

**ANALISIS KEKUATAN MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT
BERSERAT SABUT KELAPA YANG BERPELUANG
DIAPLIKASIKAN PADA PEMBUATAN SPAKBOR
SEPEDA MOTOR**

SKRIPSI

OLEH:

**DARWIS SARAGIH
188130113**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/6/22

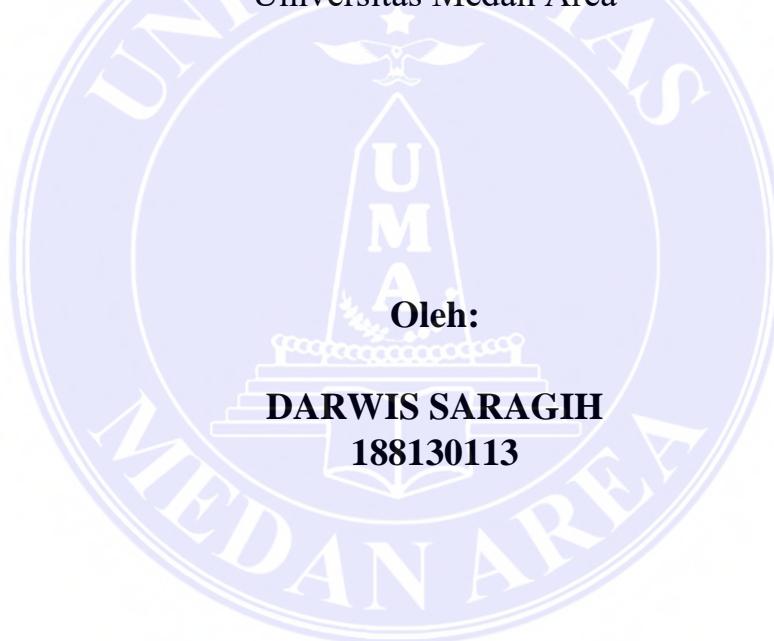
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)9/6/22

**ANALISIS KEKUATAN MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT
BERSERAT SABUT KELAPA YANG BERPELUANG
DIAPLIKASIKAN PADA PEMBUATAN SPAKBOR
SEPEDA MOTOR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana di
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)9/6/22

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

Judul Skripsi : ANALISIS KEKUATAN MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT BERSERAT SABUT KELAPA YANG BERPELUANG DIAPLIKASIKAN PADA PEMBUATAN SPAKBOR SEPEDA MOTOR.

Nama Mahasiswa : Darwis Saragih
NPM : 188130113
Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I

(Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST, M.Eng.,)
NIDN : 0111057402

Dosen Pembimbing II

(M. Yusuf R. Siahaan, ST, MT.,)
NIDN : 0122078003

Dekan Fakultas Teknik



Tanggal Lulus, 18 Januari 2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya dalam skripsi ini.

Medan, 18 Januari 2022



(Darwis Saragih)

188130113

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

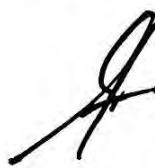
Nama : Darwis Saragih
NIM : 188130113
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non ekslusif (*Nin-exclusive Royalty-FreeRight*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Kekuatan Mekanik Material Komposit Berserat Sabut Kelapa Yang Berpeluang Diaplikasikan Pada Pembuatan Spakbor Sepeda Motor. Dengan Bebas Royalti Non Ekslusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 18 Januari 2022

Yang menyatakan



(Darwis Saragih)
188130113

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah dalam perkembangan ilmu dan teknologi pada era saat ini mulai berkembang. Limbah serat sebagai limbah organik dapat dijadikan bahan pembuatan komposit, mengingat negara indonesia memiliki banyak tumbuhan yang dapat menghasilkan serat salah satunya serat kelapa. Pemanfaatan serat kelapa menjadi daya tarik peneliti untuk mengetahui sifat mekanik serat buah kelapa diantaranya nilai kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas. Penelitian ini menggunakan variabel serat 0 serat/ tanpa serat, 5 serat dan 11 serat kelapa selanjutnya perbandingan antara matriks dan katalisnya yaitu 10 : 1 ml.

Pada penelitian ini bahan yang digunakan dalam pembuatan material komposit yaitu resin jenis polyester dengan katalis dan bahan penguatnya serat kelapa. Komposit yang akan dibuat menggunakan standart ASTM D 3039M-14 dengan ukuran spesimen 175 mm x 25 mm x 2 mm. Cetakan komposit dibuat dari bahan kaca dan dibentuk sesuai ukuran menggunakan double tape foam hijau. Tempat pengujian tarik ini dilaksanakan di Impact and Fracture Research Centre Universitas Sumatra Utara.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan pada hasil pengujian tarik, maka nilai rata-rata tegangan tarik tertinggi terdapat pada variabel 5 serat kelapa dengan nilai 44,07 MPa. Sedangkan nilai rata-rata kekuatan luluh terdapat pada variabel 5 serat dengan nilai 26,46 MPa ,nilai rata-rata modulus elastisitas terbesar terdapat pada variabel 0 serat sebesar 1360,6 MPa. Setelah melakukan pengujian terhadap benda uji/spesimen dan memperoleh data-data, maka material komposit berserat sabut kelapa memiliki peluang untuk dapat diaplikasikan pada pembuatan spakbor sepeda motor.

Kata kunci : komposit; uji tarik; resin *polyester*; serat kelapa; sifat mekanis.

ABSTRACT

Waste utilization in the development of science and technology in this era is now beginning to flourish. Fiber waste as organic waste can be made into composite materials, that indonesia has many plants that can produce fiber, one of which is coconut fiber. The use of coconut fiber becomes the attraction of researchers to know the mechanical nature of coconut fiber among which the value of pull force, stranglehold and elasticity modulus. By using a variabel of 0 fibers/ without fibers, 5 fibers and 11 coconut fibers and comparing the matrix to the catalyst is 100:1.

In this study, the material used in the manufacture of composite materials is a polyester type resin with a catalyst and the reinforcing material is coconut fiber. The composite will be made using the ASTM D 3039M-14 standard with a specimen size of 175 mm x 25 mm x 2 mm. Composite molds are made of glass and shaped to size using green double-sided foam tape. This tensile testing site was carried out at the Impact and Fracture Research Center, University of North Sumatra.

Based on the analysis that has been carried out on the tensile test results, the highest average tensile stress value is found in variable 5 coconut fiber with a value of 44.07 MPa. While the average value of yield strength is found in the 5 fiber variable with a value of 26.46 MPa, the largest average value of the elastic modulus is found in the 0 fiber variable of 1360.6 MPa. After testing the test object/specimen and obtaining the data, the coconut coir fibrous composite material has the opportunity to be applied to the manufacture of motorcycle fenders.

Key words : composite; tensile test; polyester resin; coconut fiber; mechanical character.

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Darwis Saragih dilahirkan di Dolok Maraja pada tanggal 31 Agustus 1996. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, pasangan dari Rohaman Saragih, dan Helmi Purba. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 096120 Dolok Maraja Kecamatan Dolok Silau, Kabupaten Simalungun dan Tamat pada tahun 2008. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMP Swasta GKPS 5 Saran Padang dan Tamat pada Tahun 2011. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMA Swasta RK Bintang Timur Pematang Siantar dan Tamat pada Tahun 2014. Selanjutnya pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan D-III di Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan dengan Jurusan Teknik Mekanika dan Tamat pada tahun 2017. Kemudian Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan selesai pada tahun 2022.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis masih diberikan kesehatan dan kesempatan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.

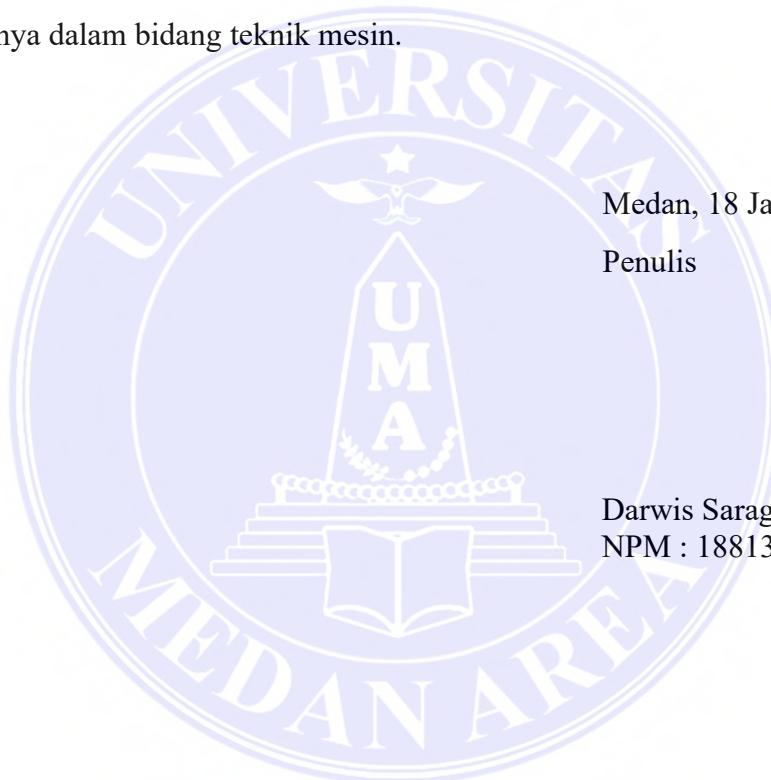
Adapun judul yang dipilih penulis yaitu “Analisis Kekuatan Mekanik Material Komposit Berserat Sabut Kelapa Yang Berpeluang Diaplikasikan Pada Pembuatan Spakbor Sepeda Motor”.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan dan rintangan yang penulis hadapi, namun akhirnya penulis dapat melalui hal ini karena adanya bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak baik moral maupun materi. Untuk itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Prof. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Muhammad Idris, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Bapak Dr. Iswandi, ST., MT., selaku Sekertaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II.
5. Seluruh dosen dan staff pegawai prodi teknik mesin Universitas Medan Area.
6. Kedua orang tua penulis Rohaman Saragih dan Helmi Purba yang selalu mendoakan, memberi motivasi serta semangat baik dalam moral dan material.

7. Seluruh keluarga dan teman-teman khususnya Feberius Gea, Felix Sihombing, Parulian Malau dan Roni Khosasi yang terus mendukung serta memberikan semangat terhadap penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna hal ini karena terbatasnya pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan adanya saran dan masukan bahkan kritik yang membangun. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya dalam bidang teknik mesin.



Medan, 18 Januari 2022

Penulis

Darwis Saragih
NPM : 188130113

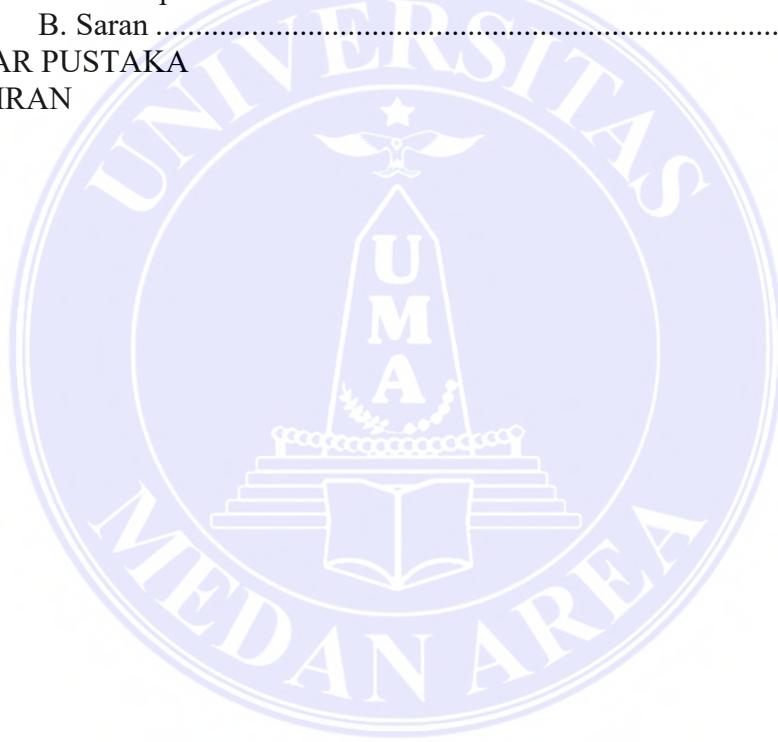
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iv
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Komposit.....	5
1. Matriks	7
2. Penguat (<i>Reinforcement</i>)	9
B. Jenis Serat dalam Komposit.....	15
C. Serat Kelapa	18
D. Resin dan Katalis	21
1. Resin.....	21
2. Katalis	22
E. Pembuatan Bodi/ Spakbor dengan Komposit	23
1. Pengertian Bodi.....	23
2. Pengertian Spakbor Pada Sepeda Motor.....	24
F. Uji Tarik Komposit	25
BAB III. METODOLOGI.....	32
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	32
B. Bahan dan Alat yang Digunakan	33
1. Bahan	33
a. Bahan Pembuatan Bodi dan penjepit spesimen	33
b. Bahan Pembuat Spesimen	34
c. Bahan Pembuat Cetakan Spakbor	36
d. Bahan Pembuat Spakbor	36
2. Alat.....	37
C. Metode Penelitian Eksperimen	41
D. Prosedur Penelitian	42
1. Rangkaian Prosedur Penelitian	42
2. Prosedur Pembuatan Cetakan Spesimen	43
3. Prosedur Pembuatan Spesimen	45
4. Prosedur Pengujian Tarik Material Komposit.....	50
5. Prosedur Pembuatan Cetakan Spakbor Sepeda Motor.....	51
6. Prosedur Pembuatan Spakbor Komposit.....	53

E. Diagram Alur Penelitian	55
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	56
A. Hasil Pembuatan Cetakan dan Spesimen.....	56
1. Hasil Pembuatan Cetakan	56
2. Hasil Pembuatan Spesimen uji.....	57
B. Hasil Pengujian Spesimen Dengan Alat Uji Tarik	59
C. Analisis Kekuatan Mekanik Spesimen Komposit	62
1. Hasil Nilai Kekuatan Luluh (<i>Yield Strength</i>)	62
2. Hasil Nilai Modulus Elastisitas.....	64
3. Hasil Nilai Titik Regangan Patah.....	65
4. Hasil Keputusan	70
5. Pembahasan.....	71
D. Pengaplikasian Komposit Pembuatan Spakbor Sepeda Motor	72
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	73
A. Kesimpulan	73
B. Saran	74

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



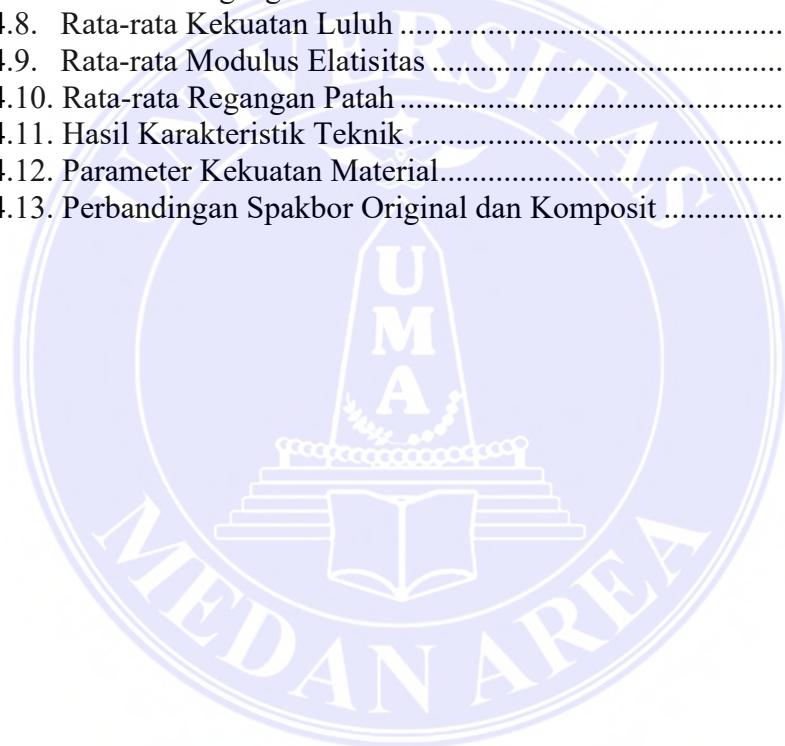
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Ilustrasi Komposit	5
Gambar 2.2.	<i>Fibrous Composite</i>	10
Gambar 2.3.	<i>Continous Fiber Composite</i>	10
Gambar 2.4.	<i>Woven Fiber Composite</i>	11
Gambar 2.5.	<i>Discontinous Fiber Composite</i>	11
Gambar 2.6.	<i>Hybrid Composite</i>	12
Gambar 2.7.	Komposit Partikel.....	13
Gambar 2.8.	<i>Laminated composite</i>	14
Gambar 2.9.	<i>Sandwich Composite</i>	14
Gambar 2.10.	<i>Fiber Glass</i>	15
Gambar 2.11.	<i>Carbon Fiber</i>	16
Gambar 2.12.	<i>Aramid Fiber</i>	16
Gambar 2.13.	Serat jerami, Serat Pisang, Serat Kelapa	18
Gambar 2.14.	Serat Sabut Kelapa	19
Gambar 2.15.	Orientasi Serat.....	20
Gambar 2.16.	Spakbor Sepeda Motor	25
Gambar 2.17.	Spesimen Uji Tarik (ASTM).....	27
Gambar 2.18.	Tampilan Bentuk Patahan Perlakuan Uji Tarik.....	27
Gambar 2.19.	Ilustrasi Grafik Uji Tarik.....	28
Gambar 2.20.	Kurva Tegangan dan Regangan	29
Gambar 2.21.	Penarikan Spesimen Uji Tarik.....	30
Gambar 3.1.	Kaca dan <i>double tape foam</i> hijau	33
Gambar 3.2.	Silicon Rubber dan cetakan kaca.....	34
Gambar 3.3.	Serat Sabut Kelapa	34
Gambar 3.4.	Resin dan Katalis	35
Gambar 3.5.	Lem Alteco	35
Gambar 3.6.	Mirror Glaze	35
Gambar 3.7.	Resin dan katalis, Fiber glass,Mirror glaze, Spakbor original,Lembaran kardus	36
Gambar 3.8.	Resin dan katalis, Serat kelapa, Mirror glaze, Cetakan spakbor, Gealcoat, Fiberglass	37
Gambar 3.9.	Cetakan Bodi Spesimen.....	37
Gambar 3.10.	Cetakan Jig/penjepit Spesimen.....	38
Gambar 3.11.	Gelas Ukur dan Wadah	38
Gambar 3.12.	Penggaris	39
Gambar 3.13.	Pisau Cutter	39
Gambar 3.14.	Gunting.....	39
Gambar 3.15.	Jangka Sorong	40
Gambar 3.16.	Suntik 5 ml	40
Gambar 3.17.	Kertas Pasir	41
Gambar 3.18.	Mesin Uji Tarik	41
Gambar 3.19.	Kaca dan Double tape foam hijau	43
Gambar 3.20.	Penyusunan Serat Kelapa	44
Gambar 3.21.	Cetakan Jig/penjepit.....	44
Gambar 3.22.	Memotong Serat Kelapa.....	45

Gambar 3.23. Ilustrasi Bentuk Spesimen	46
Gambar 3.24. Cetakan Bodi Spesimen	46
Gambar 3.25. Bodi dan jig/penjepit Spesimen	47
Gambar 3.26. Menuang Resin dan Katalis.....	48
Gambar 3.27. Memisahkan Spesimen dari Cetakan	49
Gambar 3.28. Bodi Spesimen dan Penjepit Dilem.....	49
Gambar 3.29. Mengatur Posisi Jig/Penjepit.....	50
Gambar 3.30. Perangkat Komputer Mesin Uji Tarik.....	50
Gambar 3.31. Proses Pengujian Tarik	51
Gambar 3.32. Cetakan Spakbor Sepeda Motor	52
Gambar 3.33. Proses Pembuatan Spakbor	54
Gambar 3.34. a) Cetakan Spakbor b) Spakbor Komposit.....	54
Gambar 3.35. Diagram Alur.....	55
Gambar 4.1. Hasil Cetakan Spesimen	56
Gambar 4.2. Hasil Cetakan Jig/penjepit Spesimen	57
Gambar 4.3. Bodi dan Jig/penjepit spesimen	58
Gambar 4.4. Hasil Cetakan Spesimen Komposit	58
Gambar 4.5. Bentuk Patahan Spesimen	59
Gambar 4.6. Grafik Tegangan vs Regangan variabel 0 serat.....	60
Gambar 4.7. Grafik Tegangan vs Regangan variabel 5 serat.....	60
Gambar 4.8. Grafik Tegangan vs Regangan variabel 11 serat.....	61
Gambar 4.9. Grafik Kekuatan Luluh (<i>Yield Strength</i>)	63
Gambar 4.10. Grafik Modulus Elastisitas	64
Gambar 4.11. Grafik Titik Regangan Patah.....	65
Gambar 4.12. Grafik Rata-rata Tegangan Tarik	67
Gambar 4.13. Grafik Rata-rata Kekuatan Luluh	68
Gambar 4.14. Grafik Rata-rata Modulus Elastisitas	69
Gambar 4.15. Grafik Rata-rata Titik Regangan Patah	70
Gambar 4.16. a) Spakbor Original b) Spakbor Komposit.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Parameter Mekanik Serat	18
Tabel 2.2. Perbandingan sifat resin Polyester dan Epoksi	23
Tabel 2.3. Tabel Spesimen	26
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian	32
Tabel 4.1. Variabel Spesimen.....	58
Tabel 4.2. Hasil Data Uji Tarik Spesimen.....	59
Tabel 4.3. Hasil Data Tegangan Tarik Spesimen.....	61
Tabel 4.4. Hasil Data Kekuatan Luluh Spesimen	63
Tabel 4.5. Hasil Data Modulus Elastisitas Spesimen	65
Tabel 4.6. Titik Regangan Patah Spesimen.....	66
Tabel 4.7. Rata-rata Tegangan Tarik.....	66
Tabel 4.8. Rata-rata Kekuatan Luluh	67
Tabel 4.9. Rata-rata Modulus Elatisitas	68
Tabel 4.10. Rata-rata Regangan Patah	69
Tabel 4.11. Hasil Karakteristik Teknik	70
Tabel 4.12. Parameter Kekuatan Material.....	72
Tabel 4.13. Perbandingan Spakbor Original dan Komposit	73



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Tumbuhan kelapa banyak terdapat dikawasan Asia Tenggara, Asia Selatan dan Oseania. Mayoritas dari negara penghasil kelapa memiliki iklim tropis dan memiliki garis pantai yang panjang. Sebagai negara yang beriklim tropis, Indonesia merupakan negara yang termasuk kedalam penghasil kelapa terbesar didunia. Pada tahun 2018, luas area perkebunan kelapa di Indonesia mencapai 3,4 juta hektar. Area tersebut tersebar diseluruh wilayah Indonesia, dengan provinsi penghasil kelapa terbesar yaitu provinsi Riau. Pada tahun 2016-2020, menurut data yang diperoleh provinsi Riau dapat menghasilkan kelapa 387.561 Ton setiap tahunnya itu berarti salah satu provinsi penghasil buah kelapa dengan pencapaian terbesar di Indonesia. Perkembangan teknologi fisika-kimia pada serat dan kesadaran konsumen untuk kembali ke bahan alami, membuat serat serabut kelapa dimanfaatkan menjadi bahan baku industri karpet, jok dan dashboard kendaraan, kasur, bantal, dan lain-lain. [1]

Seiring berkembangnya kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan pada masa sekarang ini, menuntut adanya terobosan-terobosan baru yang lebih baik diberbagai bidang seperti dalam bidang teknik. Jika dilihat dari perkembangan teknologi saat ini, bahan-bahan yang banyak digunakan dan dibutuhkan yaitu bahan-bahan yang dapat memenuhi kriteria seperti kuat, ringan, murah dan ramah lingkungan. Seperti yang kita ketahui bahan-bahan logam sering dan banyak digunakan didalam dunia teknik, namun penggunaan bahan-bahan komposit dalam beberapa hal

membuktikan bahwa komposit dapat lebih efektif dibandingkan dengan bahan logam.[2]

Komposit biasanya tersusun dari dua bahan dasar yaitu serat (*fiber*) dan matriks. Serat biasanya bersifat lentur serta mempunyai kekuatan tarik yang baik, namun tidak dapat digunakan pada temperatur yang tinggi. Sedangkan matriks biasanya bersifat ulet, lunak, elastis dan bersifat mengikat. Pada saat ini komposit dengan bahan penguat serat sintetis telah digunakan dalam berbagai aspek kehidupan, dimulai dari kebutuhan rumah tangga, industri kendaraan didarat, laut maupun udara, olahraga dan kesehatan. Namun, penggunaan serat sintetis sebagai penguat komposit memiliki dampak negatif pada lingkungan karena limbahnya tidak dapat terurai secara alami. Mengingat akan kekayaan alam yang dimiliki oleh Indonesia maka serat alam dapat dijadikan sebagai pilihan yang dapat terurai secara alami dan banyak ragam serat alami yang tersedia misalnya serat ijuk, serat kelapa sawit, serat sabut kelapa dan masih banyak lagi. Kelemahan serat alami diantaranya ukuran serat yang tidak seragam dan faktor usia serat yang sangat mempengaruhi kekuatannya.

