

Analisis Nilai Komparatif Kekuatan *Bending* Material Komposit Serat Sintetis Aplikasi Bahan *Winlet Bumper Mobil*

Afrizal^{a*}, Ahmad Ridwan^b, Eko Martono^c, Hayatullah Komaini^d^{a,c,d} Program Studi Teknik Mesin, STITEKNAS JAMBI, Jl. Lintas Timur Mendalo Darat Jambi Luar Kota, Indonesia^b Program Studi Informatika, STITEKNAS JAMBI, Jl. Lintas Timur Mendalo Darat Jambi Luar Kota, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 6 Januari 2026

Diterima setelah direvisi 22 Februari 2026

Disetujui 23 Februari 2026

Kata kunci:

Sintetis

Bending

Komposit

Komparatif

Abstract-Composite materials are often used as a body on a car, especially in the front and rear protectors. This is because the advantages of composite materials include being lightweight, which results in a lighter car body mass, making the car more fuel-efficient and reducing air emissions. Composites that use polymers are often used. Composites with this type use polymers as a matrix and natural fibers as reinforcement. Composition of carbon fiber, polypropylene fiber Hardiner and Epoxy Resin Alloy for car bumper winglet material: Composition 1: 1 KSP fiber 3 KSK fibers or 1,158 gr KSP; 3,475 gr KSK; 18,532 gr REH average bending test value of 4694.57 MPa, Composition 2: 2 KSP fibers 2 KSK fibers or 2,316 gr KSP; 2,316 gr KSK; 18,532 gr REH average bending test value of 4901.45 MPa, Composition 3: 3 KSP fibers 1 KSK fiber or 3,475 gr KSP 1,158 gr KSK; 18,532% REH average bending test value of 5371.68 MPa Making Car Bumper Winglets is taken from the highest bending test specimen composition obtained in the composition of a mixture of 3 KSP fibers and one fiber 3,475 gr KSP, one fiber 1,158 gr KSK; 18,532 gr REH with a bending test value of 5371.68 MPa. Comparative analysis of the value of the bending test strength with carbon fiber composition and polypropylene fiber. Hardiner and epoxy resin alloy, using a Comparative analysis of correlated k samples and hypothesis analysis, reveals a difference between fiber layers in bending tests. Because the value of $F_0 = 77.01$ is greater than $F_{0.05(2,6)} = 5.14$, then H_0 is rejected. The influence of the difference between the polypropylene fiber layer and the carbon fiber layer on the bending test strength of the material used for making car bumpers is notable.

Intisari-Material komposit sering digunakan sebagai body pada mobil terutama pada bagian pelindung depan maupun belakang, hal ini dikarenakan keunggulan material komposit yaitu ringan yang mengakibatkan massa dari body mobil akan lebih ringan sehingga bahan bakar menjadi lebih efisien dan dapat mereduksi emisi udara. Komposit yang menggunakan polimer merupakan komposit yang sering digunakan. Komposit dengan jenis ini menggunakan polimer sebagai matriks dan serat alam sebagai penguat. Komposisi serat karbon, serat polypropylene Paduan Hardiner dan Resin Epoxy untuk bahan winglet bumper mobil: Komposisi 1: 1 serat KSP 3 serat KSK atau 1.158 gr KSP; 3.475 gr KSK ;18.532 gr REH nilai uji bending rata-rata 4694,57 MPa, Komposisi 2 : 2 serat KSP 2 serat KSK atau 2.316 gr KSP;2.316 gr KSK; 18.532 gr REH nilai uji bending rata-rata 4901,45 MPa, Komposisi 3: : 3 serat KSP 1 serat KSK atau 3.475 gr KSP 1.158 gr KSK; 18.532% REH nilai uji bending rata-rata 5371,68 MPa Pembuatan Winglet Bumper Mobil diambil dari komposisi spesimen uji bending tertinggi yang diperoleh pada komposisi perbandingan campuran 3 serat KSP dan 1 serat 3.475 gr KSP, 1 serat 1.158 gr KSK; 18.532 gr REH dengan nilai uji bending 5371,68 MPa. Nilai analisis komparatif kekuatan uji bending dengan komposisi serat karbon, serat polypropylene. Paduan Hardiner dan Resin Epox dengan menggunakan analisa Komparatif sampel k berkorelasi. Analisis hipotesa ada perbedaan diantara lapisan serat terhadap uji bending Karena nilai $F_0 = 77,01 > F_{0,05(2,6)} = 5.14$ maka H_0 maka ditolak. Jadi ada pengaruh perbedaan diantara lapisan serat polypropylene dan lapisan serat karbon terhadap kekuatan uji bending material untuk pembuatan Bumper Mobil.

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi saat ini berkembang pesat, banyak inovasi baru yang menguntungkan masyarakat khususnya di bidang material [1]. Permintaan material pada perkembangan yang maju ini adalah material yang memiliki bobot ringan namun memiliki sifat mekanisme yang tinggi, pada kriteria tersebut maka dikembangkan material komposit [2]. Bidang otomotif khususnya Bumper memiliki

fungsi melindungi pengemudi maupun penumpang pada mobil saat terjadinya benturan. Bumper telah dibuat dengan bahan kandungan FeCr namun masih mengalami kelemahan yaitu kurangnya akselerasi karena komponen dinilai berat dan memiliki harga relatif mahal [3].

