacement ratio* yang terjadi pada material komposit komponen spoiler setelah diberikan pembebanan sebesar 0,132 mm. Gambar 5 menunjukkan hasil analisis *displacement ratio*.



Gambar 5. Hasil Analisis Displacement Ratio Material Komposit untuk Bahan Spoiler

Kekuatan tekan material komposit dari *Polyethylene terephthalate* (PET) dengan penambahan fiberglass dan resin polyester untuk pembuatan spoiler sebesar $6.912e+07$ N/m², dan displacement ratio berdasarkan pembebanan yang diberikan sebesar 0,132 mm.

4. Kesimpulan

Penggunaan material komposit dari sampah plastik *Polyethylene terephthalate* (PET) dapat dijadikan material alternatif untuk manufaktur spoiler. Material komposit untuk pembuatan spoiler ini memiliki karakteristik mekanikal di mana dalam analisis menggunakan simulasi rekayasa perangkat lunak (*software engineering*), ditemukan bahwa beban terdistribusi merata pada setiap titik. Tekanan pada spoiler meningkat seiring peningkatan beban, mencapai nilai

tertinggi pada kondisi warna merah. Dalam situasi ini, pergeseran (*displacement ratio*) juga mengalami peningkatan yang signifikan, terutama pada bagian warna merah di tengah spoiler.

Original Equipment Manufacturer (OEM) dengan desain simulasi menggunakan *software engineering* secara bentuk fisik memiliki bentuk yang tidak terlalu berbeda supaya hasil yang didapat mendekati kondisi ideal, sehingga desain yang diperlihatkan dengan hasil uji tekan kondisinya sama baik, yaitu bobot ataupun dimensi.

Referensi

- [1] Dulebova, L. Greskovie, F. Influence of Re grind on Properties of Plastics Produced by Injection Moulding. *Journal of Material Engineering*. Vol 18, pp 44 – 48, 2011.
- [2] Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., and Law, K.L. Plastic Waste Inputs from Land into The Ocean. *New York: Science Magazine*. 2015,
- [3] K. Ikenaga, T. Inoue, and K. Kusakabe, "Hydrolysis of PET by Combining Direct Microwave Heating with High Pressure," *Procedia Eng.*, vol. 148, pp. 314–318, 2016.
- [4] Plastic Waste Management Institute. *An Introduction to Plastic Recycling*. 2009.
- [5] Wardani, L., Massijaya, M.Y., and Machdie, M.F. Utilization of Petiole Oil Palm Wastes and Recycled Polypropylene as Raw Materials. *Jurnal Hutan Tropis*, vol 1 no 1, pp 46–53, 2013.
- [6] Gundara, G., Rahman, M.B.N. Sifat Tarik, Bending dan Impak Komposit Serat Sabut Kelapa-Polyester dengan Variasi Fraksi Volume. *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*. Vol. 3, pp. 10-19, 2019.
- [7] Dwi Rahmalina, Peran Penguat Partikel Alumina dan Silikon Karbida Terhadap Kekerasan Material Komposit Matriks Aluminium, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2015.
- [8] Astika, I.M. Studi Eksperimental Karakteristik Tarik dan Lelah Pada Komposit dengan Serat WR dan CSM, *Jurusan Teknik Mesin ITS*. 2007.
- [9] Nugroho. *Proses Produksi Pembuatan Bodi Microcar dari Bahan Komposit Sandwich di PT. Indonesia Kereta Api (PERSERO) Madiun, UMY, Yogyakarta*, 2007.
- [10] Purna Irawan, Agustinus, dkk. *Manufacturing Process Of Car Spoiler Product Using Continuous Rattan Fiber Composite Materials*. *Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanegara, Indonesia*. 2020.