Serat sabut kelapa merupakan salah satu material serat alami (*natural fiber*) yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan komposit. Sabut kelapa diharapkan menghasilkan komposit yang maksimal untuk mendukung pemanfaatan komposit alternatif. Sabut kelapa terdiri dari serat dan gabus yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya. Kandungan sabut serat pada buah kelapa merupakan bagian yang cukup besar, yaitu 35% dari berat keseluruhan buah. Setiap butir kelapa rata-rata mengandung serat 525 gram (75% dari sabut) dan gabus 175 gram (25% dari sabut. Oleh sebab itu pemanfaatan serat kelapa menjadi material komposit dinilai

sangat baik karena pemakaian komposit ini memiliki keuntungan sifat mekanik yang baik seperti tidak mudah korosi, massa jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan serat mineral (fiberglass, serat logam, serat karbon), insulasi panas/dapat menghambat listrik dan insulasi panas/dapat menghambat panas.

A. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini yang menjadi rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana cara melakukan pengujian kekuatan material komposit berserat sabut kelapa untuk diaplikasikan pada pembuatan spakbor sepeda motor.
2. Bagaimana sifat mekanik material komposit yang dihasilkan dari serat serabut kelapa yang dapat berpeluang diaplikasikan pada pembuatan spakbor sepeda motor.

B. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Jenis komposit yang dijadikan sebagai bahan penelitian ini yaitu menggunakan jenis *Fibrous Composites* (serat komposit) dan Serat yang digunakan dalam pembuatan komposit yaitu serat sabut kelapa.
2. Analisis kekuatan mekanik material komposit yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan alat uji tarik.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

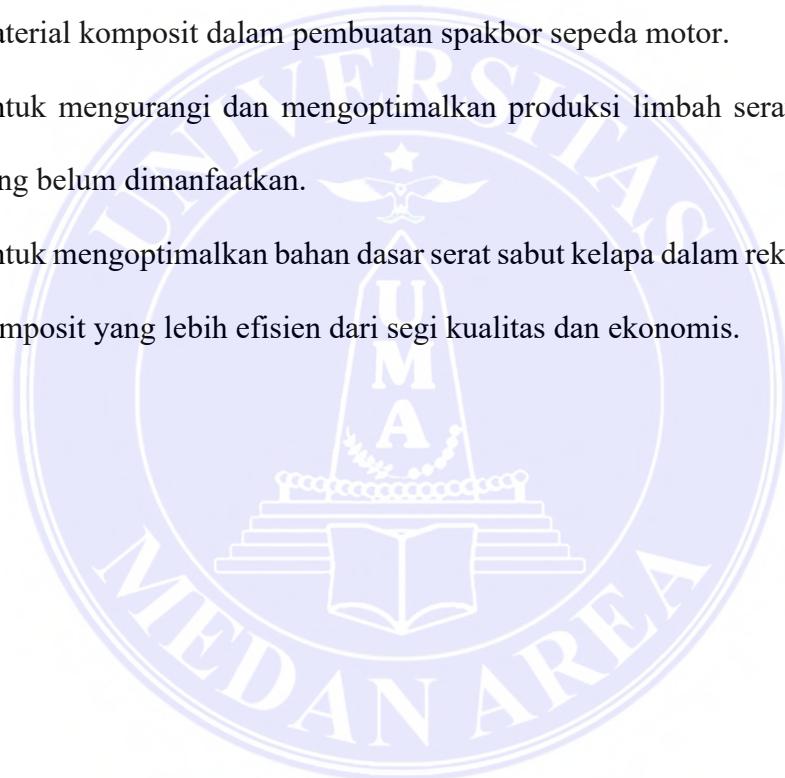
1. Membuat material komposit dari serat sabut kelapa menjadi spesimen yang dapat diuji kekuatan mekaniknya.
2. Menguji kekuatan spesimen material komposit dari serat sabut kelapa menggunakan alat uji tarik

3. Menganalisis kekuatan material komposit berserat sabut kelapa yang dapat diaplikasikan pada pembuatan spakbor sepeda motor.
4. Mengaplikasikan material komposit yang berserat sabut kelapa pada pembuatan spakbor sepeda motor.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan nilai guna serat sabut kelapa melalui analisis sifat mekanik material komposit dalam pembuatan spakbor sepeda motor.
2. Untuk mengurangi dan mengoptimalkan produksi limbah serat sabut kelapa yang belum dimanfaatkan.
3. Untuk mengoptimalkan bahan dasar serat sabut kelapa dalam rekayasa material komposit yang lebih efisien dari segi kualitas dan ekonomis.

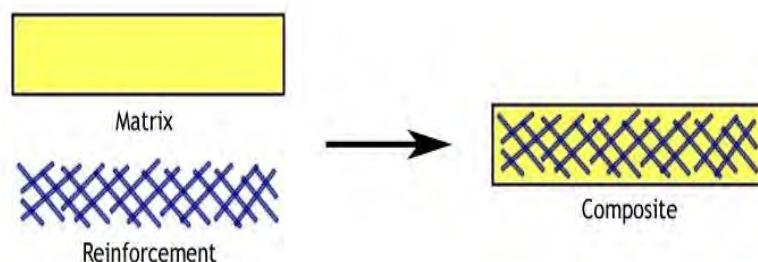


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Komposit

Kata komposit (*Composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* ini berasal dari kata kerja “*to compose*” berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi pengertian komposit adalah suatu sistem material yang merupakan campuran atau kombinasi dari dua atau lebih bahan pada skala makroskopis untuk membentuk material yang baru. Defenisi komposit menurut pendapat lain yaitu, Komposit merupakan suatu struktur yang tersusun atas beberapa bahan pembentuk tunggal yang digabungkan menjadi struktur baru dengan sifat yang lebih baik dibandingkan dengan masing-masing bahan pembentuknya. Dibanding dengan material pada umumnya, bahan komposit memiliki banyak keunggulan diantaranya memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi dan tahan keausan. Ilustrasi komposisi komposit dengan komponen penyusun penguat (*reinforcement*) dan bahan pengikat (*matrix*) dapat dilihat pada gambar 2.1. dibawah ini.



Gambar 2.1. Ilustrasi Komposit

Material komposit mempunyai kelebihan untuk mengatur kekuatan pada arah tertentu yang kita kehendaki, hal ini dinamakan *tailoring properties*. Salah satu sifat istimewa komposit yaitu ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi, mampu bersaing dengan logam, tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya. Bentuk atau dimensi dan struktur penyusun material komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula jika terjadi interaksi antara penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit. Material komposit terdiri lebih dari satu jenis material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Karakteristik dan sifat komposit dipengaruhi oleh material-material yang digunakan dalam menyusunnya. Dalam hal ini, susunan struktur dan interaksi antara unsur-unsur penyusun komposit yaitu serat dan matriks sangat berpengaruh terhadap kekuatan ikatan. Kekuatan ikatan yang optimal antara matriks dan serat merupakan aspek penting dalam penunjukan sifat-sifat mekanik komposit.

Tujuan dari dibentuknya komposit antara lain:

1. Memperbaiki sifat mekanik dan sifat spesifik tertentu.
2. Mempermudah desain yang sulit pada manufaktur.
3. Keleluasaan dalam bentuk desain yang dapat menghemat biaya.
4. Menjadikan bahan lebih ringan.

Material penyusun komposit terdiri atas matriks yang berfungsi sebagai pengikat dan penguat yang dapat berupa serat atau partikel. Matriks sering disebut sebagai unsur pokok bodi, sedangkan penguat berupa serat, partikel, dan flakes disebut sebagai unsur pokok struktur. Komposit memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. [2]

1. Matriks

Pada material komposit, matriks memberikan pengaruh besar dalam mengikat material penguat, selain bertugas untuk mendistribusikan beban dan memberikan perlindungan dari pengaruh lingkungan. Matriks dalam struktur komposit bisa dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks umumnya lebih ulet tetapi mempunyai kekakuan yang lebih rendah.

Beberapa fungsi lain dari matriks antara lain :

- a. Memindahkan dan mendistribusikan tegangan ke serat.
- b. Membentuk ikatan koheren/ berhubungan pada permukaan matriks atau serat.
- c. Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan.
- d. Mengikat serat menjadi suatu kesatuan struktur.
- e. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Bahan matriks yang sering digunakan dalam komposit yaitu :

1) Polimer

Polimer merupakan nama lain dari plastik, yaitu molekul yang besar atau makro molekul yang terdiri dari satuan yang berulang-ulang. Polimer telah mengambil peran penting dalam teknologi. Hal ini dikarenakan polimer memiliki sifat-sifat seperti ringan, mudah dibentuk. Polimer yang sering dipakai adalah polimer yang sering disebut dengan plastik. Plastik dibagi dalam dua kategori menurut sifat-sifatnya terhadap suhu, yaitu:

a) *Thermoplastic*

Thermoplastic adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan menjadi

keras apabila didinginkan. *Thermoplastic* akan meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (reversibel) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh dari *thermoplastic* yaitu Poliester, Nylon 66, PP, PTFE, PET, Polieter sulfon, PES, dan Polieter erketon (PEEK).

b) *Thermoset*

Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat digunakan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan *thermoset* melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian. Untuk pengaplikasiannya *thermoset* sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Plastik jenis thermoset tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat *thermoplastic*. Contoh dari thermoset yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI), dll.

2) Matriks Logam

Dalam pembuatan komposit menggunakan matriks logam, matrik cair dialirkkan kesekeliling sistem fiber yang telah diatur dengan perekatan difusi atau pemanasan. Misalnya: alumunimum alloys, titanium alloys dan magnesium alloys.

3) Keramik

Pembuatan komposit dengan bahan keramik yaitu keramik dituangkan pada serat yang telah diatur orientasinya dan merupakan matrik tahan pada temperature tinggi. Misalnya: silicon carbide (SiC) dan silicon nitride Si₃N₄ yang sampai tahan pada temperatur 1650 °C.

2. Penguat (*Reinforcement*)

Salah satu bagian utama dari komposit adalah penguat (*reinforcement*) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Penguat dapat berupa serat, partikel dan flakes. Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan yaitu:

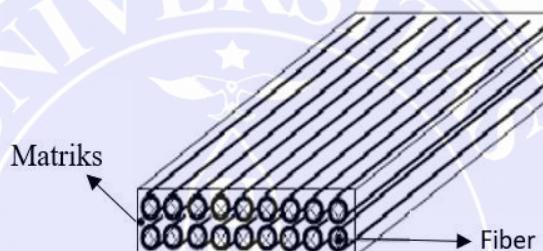
a. Komposit berpenguat Serat (*Fibrous Composites*)

Unsur utama komposit adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan, oleh karena itu bahan komposit serat yang paling banyak dipakai. Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang terikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber dan whisker*). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat.

Komposit serat dalam dunia industri mulai dikembangkan dari pada menggunakan bahan partikel. Bahan komposit serat mempunyai keunggulan yang utama yaitu *strong* (kuat), *stiff* (tangguh), dan lebih tahan terhadap panas pada saat didalam matrik. Dalam pengembangan teknologi pengolahan serat, membuat serat sekarang semakin diunggulkan dibandingkan material-material yang digunakan. Cara yang digunakan untuk mengkombinasikan serat berkekuatan tarik tinggi dan bermodulus elastisitas tinggi dengan matrik yang bermassa ringan, berkekuatan tarik rendah, serta bermodulus elastisitas rendah makin banyak dikembangkan guna untuk memperoleh hasil yang maksimal. Komposit pada umumnya menggunakan bahan plastik yang merupakan material yang paling sering digunakan sebagai bahan

pengikat seratnya selain itu plastik mudah didapat dan mudah perlakuannya, dari pada bahan dari logam yang membutuhkan bahan sendiri. [2]

Fibrous Composites merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)* dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Gambar *Fibrous Composites* dapat dilihat pada gambar 2.2. dibawah ini.

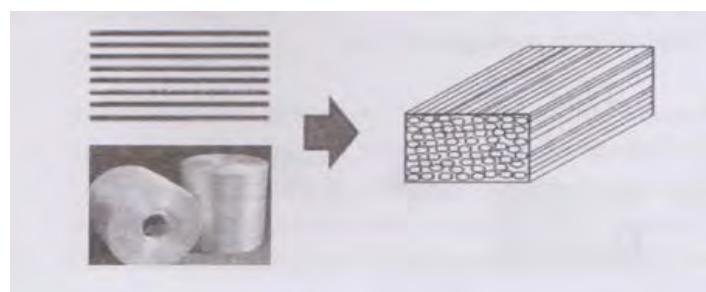


Gambar 2.2. *Fibrous Composite*

Berdasarkan penempatan serat dan arah yang berbeda komposit diperkuat serat dibedakan menjadi beberapa bagian diantaranya :

1) *Continous Fiber Composite* (komposit diperkuat serat kontinyu)

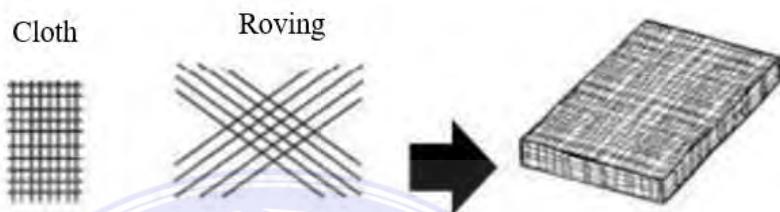
Merupakan komposit yang diperkuat serat dengan susunan kontinyu dengan arah dan jarak yang beraturan. Susunan komposit tersebut dapat kita lihat pada gambar dibawah 2.3. dibawah ini.



Gambar 2.3. *Continous Fiber Composite*

2) *Woven Fiber Composite* (komposit diperkuat serat anyaman)

Woven Fiber Composite yaitu komposit yang susunan serat atau fiber pengisinya dibuat seperti anyaman, menambah kekuatan tarik dari komposit. Susunan komposit *woven fiber composite* dapat kita lihat pada gambar 2.4. dibawah ini.



Gambar 2.4. *Woven Fiber Composite*

3) *Discontinous fiber composite* (komposit diperkuat serat pendek)

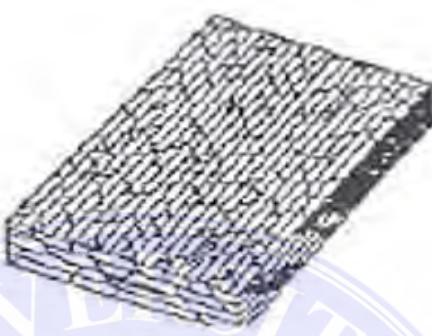
Discontinous fiber composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. *discontinuous fiber composite* memiliki serat pendek secara acak tersebar dalam matriks. Komposit serat cincang (*chopped*) digunakan secara ektensif dalam aplikasi volume tinggi karena biaya produksi yang rendah, tetapi sifat mekanik jauh lebih rendah daripada *continuous fiber composite*. Susunan komposit *Discontinous composite* dapat kita lihat pada gambar 2.5. dibawah ini.



Gambar 2.5. *Discontinous fiber composite*

4) *Hybrid Composite* (komposit diperkuat serat kontinyu dan acak)

Hybrid Composite yaitu komposit gabungan dari serat kontinyu dengan serat acak yang disusun menjadi satu dalam komposit. Gambar tersebut dapat dilihat pada gambar 2.6. berikut ini. [2]



Gambar 2.6. *Hybrid Composite*

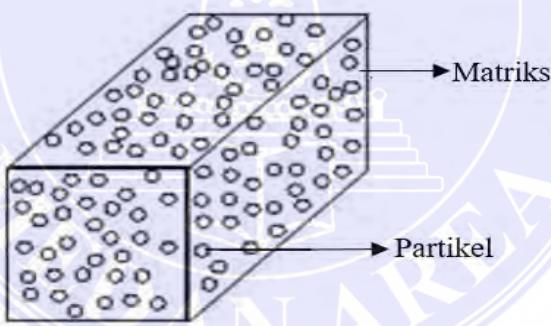
b. Komposit berpenguat Partikel (*Particulate Composites*)

Dalam struktur komposit, bahan komposit partikel tersusun dari partikel-partikel disebut bahan komposit partikel (*particulate composite*) menurut definisinya partikel ini berbentuk beberapa macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi rata-rata berdimensi sama. Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat bahan komposit keramik (*ceramic matrix composites*). Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding bahan komposit serat. bahan komposit partikel mempunyai keunggulan, seperti ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik.

Bahan komposit partikel merupakan jenis dari bahan komposit dimana bahan penguatnya adalah terdiri dari partikel-partikel. Secara definisi partikel itu sendiri adalah bukan serat, sebab partikel itu tidak mempunyai ukuran panjang. Sedangkan pada bahan komposit ukuran dari bahan penguat menentukan kemampuan bahan

komposit menahan gaya dari luar. Dimana semakin panjang ukuran serat maka semakin kuat bahan menahan beban dari luar, begitu juga dengan sebaliknya. Bahan komposit partikel pada umumnya lemah dan *fracture toughness*-nya lebih rendah dibandingkan dengan serat panjang, namun disisi lain bahan ini mempunyai keunggulan dalam ketahanan terhadap aus. [2]

Komposit partikel merupakan gabungan partikel dengan matriks. Material komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matriks, partikel dapat berupa logam ataupun bukan logam dalam matriks. Material komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding dengan bahan komposit serat, tetapi memiliki keunggulan seperti ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak, dan mempunyai daya pengikat dengan matriks yang baik. Komposit partikel dapat dilihat pada gambar 2.7. dibawah ini. [1]

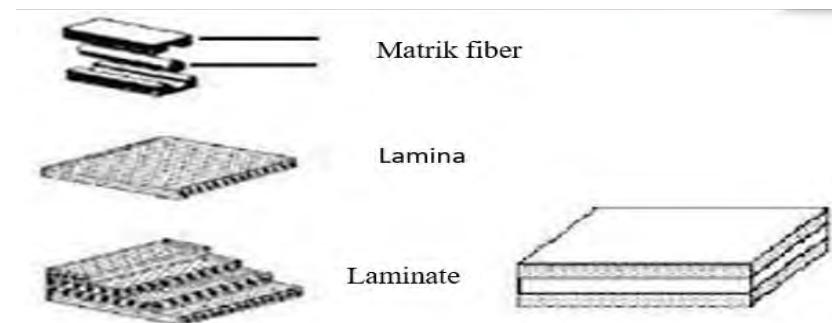


Gambar 2.7. Komposit Partikel

c. Komposit berpenguat Struktural (*Laminated Composites*)

Komposit struktural terbagi atas dua yaitu komposit laminasi dan komposit *sandwich*. Komposit laminasi adalah komposit yang terbentuk dari gabungan dari beberapa lapisan. Laminasi terdiri dari dua atau lebih bahan lapisan yang berbeda yang terkait bersama atau dapat juga diartikan sebagai komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki

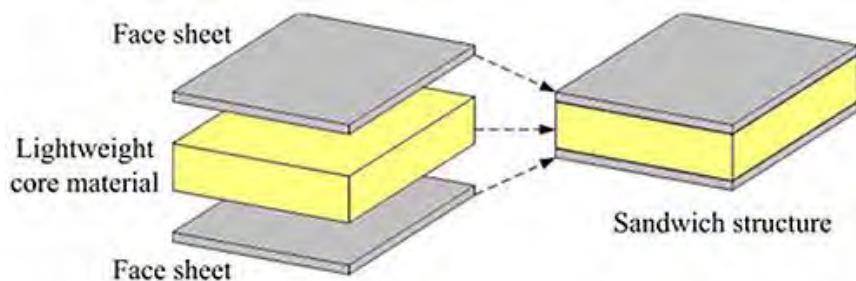
karakteristik sifat sendiri. *Laminated Composites* dapat dilihat pada gambar 2.8. dibawah ini.



Gambar 2.8. *Laminated Composite*

Laminasi digunakan untuk menggabungkan aspek terbaik dari lapisan bahan pengikat untuk mendapatkan bahan yang lebih bagus. Sifat yang dapat ditekankan oleh laminasi adalah kekuatan, kekakuan, berat badan rendah, ketahanan korosi, ketahanan aus dan lainnya. Contoh dari komposit laminasi yaitu, kaca laminasi yang banyak digunakan pada penutup atap serta dinding kolam renang.