Bumper adalah salah satu struktur yang penting dalam kendaraan berpenumpang dan didesain untuk menerima beban Impact, bumper merupakan pelindung luar yang dirancang sedemikian rupa untuk memungkinkan terjadinya kontak dan mengalami guncangan yang

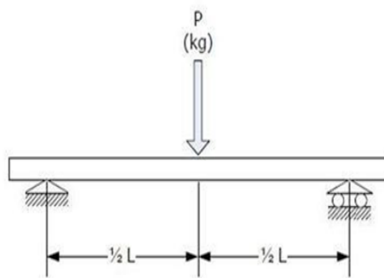
* Corresponding Author:

E-mail: afri12642@gmail.com (Afrizal)

mungkin terjadi tanpa menimbulkan kerusakan yang serius, Bumper dirancang untuk menyerap energi tabrakan saat terjadi [4]. Bumper merupakan salah satu bagian dari kendaraan yang mempunyai peranan yang sangat penting, selain sebagai aerodinamis, estetika sehingga mampu menarik konsumen, bumper juga berfungsi sebagai peredam tabrakan ringan yang terjadi pada kendaraan, fungsi bumper sebagai peredam tabrakan ringan membuat bumper menjadi material yang sering mengalami kerusakan pada saat tabrakan, sehingga dibutuhkan material yang bersifat lebih ekonomis, jumlah melimpah, dapat diperbarui, ramah lingkungan, serta memiliki sifat dan karakteristik pemenuhan standar yang ditetapkan seperti kekuatan dampak yang diterima pada bumper [5]. Pentingnya analisis mekanis ini didasarkan pada penentuan kekuatan desain struktur untuk memberikan keyakinan atas keselamatan pemakaian.

Perkembangan ilmu pengetahuan terutama pada bidang rekayasa material terus mengalami perkembangan menuju arah penggunaan material yang terbaru dan berkelanjutan [6]. Material komposit mempunyai kemampuan yang mudah dibentuk sesuai dengan yang dibutuhkan, dengan menggabungkan kekuatan maupun keunggulan dari material-material penyusunnya. Hal itu memicu penggunaan komposit material sebagai bahan alternatif untuk menggantikan logam dalam produk-produk yang dihasilkan oleh Perusahaan [7][8]. Salah satu industri yang sudah mulai banyak menggunakan material komposit yaitu industri otomotif [9][10]. Material komposit sering digunakan sebagai body pada mobil terutama pada bagian pelindung depan maupun belakang, hal ini dikarenakan keunggulan material komposit yaitu ringan yang mengakibatkan massa dari body mobil akan lebih ringan sehingga bahan bakar menjadi lebih efisien dan dapat mereduksi emisi udara. Komposit yang menggunakan polimer merupakan komposit yang sering digunakan. Komposit dengan jenis ini menggunakan polimer sebagai matrik dan serat alam sebagai penguat [11][12].

Pengujian bending merupakan proses pembebanan terhadap suatu material pada suatu titik ditengah-tengah dari material yang ditahan diatas dua tumpuan kanan dan kiri. Dengan diberikannya beban secara maksimal pada material, material akan mengalami perubahan bentuk atau biasa disebut deformasi kemudian dapat diketahui material mana yang baik hasil ujiannya. Besar kekuatan bending tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat Pengujian bending, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatannya. Momen bending dan kekuatan bending komposit sintetis dapat dicari menggunakan persamaan berikut:



Gambar 1. Pengujian Bending

Kekuatan bending dapat dirumuskan sebagai berikut:

Kekuatan Tegangan Bending s_b :

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bh^2}$$

Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{L^3 P}{4bd^3 \delta}$$

Keterangan:

σ = Tegangan Bending (MPa)

E_b = Modulus elastisitas Bending (Mpa)

P = Beban Maksimum (N)

Analisis komparatif atau analisis komparasi atau analisis perbedaan adalah bentuk analisis variabel (data) untuk mengetahui perbedaan diantara dua kelompok(data) atau lebih. Teknik statistik yang digunakan dalam analisis komparatif adalah uji statistik, yaitu pengujian hipotesis komparatif. Analisis komparatif atau uji perbedaan sering disebut uji signifikan (*test of significance*). Terdapat dua jenis komparatif yaitu komparatif antara dua sampel dan komparatif k sampel (komparatif antara lebih dari dua sampel). Kemudian setiap model komparatif sampel dibagi menjadi dua jenis yaitu sampel yang berkorelasi (terkait) dan sampel yang tidak berkorelasi (independen).

Sampel-sampel dikatakan berkorelasi (terkait) apabila sampel-sampel tersebut satu sama lain tidak terpisah secara tegas (*nonmutually exclusive*), artinya anggota sampel yang satu ada menjadi anggota sampel yang lainnya. Sampel-sampel yang berkorelasi ini terjadi karena tiga hal yaitu: sejumlah anggota sampel diukur pada dua periode atau lebih, dijodohkan atas dasar individu, dijodohkan atas dasar kelompok. Sampel yang berkorelasi biasanya terdapat dalam desain eksprimen.

Langkah-langkah dalam perhitungan analisis komparatif yaitu:

- a. Identifikasi jumlah baris dan jumlah kolom
- b. Hitung jumlah pengamatan total (n) setiap kolom
- c. Menghitung jumlah kuadrat total (JKT) dengan rumus dibawah ini:

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 - \frac{T^2}{nk}$$

- d. Menghitung jumlah kuadrat Kolom (JKK) dengan rumus dibawah ini:

$$JKK = \frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n} - \frac{T^2}{nk}$$

- e. Menghitung jumlah Kuadrat Error dengan rumus sebagai berikut:

$$JKE = JKT - JKK$$

2. Metodologi

2.1. Bahan Penelitian

- a. Bahan serat karbon digunakan sebagai penguat seperti gambar 3.
- b. Bahan serat *Polypropylene* bahan penguat bahan specimen seperti terlihat pada Gambar 4.

