



**KEKUATAN TARIK KOMPOSIT LAMINA BERBASIS
ANYAMAN SERAT KARUNG PLASTIK BEKAS
(WOVEN BAG)**

SKRIPSI

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Oleh
Kiswadi
NIM.5201412085

**PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2017**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : KISWADI

NIM : 5201412085

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1

Judul : KEKUATAN TARIK KOMPOSIT LAMINA BERBASIS
ANYAMAN SERAT KARUNG PLASTIK BEKAS (*WOVEN
BAG*)

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Semarang, 20 April 2017

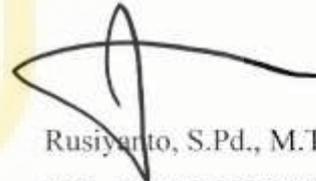
Pembimbing 1



Dr. Heri Yudianto, S.Pd., M.T.

NIP. 196707261993031003

Pembimbing 2



Rusiyanto, S.Pd., M.T.

NIP. 197403211999031002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

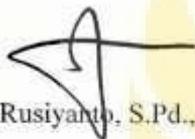
Skripsi dengan judul Kekuatan Tarik Komposit Lamina Berbasis Anyaman Serat Karung Plastik Bekas (*woven bag*) telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 27 April 2017.

Oleh

Nama : Kiswadi
Nim : 5201412085
Prodi : Pendidikan Teknik Mesin S1

Panitia:

Ketua Panitia



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



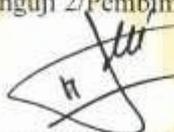
Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., ST., MT
NIP. 196901061994031003

Penguji 1



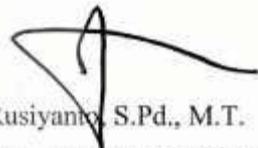
Dr. Rahmat Doni W., S.T., M.T.
NIP. 197509272006041002

Penguji 2/Pembimbing 1



Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T.
NIP. 196707261993031003

Penguji 3/Pembimbing 2



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T.

NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN PENELITIAN PAYUNG

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Kiswadi
NIM : 5201412085
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**Kekuatan Tarik Komposit Lamina Berbasis Anyaman Serat Karung Plastik Bekas (*Woven Bag*)**" merupakan hasil penelitian pusat kajian dengan judul "**Pemanfaatan Karung Plastik Bekas Untuk Panel Komposit Lamina Sebagai Material Alternatif Kuat Dan Tangguh**" dengan ketua peneliti Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T. dengan nomor kontrak : Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Semarang. Nomor DIPA : DIPA-042.01.2.400899/2016, tanggal 07 Desember 2015 sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian Nomor : 1.25.4/UN37/PPK.3.1/2016, tanggal 25 April 2016.

Mengetahui

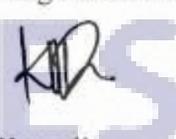
Ketua Peneliti



Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T.

NIP. 196707261993031003

Yang Membuat Pernyataan,



Kiswadi

NIM. 5201412085

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin UNNES



Rusiyanto, S.Pd., M.T.

NIP. 197403211999031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain, kecuali arahan pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semarang, 20 April 2017

Yang membuat pernyataan



Kiswadi

NIM. 5201412085

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Syukuri semua hal yang ada pada diri kita.
2. Jangan menyerah tetap semangat menggapai impian, Badai pasti berlalu.
3. Kegagalan adalah kesuksesan yang tertunda, maka raihlah kesuksesan tanpa takut akan kegagalan

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk :

1. Ibu Sutiye dan Bapak Sukiman, orang tua saya yang selalu memberi motivasi dan dukungan, serta do'a untuk kesuksesan saya tanpa mengenal lelah.
2. Fatikhatun Ni'mah calon istriku yang sangat aku sayangi
3. Semua teman-teman PTM'12

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Kiswadi. 2017. Kekuatan Tarik Komposit Lamina Berbasis Anyaman Serat Karung Plastik Bekas (*Woven Bag*). Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T., Rusiyanto, S.Pd., M.T. PTM.

Kata Kunci : Serat Karung, Poliester, Kekuatan Tarik.

Penggunaan material logam pada berbagai komponen produk otomotif semakin berkurang, ini karena komponen yang terbuat dari material logam lebih berat dibanding dengan material yang lainnya, proses pembentukannya yang relatif sulit, serta dapat mengalami korosi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh orientasi anyaman serat karung plastik bekas terhadap kekuatan tarik komposit

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen. Pencetakan komposit dilakukan secara manual atau *hand lay up*. Penelitian ini menggunakan desain penelitian *pre-experimental design* dengan tipe *static-group comparisons*, terdapat dua kelompok pada penelitian yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen pada penelitian ini adalah kelompok yang mengalami penambahan orientasi serat. Sedangkan kelompok kontrol yakni spesimen yang tidak mengalami penambahan serat. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis statistik deskriptif.