Konfigurasi komposit struktural lain adalah komposit *sandwich*, yang terdiri dari lembaran komposit terikat pada busa ringan atau inti. Komposit *sandwich* memiliki kelenturan yang sangat tinggi, rasio kekakuan yang juga tinggi dan secara luas digunakan struktur *aerospace* atau kedirgantaraan. Ilustrasi komposit sandwich dapat dilihat pada gambar 2.9. dibawah ini. [2]



Gambar 2.9. *Sandwich Composite*

B. Jenis serat dalam Komposit

Dalam perkembangan teknologi sekarang ini, banyak jenis serat yang digunakan dalam pembuatan komposit dengan tujuan untuk mengetahui kelebihan dan kelemahan dari masing-masing serat serta penggunaanya. Beberapa jenis serat yang umum digunakan dalam pembuatan komposit adalah sebagai berikut :

a. *Fiber glass*

Fiber glass sangat umum digunakan dalam industri karena bahan baku yang sangat banyak tersedia. Komposisi *fiber glass* mengandung silika yang berguna memberikan kekerasan, fleksibilitas dan kekakuan. Proses pembentukan *fiber glass* melalui proses fusion (*melting*) terhadap silika dengan campuran mineral oksida. Pada proses ini diberikan pendinginan yang sangat cepat untuk pembentukan kristalisasi yang sempurna, proses ini biasa disebut dengan *fiberization*. *Fiber glass* dapat dilihat pada gambar 2.10. dibawah ini.

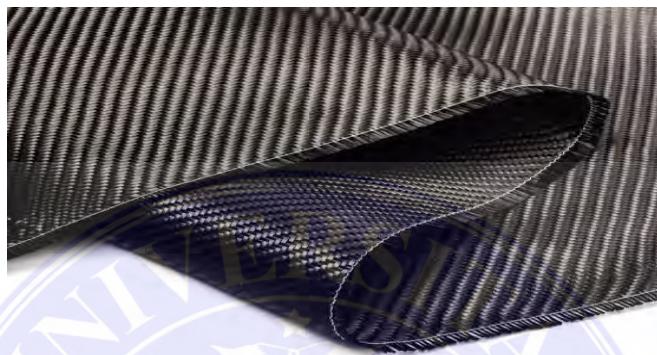


Gambar 2.10. *Fiber glass*

b. *Carbon fiber*

Salah satu keunggulan *carbon fiber* adalah sangat unggul terhadap ketahanan fatik atau kelelahan, tidak rentan terhadap beban perpatahan dan mempunyai elastis yang baik. Perkembangan penggunaan *carbon fiber* tergolong sangat tepat untuk

aplikasi penerbangan, produk olahraga dan berbagai kebutuhan industri. Namun oksidasi menjadi permasalahan pada carbon fiber pada suhu tinggi dimana impuritas dapat menjadi katalisator dan menghambat proses oksidasi yang menyebabkan kemurnian fiber karbon tidak tercapai. Serat karbon dapat dilihat pada gambar 2.11. dibawah ini.



Gambar 2.11. *Carbon Fiber*

c. *Aramid fiber*

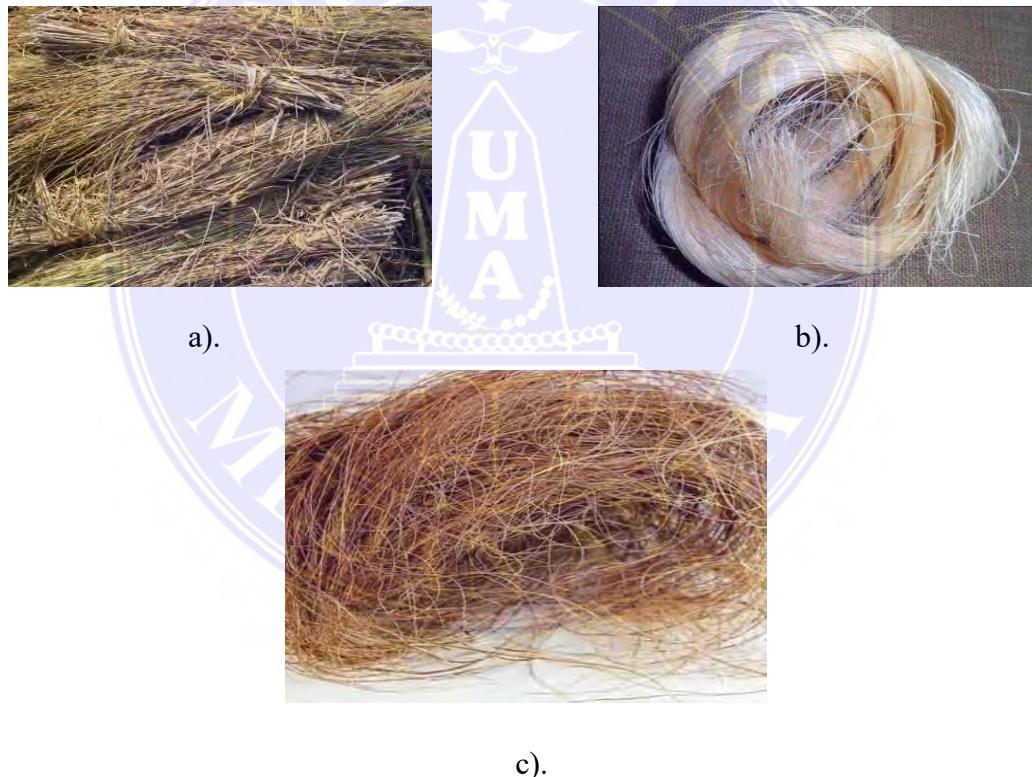
Aramid fiber memiliki kekuatan yang sangat tinggi dibandingkan dengan rasio berat yang dimilikinya. *Aramid fiber* ini merupakan kelas serat sintetis tahan panas dan kuat, sering digunakan dalam aplikasi kedirgantaraan dan militer untuk kain pelindung tubuh yang dinilai balistik (tahan terhadap peluru). Selain itu penggunaannya digunakan pada tali dilaut atau penguatan lambung laut dalam teknik pelayaran. Aramid fiber dapat dilihat pada gambar 2.12. dibawah ini. [2]



Gambar 2.12. *Aramid fiber*

d. Serat Alam

Serat alam adalah serat yang didapatkan dari tumbuhan yang dianggap bahan penguat komposit serat yang ramah lingkungan. Contoh serat alami yaitu rami, sisal sabut kelapa dan serat pisang. Semua serat ini ditanam sebagai tanaman pertanian di berbagai belahan dunia dan biasanya digunakan untuk membuat tali, karpet, tas dan sebagainya. Komponen dari serat alami seperti selulosa, lignin dan hemiselulosa. Tergantung pada jenis serat alami, ada kandungan selulosa dengan berat kisar 60-80 % dan berat kandungan lignin berkisar 5-20 %. Pada gambar 2.13. dibawah ini dapat kita lihat beberapa contoh serat alam.



Gambar 2.13. a). Serat jerami b). Serat pisang
c). Serat kelapa

Pada penelitian ini serat yang digunakan dalam pembuatan komposit berpenguat serat yaitu menggunakan serat sabut kelapa sebagai bahan penguat komposit serat. Pada gambar tabel dibawah ini dapat dilihat parameter kekuatan

mekanik dari serat alam yang nantinya menjadi sebuah pertimbangan dalam memilih jenis serat alam yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2.1 Parameter mekanik serat

Serat	Densitas (g/cm ³)	Regangan (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (Gpa)
Kapas	1.5-1.6	7.0-8.0	287-597	5.5-12.6
Flaks	1.5	2.7-3.2	345-1035	27.6
Rami	-	3.6-3.8	400-938	61.4-128
Serat	1.2	30.0	175	4.0-6.0
Sisal	1.5	2.0-2.5	511-635	9.4-22.0

C. Serat Kelapa

Buah kelapa terdiri dari *epicarp* yaitu bagian luar yang permukaannya licin, agak keras, *mesocarp* yaitu bagian tengah yang disebut sabut, bagian ini terdiri dari serat, *endocarp* yaitu tempurung. Sabut merupakan bagian tengah (*mesocarp*) *epicarp* dan *endocarp*.

Sabut kelapa merupakan bagian terluar buah kelapa. Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*). *Endocarpium* mengandung serat halus sebagai bahan pembuat tali, karpet, sikat, keset, isolator panas dan suara, filter, bahan pengisi jok kursi/mobil dan papan hardboard. Satu butir buah kelapa menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat. Pada gambar 2.14 dibawah ini merupakan contoh serat kelapa.



Gambar 2.14. Serat Sabut Kelapa

Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, ter, tannin, dan potassium. [4]

Dilihat sifat fisiknya sabut kelapa terdiri dari :

1. Seratnya terdiri dari serat kasar, halus dan tidak kaku.
2. Mutu serat ditentukan dari warna dan ketebalan.
3. Mengandung unsur kayu seperti lignin, suberin, kutin, tannin dan zat lilin.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja komposit serat, antara lain :

a. Faktor Serat

Serat adalah bahan pengisi matriks biasa digunakan untuk memperbaiki sifat dan struktur matriks yang tidak dimilikinya. Selain itu, diharapkan mampu menjadi bahan penguat matriks pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

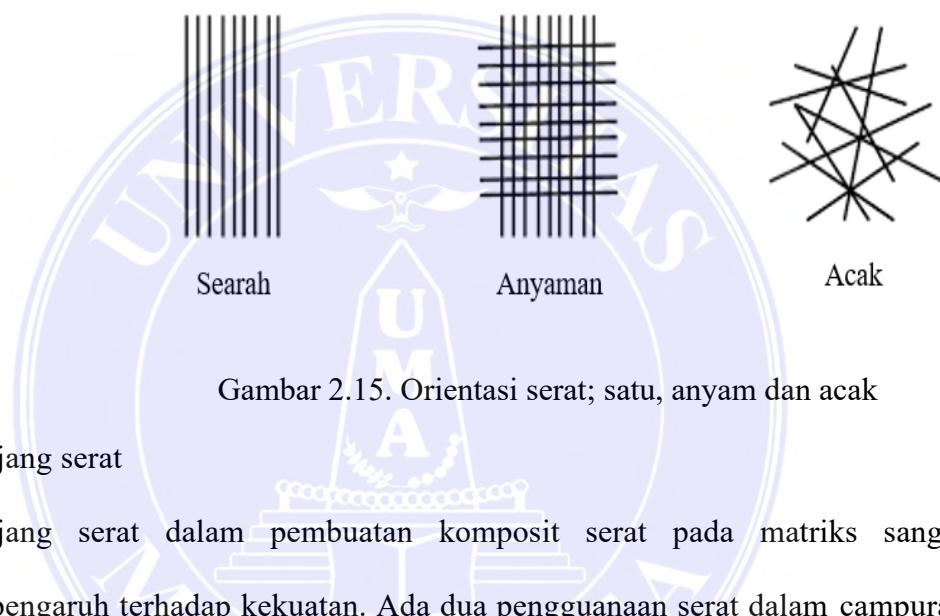
b. Letak serat

Dalam pembuatan komposit, tata letak dan arah serat dalam matriks akan menentukan kekuatan mekanik komposit. Penyebabnya karena letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut. Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian, yaitu :

- 1) *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus

maksimum pada arah horizontal serat.

- 2) *Two dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.
- 3) *Three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat isotopic yang kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya. Pada gambar 2.15. dibawah ini merupakan contoh orientasi serat.



Gambar 2.15. Orientasi serat; satu, anyam dan acak

c. Panjang serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matriks sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada dua penggunaan serat dalam campuran komposit, yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika dibanding serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu, panjang dan diameter serat sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang.

d. Bentuk serat

Bentuk serat untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang berpengaruh adalah diameter dan panjang seratnya. Pada umumnya semakin

kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi, juga semakin panjang serat yang digunakan maka kekuatan serat akan lebih menyatu dengan matriks. Selain bentuknya, kandungan seratnya juga mempengaruhi.

e. Faktor matriks

Matriks dalam komposit berfungsi sebagai bahan pengikat serat menjadi sebuah unit struktur, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matriks yang membuat keduanya bisa saling berhubungan dan melindungi dari kerusakan eksterna. Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matriks. Selain itu, matriks juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang salah tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. [2]

D. Resin dan Katalis

1. Resin

Dalam pembuatan komposit, resin merupakan bahan utama atau bahan pengisi dalam pembentuk polimer, resin yang banyak digunakan adalah dari jenis polimer thermoset yang terdiri dari:

a. Resin Poliester

Resin poliester adalah bahan matrik polimer yang paling luas penggunaanya sebagai matrik pengikat, dari proses pengrajan yang sederhana sampai hasil produksi yang dikerjakan dengan proses cetakan mesin. Sebagai resin thermosetting, poliester memiliki kekuatan mekanis yang cukup bagus, ketahanan terhadap bahan kimia, selain itu harganya relatif cukup murah. Resin jenis ini banyak digunakan dalam fiber reinforced plastic karena jika diperkuat dengan serat

gelas maka ketahanan panas akan lebih baik, tetapi kurang kuat. Resin poliester dapat mengalami proses *curing* dalam suhu kamar dan dapat dipercepat dengan menambahkan katalis. Bahan poliester banyak dipergunakan untuk komposit berpenguat serat gelas, contohnya: kapal, tangki penyimpan air dan perlengkapan bangunan.

b. Resin Epoksi

Resin ini harganya sedikit mahal, tetapi resin jenis ini memiliki keunggulan dalam hal kekuatan yang tinggi dan penyusutan yang relatif kecil setelah proses *curing*. Resin ini banyak dipakai sebagai matrik pada komposit polimer dengan penguatnya serat karbon atau Kevlar. [6]

Dari segi kekuatannya dan penyusutan setelah mengalami proses curing, resin epoksi memang lebih unggul dibandingkan resin poliester. Akan tetapi yang menjadi alasan mengapa resin poliester lebih sering digunakan adalah karena harganya lebih murah, oleh karena itu dalam penelitian ini kita menggunakan resin poliester. Perbandingan sifat resin polyester dan resin epoksi dapat kita lihat pada tabel 2.2. dibawah ini.

Tabel 2.2. Perbandingan sifat resin Polyester dan Epoksi

Sifat	Polyester	Epoksi
Kekuatan Tarik (Mpa)	40-90	55-130
Modulus Elastisitas (Gpa)	2,0-4,4	2,8-4,2
Kekuatan Impact (J/m)	10,6-21,2	5,3-53
Kerapatan (g/cm3)	1,10-1,46	1,2-1,3

2. Katalis

Katalis adalah bahan pemicu (*initiator*) yang berfungsi untuk mempersingkat

proses *curing* (pengerasan) pada temperatur ruang. Komposisi katalis pada komposit harus sangat diperhatikan. Komposit dengan kadar katalis yang terlalu sedikit akan mengakibatkan proses *curing* yang terlalu lama. Apabila pada proses pembuatan terjadi kelebihan katalis, maka akan menimbulkan panas yang berlebihan sehingga akan merusak produk. Tetapi di dalam resin epoxy, katalisnya biasa disebut sebagai *hardener*. Sedangkan komposisi pencampuran antara resin dan hardener adalah 1: 1 atau 2 : 1.

Dalam proses pembuatan akan mengakibatkan lengketnya produk dengan cetakan, maka untuk menghindari itu harus diadakan proses pelapisan terhadap cetakan yaitu dengan menggunakan *release agent*. *Release agent* atau zat pelapis yang berfungsi untuk mencegah lengketnya produk pada cetakan saat proses pembuatan. Pelapisan dilakukan sebelum proses pembuatan dilakukan. *Release agent* yang biasa digunakan antara lain *waxes*, *mirror glass*, *vasielin* dan oli. [7]

E. Pembuatan Bodi/ Spakbor dengan komposit

1. Pengertian Bodi

Bodi merupakan salah satu komponen kendaraan yang berfungsi sebagai pelengkap pada tampilan luar kendaraan dan melindungi bagian vital dari sebuah kendaraan. Dalam hal melindungi, bodi merupakan salah satu faktor penting dalam pembuatan suatu kendaraan. Bodi dapat dibuat dari bahan plastik maupun dari bahan komposit. Desain bodi kendaraan roda dua dari masa ke masa sangat bervariasi, dari bentuk sederhana hingga bentuk yang modern dan komplek.

Faktor yang mempengaruhi dalam pembuatan bodi pada sebuah kendaraan antara lain:

a. Faktor penampilan

Desain bodi yang baik harus dapat menyatu dengan frame kendaraan, sehingga mampu menunjang tampilan kendaraan.

b. Faktor kekuatan

Bahan bodi harus dibuat dari bahan yang tidak korosif serta kuat. Hal ini bertujuan agar bodi dapat bertahan lama dan mudah dalam proses perawatan.

c. Faktor kebutuhan

Bodi berfungsi sebagai penutup sistem kelistrikan kendaraan dan mampu memberikan sirkulasi udara yang baik pada komponen didalamnya.

Proses pembuatan bodi pada tugas akhir ini yaitu dengan membuat bodi kendaraan meliputi spakbor dengan bahan dasar komposit serat kelapa dengan tujuan memperoleh sifat yang lebih baik. Bahan komposit memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan jika dibandingkan dengan plastik yaitu :

- 1) Pembuatan bodi dengan bahan komposit dapat dilakukan pada temperatur ruangan sehingga lebih mudah dalam proses pembuatanya.
- 2) Sifat material komposit dapat disesuaikan dengan fungsinya dengan cara memodifikasi jenis dan bentuk seratnya.
- 3) Material komposit kurang memiliki sifat lentur jika dibandingkan dengan bahan plastik.
- 4) Bodi dengan bahan komposit cenderung lebih berat jika dibandingkan dengan bahan plastik.

2. Pengertian Spakbor pada Sepeda motor

Spakbor adalah bagian dari komponen sepeda motor yang berfungsi untuk melindungi pengendara atau penumpang dari cipratan air apabila sedang hujan atau saat melewati genangan air. Spakbor juga bagian bodi sepeda motor yang dapat

berfungsi untuk melindungi atau sebagai cover pelindung komponen sepeda motor seperti mesin dan komponen kelistrikan sepeda motor lainnya. Spakbor memang memiliki fungsi yang cukup penting bagi sebuah kendaraan bermotor maupun mobil. Selain itu spakbor juga akan memberikan tampilan motor menjadi lebih menarik. Pada gambar 2.16 dibawah ini merupakan contoh spakbor sepeda motor.



Gambar 2.16 Spakbor Sepeda Motor

F. Uji Tarik Komposit

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan kontruksi dan proses manufaktur. pengujian tarik yang dilakukan adalah untuk mengetahui kekuatan tarik dan regangan dari matrik maupun komposit serat. Uji tarik (*tensile test*) adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/ material dengan cara memberikan beban atau gaya yang berlawanan arah. Metode yang digunakan adalah benda uji dijepit pada mesin uji dengan pembebanan yang sudah ditentukan kemudian perlahan-lahan meningkat sampai suatu beban tertentu dan akhirnya benda uji patah. Beban tarik yang bekerja pada benda uji akan menimbulkan pertambahan panjang disertai pengecilan diameter benda uji.

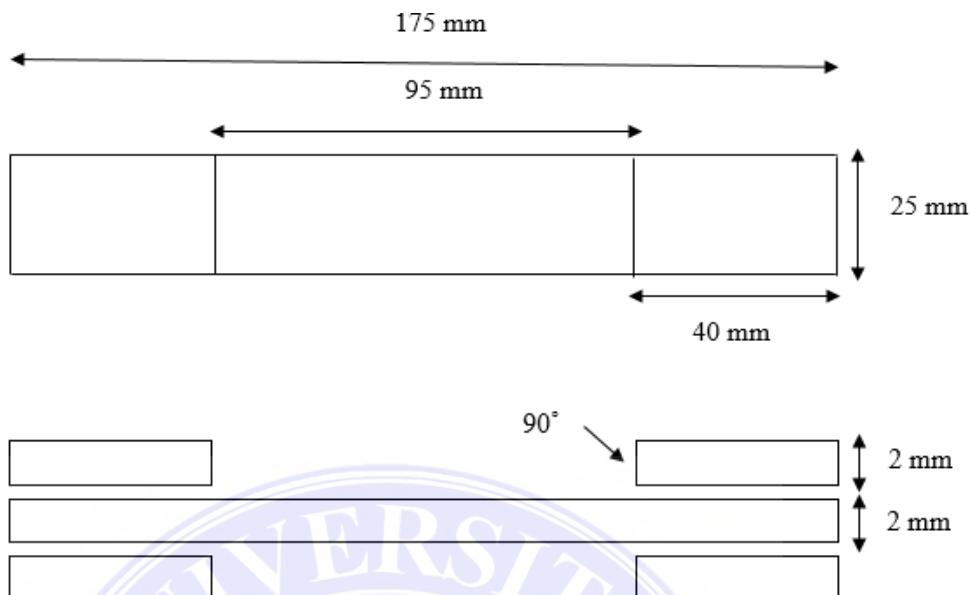
Standart pengujian sifat uji tarik pada komposit bermatrik polimer yaitu dengan menggunakan *American Standart Test Method* (ASTM D) 3039M-14. Alat yang digunakan dalam eksperimen untuk melakukan pengujian kekuatan tarik ini harus memiliki cengkraman (*grip*) yang kuat agar dapat menjepit spesimen ataupun benda kerja dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*). Pada uji tarik benda uji atau spesimen diberikan beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami oleh spesimen atau benda uji. [8]

Metode uji standart untuk sifat kekuatan tarik material komposit matriks polimer ini menentukan sifat tarik dalam bidang material komposit dengan matriks polimer yang diperkuat oleh serat modulus tinggi. Bentuk material komposit dibatasi pada serat kontiniu atau komposit yang diperkuat serat terputus-putus dimana laminasi seimbang dan simetris sehubungan dengan arah pengujian. Nilai yang dinyatakan dalam satuan SI atau satuan Inchi-Pon harus dianggap terpisah sebagai standart. Satuan Inchi-pon ditampilkan dalam tanda kurung siku dengan dimensi [M] Massa, [L] Panjang, [T] Waktu, [Q] untuk suhu thermodinamika dan [nd] kuantitas non-dimensi. Dibawah ini gambar 2.17. tabel dan gambar untuk ukuran spesimen benda uji tarik komposit berdasarkan ASTM D 3039M-14.[10]

Table Tensile Specimen Geometry Recommendation

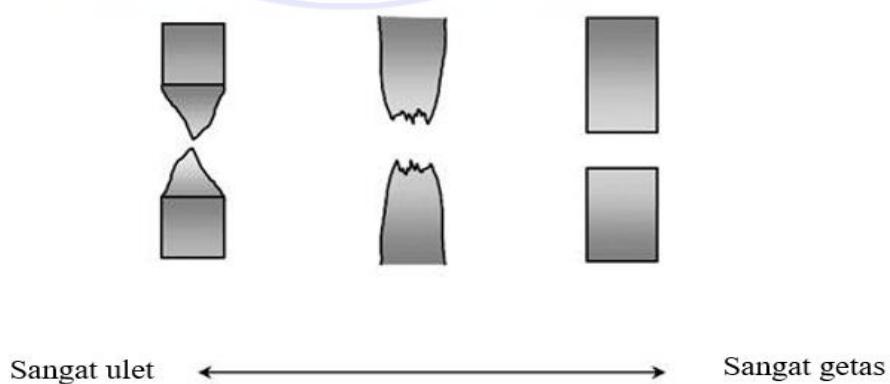
Tabel 2.3. Tabel Spesimen

Fiber Orientation	Width mm [in]	Overall Length mm [in]	Thickness mm [in]	Tab length mm [in]	Tab Thickness Mm [in]	Tab Bevel Angle $^{\circ}$
0 $^{\circ}$ Unidirectional	15 [0.5]	250 [10.0]	1.0 [0.040]	56 [2.25]	1.5 [0.062]	7 or 90
90 $^{\circ}$ Unidirectional	25 [1.0]	175 [7.0]	2.0 [0.080]	25 [1.0]	1.5 [0.062]	90
Balanced and Symetric	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	-	-
Random – discontinuos	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	-	-



Gambar 2.17. Spesimen Uji Tarik (ASTM)

Beban tarik yang bekerja pada benda uji akan menimbulkan pertambahan panjang disertai pengecilan diameter benda uji. Perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang awal benda uji (L_0) disebut regangan. Pada pengujian tarik tentu memiliki perbedaan jenis patahan pada spesimen, tergantung bagaimana standart yang digunakan untuk membuat jenis maupun ukuran spesimen. Dibawah ini dapat kita lihat contoh tampilan patahan dari spesimen pengujian tarik. [5]



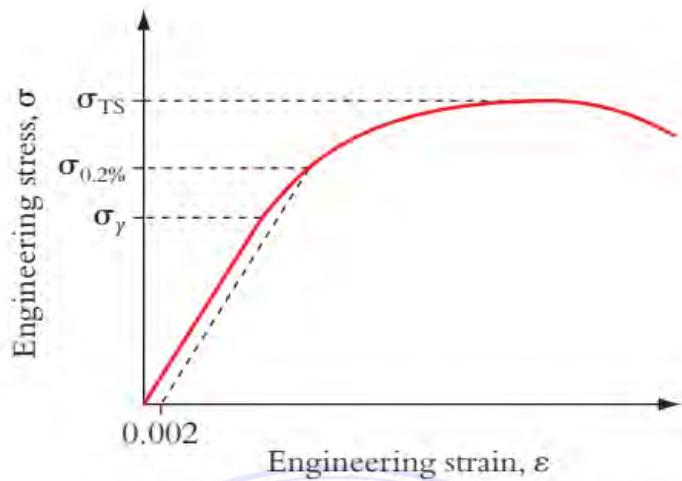
Gambar 2.18. Tampilan bentuk patahan perlakuan uji tarik



Gambar 2.19. Ilustrasi grafik uji tarik

Hubungan antara gaya tarikan dan pertambahan panjang menjadi hubungan antara tegangan dan regangan (*stress vs strain*). Selanjutnya pada gambar dibawah ini yang menunjukkan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik. E adalah gradien kurva dalam daerah linier, di mana perbandingan tegangan (σ_f) dan regangan (ϵ) selalu tetap. E diberi nama "*Modulus Elastisitas*" atau "*Young Modulus*". Kurva yang menyatakan hubungan antara *strain* dan *stress* seperti ini kerap disingkat kurva SS (*SS curve*).