2.2 Material Komposit

Material komposit terdiri dari unsur-unsur penyusun dan komponen dapat berupa unsur organik, anorganik ataupun metalik dalam bentuk serat, partikel serbuk dan lapisan. Secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu:

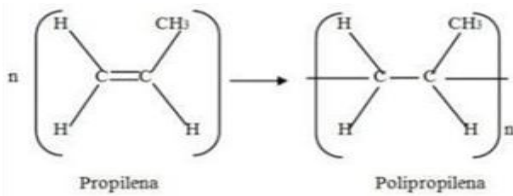
- a. Komposit Serat (*Fiber composite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat atau komposit yang terdiri dari fiber dan matriks sebagai

pengikat. Komposit yang terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu. (Vlack L. H, 2004). Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matriks akan diteruskan kepada serat, serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks penyusun komposit (Vlack L. H, 1985) serat penguat untuk komposit dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: serat buatan (*Sintetic fiber*), merupakan serat penguat untuk bahan komposit yang dibuat dari bahan-bahan kimia. Contohnya: serat gelas (*fiber glass*), serat optik (*fiber optic*), serat poliester (*polyester fiber*) dan lain-lain. Serat alami (*natural fiber*), merupakan serat penguat untuk bahan komposit yang merupakan serat alami dari hasil alam. Serat alami dapat berasal dari hewani walaupun pada umumnya kebanyakan berasal dari tumbuh-tumbuhan. Contoh: bulu domba (hewani), serat bambu dan serat pisang (tumbuhan) dan lain-lain. Penempatan serat dan arah serat yang tepat pada posisinya akan menjadikan komposit dapat menahan beban lebih baik.

b. Polypropylene

Polypropylene atau Polipropilena merupakan polimer hidrokarbon yang termasuk ke dalam polimer termoplastik yang dapat diolah pada suhu tinggi. Polipropilena berasal dari monomer propilena yang diperoleh dari pemurnian minyak bumi. Struktur molekul propilena $CH_2=CH-CH_3$. Secara industri, polimerisasi polipropilena dilakukan dengan menggunakan katalis koordinasi. Proses polimerisasi ini akan menghasilkan suatu rantai linear yang berbentuk -A-A-A-A-A-, dengan A merupakan propilena. Reaksi polimerisasi dari propilena secara umum dapat dilihat pada **Gambar 2**. (Steven MP.,2001)



Gambar 2. Reaksi Polimerisasi dari Propilena Menjadi Polipropilena (Steven MP.,2001)



Gambar 3. Serat Karbon

Bahan serat *Polypropylene* bahan penguat bahan specimen seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Serat Polypropylene

2.3 Bemper Mobil

Bumper mobil terlihat pada gambar 5 memiliki peran yang penting dalam melindungi kendaraan, penumpang, dan komponen sensitif lainnya. Fungsi bumper melampaui sekadar estetika dan menjadi faktor kunci dalam meningkatkan keamanan dan perlindungan saat berkendara.



Gambar 5. Winglet Bumper Mobil

2.4 Resin Epoxy dan Hardener

Resin *epoxy* berbentuk cair dengan dua campuran, yaitu satu *epoxy* hardener tipe *general porpose (polyaminoamida)*, kedua adalah *epoxy* resin tipe *general porpose (bispenola apichlorohidrin)*, dengan perbandingan 1 : 1. Resin *epoxy* memiliki banyak kegunaan yang luas dalam industri kimia teknik, listrik, mekanik, dan sipil sebagai bahan perekat, cat pelapis, dan digunakan dalam benda-benda cetakan. Selain itu resin *epoxy* juga memiliki kekuatan yang tinggi serta mempunyai ketahanan kimia yang baik. Bahan ini dapat juga digunakan Karena resin *epoxy* juga memiliki sifat yang tahan aus dan tahan kejut, bahan ini banyak digunakan untuk membuat cetakan tekan untuk pembentukan logam. Manfaat hardener dibandingkan *epoxy* adalah untuk meningkatkan kekerasan beton, meminimalkan debu pada permukaan lantai beton dan kemampuan menahan keausan. Floor hardener banyak digunakan pada lantai garasi, tempat parkir, area penyimpanan, industri dan area yang membutuhkan lalu lintas.



Gambar 6. Resin epoxy

2.5 Peralatan Penelitian

A. Alat uji Bending

Mesin uji bending *Unipulse F381 Dinamic Force Processor* dapat dilihat pada gambar 7 adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan bending material



Gambar 7. Alat uji Bending

Proses pengujian *bending* dilakukan dengan bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya, karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Proses pengujian material dengan cara di tekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (*bending*) suatu material yang di uji. Proses pengujian *bending* memiliki 2 macam pengujian, yaitu *three point bending* dan *four point bending*. Perbedaan dari kedua cara pengujian ini hanya terletak dari bentuk dan jumlah point yang digunakan, *three point bending* menggunakan 2 point pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 1 point pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan sedangkan *four point bending* menggunakan 2 point pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 2 point (penekan) pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan.

Prosedur Pengujian bending 3 titik (*three point*):

1. Ukurlah dimensi (lebar, tebal dan panjang) dari benda uji dengan menggunakan jangka sorong. Buatlah sketsa dari benda uji dan masukkan hasil pengukuran dimensi tersebut pada lembar data anda. Hidupkan mesin hidrolik dengan memutar tombol Start e dan biarkan mesin hidup selama kurang lebih 15 menit.