Hasil penelitian pengujian tarik menunjukkan terjadi peningkatan kekuatan komposit dengan penambahan serat karung plastik bekas sebagai penguat. Berdasarkan pengujian tarik diperoleh nilai tegangan tarik tertinggi terdapat pada spesimen dengan orientasi serat $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ sebesar 30 N/mm^2 dengan penampang patah *fiber pull out* yang disebabkan pecahnya matriks pada saat pembebanan tarik, Nilai tegangan luluh tertinggi terdapat pada spesimen dengan orientasi serat $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ sebesar 20 N/mm^2 , nilai regangan terbaik terdapat pada spesimen dengan orientasi serat $0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$ sebesar 36,61%, regangan yang terjadi pada suatu benda berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik terhadap modulus elastisitasnya. Nilai modulus elastisitas paling baik terdapat pada orientasi serat $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ sebesar $1,317 \text{ N/mm}^2$, semakin tinggi tegangan tarik maka semakin tinggi modulus elastisitasnya. Semakin besar regangan yang terjadi, maka semakin kecil nilai modulus elastisitas. Semakin besar nilai modulus suatu benda, maka semakin sulit benda tersebut dapat memanjang, dan sebaliknya. Hasil tersebut menunjukkan orientasi serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekanik komposit. Orientasi serat $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ terdapat banyak serat yang sejajar dengan sumbu tarik sehingga beban yang diberikan saat pengujian tarik mampu ditahan oleh serat yang sejajar.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Kekuatan Tarik Komposit Lamina Berbasis Anyaman Serat Karung Plastik Bekas (*woven bag*)”**. Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari beberapa pihak, untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

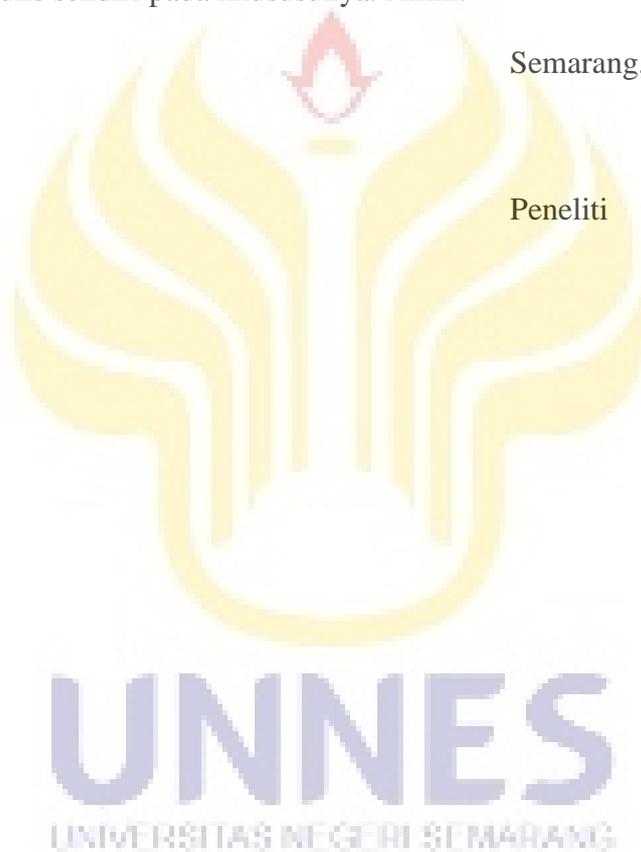
1. Dekan Fakultas Teknik yang telah memberikan kesempatan untuk mengadakan penelitian ini
2. Bapak Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing I (satu) yang selalu membimbing, mengarahkan dan memberi motivasi kepada penulis.
3. Bapak Rusiyanto, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing II (dua) dan ketua jurusan Teknik Mesin Unnes yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Seluruh dosen-dosen di jurusan Teknik Mesin, yang telah memberikan ilmu yang berguna bagi peneliti.
5. Bapak dan Ibu yang selalu memberi motivasi, do'a dan dukungannya yang tiada akhir.
6. Kakak-kakakku yang telah memberikan pengertiannya selama penulisan skripsi.
7. Sahabatku Dede Sudrajat dan Arifin yang selalu memberikan dukungan.
8. Teman-temanku Prodi PTM angkatan 2012 yang sangat luar biasa.

9. Serta semua pihak telah membantu kelancaran pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini.

Semoga bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis mendapatkan limpahan berkah dari Tuhan Yang Maha Esa. Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat berguna bagi semua pihak yang membaca pada umumnya dan bagi penulis sendiri pada khususnya. Amin.