Dalam material nyata, seringkali sulit untuk menentukan titik secara akurat dimana kurva tegangan-regangan menjadi non-linier. Karena itu, titik luluh sering didefinisikan sebagai tegangan pada beberapa nilai sembarang regangan plastik (biasanya 0,2 % atau 0,002). Kekuatan luluh 0,2 *percent offset* (atau lebih sering disebut tegangan bukti 0,2 %) adalah ditentukan dengan mencari perpotongan kurva tegangan-regangan dengan garis sejajar terhadap kemiringan awal kurva dan yang memotong sumbu x pada 0,002 (0,2 %). Konstruksi ini juga ditunjukkan pada Gambar dibawah ini.



Gambar 2.20. Skema plot kekuatan luluh 0,2 %

Tegangan tarik (*stress*) adalah perbandingan antara gaya tarik yang bekerja terhadap luas penampang suatu benda. Dapat juga diartikan sebagai tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik sebelum bahan tersebut patah. Nilai tegangan dapat dapat dihitung dengan rumus :

Regangan (*strain*) adalah perbandingan antara pertambahan panjang Δl terhadap panjang awal (l_0). Regangan juga dapat diartikan sebagai pertambahan panjang suatu benda terhadap panjang mula-mula yang disebabkan oleh adanya gaya luar yang mempengaruhi benda. Nilai regangan dapat dihitung dengan rumus

Modulus elastisitas (*Modulus Young*) adalah perbandingan antara tegangan dan regangan benda uji atau angka yang digunakan untuk mengukur objek atau

ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada suatu benda. Nilai modulus elastisitas dapat dihitung dengan rumus :

Dimana :

σ_f : Tegangan (Mpa)

F : Beban (N)

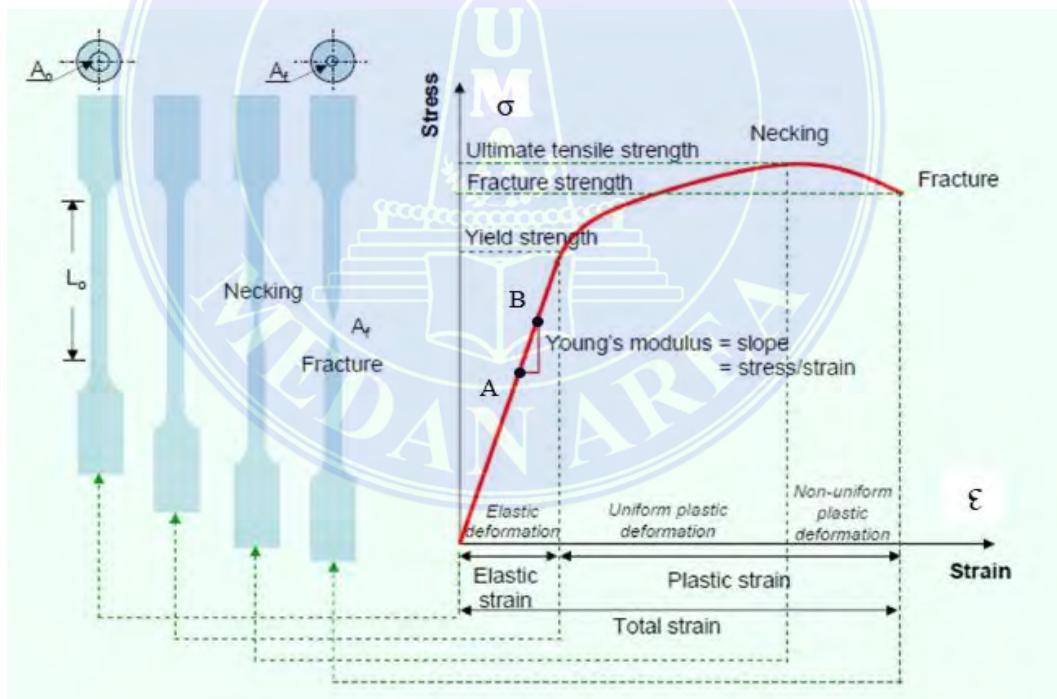
A : Luas Penampang (mm^2)

ε : Regangan

ΔL : Pertambahan panjang (mm^2)

L_0 : Panjang awal (mm^2)

E : Modulus elastisitas (Mpa)



Gambar 2.21. Penarikan spesimen uji tarik

Pada gambar diatas ini, bagian kurva tegangan-regangan dari uji tarik menunjukkan kejelasan daerah linear, sehingga modulus elastisitasnya (tangen daeri slop garis lurus) dapat diperoleh dari $E = (\sigma_B - \sigma_A) / (\epsilon_B - \epsilon_A)$, dengan σ_B :

tegangan dititik B, σ_A : tegangan dititik A, ϵ_B : regangan dititik B, dan ϵ_A : regangan dititik A. Daerah elastis yang ditunjukkan dengan garis lurus dari kurva tegangan-regangan disebut modulus elastisitas (young modulus) ataupun sebagai penerapan dari hukum hooke sebagai suatu konstanta pertama.

Tahapan penarikan pada spesimen uji tarik sebagaimana dilihat pada gambar 2.21, spesimen saat awal menjelang dilakukan penarikan memiliki luas penampang A_0 dan penampang gauge length adalah L_0 . Setelah spesimen uji tarik mengalami luluh (awal deformasi plastis) akan mengalami pertambahan panjang dan kontraksi pengecilan penampang yang proporsional sepanjang gauge length yang mengalami deformasi elastis dan pernyataan gradien (slope) sebagai modulus elastis bahan (*young modulus*). Gradien adalah tegangan/regangan sampai pada titik tersebut. Dengan dilanjutkannya pemberian peningkatan beban, spesimen mengalami deformasi plastis sampai mencapai kekuatan tertinggi yang disebut dengan kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*) dan spesimen mulai mengalami pengecilan penampang sampai bahan tidak mampu menahan beban/gaya hingga akhirnya spesimen putus (*fracture*).

BAB III

METODOLOGI

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat

Tempat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Impact and Fracture Research Centre Universitas Sumatera Utara Fakultas Teknik Jl. Tri Dharma, Kampus USU, Kota Medan, Sumatera Utara.

2. Waktu

Waktu yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah kurang lebih 12 Bulan dan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

N o.	Kegiatan	Tahun 2020-2022 (Bulan)												
		Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1.	Mencari sumber informasi pembelajaran literatur pembuatan komposit													
2.	Melakukan observasi bahan dan alat yang dibutuhkan													
3.	Seminar Proposal													
4.	Pembuatan cetakan dan Spesimen													
5.	Melakukan pengujian spesimen													
6.	Analisis dan pembahasan													
7.	Membuat prototipe													
8.	Seminar Hasil													
9.	Sidang Akhir													

B. Bahan dan Alat yang digunakan

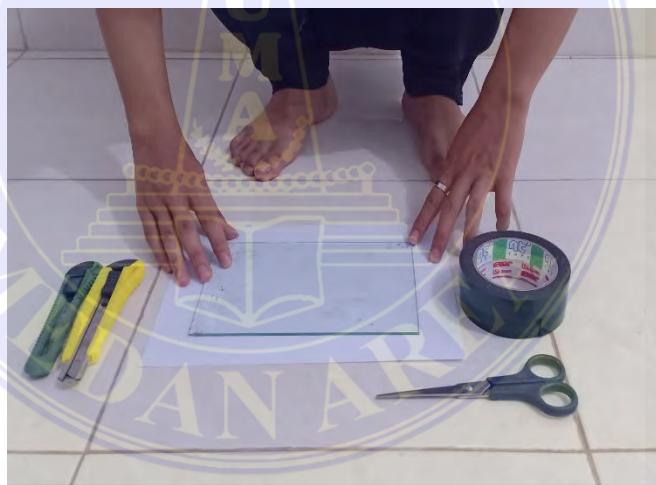
1. Bahan

Dalam pembuatan cetakan dan spesimen bahan yang dibutuhkan terbagi atas 4 yaitu, bahan pembuatan cetakan bodi dan jig/penjepit spesimen, bahan pembuatan spesimen, bahan pembuatan cetakan spakbor sepeda motor dan bahan pembuatan spakbor sepeda motor yang terbuat dari komposit.

a. Bahan pembuatan cetakan bodi dan jig/penjepit.

1) Cetakan kaca dan double tape foam hijau

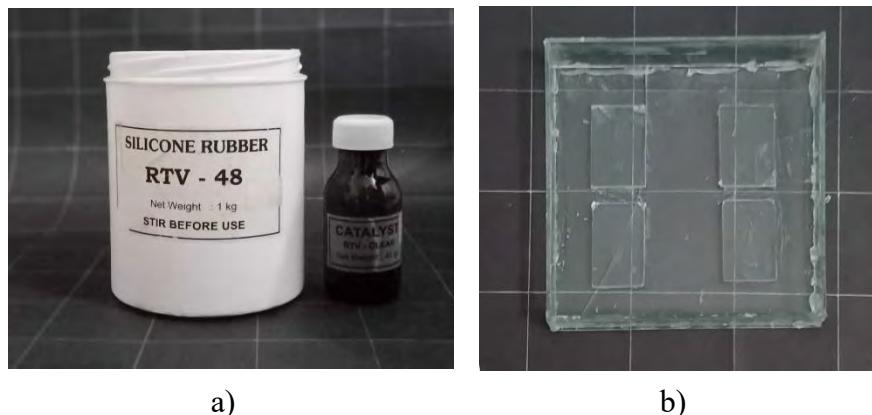
Untuk membuat cetakan bodi spesimen, maka bahan yang digunakan yaitu lembaran kaca yang memiliki ukuran 230 mm x 180 mm x 5 mm dan *double tape foam* hijau yang memiliki ketebalan 1 mm.



Gambar 3.1. Kaca dan *double tape foam* hijau

2) *Silicon Rubber*, katalis dan cetakan kaca penjepit

Untuk membuat cetakan jig/penjepit maka bahan yang digunakan yaitu *silicon rubber rtv 48* beserta dengan katalisnya dan wadah kaca berbentuk persegi panjang dengan ukuran 120 mm x 130 mm x 20 mm untuk tempat penuangan *silicon rubber rtv 48* setelah diaduk dengan katalisnya.



Gambar 3.2. a) Silicon Rubber b) cetakan kaca

a) Bahan pembuatan bodi spesimen

1) Serat sabut kelapa

Serat sabut kelapa terlebih dahulu dibersihkan kemudian dirapikan dengan posisi searah/sejajar agar mudah dalam pemilihan serat yang memiliki ukuran panjang sesuai dengan ukuran cetakan spesimen.



Gambar 3.3. Serat sabut kelapa

2) Resin dan Katalis

Bahan selanjutnya dalam pembuatan bodi spesimen yaitu jenis Resin polyester dengan bahan campurannya katalis yang berfungsi sebagai suatu zat yang dapat mempercepat terjadinya reaksi kimia sehingga cairan resin dapat dengan cepat mengeras.



Gambar 3.4. Resin dan Katalis

3) Lem alteco

Lem alteco digunakan sebagai penyatu untuk menggabungkan antara jig/penjepit spesimen dengan bodi spesimen komposit.



Gambar 3.5. Lem alteco

4) Mirror Glaze

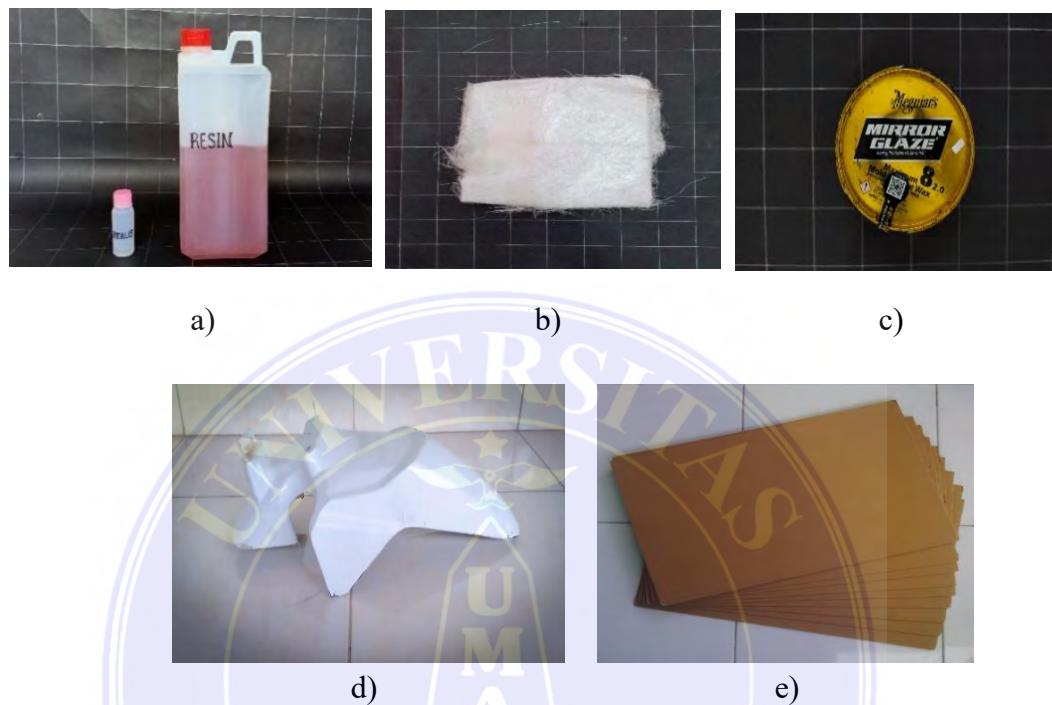
Mirror Glaze berfungsi sebagai anti rekat atau suatu bahan yang dapat mengurangi/menghilangkan sifat daya rekat antara bahan komposit dan cetakan kaca.



Gambar 3.6. Mirror glaze

b) Bahan pembuatan cetakan spakbor

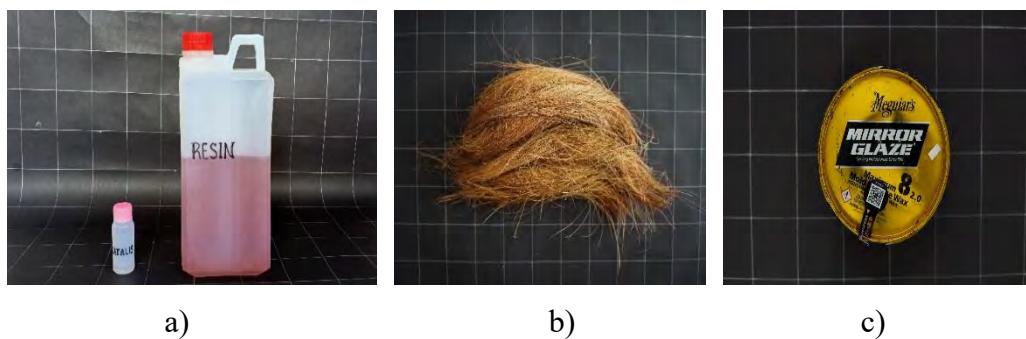
Dalam proses pembuatan cetakan spakbor sepeda motor bahan yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 3.7. dibawah ini.



Gambar 3.7. a) Resin dan katalis, b) fiber glass, c) mirror glaze, d) spakbor original dan e) lembaran kardus

c) Bahan pembuatan spakbor komposit

Dalam proses pembuatan spakbor sepeda motor komposit bahan yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 3.8. dibawah ini.





d)

e)

f)

Gambar 3.8. a) Resin dan katalis, b) serat kelapa,

c) mirror glaze, d) cetakan spakbor dan e) gealcoat f) fiberglass

2. Alat

Alat-alat yang digunakan untuk membuat spesimen komposit berpenguat serat sabut kelapa ini dapat ditampilkan pada Gambar dibawah ini adalah :

a. Cetakan bodi spesimen

Cetakan kaca berfungsi sebagai alat yang digunakan dalam proses pembuatan ataupun pencetakan masing-masing variabel bodi spesimen komposit berserat sabut kelapa dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.9. Cetakan bodi spesimen

b. Cetakan jig/penjepit spesimen

Cetakan jig/penjepit yang terbuat dari bahan silicon rubber rtv 48 yang berfungsi sebagai cetakan dalam proses pembuatan penjepit spesimen.



Gambar 3.10. Cetakan jig/penjepit spesimen

c. Gelas ukur dan wadah

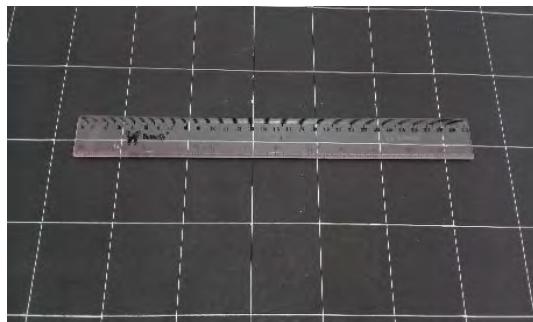
Gelas ukur dan wadah berfungsi sebagai tempat mengaduk dan mengukur jumlah volume yang dibutuhkan dalam proses pengadukan antara larutan resin dan katalis dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.11. Gelas ukur dan wadah

d. Penggaris

Penggaris berfungsi untuk mengukur panjang, lebar cetakan dalam proses pembuatan bodi spesimen serta jig/penjepit dan panjang serat sabut kelapa yang dibutuhkan sesuai dengan ukuran cetakan bodi spesimen dalam pembuatan spesimen komposit berpenguat serat kelapa dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.12. Penggaris

e. Pisau cutter

Pisau Cutter berfungsi untuk memotong sisa-sisa lem *double tape foam* hijau yang masih menempel pada spesimen komposit dari sisi pinggir cetakan.



Gambar 3.13. Pisau cutter

f. Gunting

Gunting berfungsi untuk memotong *double tape foam* hijau dan serat sabut kelapa dalam pembuatan spesimen komposit berpenguat serat sabut kelapa.



Gambar 3.14. Gunting

g. Jangka sorong

Jangka sorong berfungsi untuk mengukur panjang, lebar dan ketebalan cetakan spesimen dan spesimen komposit yang telah selesai dari tahap proses pencetakan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.15. Jangka sorong

h. Suntik 5 ml

Suntik 5 ml berfungsi untuk menyedot cairan resin dan katalis dalam membuat perbandingan volume campuran antara kedua cairan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.16. Suntik 5 ml

i. Kertas pasir

Kertas pasir berfungsi untuk menghaluskan permukaan spesimen dan jig/penjepit spesimen yang kurang rata dan halus dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.17. Kertas pasir

j. Mesin Uji tarik dan komputer

Mesin uji tarik komputer digunakan dalam pengujian tarik spesimen komposit berserat sabut kelapa untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan.



Gambar 3.18. Mesin uji tarik dan komputer

C. Metode penelitian eksperimen

Metode penelitian eksperimen merupakan metode penelitian yang bertujuan untuk melakukan sebuah percobaan untuk mengetahui hubungan sebab akibat yang tercipta dalam sebuah variabel dibanding dengan variabel lain. Studi eksperimen merupakan metode penelitian kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel independen (perlakuan) terhadap variabel dependen (hasil). Pada penelitian ini, setelah mengumpulkan bebagai data dan informasi untuk pembuatan

spesimen komposit berserat sabut kelapa maka dilakukan studi eksperimen untuk membuktikan data atau informasi yang diperoleh dari studi survei dan membandingkan variabel yang akan dibuat menjadi sebuah spesimen atau benda uji komposit. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas (x) yaitu serat sabut kelapa, dan yang menjadi variabel terikat (y) yaitu resin dan katalis dalam pembuatan komposit berpenguat serat sabut kelapa. Kemudian apabila studi eksperimen sudah berhasil dilakukan maka selanjutnya masuk ketahap pengujian spesimen, pada penelitian ini pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tarik komposit serat kelapa yang bertujuan untuk mendapatkan data-data dari kekuatan dan sifat mekanik dari spesimen atau benda uji tersebut.

D. Prosedur penelitian

Pada tahap prosedur penelitian, langkah-langkah yang dilakukan meliputi rangkaian keseluruhan dari prosedur penelitian, prosedur pembuatan cetakan, prosedur pembuatan bodi dan jig/penjepit spesimen, menghitung volume serat spesimen, prosedur pengujian tarik, prosedur pembuatan cetakan spakbor dan prosedur pembuatan spakbor komposit.

1. Rangkaian prosedur penelitian
 - a. Mencari atau mengumpulkan sumber sebagai pembelajaran literatur.
 - 1) Mencari informasi dari internet, buku dan jurnal pendukung.
 - 2) Melakukan diskusi dengan dosen pembimbing.
 - b. Melakukan survei atau observasi ke lapangan.
 - 1) Mencari bahan dan alat yang digunakan pada penelitian.
 - 2) Membandingkan bahan dan alat yang lebih efisien dari segi kualitas dan ekonomis.