Gambar 8. Alat Uji Bending Universal Testing Machine [Politeknik Negeri Lhok seumawe 2020]

2. Periksa dan atur jarak antara komponen penarik/penekan (k) dengan mandril (l) sehingga memungkinkan meletakkan spesimen uji bending menggunakan roda unload wheel (c).
3. Pasanglah benda uji pada kedua tumpuan yang terdapat pada bagian atas komponen penarik/penekan (k) dengan benar.
4. Hidupkan komputer dengan menekan tombol power (b) dan mintalah PLP/petugas untuk memasukkan password yang diminta.

5. Pilih (klik ganda) UTM Software yang ada tampilan desktop. Aktifkan menu Preparation sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 6 (a).
6. Pilihlah jenis dari pengujian yang akan dilakukan (*Test Type: 3P-Bending, Specimen Type: Plate Specimen* atau sesuaikan dengan bentuk spesimen uji) sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 6(b). Isilah data awal dari spesimen.
7. Tutup *interface user "preparation"* dengan memilih Close untuk kembali ke menu 5 utama. Pilih menu Testing pada UTM software
8. Pilihlah salah satu testing *scale* dari 3 pilihan yaitu: 20, 50 dan 100 kN sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 7(a). Pemilihan ini berdasarkan skala gaya pada panel mesin uji bending Galdabini yang disesuaikan dengan perkiraan kekuatan material untuk menjaga sensitivitas pengujian (pengukuran).
9. Aturlah Stroke Zoom (sebelum atau setelah tombol start ditekan) untuk menambah atau mengurangi dimensi stroke yang tampil pada kurva loading diagram sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 7(b).
10. Aturlah Force Zoom (sebelum atau sesudah tombol start ditekan) untuk menambah atau mengurangi dimensi gaya yang tampil pada kurva loading diagram.
11. Pilih Start: pilihan ini akan menjalankan proses test/uji bending dan secara otomatis komputer akan menampilkan secara online progress dari proses uji bending serta mencatat dalam memori komputer semua data termasuk data gaya dan stroke (defleksi).
12. Memberi beban bending dengan cara memutar roda (*Loading rate wheel*) pada posisi load yang terdapat pada mesin.
13. Amati pertambahan *force* dan defleksi pada UTM Software, dan perhatikan juga gerakan komponen penekan (K) terhadap mandril jangan sampai beradu (jika sudah mendekati segera lakukan stop).
14. Setelah benda terbending, lakukan:
 - a. Pilih Stop untuk menghentikan secara total proses pengambilan data.
 - b. Putar kembali roda (*loading rate wheel*) pada posisi unload
 - c. Pilih Save UTM software untuk menyimpan data sementara dalam memori setelah dilakukan test dan berhenti dengan tombol stop. Selanjutnya data disimpan dalam hardisk dengan memberi nama file maksimum 8 karakter
 - d. Pilih Close untuk menutup penggunaan *interface user "testing"* dan kembali ke menu utama
 - e. Ambil spesimen yang telah diuji
 - f. Turunkan komponen penarik/penekan (k) pada UTM mesin dengan cara memutar unload wheel secara perlahan
15. Ambil hasil pengujian dengan meminta PLP/petugas mengkopi pada file yang sudah disimpan pada UTM software.
16. Matikan mesin hidrolik dengan cara memutar tombol Start Ke posisi semula. Tutup UTM Software dan shutdown kan komputer. Amati dan catat karakteristik dari bending yang terjadi.

B. Gelas Ukur

Gelas ukur dapat dilihat pada gambar 9 merupakan alat yang dipakai untuk mencampurkan resin *epoxy* dan *hardener*.

C. Vernier caliper atau jangka sorong merupakan alat yang digunakan untuk mengukur panjang dan lebar spesimen, dilihat dari gambar 10.



Gambar 9. Vernier caliper

D. Winglet Bumper

Winglet bumper mobil yang dijadikan bahan uji spesimen pembeding kekuatan bending dan sebagai mal yang akan digunakan produk winglet bumper dalam penelitian ini terlihat pada gambar 11 di bawah ini.



Gambar 10. Winglet Bumper

2.6 Persiapan Spesimen

Persiapan pembuatan specimen uji Bending variasi campuran paduan KSP (Komposit Serat Polypropylene) + KSK (Komposit Serat Karbon) + Resin Epoxy dan Hardener (REH) didapatkan kekerasan paduan pada specimen yang sesuai, kemudian dilakukan pencetakan specimen dengan komposisi seperti terlihat pada Tabel 1 perbandingan campuran KSP+KSK+REH dibawah ini menggunakan fraksi volume:

$$\begin{aligned} \text{Volume specimen} &= p \times l \times t \\ &= 152 \text{ mm} \times 25,4 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \\ &= 23.164,8 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Tabel 1. Komposisi campuran KSP+KSK+REH

Spesimen	Panjang	Lebar	Tinggi	KSP (gr)	KSK (gr)	REH (gr)
1	152	25,4	6	1.158	3.475	18.532
2	152	25,4	6	1.158	3.475	18.532
3	152	25,4	6	1.158	3.475	18.532
4	152	25,4	6	2.316	2.316	18.532
5	152	25,4	6	2.316	2.316	18.532
6	152	25,4	6	2.316	2.316	18.532
7	152	25,4	6	3.475	1.158	18.532
8	152	25,4	6	3.475	1.158	18.532
9	152	25,4	6	3.475	1.158	18.532

2.7 Prosedur Pembuatan Spesimen uji Bending

Untuk mendapatkan data yang akurat perlu dilakukan pembuatan spesimen, berikut prosedur pengujiannya:

- Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk melakukan pembuatan specimen uji bending
- Sebelum pembuatan spesimen pastikan menggunakan keselamatan kerja seperti sarung tangan dan masker.
- Melakukan Penimbangan komposit serat polypropylene + komposit serat karbon dan resin epoxy hardener
- Melakukan pemotongan KSP, KSK mencapai tingkat ukuran yang ditentukan, setelah ukuran didapat KSP dan KSK di campur resin epoxy untuk pembuatan specimen uji bending.
- Mengukur resin epoxy dan hardener yang di gunakan.
- Mencampurkan resin epoxy dan hardener yang telah di satukan. Lakukan pengadukan sampai rata resin dan hardener.