- 3) Membeli bahan dan alat yang dibutuhkan dalam penelitian.
 - c. Membuat cetakan spesimen dan spesimen
 - 1) Persiapan alat dan bahan.
 - 2) Membuat cetakan untuk spesimen
 - 3) Melakukan pencampuran bahan dalam pembuatan komposit.
 - 4) Penuangan bahan kedalam cetakan spesimen.
 - 5) Pengeringan dan pelepasan bahan dari cetakan spesimen.
 - 6) Pemotongan spesimen dengan bentuk yang sudah ditentukan.
 - d. Melakukan pengujian spesimen
 - 1) Melakukan pengujian spesimen dengan menggunakan alat uji tarik.
 - 2) Menganalisis benda uji.
 - 3) Pengumpulan data.
 - 4) Pembahasan.
2. Prosedur pembuatan cetakan spesimen

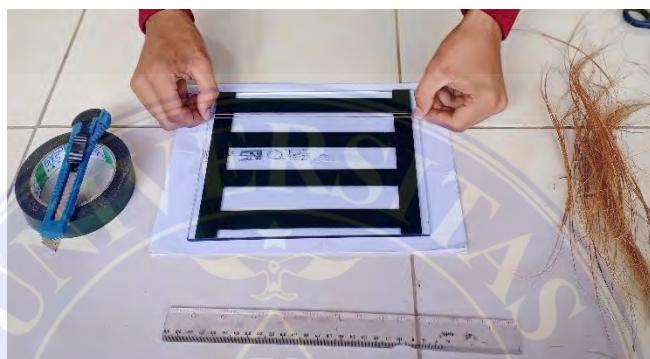
Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan pada proses pembuatan cetakan bodi dan cetakan jig/penjepit spesimen komposit yaitu :

- a. Mempersiapkan kaca dengan ukuran 23 cm x 18 cm dan *double tape foam* hijau dengan ketebalan 1 mm sebagai bahan pembentuk ukuran cetakan spesimen.



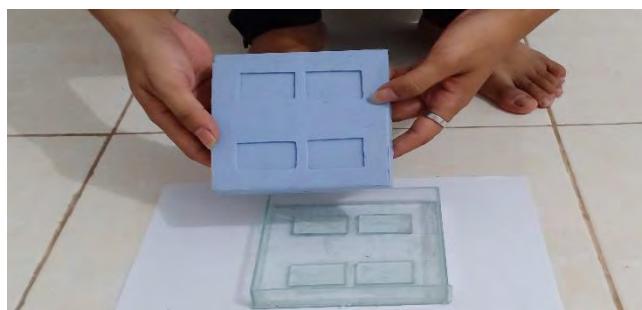
Gambar 3.19. Kaca dan *double tape foam* hijau

- b. Membersihkan cetakan kaca yang telah disediakan dari debu atau kotoran yang menempel, sehingga pada saat proses pencetakan spesimen permukaan kaca sudah halus dan rata.
- c. Menempel *double tape foam* hijau pada kaca sesuai ukuran standart ASTM D 3039M-14 spesimen hingga kaca membentuk wadah cetakan dengan ukuran 175 mm x 25 mm x 2 mm.



Gambar 3.20. Penyusunan serat kelapa

- d. Kemudian setelah cetakan bodi spesimen terbentuk, selanjutnya membuat cetakan jig/penjepit pada spesimen menggunakan bahan silicon rubber rtv 48 dan kaca sebagai wadah tempat silicon dengan ukuran 120 mm x 130 mm x 20 mm.
- e. Selanjutnya menuangkan campuran silicon dengan katalisnya yang sudah diaduk kedalam wadah kaca sampai rata dan kemudian cairan silicon tersebut dikeringkan dengan waktu kurang lebih 3-5 jam.



Gambar 3.21. Cetakan jig/penjepit

3. Prosedur pembuatan spesimen

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan pada proses pembuatan bodi spesimen komposit yaitu:

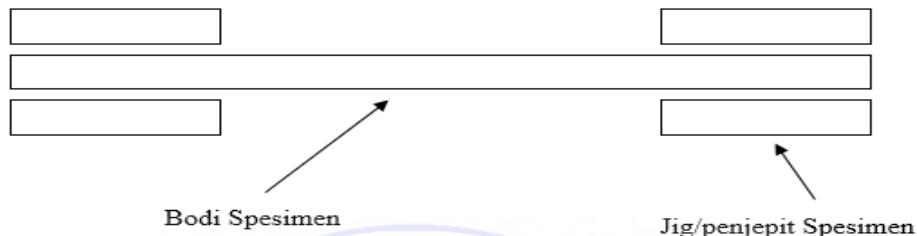
- a. Menyiapkan serat kelapa, cetakan kaca dan *double tape foam* hijau.
- b. Rapikan serat dengan posisi lurus ataupun sejajar agar mudah dalam proses penempelan serat kelapa ke permukaan *double tape foam* hijau dan pencetakan spesimen kedalam cetakan.
- c. Setelah bersih dan rapi, potong serat kelapa menggunakan gunting sepanjang cetakan yang telah dibuat yaitu 175 mm.



Gambar 3.22. Memotong serat kelapa

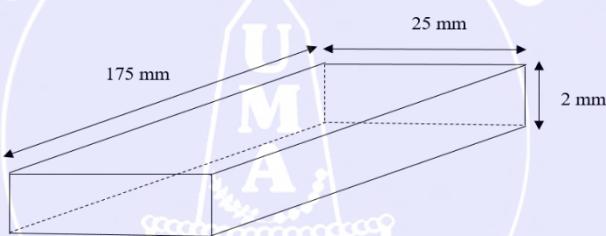
- d. Cetakan dibersihkan dari kotoran atau debu, lalu lapisi menggunakan blueband ataupun *mirrorglaze* agar hasil spesimen/benda uji tidak merekat pada cetakan.
- e. Dalam penelitian ini terdapat 3 jenis variabel spesimen komposit yaitu 0 atau tanpa serat, 5 serat dan 11 serat kelapa. Kemudian serat yang telah dipotong, selanjutnya ditempel dari sisi kanan hingga sisi kiri (searah) sesuai dengan variabel masing-masing dan pada cetakan yang berbeda.
- f. Setelah serat sesuai dengan variabel ditempel hingga melekat pada *double tape foam* hijau, kemudian ujung serat tersebut dilapisi kembali dengan *double tape foam* hijau agar serat tidak lepas dan memperoleh ketebalan cetakan 2 mm.

g. Selanjutnya dilakukan pengukuran volume resin dan volume katalis. Cetakan bodi yang digunakan berukuran 175 mm x 25 mm x 2 mm. Dibawah ini dapat dilihat ilustrasi cetakan bodi dan cetakan jig/penjepit dari spesimen komposit berserat sabut kelapa.



Gambar 3.23. Ilustrasi bentuk spesimen

Sehingga volume cetakan bodi yang digunakan pada pembuatan spesimen atau benda uji adalah :



Gambar 3.24. Cetakan bodi spesimen

$$\begin{aligned}
 V_{\text{cetakan}} &= V_{(\text{resin} + \text{katalis})} = p \times l \times t \\
 &= 175 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} \\
 &= 8750 \text{ mm}^3 \\
 &= 8,75 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

Kemudian Campurkan kedalam gelas ukur antara resin dan katalis dengan perbandingan 10 ml resin : 1 ml katalis,
jadi perbandingan resin dan katalis :

$$V_{\text{Resin}} = 7,75 \text{ ml}$$

$$V_{\text{Katalis}} = 1 \text{ ml}$$

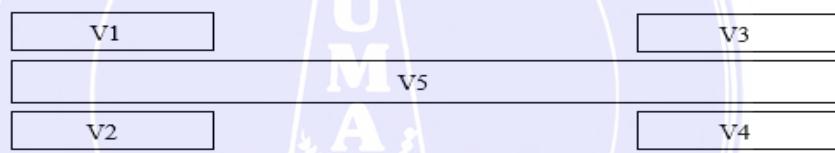
Maka, volume jig/penjepit spesimen dapat dihitung dengan cara dibawah ini :

Volume persegi panjang :

$$\begin{aligned} V_{\text{penjepit}} &= p \times l \times t \\ &= 40 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} \\ &= 2000 \text{ mm}^3 = 2 \text{ ml} \end{aligned}$$

Jumlah jig/penjepit setiap spesimen terdiri dari 4 buah. Dibawah ini dapat dilihat ilustrasi gambar bodi spesimen dan keseluruhan jig dari spesimen. Maka, jika ditotal jumlah volume keseluruhan jig/penjepit spesimen keseluruhan adalah :

$$\begin{aligned} V_{\text{tot}} &= 4 \times (V_{\text{penjepit}}) \\ &= 4 \times 2000 \text{ mm}^3 \\ &= 8000 \text{ mm}^3 = 8 \text{ ml} \end{aligned}$$



Gambar 3.25. Bodi dan jig/penjepit spesimen

Maka total dari volume bodi spesimen dengan volume jig/penjepit spesimen adalah :

$$\begin{aligned} V_{\text{tot}} &= V_{\text{spesimen}} + V_{\text{penjepit}} \\ &= 8750 \text{ mm}^3 + 8000 \text{ mm}^3 \\ &= 16750 \text{ mm}^3 = 16,75 \text{ ml} \end{aligned}$$

- h. Untuk menghitung volume serat kelapa, dilakukan dengan metode menggunting/mengcikilan partikel serat masing-masing variabel serat kelapa kemudian serat tersebut dimasukkan kedalam gelas ukur yang berisi air sebanyak 10 ml. Selanjutnya air mengalami kenaikan volume menjadi 10,25 ml,

maka untuk dapat memperoleh hasil dari volume serat kelapa masing-masing variabel sebagai berikut :

1) Variabel 0 serat = 0 ml, karena tidak menggunakan serat sabut kelapa.

2) Variabel 5 serat = Volume akhir - volume awal

$$= 10,25 \text{ ml} - 10 \text{ ml}$$

$$= 0,25 \text{ ml}$$

3) Variabel 11 serat = Volume akhir – volume awal

$$= 10,50 \text{ ml} - 10 \text{ ml}$$

$$= 0,50 \text{ ml}$$

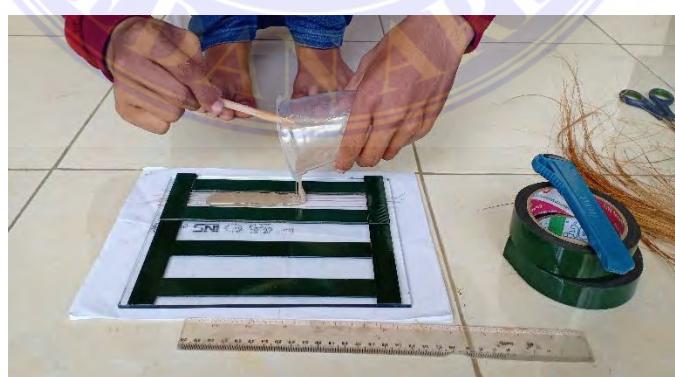
Maka volume total spesimen adalah :

0 serat = 16,75 ml (karena tidak menggunakan serat)

5 serat = 16,75 ml – 0,25 ml = 16,5 ml

11 serat = 16,75 ml – 0,50 ml = 16,25 ml

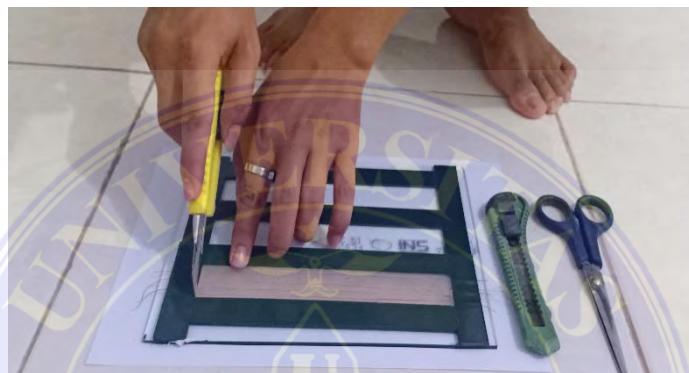
- i. Selanjutnya larutan resin dan katalis diaduk sesuai dengan volume cetakan tersebut. Campuran resin dan katalis diaduk sampai merata ± 1 menit agar pengerasan komposit terjadi secara baik dan sempurna. Kemudian campuran tersebut dituang kedalam cetakan kaca.



Gambar 3.26. Menuang resin dan katalis

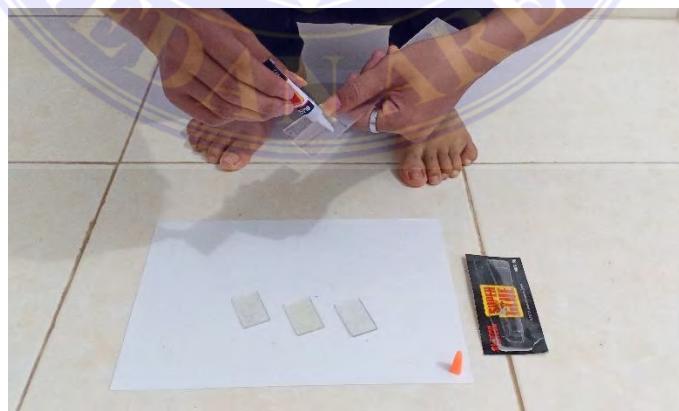
- j. Langkah ataupun prosedur dari point “a” sampai “i” diulang kembali sehingga memperoleh jumlah variabel yang telah ditentukan.

k. Selanjutnya Komposit dikeringkan dalam kurun waktu 3-5 jam hingga benar-benar kering pada suhu ruangan agar mudah dalam proses pemisahan antara spesimen dan cetakan. Setelah komposit kering, selanjutnya komposit dikeluarkan dari masing-masing cetakan kemudian dibersihkan ataupun dipotong sisa serat yang masih kepanjangan dan dibentuk sesuai standart yang sudah ditentukan.



Gambar 3.27. Memisahkan spesimen dari cetakan

l. Bodi spesimen dan jig/penjepit spesimen kemudian di satukan dengan cara dilem menggunakan lem alteco agar lebih kuat dan tahan pada saat dilakukan pengujian tarik.



Gambar 3.28. Bodi spesimen dan penjepit dilem

m. Selanjutnya Spesimen/benda uji siap untuk diuji tarik.

4. Prosedur pengujian tarik material komposit

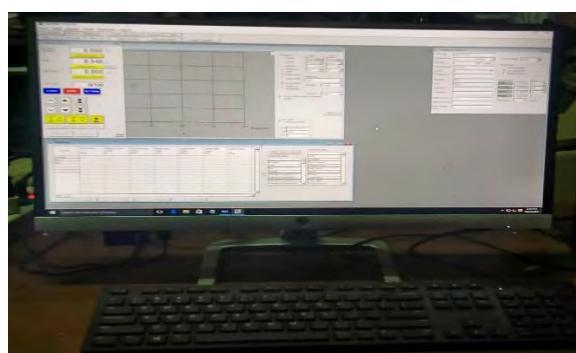
Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan pada proses pengujian spesimen komposit menggunakan mesin uji tarik yaitu :

- Menghidupkan komputer, mesin alat uji tarik dan mempersiapkan spesimen yang akan diuji.
- Membuka dan mengunci jig/penjepit setelah menempatkan spesimen pada dudukan jig/penjepit mesin uji tarik.



Gambar 3.29. Mengatur posisi jig/penjepit

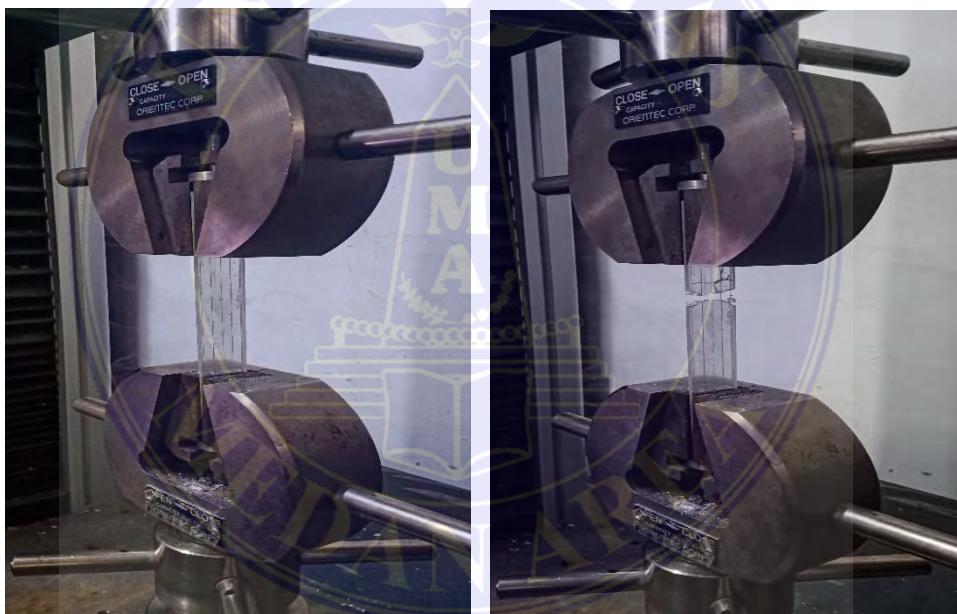
- Mengatur kecepatan, ukuran dan kekuatan tarik dari mesin uji tarik melalui komputer, kemudian memulai pengujian.



Gambar 3.30. Perangkat komputer mesin uji tarik

- d. Pembacaan kekuatan tarik dari spesimen hingga terjadinya patahan dapat terlihat dalam komputer melalui gambar grafik dan nilai data spesimen.
- e. Setelah terjadi patahan pada spesimen, maka hasil grafik dan nilai data yang dihasilkan komputer dari pengujian spesimen akan selesai dan patahan dari spesimen dikeluarkan dari jig/penjepit mesin uji tarik.

Gambar 3.31. dibawah ini dapat kita lihat proses spesimen yang sudah dikunci pada jig/penjepit mesin uji tarik sebelum dan sesudah dilakukan pengujian tarik spesimen komposit. Sehingga dapat kita lihat bentuk patahan yang terjadi pada spesimen/benda uji.



Gambar 3.31. Proses Pengujian Tarik Komposit

6. Prosedur pembuatan cetakan spakbor sepeda motor

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan pada proses pembuatan cetakan spakbor sepeda motor yaitu :

- a. Menyiapkan spakbor sepeda motor original sebagai master cetakan.
- b. Menyiapkan bahan *fiberglass*, resin, katalis, *mirrorglaze* dan kuas sebagai bahan untuk membuat cetakan spakbor sepeda motor.

- c. Membersihkan dan membuat pembatas pada spakbor original menggunakan potongan kardus bekas dengan tujuan mempermudah pembukaan cetakan spakbor, jadi cetakan spakbor menjadi 2 sisi yaitu kiri dan kanan.
- d. Selanjutnya melapisi spakbor menggunakan mirrorglaze agar cetakan tidak mudah menempel pada spakbor. Kemudian melapisi kembali spakbor dengan cairan gelcoat sampai 2 lapis sebagai dasar cetakan.
- e. Setelah lapisan gelcoat mulai sedikit mengering, lapisi kembali dengan lapisan fiberglass sampai menutup keseluruhan permukaan spakbor. Kemudian mengaduk dan melapisi kembali spakbor dengan campuran resin dan katalis sesuai dengan kebutuhan spakbor hingga lapisan fiberglass sudah rata di lapisi menggunakan kuas.
- f. Langkah selanjutnya menunggu cetakan hingga kering dengan waktu 3-5 jam sampai benar-benar kering.
- g. Setelah kering, spakbor dan cetakan dapat dipisahkan.

Gambar 3.32. dibawah ini dapat kita lihat proses pembuatan cetakan spakbor sepeda motor.

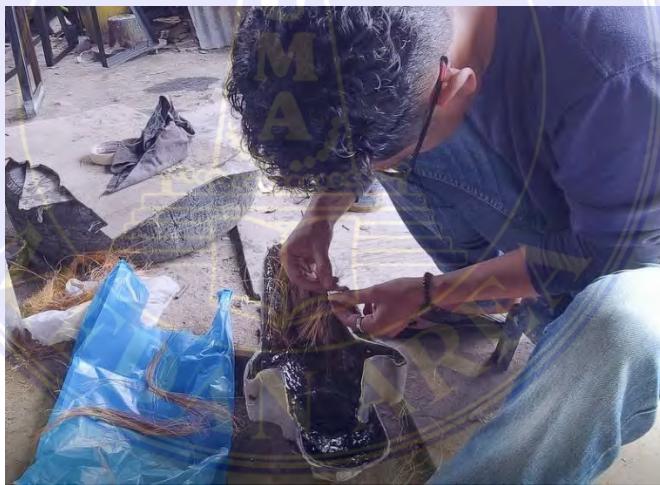


Gambar 3.32. Cetakan spakbor sepeda motor

7. Prosedur pembuatan spakbor komposit

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pembuatan spakbor komposit sepeda motor yaitu :

- a. Menyiapkan cetakan spakbor sepeda motor, *mirrorglaze, fiberglass, gealcoat*, serat kelapa, kuas, resin dan katalis.
- b. Membersihkan cetakan dan melapisi cetakan menggunakan *mirrorglaze*, selanjutnya melapisi spakbor menggunakan *gealcoat* sebagai lapisan dasar pembuatan spakbor.
- c. Kemudian menempel serat kelapa pada spakbor dengan cara searah atau sejajar dan melapisi kembali menggunakan *fiberglass* dengan tujuan agar serat kelapa dapat menempel pada lapisan *fiberglass* dan *gealcoat*.



Gambar 3.33. Proses pembuatan spakbor

- d. Langkah selanjutnya melapisi menggunakan campuran resin dan katalis lalu menunggu sampai kering dengan waktu sekitar 3-5 jam.
- e. Setelah kering, cetakan dan spakbor komposit dipisahkan.