- Penuangan pada pencetakan uji bending KSP, KSK dan resin yang sudah di aduk.
- Lakukan pemerataan di cetakan dan proses berikutnya pengujian kekuatan bending.

2.8 Prosedur Pengujian Spesimen

Pada analisa sifat mekanik komposit serat Polypropylene, komposit serat karbon dan Resin Epoxy Hardener, langkah-langkah prosedur pengujian bending sebagai berikut:

- Mempersiapkan alat uji bending harus di periksa sebelum melaksanakan pengujian agar data yang di peroleh benar.
- Mempersiapkan spesimen yang diuji, dibuat sesuai dengan standar pengujian ASTM D 790.
- Mempersiapkan perlengkapan bantu harus selalu ada untuk memudahkan dalam pengujian yaitu buku, pulpen. Letakkan benda uji pada mesin uji Bending.
- Jalankan mesin uji bending dengan menambah beban kelipatan 10 kg/cm² per detik. Lakukan pembebanan hingga benda uji jadi pecah, serta tulislah beban maksimumnya

2.9 Uji Statistik Dengan Analisis Komparatif K Sampel Berkorelasi.

Prosedur uji statistiknya adalah sebagai berikut:

- Formula Hipotesis
 $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (Tidak ada perbedaan pengaruh)
 $H_0 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ (ada perbedaan pengaruh)
- Taraf nyata (α) dan nilai F
 Taraf nyata (α) = 5% = 0,05 atau 1% = 0,01
 $v_1 = k - 1$
 $v_2 = k(n - 1)$
 $F_{\alpha;v_1;v_2}$ (Lihat tabel F pada lampiran)
- Menentukan kriteria pengujian
 H_0 diterima (H_1 ditolak) apabila $F_0 = F_{\alpha;v_1;v_2}$
 H_0 ditolak (H_1 diterima) apabila $F_0 > F_{\alpha;v_1;v_2}$
- Menentukan nilai uji statistik (nilai F_0)

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 - \frac{T^2}{nk}$$

$$JKK = \frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n} - \frac{T^2}{nk}$$

$$JKE = JKT - JKK$$

2.10 Proses pembuatan Winglet (Bumper) Mobil

Pembuatan winglet Bumper dari komposit serat polypropilane, serat karbon dan resin epoxy. Winglet mobil merupakan salah satu komponen yang dapat meningkatkan kinerja kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat winglet mobil dari bahan serat polypropilane, serat karbon di campur dengan resin epoxy dan membandingkan dengan winglet yang ada di pasaran. Bahan utama yang digunakan adalah serat polypropilane, serat karbon dan resin epoxy. Pembuatan winglet mobil ada beberapa tahapan yaitu:

- Pembuatan master winglet modifikasi, pembuatan moulding, dan pembuatan produk winglet modifikasi.
- Pembuatan master mould didapat bentuk mengikuti desain body mobil jenis kijang kapsul, sedangkan pembuatan mould yang dihasilkan mempunyai ukuran dan bentuk yang sama dengan master mould.
- Untuk menghindari adanya cacat produk maka perlu diperhatikan kemungkinan adanya rongga udara yang muncul di antara lapisan serat dan kesalahan selama proses pembuatan bumper
- Tahapan pembuatan bumper dapat dilakukan dengan menyiapkan moulding, setelah moulding disiapkan mulai Menyusun serat karbon, serat polypropylene dan resin epoxy dalam moulding yang

telah disiapkan sesuai komposisi lapisan campuran dalam pembuatan specimen uji bending.

5. Proses penyusunan lapisan serat dapat dilakukan menggunakan kuas agar merata dalam moulding bumper mobil yang digunakan sehingga mencapai ketebalan bumper yang telah di tetapkan.
6. Setelah proses penyusunan lapisan serat karbon, serat polypropylene dan resin epoxy selesai di dalam moulding sehingga membentuk winglet bumper mirip dengan asli kemudian dikeringkan di udara terbuka dan proses pembuatan winglet selesai.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Hasil Pengujian Spesimen Uji Bending

Pada Pengujian bending pada penelitian ini menggunakan standar pengujian ASTM D790. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar ASTM D790 yaitu Panjang specimen 152 mm, lebar specimen 25,4 mm dan tinggi specimen 6 mm. Setelah pengujian dilakukan akan diketahui berapa beban maksimal yang mampu diterima oleh specimen yang kemudian akan dihitung nilai tegangan bendangnya dan modulus elastisitasnya. Variasi campuran dari kandungan KSP (1.158 gr; 2.316 gr; 3.475 gr), KSK (3.475 gr ;2.316 gr; 1.158 gr) dan REH (18.532 gr) diuji bending hingga patah. Untuk masing-masing persentase 3 komposisi diuji sehingga total specimen yang di uji adalah sebanyak 9 spesimen. Pengujian ini juga dilakukan terhadap winglet asli sebanyak 3 winglet. Pengujian spesimen ini dilakukan di laboratorium politeknik negeri padang.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Spesimen

Spesimen	Variasi Campuran			Defleksi (mm)	Beban maksimum (kgf)
	KSP (gr)	KSK (gr)	REH (gr)		
Komposisi 1	1.158	3.475	18.532	8,54	58
	1.158	3.475	18.532	8,40	58
	1.158	3.475	18.532	8,51	58
Komposisi 2	2.316	2.316	18.532	5,44	39
	2.316	2.316	18.532	5,47	39
	2.316	2.316	18.532	5,48	39
Komposisi 3	3.475	1.158	18.532	2,53	20
	3.475	1.158	18.532	2,55	20
	3.475	1.158	18.532	2,59	20

Tabel 3. Hasil Uji Winglet Asli Sebagai Pembanding

	Defleksi(mm)	Beban Maksimum(kgf)
Winglet Asli	23,05	5
	22,11	5
	22,21	5

3.2 Data Perhitungan Uji Bending

A. Komposisi I: 1 lapis serat polypropylene (KSP): 1.158 gr
3 lapis serat Karbon (KSK): 3.475 gr

1. Pengujian pertama
 - Beban Uji Maksimum
P = 58 kgf x 9,81 m/s = 568,98 N
 - Kekuatan Tegangan Bending

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} = \frac{3 \times 568,98 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 74,67 \text{ MPa}$$

- Modulus Elastisitas bending

$$E_b = \frac{L^3 P}{4bd^3 \delta} = \frac{80^3 \times 568,98}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 8,54} = 1554,39 \text{ MPa}$$

2. Pengujian kedua

- Beban Uji Maksimum
P = 58 kgf x 9,81 m/s = 568,98 N

- Kekuatan Tegangan Bending

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} = \frac{3 \times 568,98 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 74,67 \text{ MPa}$$

- Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{L^3 P}{4bd^3 \delta} = \frac{80^3 \times 568,98}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 8,40} = 1580,30 \text{ MPa}$$

3. Pengujian ketiga

- Beban Uji Maksimum
P = 58 kgf x 9,81 m/s = 568,98 N

- Kekuatan Tegangan Bending

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} = \frac{3 \times 568,98 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 74,67 \text{ MPa}$$

- Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{L^3 P}{4bd^3 \delta} = \frac{80^3 \times 568,98}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 8,51} = 1559,88 \text{ MPa}$$

B. Komposisi II:

2 lapis serat polypropylene (KSP): 2.316 gr
2 lapis serat Karbon (KSK): 2.316 gr

1. Pengujian pertama

- Beban Uji Maksimum
P = 39 kgf x 9,81 m/s = 382,59 N

- Kekuatan Tegangan Bending

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} = \frac{3 \times 382,59 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 50,21 \text{ MPa}$$

- Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{80^3 \times 382,59}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 5,44} = 1640,81 \text{ MPa}$$

2. Pengujian kedua

- Beban Uji Maksimum
P = 39 kgf x 9,81 m/s = 382,59 N

- Kekuatan Tegangan Bending

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} = \frac{3 \times 382,59 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 50,21 \text{ MPa}$$

- Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{L^3 P}{4bd^3 \delta} = \frac{80^3 \times 382,59}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 5,47} = 1631,81 \text{ MPa}$$

3. Pengujian ketiga

- Beban Uji Maksimum

P = 39 kgf x 9,81 m/s = 382,59 N

- Kekuatan Tegangan Bending

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} = \frac{3 \times 382,59 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 50,21 \text{ MPa}$$

- Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{L^3 P}{4bd^3 \delta} = \frac{80^3 \times 382,59}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 8,51} = 1628,83 \text{ MPa}$$

C. komposisi III:

3 lapis serat polypropylene (KSP): 3.475 gr
 1 lapis serat Karbon (KSK): 1.158 gr

1. Pengujian pertama

- Beban Uji Maksimum

$$P = 20 \text{ kgf} \times 9,81 \text{ m/s} = 196,2 \text{ N}$$

- Kekuatan Tegangan Bending

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 196,2 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 25,75 \text{ MPa}$$

- Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{L^3 P}{4 b d^3 \delta} = \frac{80^3 \times 196,2}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 2,53} = 1809,26 \text{ MPa}$$

2. Pengujian kedua

- Beban Uji Maksimum

$$P = 20 \text{ kgf} \times 9,81 \text{ m/s} = 196,2 \text{ N}$$

- Kekuatan Tegangan Bending

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 196,2 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 25,75$$

- Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{L^3 P}{4 b d^3 \delta} = \frac{80^3 \times 196,2}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 2,55} = 1795,07 \text{ MPa}$$

3. Pengujian ketiga

- Beban Uji Maksimum

$$P = 20 \text{ kgf} \times 9,81 \text{ m/s} = 196,2 \text{ N}$$

- Kekuatan Tegangan Bending

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 196,2 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 25,75$$

- Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{L^3 P}{4 b d^3 \delta} = \frac{80^3 \times 196,2}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 8,51} = 1767,35 \text{ MPa}$$

D. Winglet Asli

1. Pengujian pertama

Defleksi $\delta_1 = 23,05 \text{ mm}$

Beban maksimum $P = 5 \text{ kgf} \times 9,81 \text{ m/s} = 49,05 \text{ N}$

Kekuatan tegangan bending

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 49,05 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 6,44 \text{ MPa}$$

Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{L^3 p}{4 b d^3 \delta} = \frac{80^3 p}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 23,05} = 49,65 \text{ MPa}$$

3. Pengujian kedua

Defleksi $\delta_1 = 22,11 \text{ mm}$

Beban maksimum $P = 5 \text{ kgf} \times 9,81 \text{ m/s} = 49,05 \text{ N}$

Kekuatan tegangan bending

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 49,05 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 6,44 \text{ MPa}$$

Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{L^3 P}{4 b d^3 \delta} = \frac{80^3 \times 49,05}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 22,11} = 51,76 \text{ MPa}$$