Gambar 3.34. dibawah ini dapat kita lihat proses pembuatan spakbor komposit sepeda motor.



a)

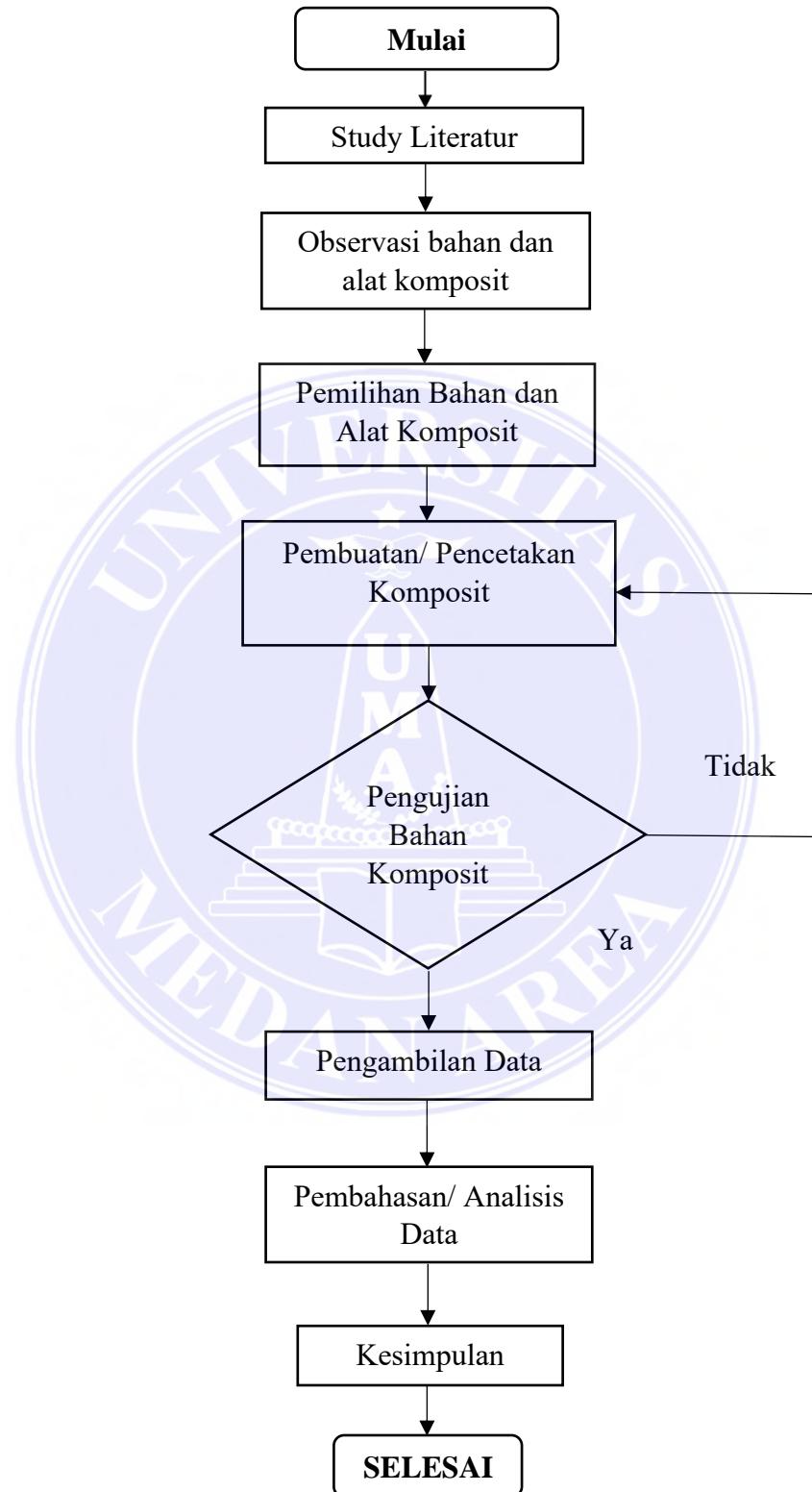


b)

Gambar 3.34. a) Cetakan spakbor b) Spakbor komposit

E. Diagram Alur Penelitian

Proses jalannya penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.35. berikut ini :



Gambar 3.35. Diagram Alur

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, mulai dari awal pembuatan cetakan hingga pengujian benda uji dan pengolahan data yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pembuatan komposit berpenguat serat sabut kelapa menjadi sebuah spakbor sepeda motor berhasil dilakukan.
2. Pengujian spesimen material komposit berpenguat serat sabut kelapa dilakukan menggunakan mesin uji tarik universal dengan memperoleh nilai rata-rata tegangan tarik tertinggi terdapat pada variabel 5 serat kelapa sebesar 44,07 MPa, nilai rata-rata kekuatan luluh tetinggi terdapat pada variabel 5 serat sebesar 26,46 MPa, nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi terdapat pada variabel 0 serat sebesar 1360,6 MPa dan nilai rata-rata regangan patah tertinggi terdapat pada variabel 0 serat sebesar 0,064 MPa.
3. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dari hasil pengujian tarik spesimen komposit berpenguat serat kelapa dengan variabel 0 serat, 5 serat dan 11 serat, maka kekuatan material dari masing-masing variabel tersebut tidak merata yang dibuktikan dari nilai kekuatan luluh, modulus elastisitas dan titik regangan patah hal ini dapat disebabkan karena perbandingan antara matriks dan bahan penguat serat sabut kelapa yang kurang tepat.
4. Setelah dilakukan pembuatan komposit spakbor sepeda motor, maka dapat dibandingkan kualitas antara spakbor yang berada di pasaran/original dengan

spakbor yang terbuat dari komposit dan dari segi perbandingan yang dilakukan spakbor yang terbuat dari komposit berpeluang diaplikasikan pada sepeda motor.

B. Saran

Dalam penelitian yang sudah dilakukan, masih banyak terjadi kekurangan dan kesalahan yang dilakukan. Untuk memperbaiki penelitian selanjutnya perlu diperhatikan hal-hal berikut ini.

1. Pemilihan serat kelapa yang digunakan sebaiknya memiliki panjang serat yang sesuai dengan ukuran standart yang digunakan dan menggunakan serat yang tidak terlalu tipis.
2. Pada saat pencampuran matriks semaksimal mungkin mengukur ataupun membuat takaran yang tepat, agar hasil dari reaksi antara campuran resin dan katalis menjadi benar dan sempurna.
3. Pada saat melakukan pencetakan benda uji, sebaiknya menghindari terjadinya *void* atau udara yang terperangkap didalam matriks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditiya M. Lip, 2020. Indonesia Adalah Negara Penghasil Kelapa Terbesar di Dunia.<http://www.goodnewsfromindonesia.id/2020/10/10/ternyata-indonesia-adalah-negara-penghasil-kelapa-terbesar-di-dunia>. Diakses tanggal 03 september 2021
- [2] Sulistijono. Mekanika Material Komposit. Surabaya: ITSpress. 2012.
- [3] Mawardi, Indra., dan Hasrin Lubis. Proses Manufaktur Plastik dan Komposit. Surabaya: Penerbit Andi. 2016.
- [4] Hifani, Ramanda. Pengaruh Variasi Fraksi Volume Komposit Serat Sabut Kelapa *Unsaturated-Polyester* Terhadap Pengujian Tarik. Jurnal Rotor. Vol.11, pp.22-24. 2018.
- [5] Perdana, Mastariyanto. Pengaruh Beban Dinamik Terhadap Kekakuan Komposit Hibrid Berbasis *Fiberglass* dan Serat Kelapa. Jurnal Teknik Mesin Institusi Teknologi Padang. Vol.6, pp.1-5. 2016.
- [6] Rodiawan, Suhdi. Analisa sifat-sifat serat alam sebagai penguat komposit ditinjau dari kekuatan mekanik. Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro. Vol.5, pp.1-2016.
- [7] Jonathan, Frans dan Romels. Analisis sifat mekanik material komposit dari serat sabut kelapa. Jurnal Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi Manado. Vol.9, pp.1-9.2013.
- [8] Lawrence, H. Van Vlack. Elemen-Elemen Ilmu dan Rekayasa Material. Jakarta: Erlangga. 2004.
- [9] Hartono., dkk. Pengenalan Teknik Komposit. Yogyakarta: Deepublish. 2012.
- [10] Hadi Syamsul, Teknologi Bahan. Yogyakarta: Penerbit Andi. 2016
- [11] Hadi Syamsul, Teknologi Bahan Lanjut. Yogyakarta: Andi. 2016
- [12] Maryanti, Budha. Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Polyester Terhadap Kekuatan Tarik. Jurnal Rekayasa Mesin. Vol.2, pp.123-129. 2011.
- [13] Gibson, R.F. *Principles Of Composite Material Mechanics*. London: CRC Press Francis Group. 1994.
- [14] Rosady Ruslan, Metode Penelitian Public Relation dan Komunikasi. Jakarta : PT.Raja Grafindo Persada.2017.

- [15] ASTM D 3039. *Standart Test Method For Tensile Properties Of Polymer Matrix Composit Material*. Amerika: American Society For Testing And Materials (ASTM). 2000.



LAMPIRAN

1. Tabel Parameter kekuatan material.

Fibre	Density (g/cm ³)	Elongation (%)	Tensile strength (MPa)	Young's modulus (GPa)
Cotton	1.5–1.6	7.0–8.0	287–597	5.5–12.6
Jute	1.3	1.5–1.8	393–773	26.5
Flax	1.5	2.7–3.2	345–1035	27.6
Hemp	—	1.6	690	—
Ramie	—	3.6–3.8	400–938	61.4–128
Sisal	1.5	2.0–2.5	511–635	9.4–22.0
Coir	1.2	30.0	175	4.0–6.0
Viscose (cord)	—	11.4	593	11.0
Soft wood kraft	1.5	—	1000	40.0
E-glass	2.5	2.5	2000–3500	70.0
S-glass	2.5	2.8	4570	86.0
Aramid	1.4	3.3–3.7	3000–3150	63.0–67.0
(normal)				
Carbon	1.4	1.4–1.8	4000	230.0–240.0
(standard)				

Material	Massa Jenis (Kg/m ²)	Kekuatan Tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
Plastik ABS	920-1180	33-50	1.5-100	897-4138
Serat	120	175	30.0	4000-6000
poliester	1460	103	10-30	3500



Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials¹

This standard is issued under the fixed designation D3039/D3039M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method determines the in-plane tensile properties of polymer matrix composite materials reinforced by high-modulus fibers. The composite material forms are limited to continuous fiber or discontinuous fiber-reinforced composites in which the laminate is balanced and symmetric with respect to the test direction.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- D792 Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement
D883 Terminology Relating to Plastics
D2584 Test Method for Ignition Loss of Cured Reinforced Resins
D2734 Test Methods for Void Content of Reinforced Plastics
D3171 Test Methods for Constituent Content of Composite Materials
D3878 Terminology for Composite Materials
D5229/D5229M Test Method for Moisture Absorption Prop-

erties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials

- E4 Practices for Force Verification of Testing Machines
E6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing
E83 Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems
E111 Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus
E122 Practice for Calculating Sample Size to Estimate, With Specified Precision, the Average for a Characteristic of a Lot or Process
E132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature
E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods
E251 Test Methods for Performance Characteristics of Metallic Bonded Resistance Strain Gauges
E456 Terminology Relating to Quality and Statistics
E1012 Practice for Verification of Testing Frame and Specimen Alignment Under Tensile and Compressive Axial Force Application
E1237 Guide for Installing Bonded Resistance Strain Gages

3. Terminology

3.1 *Definitions*—Terminology D3878 defines terms relating to high-modulus fibers and their composites. Terminology D883 defines terms relating to plastics. Terminology E6 defines terms relating to mechanical testing. Terminology E456 and Practice E177 define terms relating to statistics. In the event of a conflict between terms, Terminology D3878 shall have precedence over the other standards.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *Note*—If the term represents a physical quantity, its analytical dimensions are stated immediately following the term (or letter symbol) in fundamental dimension form, using the following ASTM standard symbology for fundamental dimensions, shown within square brackets: [M] for mass, [L] for length, [T] for time, [Θ] for thermodynamic temperature, and [nd] for nondimensional quantities. Use of these symbols is restricted to analytical dimensions when used with square brackets, as the symbols may have other definitions when used without the brackets.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D30 on Composite Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D30.04 on Lamina and Laminate Test Methods.

Current edition approved May 15, 2014. Published May 2014. Originally approved in 1971. Last previous edition approved in 2008 as D3039 – 08. DOI: 10.1520/D3039_D3039M-14.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

UNIVERSITAS MEDAN AREA



3.2.2 *nominal value*, n —a value, existing in name only, assigned to a measurable property for the purpose of convenient designation. Tolerances may be applied to a nominal value to define an acceptable range for the property.

3.2.3 *transition region*, n —a strain region of a stress-strain or strain-strain curve over which a significant change in the slope of the curve occurs within a small strain range.

3.2.4 *transition strain*, $\epsilon^{transition}$ [*Ind*], n —the strain value at the mid range of the transition region between the two essentially linear portions of a bilinear stress-strain or strain-strain curve.

3.2.4.1 *Discussion*—Many filamentary composite materials show essentially bilinear behavior during force application, such as seen in plots of either longitudinal stress versus longitudinal strain or transverse strain versus long longitudinal strain. There are varying physical reasons for the existence of a transition region. Common examples include: matrix cracking under tensile force application and ply delamination.

3.3 Symbols:

A —minimum cross-sectional area of a coupon.

B_y —percent bending for a uniaxial coupon of rectangular cross section about y axis of the specimen (about the narrow direction).

B_z —percent bending for a uniaxial coupon of rectangular cross section about z axis of the specimen (about the wide direction).

CV —coefficient of variation statistic of a sample population for a given property (in percent).

E —modulus of elasticity in the test direction.

F^{tu} —ultimate tensile strength in the test direction.

F^{su} —ultimate shear strength in the test direction.

h —coupon thickness.

L_g —extensometer gage length.

L_{min} —minimum required bonded tab length.

n —number of coupons per sample population.

P —force carried by test coupon.

P^f —force carried by test coupon at failure.

P^{max} —maximum force carried by test coupon before failure.

s_{n-1} —standard deviation statistic of a sample population for a given property.

w —coupon width.

x_i —test result for an individual coupon from the sample population for a given property.

\bar{x} —mean or average (estimate of mean) of a sample population for a given property.

δ —extensional displacement.

ϵ —general symbol for strain, whether normal strain or shear strain.

ε —indicated normal strain from strain transducer or extensometer.

σ —normal stress.

ν —Poisson's ratio.

4. Summary of Test Method

4.1 A thin flat strip of material having a constant rectangular cross section is mounted in the grips of a mechanical testing machine in tension and tested in accordance with **UNIVERSITAS MEDAN AREA** in tension while recording the force. The ultimate strength of the material can be

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

determined from the maximum force carried before failure. If the coupon strain is monitored with strain or displacement transducers then the stress-strain response of the material can be determined, from which the ultimate tensile strain, tensile modulus of elasticity, Poisson's ratio, and transition strain can be derived.

5. Significance and Use

5.1 This test method is designed to produce tensile property data for material specifications, research and development, quality assurance, and structural design and analysis. Factors that influence the tensile response and should therefore be reported include the following: material, methods of material preparation and lay-up, specimen stacking sequence, specimen preparation, specimen conditioning, environment of testing, specimen alignment and gripping, speed of testing, time at temperature, void content, and volume percent reinforcement. Properties, in the test direction, which may be obtained from this test method include the following:

5.1.1 Ultimate tensile strength,

5.1.2 Ultimate tensile strain,

5.1.3 Tensile chord modulus of elasticity,

5.1.4 Poisson's ratio, and

5.1.5 Transition strain.

6. Interferences

6.1 *Material and Specimen Preparation*—Poor material fabrication practices, lack of control of fiber alignment, and damage induced by improper coupon machining are known causes of high material data scatter in composites.

6.2 *Gripping*—A high percentage of grip-induced failures, especially when combined with high material data scatter, is an indicator of specimen gripping problems. Specimen gripping methods are discussed further in 7.2.4, 8.2, and 11.5.

6.3 *System Alignment*—Excessive bending will cause premature failure, as well as highly inaccurate modulus of elasticity determination. Every effort should be made to eliminate excess bending from the test system. Bending may occur as a result of misaligned grips or from specimens themselves if improperly installed in the grips or out-of-tolerance caused by poor specimen preparation. If there is any doubt as to the alignment inherent in a given test machine, then the alignment should be checked as discussed in 7.2.5.

6.4 *Edge Effects in Angle Ply Laminates*—Premature failure and lower stiffnesses are observed as a result of edge softening in laminates containing off-axis plies. Because of this, the strength and modulus for angle ply laminates can be drastically underestimated. For quasi-isotropic laminates containing significant 0° plies, the effect is not as significant.

7. Apparatus

7.1 *Micrometers and Calipers*—A micrometer with a 4 to 7 mm [0.16 to 0.28 in] nominal diameter ball interface shall be used to measure the specimen thickness when at least one surface is irregular (such as the bag-side of a laminate). A micrometer with a 4 to 7 mm [0.16 to 0.28 in.] nominal diameter ball interface or with a flat ball interface shall be

used to measure the specimen thickness when both surfaces are smooth (such as tooled surfaces). A micrometer or caliper, with a flat anvil interface, shall be used to measure the width of the specimen. The accuracy of the instruments shall be suitable for reading to within 1 % of the sample dimensions. For typical specimen geometries, an instrument with an accuracy of ± 0.0025 mm [± 0.0001 in.] is adequate for thickness measurement, while an instrument with an accuracy of ± 0.025 mm [± 0.001 in.] is adequate for width measurement.

7.2 Testing Machine—The testing machine shall be in conformance with Practices E4 and shall satisfy the following requirements:

7.2.1 Testing Machine Heads—The testing machine shall have both an essentially stationary head and a movable head.

7.2.2 Drive Mechanism—The testing machine drive mechanism shall be capable of imparting to the movable head a controlled velocity with respect to the stationary head. The velocity of the movable head shall be capable of being regulated as specified in 11.3.

7.2.3 Force Indicator—The testing machine force-sensing device shall be capable of indicating the total force being carried by the test specimen. This device shall be essentially free from inertia lag at the specified rate of testing and shall indicate the force with an accuracy over the force range(s) of interest of within ± 1 % of the indicated value. The force range(s) of interest may be fairly low for modulus evaluation, much higher for strength evaluation, or both, as required.

NOTE 1—Obtaining precision force data over a large range of interest in the same test, such as when both elastic modulus and ultimate force are being determined, place extreme requirements on the load cell and its calibration. For some equipment, a special calibration may be required. For some combinations of material and load cell, simultaneous precision measurement of both elastic modulus and ultimate strength may not be possible and measurement of modulus and strength may have to be performed in separate tests using a different load cell range for each test.

7.2.4 Grips—Each head of the testing machine shall carry one grip for holding the test specimen so that the direction of force applied to the specimen is coincident with the longitudinal axis of the specimen. The grips shall apply sufficient lateral pressure to prevent slippage between the grip face and the coupon. If tabs are used the grips should be long enough that they overhang the beveled portion of the tab by approximately 10 to 15 mm [0.5 in.]. It is highly desirable to use grips that are rotationally self-aligning to minimize bending stresses in the coupon.

NOTE 2—Grip surfaces that are lightly serrated, approximately 1 serration/mm [25 serrations/in.], have been found satisfactory for use in wedge-action grips when kept clean and sharp; coarse serrations may produce grip-induced failures in untabbed coupons. Smooth gripping surfaces have been used successfully with either hydraulic grips or an emery cloth interface, or both.

7.2.5 System Alignment—Poor system alignment can be a major contributor to premature failure, to elastic property data scatter, or both. Practice E1012 describes bending evaluation guidelines and describes potential sources of misalignment during tensile testing. In addition to Practice E1012, the degree of bending in a tensile system can also be evaluated using the **UNIVERSITAS MEDAN AREA** men bending is considered separately in 11.6.1.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

7.2.5.1 A rectangular alignment coupon, preferably similar in size and stiffness to the test specimen of interest, is instrumented with a minimum of three longitudinal strain gages of similar type, two on the front face across the width and one on the back face of the specimen, as shown in Fig. 1. Any difference in indicated strain between these gages during loading provides a measure of the amount of bending in the thickness plane (B_y) and width plane (B_z) of the coupon. The strain gage location should normally be located in the middle of the coupon gage section (if modulus determination is a concern), near a grip (if premature grip failures are a problem), or any combination of these areas.

7.2.5.2 When evaluating system alignment, it is advisable to perform the alignment check with the same coupon inserted in each of the four possible installation permutations (described relative to the initial position): initial (top-front facing observer), rotated back to front only (top back facing observer), rotated end for end only (bottom front facing observer), and rotated both front to back and end to end (bottom back facing observer). These four data sets provide an indication of whether the bending is due to the system itself or to tolerance in the alignment check coupon or gaging.

7.2.5.3 The zero strain point may be taken either before gripping or after gripping. The strain response of the alignment coupon is subsequently monitored during the gripping process, the tensile loading process, or both. Eq 1 and Eq 2 use these indicated strains to calculate the ratio of the percentage of bending strain to average extensional strain for each bending plane of the alignment coupon. Plotting percent bending versus axial average strain is useful in understanding trends in the bending behavior of the system.

7.2.5.4 Problems with failures during gripping would be reason to examine bending strains during the gripping process in the location near the grip. Concern over modulus data scatter would be reason to evaluate bending strains over the modulus evaluation force range for the typical transducer location. Excessive failures near the grips would be reason to evaluate bending strains near the grip at high loading levels. While the

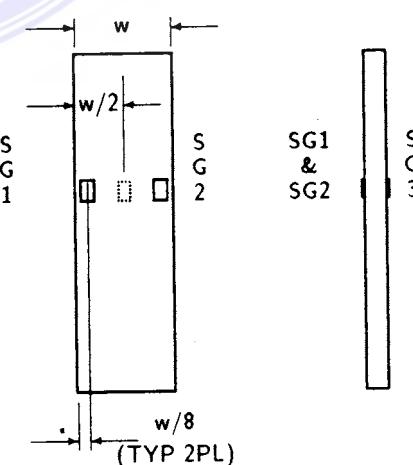


FIG. 1 Gage Locations for System Alignment Check Coupon

maximum advisable amount of system misalignment is material and location dependent, good testing practice is generally able to limit percent bending to a range of 3 to 5 % at moderate strain levels (>1000 $\mu\epsilon$). A system showing excessive bending for the given application should be readjusted or modified.

$$B_y = \frac{\varepsilon_{ave} - \varepsilon_3}{\varepsilon_{ave}} \times 100 \quad (1)$$

$$B_z = \frac{2/3 (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{\varepsilon_{ave}} \times 100 \quad (2)$$

where:

- B_y = percent bending about system y axis (about the narrow plane), as calculated by Eq 1, %;
- B_z = percent bending about system z axis (about the wide plane), as calculated by Eq 2, %;
- ε_1 , ε_2 , and ε_3 = indicated longitudinal strains displayed by Gages 1, 2, and 3, respectively, of Fig. 1, $\mu\epsilon$; and
- ε_{ave} = $((\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)/2)$

NOTE 3—Experimental error may be introduced by sources such as poor system alignment, specimen preparation and strain gage precision and calibration. These sources of error may result in an average calculated strain (ε_{ave}) of 0, causing B_y and B_z (Eq 1 and Eq 2) to approach infinity as the average calculated strain is the denominator. To minimize the potential for this occurrence during system alignment evaluation, it is recommended that force be applied to the alignment coupon until all three strain gages measure positive strain of no less than 500 $\mu\epsilon$ with an ε_{ave} of no less than 1000 $\mu\epsilon$. If these conditions can not be met, the test configuration should be adjusted prior to performing further system alignment evaluation.

7.3 Strain-Indicating Device—Force-strain data, if required, shall be determined by means of either a strain transducer or an extensometer. Attachment of the strain-indicating device to the coupon shall not cause damage to the specimen surface. If Poisson's ratio is to be determined, the specimen shall be instrumented to measure strain in both longitudinal and lateral directions. If the modulus of elasticity is to be determined, the longitudinal strain should be simultaneously measured on opposite faces of the specimen to allow for a correction as a result of any bending of the specimen (see 11.6 for further guidance).

7.3.1 Bonded Resistance Strain Gage Selection—Strain gage selection is a compromise based on the type of material. An active gage length of 6 mm [0.25 in.] is recommended for most materials. Active gage lengths should not be less than 3 mm [0.125 in.]³. Gage calibration certification shall comply with Test Methods E251. When testing woven fabric laminates, gage selection should consider the use of an active gage length that is at least as great as the characteristic repeating unit of the weave. Some guidelines on the use of strain gages on composites follow. A general reference on the subject is Tuttle and Brinson.⁴

7.3.1.1 Surface preparation of fiber-reinforced composites in accordance with Practice E1237 can penetrate the matrix

material and cause damage to the reinforcing fibers resulting in improper coupon failures. Reinforcing fibers should not be exposed or damaged during the surface preparation process. The strain gage manufacturer should be consulted regarding surface preparation guidelines and recommended bonding agents for composites pending the development of a set of standard practices for strain gage installation surface preparation of fiber-reinforced composite materials.

7.3.1.2 Consideration should be given to the selection of gages having larger resistances to reduce heating effects on low-conductivity materials. Resistances of 350 Ω or higher are preferred. Additional consideration should be given to the use of the minimum possible gage excitation voltage consistent with the desired accuracy (1 to 2 V is recommended) to reduce further the power consumed by the gage. Heating of the coupon by the gage may affect the performance of the material directly, or it may affect the indicated strain as a result of a difference between the gage temperature compensation factor and the coefficient of thermal expansion of the coupon material.

7.3.1.3 Consideration of some form of temperature compensation is recommended, even when testing at standard laboratory atmosphere. Temperature compensation is required when testing in nonambient temperature environments.

7.3.1.4 Consideration should be given to the transverse sensitivity of the selected strain gage. The strain gage manufacturer should be consulted for recommendations on transverse sensitivity corrections and effects on composites. This is particularly important for a transversely mounted gage used to determine Poisson's ratio, as discussed in Note 13.

7.3.2 Extensometers—For most purposes, the extensometer gage length should be in the range of 10 to 50 mm [0.5 to 2.0 in.]. Extensometers shall satisfy, at a minimum, Practice E83, Class B-1 requirements for the strain range of interest and shall be calibrated over that strain range in accordance with Practice E83. For extremely stiff materials, or for measurement of transverse strains, the fixed error allowed by Class B-1 extensometers may be significant, in which case Class A extensometers should be considered. The extensometer shall be essentially free of inertia lag at the specified speed of testing, and the weight of the extensometer should not induce bending strains greater than those allowed in 6.3.

NOTE 4—It is generally less difficult to perform strain calibration on extensometers of longer gage length as less precision in displacement is required of the extensometer calibration device.

7.4 Conditioning Chamber—When conditioning materials at nonlaboratory environments, a temperature/vapor-level-controlled environmental conditioning chamber is required that shall be capable of maintaining the required temperature to within $\pm 3^\circ\text{C}$ [$\pm 5^\circ\text{F}$] and the required relative vapor level to within $\pm 3\%$. Chamber conditions shall be monitored either on an automated continuous basis or on a manual basis at regular intervals.

7.5 Environmental Test Chamber—An environmental test chamber is required for test environments other than ambient testing laboratory conditions. This chamber shall be capable of maintaining the gage section of the test specimen at the required test environment during the mechanical test.

³ A typical gage would have a 0.25-in. active gage length, 350- Ω resistance, a strain rating of 3 % or better, and the appropriate environmental resistance and thermal coefficient.

⁴ Tuttle, M. E. and Brinson, H. F., "Resistance-Foil Strain-Gage Technology as Applied to Composite Materials," *Experimental Mechanics*, Vol 24, No. 1, March 1984, pp. 54–65; errata noted in Vol 26, No. 2, June 1986, pp. 153–154. © Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

8. Sampling and Test Specimens

8.1 *Sampling*—Test at least five specimens per test condition unless valid results can be gained through the use of fewer specimens, such as in the case of a designed experiment. For statistically significant data, the procedures outlined in Practice E122 should be consulted. Report the method of sampling.

NOTE 5—If specimens are to undergo environmental conditioning to equilibrium, and are of such type or geometry that the weight change of the material cannot be properly measured by weighing the specimen itself (such as a tabbed mechanical coupon), then use another traveler coupon of the same nominal thickness and appropriate size (but without tabs) to determine when equilibrium has been reached for the specimens being conditioned.

8.2 *Geometry*—Design of mechanical test coupons, especially those using end tabs, remains to a large extent an art rather than a science, with no industry consensus on how to approach the engineering of the gripping interface. Each major composite testing laboratory has developed gripping methods for the specific material systems and environments commonly encountered within that laboratory. Comparison of these methods shows them to differ widely, making it extremely difficult to recommend a universally useful approach or set of approaches. Because of this difficulty, definition of the geometry of the test coupon is broken down into the following three levels, which are discussed further in each appropriate section:

Purpose	Degree of Geometry Definition
8.2.1 General Requirements	Mandatory Shape and Tolerances
8.2.2 Specific Recommendations	Nonmandatory Suggested Dimensions
8.2.3 Detailed Examples	Nonmandatory Typical Practices

8.2.1 General Requirements:

8.2.1.1 *Shape, Dimensions, and Tolerances*—The complete list of requirements for specimen shape, dimensions, and tolerances is shown in **Table 1**.

8.2.1.2 *Use of Tabs*—Tabs are not required. The key factor in the selection of specimen tolerances and gripping methods is the successful introduction of force into the specimen and the prevention of premature failure as a result of a significant discontinuity. Therefore, determine the need to use tabs, and specification of the major tab design parameters, by the end result: acceptable failure mode and location. If acceptable

failure modes occur with reasonable frequency, then there is no reason to change a given gripping method.

8.2.2 Specific Recommendations:

8.2.2.1 *Width, Thickness, and Length*—Select the specimen width and thickness to promote failure in the gage section and assure that the specimen contains a sufficient number of fibers in the cross section to be statistically representative of the bulk material. The specimen length should normally be substantially longer than the minimum requirement to minimize bending stresses caused by minor grip eccentricities. Keep the gage section as far from the grips as reasonably possible and provide a significant amount of material under stress and therefore produce a more statistically significant result. The minimum requirements for specimen design shown in **Table 1** are by themselves insufficient to create a properly dimensioned and toleranced coupon drawing. Therefore, recommendations on other important dimensions are provided for typical material configurations in **Table 2**. These geometries have been found by a number of testing laboratories to produce acceptable failure modes on a wide variety of material systems, but use of them does not guarantee success for every existing or future material system.

8.2.2.2 *Gripping/Use of Tabs*—There are many material configurations, such as multidirectional laminates, fabric-based materials, or randomly reinforced sheet-molding compounds, which can be successfully tested without tabs. However, tabs are strongly recommended when testing unidirectional materials (or strongly unidirectionally dominated laminates) to failure in the fiber direction. Tabs may also be required when testing unidirectional materials in the matrix direction to prevent gripping damage.

8.2.2.3 *Tab Geometry*—Recommendations on important dimensions are provided for typical material configurations in **Table 2**. These dimensions have been found by a number of testing laboratories to produce acceptable failure modes on a wide variety of material systems, but use of them does not guarantee success for every existing or future material system. The selection of a tab configuration that can successfully produce a gage section tensile failure is dependent upon the coupon material, coupon ply orientation, and the type of grips being used. When pressure-operated nonwedge grips are used with care, squared-off 90° tabs have been used successfully. Wedge-operated grips have been used most successfully with tabs having low bevel angles (7 to 10°) and a feathered smooth transition into the coupon. For alignment purposes, it is essential that the tabs be of matched thickness.

8.2.2.4 *Friction Tabs*—Tabs need not always be bonded to the material under test to be effective in introducing the force into the specimen. Friction tabs, essentially nonbonded tabs held in place by the pressure of the grip, and often used with emery cloth or some other light abrasive between the tab and the coupon, have been successfully used in some applications. In specific cases, lightly serrated wedge grips (see **Note 2**) have been successfully used with only emery cloth as the interface between the grip and the coupon. However, the abrasive used must be able to withstand significant compressive forces. Some types of emery cloth have been found ineffective in this application because of disintegration of the abrasive.

TABLE 1 Tensile Specimen Geometry Requirements

Parameter	Requirement
Coupon Requirements:	
shape	constant rectangular cross-section
minimum length	gripping + 2 times width + gage length as needed ^a
specimen width	±1 % of width
specimen width tolerance	as needed
specimen thickness	±4 % of thickness
specimen thickness tolerance	flat with light finger pressure
specimen flatness	
Tab Requirements (if used):	
tab material	as needed
fiber orientation (composite tabs)	as needed
tab thickness	as needed
tab thickness variation between tabs	±1 % tab thickness
tab bevel angle	5 to 90°, inclusive
tab step at bevel to specimen	feathered without damaging specimen

UNIVERSITAS MEDAN AREA
See 8.2.2 or **Table 2** for recommendations.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

TABLE 2 Tensile Specimen Geometry Recommendations^A

Fiber Orientation	Width, mm [in.]	Overall Length, mm [in.]	Thickness, mm [in.]	Tab Length, mm [in.]	Tab Thickness, mm [in.]	Tab Bevel Angle, °
0° unidirectional	15 [0.5]	250 [10.0]	1.0 [0.040]	56 [2.25]	1.5 [0.062]	7 or 90
90° unidirectional	25 [1.0]	175 [7.0]	2.0 [0.080]	25 [1.0]	1.5 [0.062]	90
balanced and symmetric	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—
random-discontinuous	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—

^A Dimensions in this table and the tolerances of Fig. 2 or Fig. 3 are recommendations only and may be varied so long as the requirements of Table 1 are met.

8.2.2.5 Tab Material—The most consistently used bonded tab material has been continuous E-glass fiber-reinforced polymer matrix materials (woven or unwoven) in a [0/90]ns laminate configuration. The tab material is commonly applied at 45° to the force direction to provide a soft interface. Other configurations that have reportedly been successfully used have incorporated steel tabs or tabs made of the same material as is being tested.

8.2.2.6 Bonded Tab Length—When using bonded tabs, estimate the minimum suggested tab length for bonded tabs by the following simple equation. As this equation does not account for the peaking stresses that are known to exist at the ends of bonded joints. The tab length calculated by this equation should normally be increased by some factor to reduce the chances of joint failure:

$$L_{\min} = F^{tu}h/2F^{su} \quad (3)$$

where:

L_{\min} = minimum required bonded tab length, mm [in.];
 F^{tu} = ultimate tensile strength of coupon material, MPa [psi];
 h = coupon thickness, mm [in.]; and
 F^{su} = ultimate shear strength of adhesive, coupon material, or tab material (whichever is lowest), MPa [psi].

8.2.2.7 Bonded Tab Adhesive—Any high-elongation (tough) adhesive system that meets the environmental requirements may be used when bonding tabs to the material under test. A uniform bondline of minimum thickness is desirable to reduce undesirable stresses in the assembly.

8.2.3 Detailed Examples—The minimum requirements for specimen design discussed in 8.2.1 are by themselves insufficient to create a properly dimensioned and tolerated coupon drawing. Dimensionally tolerated specimen drawings for both tabbed and untabbed forms are shown as examples in Fig. 2 (SI) and Fig. 3 (inch-pound). The tolerances on these drawings are fixed, but satisfy the requirements of Table 1 for all of the recommended configurations of Table 2. For a specific configuration, the tolerances on Fig. 2 and Fig. 3 might be able to be relaxed.

8.3 Specimen Preparation:

8.3.1 Panel Fabrication—Control of fiber alignment is critical. Improper fiber alignment will reduce the measured properties. Erratic fiber alignment will also increase the coefficient of variation. The specimen preparation method shall be reported.

8.3.2 Machining Methods—Specimen preparation is extremely important for this specimen. Mold the specimens to avoid edge effects or cut them from plates. If they are cut from plates, take precautions to avoid

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang....

notches, undercuts, rough or uneven surfaces, or delaminations caused by inappropriate machining methods. Obtain final dimensions by water-lubricated precision sawing, milling, or grinding. The use of diamond tooling has been found to be extremely effective for many material systems. Edges should be flat and parallel within the specified tolerances.

8.3.3 Labeling—Label the coupons so that they will be distinct from each other and traceable back to the raw material and in a manner that will both be unaffected by the test and not influence the test.

9. Calibration

9.1 The accuracy of all measuring equipment shall have certified calibrations that are current at the time of use of the equipment.

10. Conditioning

10.1 The recommended pre-test condition is effective moisture equilibrium at a specific relative humidity as established by Test Method D5229/D5229M; however, if the test requestor does not explicitly specify a pre-test conditioning environment, no conditioning is required and the test specimens may be tested as prepared.

10.2 The pre-test specimen conditioning process, to include specified environmental exposure levels and resulting moisture content, shall be reported with the test data.

NOTE 6—The term moisture, as used in Test Method D5229/D5229M, includes not only the vapor of a liquid and its condensate, but the liquid itself in large quantities, as for immersion.

10.3 If no explicit conditioning process is performed, the specimen conditioning process shall be reported as “unconditioned” and the moisture content as “unknown.”

11. Procedure

11.1 Parameters To Be Specified Before Test:

11.1.1 The tension specimen sampling method, coupon type and geometry, and conditioning travel (if required).

11.1.2 The tensile properties and data reporting format desired.

NOTE 7—Determine specific material property, accuracy, and data reporting requirements before test for proper selection of instrumentation and data-recording equipment. Estimate operating stress and strain levels to aid in transducer selection, calibration of equipment, and determination of equipment settings.

11.1.3 The environmental conditioning test parameters.

11.1.4 If performed, the sampling method, coupon geometry, and test parameters used to determine density and reinforcement volume.

11.2 General Instructions:

Document Accepted 9/6/22

DRAWING NOTES:

1. INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ANSI Y14.5M-1982, SUBJECT TO THE FOLLOWING:
2. ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES WITH DECIMAL TOLERANCES AS FOLLOWS:

$$\begin{array}{c|c|c} \pm 3 & \pm .1 & \pm .3 \\ \hline \end{array}$$
3. ALL ANGLES HAVE TOLERANCE OF $\pm .5^\circ$.
4. PLY ORIENTATION DIRECTION TOLERANCE RELATIVE TO [-A-] WITHIN $\pm .5^\circ$.
5. FINISH ON MACHINED EDGES NOT TO EXCEED 1.6 $\sqrt{\text{ }}\text{ }$ (SYMBOLIC IN ACCORDANCE WITH ASA B46.1, WITH ROUGHNESS HEIGHT IN MICROMETRES.)
6. VALUES TO BE PROVIDED FOR THE FOLLOWING, SUBJECT TO ANY RANGES SHOWN ON THE FIELD OF DRAWING: MATERIAL, LAY-UP, PLY ORIENTATION REFERENCE RELATIVE TO [-A-], OVERALL LENGTH, GAGE LENGTH, COUPON THICKNESS, TAB MATERIAL, TAB THICKNESS, TAB LENGTH, TAB BEVEL ANGLE, TAB ADHESIVE.
7. NO ADHESIVE BUILDUP ALLOWED IN THIS AREA.

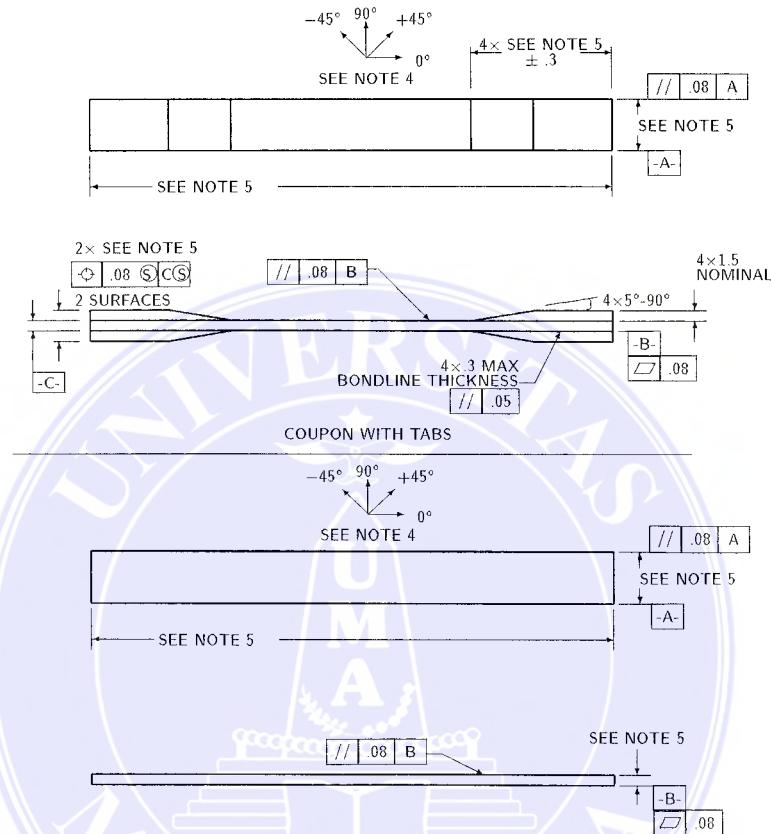


FIG. 2 Tension Test Specimen Drawing (SI)

11.2.1 Report any deviations from this test method, whether intentional or inadvertent.

11.2.2 If specific gravity, density, reinforcement volume, or void volume are to be reported, then obtain these samples from the same panels being tension tested. Specific gravity and density may be evaluated by means of Test Methods D792. Volume percent of the constituents may be evaluated by one of the matrix digestion procedures of Test Method D3171, or, for certain reinforcement materials such as glass and ceramics, by the matrix burn-off technique of Test Method D2584. The void content equations of Test Methods D2734 are applicable to both Test Method D2584 and the matrix digestion procedures.

11.2.3 Following final specimen machining and any conditioning, but before the tension testing, determine the specimen area as $A = w \times h$, at three places in the gage section, and report the area as the average of these three determinations to the accuracy in 7.1. Record the average area in units of mm^2 (in.^2).

UNIVERSITAS MEDAN AREA speed of testing to effect a nearly constant strain rate in the gage section. If strain control

is not available on the testing machine, this may be approximated by repeated monitoring and adjusting of the rate of force application to maintain a nearly constant strain rate, as measured by strain transducer response versus time. The strain rate should be selected so as to produce failure within 1 to 10 min. If the ultimate strain of the material cannot be reasonably estimated, initial trials should be conducted using standard speeds until the ultimate strain of the material and the compliance of the system are known, and the strain rate can be adjusted. The suggested standard speeds are:

11.3.1 *Strain-Controlled Tests*—A standard strain rate of 0.01 min^{-1} .

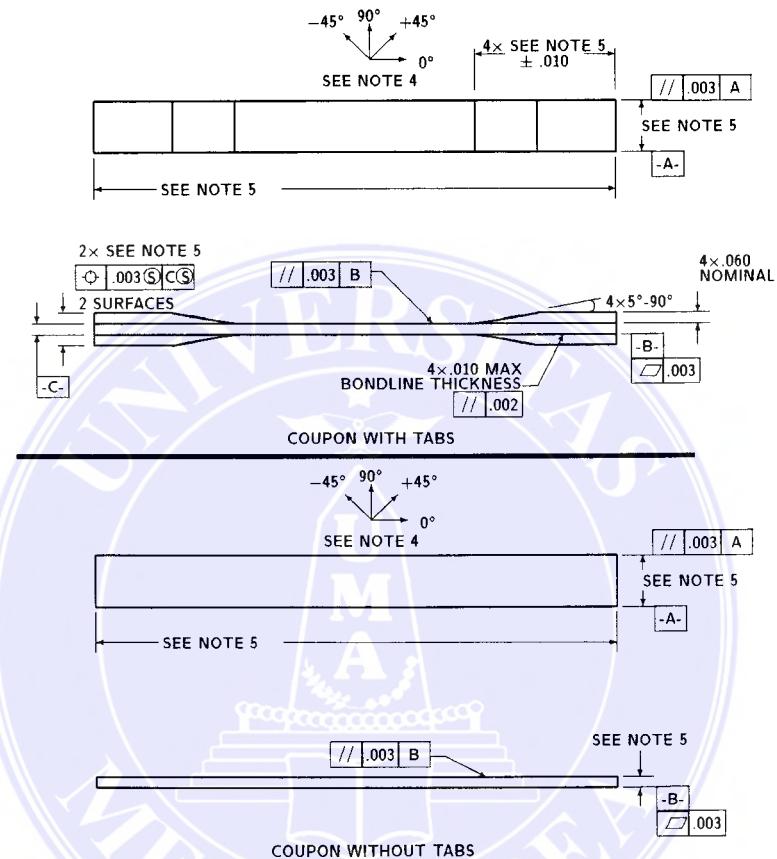
11.3.2 *Constant Head-Speed Tests*—A standard head displacement rate of 2 mm/min [0.05 in./min].

NOTE 8—Use of a fixed head speed in testing machine systems with a high compliance may result in a strain rate that is much lower than required. Use of wedge grips can cause extreme compliance in the system, especially when using compliant tab materials. In some such cases, actual strain rates 10 to 50 times lower than estimated by head speeds have been observed.

Document Accepted 9/6/22

DRAWING NOTES:

1. INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ANSI Y14.5M-1982, SUBJECT TO THE FOLLOWING:
2. ALL DIMENSIONS IN INCHES WITH DECIMAL TOLERANCES AS FOLLOWS:
 $.X \pm .XX \pm .XXX$
 $\pm .1 \pm .03 \pm .01$
3. ALL ANGLES HAVE TOLERANCE OF $\pm .5^\circ$.
4. PLY ORIENTATION DIRECTION TOLERANCE RELATIVE TO [-A-] WITHIN $\pm .5^\circ$.
5. FINISH ON MACHINED EDGES NOT TO EXCEED $64\sqrt{\text{ }} \mu\text{in}$ (SYMBOLIC IN ACCORDANCE WITH ASA B46.1, WITH ROUGHNESS HEIGHT IN MICROINCHES.)
6. VALUES TO BE PROVIDED FOR THE FOLLOWING, SUBJECT TO ANY RANGES SHOWN ON THE FIELD OF DRAWING: MATERIAL, LAY-UP, PLY ORIENTATION REFERENCE RELATIVE TO [-A-], OVERALL LENGTH, GAGE LENGTH, COUPON THICKNESS, TAB MATERIAL, TAB THICKNESS, TAB LENGTH, TAB BEVEL ANGLE, TAB ADHESIVE.
7. NO ADHESIVE BUILDUP ALLOWED IN THIS AREA.

**FIG. 3 Tension Test Specimen Drawing (inch-pound)**

11.4 Test Environment—Condition the specimen to the desired moisture profile and, if possible, test under the same conditioning fluid exposure level. However, cases such as elevated temperature testing of a moist specimen place unrealistic requirements on the capabilities of common testing machine environmental chambers. In such cases, the mechanical test environment may need to be modified, for example, by testing at elevated temperature with no fluid exposure control, but with a specified limit on time to failure from withdrawal from the conditioning chamber. Modifications to the test environment shall be recorded. In the case where there is no fluid exposure control, the percentage moisture loss of the specimen prior to test completion may be estimated by placing a conditioned traveler coupon of known weight within the test chamber at the same time as the specimen is placed in the chamber. Upon completion of the test, the traveler coupon is weighed, and the percentage weight calculated and reported.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

11.4.1 Store the specimen in the conditioned environment until test time, if the testing area environment is different than the conditioning environment.