4. Pengujian ketiga

Defleksi $\delta_1 = 22,21 \text{ mm}$

Beban maksimum

$$P = 5 \text{ kgf} \times 9,81 \text{ m/s} = 49,05 \text{ N}$$

Kekuatan tegangan bending

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 49,05 \times 80}{2 \times 25,4 \times 6^2} = 6,44 \text{ MPa}$$

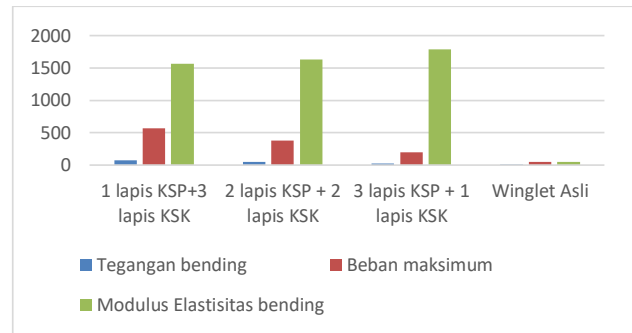
Modulus Elastisitas Bending

$$E_b = \frac{L^3 P}{4 b d^3 \delta} = \frac{80^3 \times 49,05}{4 \times 25,4 \times 6^3 \times 22,21} = 51,52$$

Berdasarkan hasil nilai uji bending pada tabel 4, selanjutnya data ditampilkan dalam bentuk diagram batang sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai Kekuatan Uji Bending

Komposisi	Pengujian Ke-	Tinggi (mm)	Jarak antar tumpuan (mm)	Tegangan bending (Mpa)	Beban Maksimum (N)	Modulus elastisitas (MPa)
1 lapis KSP	1	6	80	74,67	568,98	1554,39
	2	6	80	74,67	568,98	1580,30
	3	6	80	74,67	568,98	1559,88
2 lapis KSP	1	6	80	50,21	382,59	1640,81
	2	6	80	50,21	382,59	1631,81
	3	6	80	50,21	382,59	1628,83
3 lapis KSP	1	6	80	25,75	196,2	1809,26
	2	6	80	25,75	196,2	1795,07
	3	6	80	25,75	196,2	1767,35
Winglet Asli	1	6	80	6,44	49,05	49,65
	2	6	80	6,44	49,05	51,76
	3	6	80	6,44	49,05	51,52



Gambar 11. Grafik hasil pengujian bending

Pada diagram diatas menunjukkan bahwa spesimen yang diuji memiliki nilai tegangan bending, beban maksimum dan modulus elastisitas yang lebih tinggi dari winglet aslinya. Untuk spesimen yg diuji tegangan bending 3 lapis KSP + 1 lapis KSK lebih tinggi dibandingkan dengan semua spesimen yang diuji yaitu sebesar 74.67 MPa. Tegangan bending terendah pada spesimen 1 lapis KSP+3 lapis KSK sebesar 50,21 MPa. Untuk beban maksimum nilai tertinggi terletak pada 1 lapis KSP+3 lapis KSK yaitu 565,98 N, beban maksimum terendah pada spesimen 3 lapis KSP + 1 lapis KSK sebesar 25,75 MPa. Modulus elastisitas bending yang tertinggi pada spesimen 3 lapis KSP + 1 Lapis KSK yaitu 1790,56 MPa.

3.3 Uji Statistik dengan Analisis Komparatif k sampel berkorelasi.

Tabel 5. Hasil Kekuatan Uji Bending

Komposisi I	Komposisi II	Komposisi III	Total
1554,39 MPa	1640, 81 MPa	1809,26 MPa	
1580,30 MPa	1631,81 MPa	1795,07 MPa	
1559,88 MPa	1628,83 MPa	1767,35 MPa	
4694, 57 MPa	4901,45 MPa	5371, 68 MPa	14.967,7 MPa

Keterangan:

Komposisi I: 1 lapis KSP (1.158 gr) dan 3 lapis KSK (3.475 gr)

Komposisi II: 2 lapis KSP (2.316 gr) dan 2 lapis KSK (2.316 gr)

Komposisi III: 3 lapis KSP (3.475 gr) dan 1 lapis KSK (1.158 gr)

A. Formula Hipotesis

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (Tidak ada perbedaan pengaruh diantara ketiga komposisi terhadap kekuatan uji bending)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ (Ada perbedaan pengaruh diantara ketiga komposisi terhadap kekuatan uji bending)

a. Taraf nyata (α) dan nilai F

Taraf nyata (α) = 5% = 0,05

$$v_1 = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$v_2 = k(n - 1) = 3(3 - 1) = 6$$

$$F_{0,05(2;6)} = 5,14 \text{ (Lihat tabel F pada lampiran)}$$

b. Menentukan kriteria pengujian

H_0 diterima (H_1 ditolak) apabila $F_0 \leq 5,14$

H_0 ditolak (H_1 diterima) apabila $F_0 > 5,14$

c. Menentukan nilai uji statistik (nilai F_0)

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 - \frac{r^2}{nk}$$

$$= 1554,39^2 + 1580,30^2 + \dots + 1767,35^2 - \frac{14967,7^2}{9}$$

$$= 83392,65$$

$$JKK = \frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n} - \frac{T^2}{nk}$$

$$= \frac{4694,57^2 + 4901,45^2 + 5371,68^2}{3} - \frac{14\ 967,7^2}{9}$$

$$= 80\ 265,95$$

$$JKE = JKT - JKK$$

$$= 83\ 392,65 - 80\ 265,95 = 3126,7$$

d. Kesimpulan

Karena nilai $F_0 = 77,01 > F_{0,05(2;6)} = 5,14$ maka H_0 ditolak. Jadi ada pengaruh perbedaan diantara lapisan serat terhadap kekuatan uji bending.

4. Simpulan

Hasil pengujian kekuatan uji Bending dengan komposisi serat karbon, serat polypropylene paduan Hardiner dan Resin Epoxy dapat disimpulkan:

1. Komposisi serat karbon, serat polypropylene Paduan Hardiner dan Resin Epoxy untuk bahan winglet bumper mobil: Komposisi 1: 1 serat KSP 3 serat KSK atau 1.158 gr KSP; 3.475 gr KSK ;18.532 gr REH nilai uji bending rata-rata 4694,57 MPa, Komposisi 2 : 2 serat KSP 2 serat KSK atau 2.316 gr KSP;2.316 gr KSK; 18.532 gr REH nilai uji bending rata-rata 4901,45 MPa, Komposisi 3: : 3 serat KSP 1 serat KSK atau 3.475 gr KSP 1.158 gr KSK; 18.532 %REH nilai uji bending rata-rata 5371,68 MPa Pembuatan Winglet Bumper Mobil diambil dari komposisi spesimen uji bending tertinggi yang diperoleh pada komposisi perbandingan campuran 3 serat KSP dan 1 serat 3.475 gr KSP, 1 serat 1.158 gr KSK; 18.532 gr REH dengan nilai uji bending 5371,68 MPa.

2. Nilai analisis komparatif kekuatan uji bending dengan komposisi serat karbon, serat polypropylene paduan Hardiner dan Resin Epoxy dengan menggunakan analisa Komparatif sampel k berkorelasi, Analisis hipotesa ada perbedaan diantara lapisan serat terhadap uji bending Karena nilai $F_0 = 77,01 > F_{0,05(2;6)} = 5,14$ maka H_0 maka ditolak. Jadi ada pengaruh perbedaan diantara lapisan serat terhadap kekuatan uji bending.

REFERENSI

- [1] A. K. Singh, R. Bedi, and B. S. Kaith, "Mechanical properties of composite materials based on waste plastic - a review," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2019, pp. 1293–1301. doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.258.
- [2] A. K. Singh, R. Bedi, and B. S. Kaith, "Composite materials based on recycled polyethylene terephthalate and their properties – A comprehensive review," *Compos. Part B Eng.*, vol. 219, no. April, 2021, doi: 10.1016/j.compositesb.2021.108928.
- [3] Muhammad Nur Rochim and Tri Hartutuk Ningsih, "Penggunaan Serat Jerami Padi Dalam Pembuatan Material Komposit Sebagai Alternatif Bahan Bumper Mobil," *J. Tek. Mesin*, vol. 9 no 3, pp. 1–6, 2021.
- [4] J. Julian, "PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT ALAMI UNTUK APLIKASI BUMPER MOBIL," *J. Al Ulum LPPM Univ. Al Washliyah Medan*, vol. 10, no. 2, pp. 92–98, 2022, doi: 10.47662/alulum.v10i2.239.
- [5] W. T. Putra *et al.*, "Composite Materials from Plant Fibers and Processed Plastic Waste for Exotic Knife Handles," *Int. J. Community Serv. Learn.*, vol. 9, no. 2, pp. 333–341, 2025, doi: 10.23887/ijcs.v9i2.90803.
- [6] N. Khalid, M. Aqeel, A. Noman, S. M. Khan, and N. Akhter, "Interactions and effects of microplastics with heavy metals in aquatic and terrestrial environments," *Environ. Pollut.*, vol. 290, p. 118104, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118104.
- [7] Fatkhurrohman, H. S. B. Rochardjo, A. Kusumaatmaja, and F. Yudhanto, "Extraction and effect of vibration duration in ultrasonic process of cellulose nanocrystal (CNC) from ramie fiber," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2262, no. 1, p. 30004, 2020, doi: 10.1063/5.0015794.
- [8] A. Abbasi Moud, "Cellulose Nanocrystals Examined by Atomic Force Microscopy: Applications and Fundamentals," *ACS Food Sci. Technol.*, vol. 2, no. 12, pp. 1789–1818, Dec. 2022, doi: 10.1021/acsfds.2c00289.
- [9] Jamasri and F. Yudhanto, "The Effect of Alkali Treatment and Addition of Microcrystalline Cellulose (MCC) on Physical and Tensile Properties of Ramie/Polyester Laminated Composites," *Rev. des Compos. des Mater. Av.*, vol. 32, no. 2, pp. 77–84, 2022, doi: 10.18280/rcma.320204.
- [10] F. Yudhanto, A. Wisnujati, V. Yudha, P. Rachmawati, and K. R. Dantes, "Effect of Chemical Treatments on Morphological, Physical and Mechanical Properties of Bamboo/ Glass Fibers Hybrid Laminated Composite," *Int. J. Integr. Eng.*, vol. 13, no. 7, pp. 315–323, 2021, doi: 10.30880/ijie.2021.13.07.036.
- [11] H. S. B. Rochardjo and C. Budiyanoro, "Manufacturing and analysis of overmolded hybrid fiber polyamide 6 composite," *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 21, 2021, doi: 10.3390/polym13213820.
- [12] H. S. B. Rochardjo, Fatkhurrohman, A. Kusumaatmaja, and F. Yudhanto, "Fabrication of Nanofiltration Membrane based on Polyvinyl Alcohol Nanofibers Reinforced with Cellulose Nanocrystal using Electrospinning Techniques," *Int. J. Technol.*, vol. 12, no. 2, pp. 329–338, 2021, doi: 10.14716/ijtech.v12i2.4173