11.5 Specimen Insertion—Place the specimen in the grips of the testing machine, taking care to align the long axis of the gripped specimen with the test direction. Tighten the grips, recording the pressure used on pressure controllable (hydraulic or pneumatic) grips.

NOTE 9—The ends of the grip jaws on wedge-type grips should be even with each other following insertion to avoid inducing a bending moment that results in premature failure of the specimen at the grip. When using untabbed specimens, a folded strip of medium grade (80 to 150 grit) emery cloth between the specimen faces and the grip jaws (grit-side toward specimen) provides a nonslip grip on the specimen without jaw serration damage to the surface of the specimen. When using tabbed specimens, insert the coupon so that the grip jaws extend approximately 10 to 15 mm [0.5 in.] past the beginning of the tapered portion of the tab. Coupons having tabs that extend beyond the grips are prone to failure at the tab ends because of excessive interlamination. Document accepted 9/6/22

11.6 Transducer Installation—If strain response is to be determined attach the strain-indication transducer(s) to the specimen, symmetrically about the mid-span, mid-width location. Attach the strain-recording instrumentation to the transducers on the specimen.

11.6.1 When determining modulus of elasticity, it is recommended that at least one specimen per like sample be evaluated with back-to-back axial transducers to evaluate the percent bending, using **Eq 4**, at the average axial strain checkpoint value (the mid range of the appropriate chord modulus strain range) shown in **Table 3**. A single transducer can be used if the percent bending is no more than 3 %. When bending is greater than 3 % averaged strains from back-to-back transducers of like kind are recommended.

$$B_y = \frac{|\varepsilon_f - \varepsilon_b|}{|\varepsilon_f + \varepsilon_b|} \quad (4)$$

where:

ε_f = indicated strain from front transducer, $\mu\epsilon$;
 ε_b = indicated strain from back transducer, $\mu\epsilon$; and
 B_y = percent bending in specimen.

11.7 Loading—Apply the force to the specimen at the specified rate until failure, while recording data.

11.8 Data Recording—Record force versus crosshead displacement (and force versus strain, if extensometers are utilized) continuously or at frequent regular intervals. For this test method, a sampling rate of 2 to 3 data recordings per second, and a target minimum of 100 data points per test are recommended. If a transition region or initial ply failures are noted, record the force, strain, and mode of damage at such points. Record the method used to determine the initial failure (visual, acoustic emission, etc.). If the specimen is to be failed, record the maximum force, the failure force, and the strain (or transducer displacement) at, or as near as possible to, the moment of rupture.

NOTE 10—Other valuable data that can be useful in understanding testing anomalies and gripping or specimen slipping problems includes force versus head displacement data and force versus time data.

11.9 Failure Mode—Record the mode and location of failure of the specimen. Choose, if possible, a standard description using the three-part failure mode code that is shown in **Fig. 4**.

12. Validation

12.1 Values for ultimate properties shall not be calculated for any specimen that breaks at some obvious flaw, unless such

flaw constitutes a variable being studied. Retests shall be performed for any specimen on which values are not calculated.

12.2 Grip/Tab Failures—Reexamine the means of force introduction into the material if a significant fraction of failures in a sample population occur within one specimen width of the tab or grip. Factors considered should include the tab alignment, tab material, tab angle, tab adhesive, grip type, grip pressure, and grip alignment.

13. Calculation

13.1 Tensile Stress/Tensile Strength—Calculate the ultimate tensile strength using **Eq 5** and report the results to three significant figures. If the tensile modulus is to be calculated, determine the tensile stress at each required data point using **Eq 6**.

$$F^{tu} = P^{\max}/A \quad (5)$$

$$\sigma_i = P_i/A \quad (6)$$

where:

F^{tu} = ultimate tensile strength, MPa [psi];
 P^{\max} = maximum force before failure, N [lbf];
 σ_i = tensile stress at i th data point, MPa [psi];
 P_i = force at i th data point, N [lbf]; and
 A = average cross-sectional area from **11.2.3**, mm^2 [in.^2].

13.2 Tensile Strain/Ultimate Tensile Strain—If tensile modulus or ultimate tensile strain is to be calculated, and material response is being determined by an extensometer, determine the tensile strain from the indicated displacement at each required data point using **Eq 7** and report the results to three significant figures.

$$\varepsilon_i = \delta_i/L_g \quad (7)$$

where:

ε_i = tensile strain at i th data point, $\mu\epsilon$;
 δ_i = extensometer displacement at i th data point, mm [in.]; and
 L_g = extensometer gage length, mm [in.].

13.3 Tensile Modulus of Elasticity:

NOTE 11—To minimize potential effects of bending it is recommended that the strain data used for modulus of elasticity determination be the average of the indicated strains from each side of the specimen, as discussed in **7.3** and **11.6**.

13.3.1 Tensile Chord Modulus of Elasticity—Select the appropriate chord modulus strain range from **Table 3**. Calculate the tensile chord modulus of elasticity from the stress-strain data using **Eq 8**. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Report the tensile chord modulus of elasticity to three significant figures. Also report the strain range used in the calculation. A graphical example of chord modulus is shown in **Fig. 5**.

13.3.1.1 The tabulated strain ranges should only be used for materials that do not exhibit a transition region (a significant change in the slope of the stress-strain curve) within the given strain range. If a transition region occurs within the recommended strain range, then a more suitable strain range shall be used and reported.

Document Accepted 9/6/22

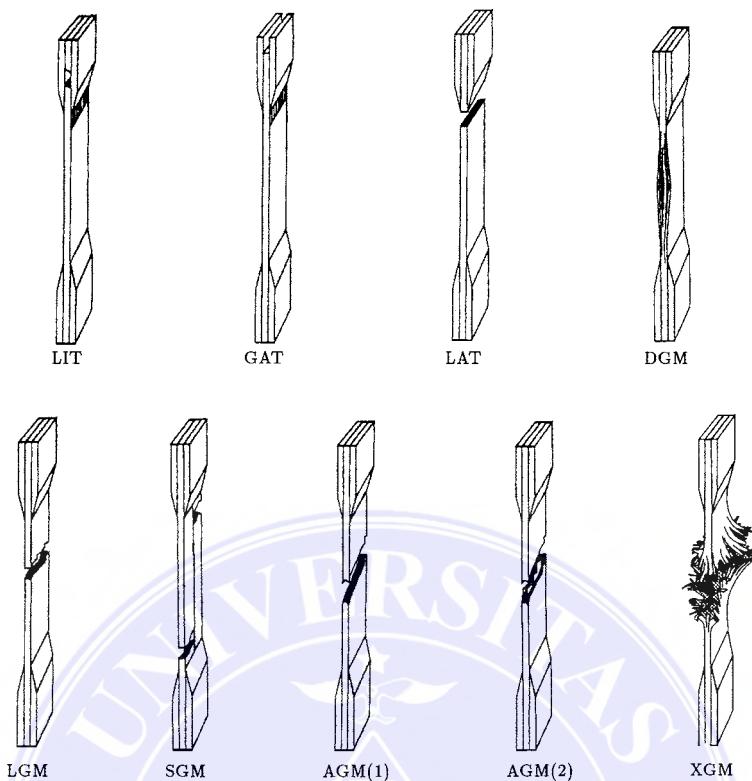
TABLE 3 Specimen Alignment and Chord Modulus Calculation Strain Ranges

Tensile Chord Modulus Calculation Longitudinal Strain Range		Longitudinal Strain Checkpoint for Bending
Start Point	End Point	
$\mu\epsilon^A$ 1000 ^B	$\mu\epsilon$ 3000	$\mu\epsilon$ 2000

^A 1000 $\mu\epsilon$ = 0.001 absolute strain.

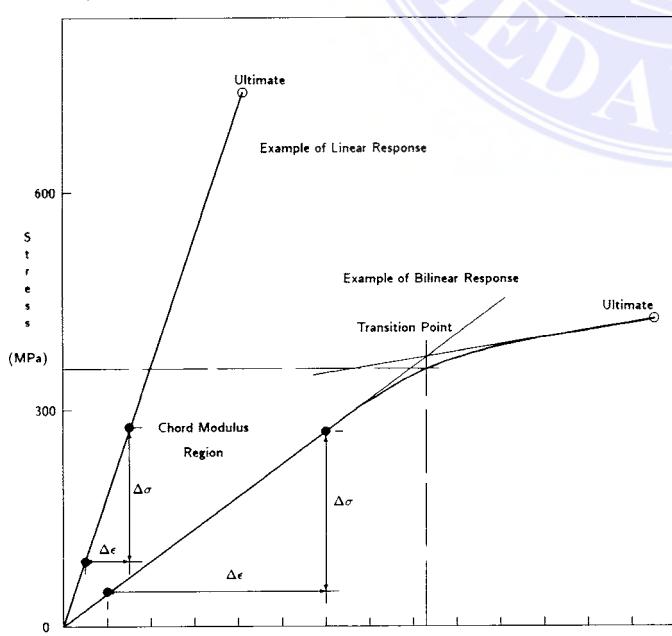
^B This strain range is to be contained in the lower half of the stress/strain curve. For materials that fail below 6000 $\mu\epsilon$ a strain range of 25 to 50 % of ultimate is recommended.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang



First Character		Second Character		Third Character	
Failure Type	Code	Failure Area	Code	Failure Location	Code
Angled edge Delamination	A	Inside grip/tab	I	Bottom	B
Grip/tab	D	At grip/tab	A	Top	T
Lateral	G	<1W from grip/tab	W	Left	L
Multi-mode long. Splitting	L	Gage	G	Right	R
eExplosive	M(xyz)	Multiple areas	M	Middle	M
Other	S	Various	V	Various	V
	X	Unknown	U	Unknown	U
	O				

FIG. 4 Tensile Test Failure Codes/Typical Modes



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FIG. 5 Typical-Tensile Stress-Strain Curves

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

$$E^{\text{chord}} = \Delta\sigma / \Delta\epsilon \quad (8)$$

where:

E^{chord} = tensile chord modulus of elasticity, GPa [psi];
 $\Delta\sigma$ = difference in applied tensile stress between the two strain points of Table 3, MPa [psi]; and
 $\Delta\epsilon$ = difference between the two strain points of Table 3 (nominally 0.002).

13.3.2 Tensile Modulus of Elasticity (Other Definitions)— Other definitions of elastic modulus may be evaluated and reported at the user's discretion. If such data is generated and reported, report also the definition used, the strain range used, and the results to three significant figures. Test Method E11 provides additional guidance in the determination of modulus of elasticity.

NOTE 12—An example of another modulus definition is the secondary chord modulus of elasticity for materials that exhibit essentially bilinear stress-strain behavior. An example of secondary chord modulus is shown in Fig. 5.

13.4 Poisson's Ratio:

NOTE 13—If bonded resistance strain gages are being used, the error produced by the transverse sensitivity effect will

generally be much larger for composites than for metals. An accurate measurement of Poisson's ratio requires correction for this effect. The strain gage manufacturer should be contacted for information on the use of correction factors for transverse sensitivity.

13.4.1 Poisson's Ratio By Chord Method—Select the appropriate chord modulus longitudinal strain range from **Table 3**. Determine (by plotting or otherwise) the transverse strain (measured perpendicular to the applied force), ϵ_t , at each of the two longitudinal strains (measured parallel to the applied force), ϵ_l , strain range end points. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Calculate Poisson's ratio by **Eq 9** and report to three significant figures. Also report the strain range used.

$$v = -\Delta \epsilon_t / \Delta \epsilon_l \quad (9)$$

where:

v = Poisson's ratio;

$\Delta \epsilon_t$ = difference in lateral strain between the two longitudinal strain points of **Table 3**, $\mu\varepsilon$; and

$\Delta \epsilon_l$ = difference between the two longitudinal strain points of **Table 3** (nominally either 0.001, 0.002, or 0.005).

13.4.2 Tensile Poisson's Ratio (Other Definitions)—Other definitions of Poisson's ratio may be evaluated and reported at the user's direction. If such data is generated and reported, report also the definition used, the strain range used, and the results to three significant figures. Test Method **E132** provides additional guidance in the determination of Poisson's ratio.

13.5 Transition Strain—Where applicable, determine the transition strain from either the bilinear longitudinal stress versus longitudinal strain curve or the bilinear transverse strain versus longitudinal strain curve. Create a best linear fit or chord line for each of the two linear regions and extend the lines until they intersect. Determine to three significant digits the longitudinal strain that corresponds to the intersection point and record this value as the transition strain. Report also the method of linear fit (if used) and the strain ranges over which the linear fit or chord lines were determined. A graphical example of transition strain is shown in **Fig. 5**.

13.6 Statistics—For each series of tests calculate the average value, standard deviation and coefficient of variation (in percent) for each property determined:

$$\bar{x} = \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) / n \quad (10)$$

$$s_{n-1} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2 \right) / (n - 1)} \quad (11)$$

$$CV = 100 \times s_{n-1} / \bar{x} \quad (12)$$

where:

\bar{x} = sample mean (average);

s_{n-1} = sample standard deviation;

CV = sample coefficient of variation, in percent;

n = number of specimens; and

x_i = measured or derived property.

14. Report

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Information, or references pointing to other documentation containing this information, to the
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

maximum extent applicable (reporting of items beyond the control of a given testing laboratory, such as might occur with material details or panel fabrication parameters, shall be the responsibility of the requestor):

14.1.1 The revision level or date of issue of this test method.

14.1.2 The date(s) and location(s) of the test.

14.1.3 The name(s) of the test operator(s).

14.1.4 Any variations to this test method, anomalies noticed during testing, or equipment problems occurring during testing.

14.1.5 Identification of the material tested including: material specification, material type, material designation, manufacturer, manufacturer's lot or batch number, source (if not from manufacturer), date of certification, expiration of certification, filament diameter, tow or yarn filament count and twist, sizing, form or weave, fiber areal weight, matrix type, prepreg matrix content, and prepreg volatiles content.

14.1.6 Description of the fabrication steps used to prepare the laminate including: fabrication start date, fabrication end date, process specification, cure cycle, consolidation method, and a description of the equipment used.

14.1.7 Ply orientation stacking sequence of the laminate.

14.1.8 If requested, report density, volume percent reinforcement, and void content test methods, specimen sampling method and geometries, test parameters, and test results.

14.1.9 Average ply thickness of the material.

14.1.10 Results of any nondestructive evaluation tests.

14.1.11 Method of preparing the test specimen, including specimen labeling scheme and method, specimen geometry, sampling method, coupon cutting method, identification of tab geometry, tab material, and tab adhesive used.

14.1.12 Calibration dates and methods for all measurement and test equipment.

14.1.13 Type of test machine, grips, jaws, grip pressure, alignment results, and data acquisition sampling rate and equipment type.

14.1.14 Results of system alignment evaluations, if any such were done.

14.1.15 Dimensions of each test specimen.

14.1.16 Conditioning parameters and results, use of travelers and traveler geometry, and the procedure used if other than that specified in the test method.

14.1.17 Relative humidity and temperature of the testing laboratory.

14.1.18 Environment of the test machine environmental chamber (if used) and soak time at environment.

14.1.19 Number of specimens tested.

14.1.20 Speed of testing.

14.1.21 Transducer placement on the specimen and transducer type for each transducer used.

14.1.22 If strain gages were used, the type, resistance, size, gage factor, temperature compensation method, transverse sensitivity, lead-wire resistance, and any correction factors used.

14.1.23 Stress-strain curves and tabulated data of stress versus strain for each specimen.

14.1.24 Percent bending results for each specimen so evaluated.

Document Accepted 9/6/22



TABLE 4 Precision Statistics

Material	\bar{x}	$s_{\bar{x}}$	S_r	S_R	$S_r/\bar{x}, \%$	$S_R/\bar{x}, \%$
Strength, ksi						
A	342.69	8.49	10.68	12.78	3.12	3.73
B	8.52	0.52	0.85	0.92	9.94	10.84
C	156.37	3.84	10.85	10.85	6.94	6.94
F	66.18	3.20	1.52	3.48	2.30	5.26
G	121.52	1.59	3.92	3.92	3.23	3.23
Modulus, MsI						
A	23.57	0.65	0.63	0.86	2.69	3.66
B	1.30	0.05	0.04	0.06	3.12	4.57
C	12.38	0.29	0.37	0.44	2.98	3.54
F	3.95	0.08	0.04	0.09	1.01	2.28
G	9.47	0.16	0.12	0.20	1.29	2.06
Failure Strain, %						
A	1.36	0.06	0.07	0.08	4.95	6.15
B	0.66	0.04	0.08	0.09	12.47	13.02
C	1.22	0.03	0.06	0.06	5.25	5.27
F	2.04	0.15	0.07	0.16	3.19	8.03
G	1.27	0.03	0.05	0.05	3.83	4.13

14.1.25 Individual strengths and average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population. Note if the failure force was less than the maximum force before failure.

14.1.26 Individual strains at failure and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.27 Strain range used for chord modulus and Poisson's ratio determination.

14.1.28 If another definition of modulus of elasticity is used in addition to chord modulus, describe the method used, the resulting correlation coefficient (if applicable), and the strain range used for the evaluation.

14.1.29 Individual values of modulus of elasticity, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.30 If another definition of Poisson's ratio is used in addition to the chordwise definition, describe the method used, the resulting correlation coefficient (if applicable), and the strain range used for the evaluation.

14.1.31 Individual values of Poisson's ratio, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.32 If transition strain is determined, the method of linear fit (if used) and the strain ranges over which the linear fit or chord lines were determined.

14.1.33 Individual values of transition strain (if applicable), and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.34 Failure mode and location of failure for each specimen.

15. Precision and Bias⁵

15.1 Precision:

15.1.1 The precision and bias of tension test strength and modulus measurements depend on strict adherence to the Test

Method D3039/D3039M are influenced by mechanical and material factors, specimen preparation, and measurement errors.

15.1.2 Mechanical factors that can affect the test results include: the physical characteristics of the testing machine (stiffness, damping, and mass), accuracy of force application and displacement/strain measurement, speed of force application, alignment of test specimen with applied force, parallelism of the grips, grip pressure, and type of force control (displacement, strain, or force).

15.1.3 Material factors that can affect test results include: material quality and representativeness, sampling scheme, and specimen preparation (dimensional accuracy, tab material, tab taper, tab adhesive, and so forth).

15.1.4 The mean tensile strength for a strain rate sensitive, glass/epoxy tape composite testing in the fiber direction was found to increase by approximately two standard deviations with decreasing time to failure tested at the limits of the recommended time to failure prescribed in Test Method D3039/D3039M. This result suggest that caution must be used when comparing test data obtained for strain rate sensitive composite materials tested in accordance with this standard.

15.1.5 Measurement errors arise from the use of specialized measuring instruments such as load cells, extensometers and strain gages, micrometers, data acquisition devices, and so forth.

15.1.6 Data obtained from specimens that fracture outside the gage are should be used with caution as this data may not be representative of the material. Failure in the grip region indicates the stress concentration at the tab is greater than the natural strength variation of the material in the gage section. A tapered tab, bonded with a ductile low-modulus adhesive has a relatively low-stress concentration and should result in the lowest frequency of grip failures. Low-strength bias increases with the frequency of grip failures by an amount proportional to the stress concentration at the tab.

15.1.7 An interlaboratory test program was conducted where an average of five specimens each, of six different materials and lay-up configurations, were tested by nine different laboratories.⁶ Table 4 presents the precision statistics generated from this study as defined in Practice E691 for tensile strength, modulus, and failure strain. All data except that for Material B (90° lay-up) was normalized with respect to an average thickness. The materials listed in Table 4 are defined as:

- A IM-6/3501-6 uni-tape (0)
- B IM-6/3501-6 uni-tape (90)
- C IM-6/3501-6 uni-tape (90/0)
- F Glass/epoxy fabric (7781 glass/Ciba R 7376 Epoxy)-warp aligned
- G Carbon/epoxy fabric (66108 carbon/Ciba R 6376)

15.1.8 The averages of the coefficients of variation are in Table 5. The values of S_r/X and S_R/X represent the repeatability and the reproducibility coefficients of variation, respectively.

⁶ International Harmonization of Composite Materials—Phase 1: Harmonization of ASTM D3039/D3039M and ISO 527-5, Final Report, ASTM Institute for Standards Research, April 1997.

Document Accepted 9/6/22

**TABLE 5 Averages of the Coefficients of Variation**

Parameter	Average of S/X , %	Average of S_R/X , %
Strength	5.11	6.00
Modulus	2.22	3.22
Failure strain	5.94	7.32

These averages permit a relative comparison of the repeatability (within laboratory precision) and reproducibility (between laboratory precision) of the tension test parameters. Overall, this indicates that the failure strain measurements exhibit the least repeatability and reproducibility of all the parameters

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT/).

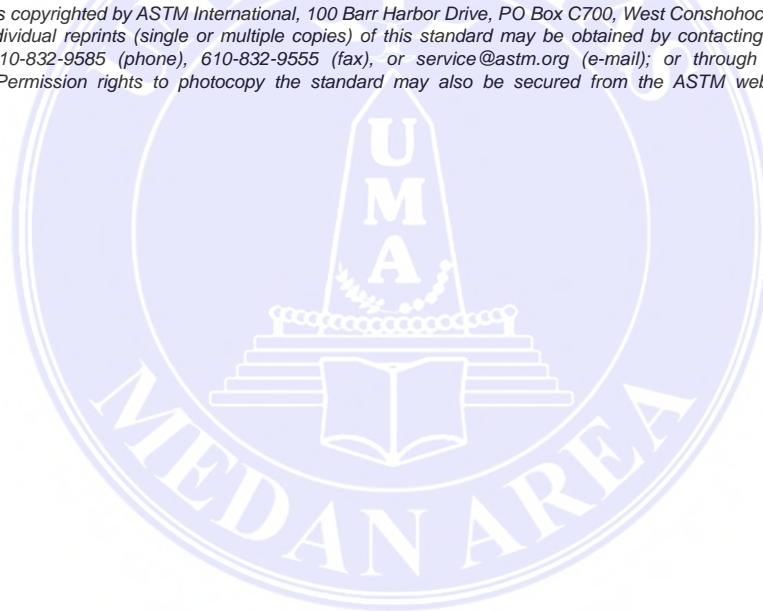
measured while modulus was found to provide the highest repeatability and reproducibility of the parameters measured.

15.1.9 The consistency of agreement for repeated tests of the same material is dependent on lay-up configuration, material and specimen preparation techniques, test conditions, and measurements of the tension test parameters.

15.2 *Bias*—Bias cannot be determined for this test method as no acceptable reference standard exists.

16. Keywords

16.1 composite materials; modulus of elasticity; Poisson's ratio; tensile properties; tensile strength



Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber.

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah.

Licensee=City of Dallas -DART/9962507100, User=yabesh.ir, yabesh.ir

No reproduction without permission.

3. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin.

Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)9/6/22