Semarang, 20 April 2017

Peneliti



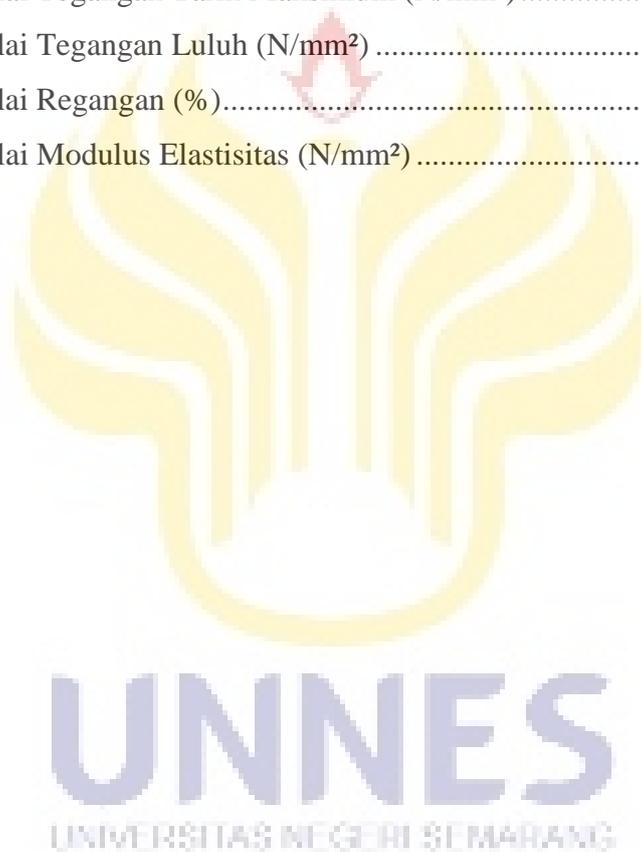
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN PENELITIAN PAYUNG	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Pembatasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
A. Kajian Pustaka	8
B. Landasan Teori	9
1. Komposit	9
2. Klasifikasi Bahan Komposit	11
a. Komposit Serat (<i>Fiber Composite</i>)	12
b. Komposit Partikel (<i>Particulate Composite</i>)	14
3. Komposit Lamina (<i>Laminated Composite</i>)	14
4. Poliester	17
5. Karung Plastik Bekas (<i>Woven Bag</i>)	19

6. Anyaman	20
a. Anyaman Polos (<i>Plain</i>).....	21
b. Anyaman <i>Twill</i>	23
c. Anyaman Satin.....	24
d. Anyaman <i>Cross-Ply</i>	24
e. Anyaman Searah	25
7. Pengujian Tarik	25
BAB III METODE PENELITIAN	35
A. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	35
B. Desain Penelitian	35
1. Persiapan Serat Karung Plastik Bekas.....	37
2. Proses Persiapan Cetakan	37
3. Proses Pencetakan Komposit.....	38
4. Pengujian Komposit	40
C. Alat Dan Bahan Penelitian	41
D. Parameter Penelitian.....	43
E. Teknik Pengumpulan Data.....	43
F. Kalibrasi Instrumen.....	45
G. Teknik Analisis Data	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
A. Deskripsi Data	47
B. Analisis Data.....	48
C. Pembahasan.....	61
BAB V PENUTUP.....	66
A. Simpulan.....	66
B. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Resin Poliester (Jenis <i>Yukalac 157 BQTN-EX</i>).....	18
Tabel 3.1 Kebutuhan Spesimen Uji Tarik.....	43
Tabel 3.2 Pengujian Tarik Komposit	44
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tarik	48
Tabel 4.2 Nilai Tegangan Tarik Maksimum (N/mm ²).....	48
Tabel 4.3 Nilai Tegangan Luluh (N/mm ²)	50
Tabel 4.4 Nilai Regangan (%).....	52
Tabel 4.5 Nilai Modulus Elastisitas (N/mm ²)	53



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Klasifikasi Bahan Komposit.....	13
Gambar 2.2 Dua Jenis Utama Lamina	15
Gambar 2.3 Komposit Lamina.....	16
Gambar 2.4 Benang Lusi dan Benang Pakan Dari Kain Tenun.....	21
Gambar 2.5 Anyaman Polos (<i>Plain</i>).....	22
Gambar 2.6 Anyaman <i>Twill</i>	23
Gambar 2.7 Anyaman Satin	24
Gambar 2.8 Anyaman <i>Cross-Ply</i>	24
Gambar 2.9 Anyaman Searah	25
Gambar 2.10 Kurva Tegangan-Regangan.....	26
Gambar 2.11 Komposit Patah Tunggal.....	31
Gambar 2.12 Komposit Patah Banyak	32
Gambar 2.13 <i>Debonding</i>	32
Gambar 2.14 <i>Fiber Pull Out</i>	33
Gambar 2.15 <i>Fiber Breakage</i>	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 3.2 Spesimen Uji Tarik.....	40
Gambar 3.3 Mesin Uji Tarik	42
Gambar 4.1 Grafik Nilai Rata-Rata Tegangan Tarik Maksimal	49
Gambar 4.2 Grafik Nilai Rata-Rata Tegangan Luluh	51
Gambar 4.3 Grafik Nilai Rata-Rata Regangan.....	52
Gambar 4.4 Grafik Nilai Rata-Rata Modulus Elastisitas	54
Gambar 4.5 Penampang Patah Komposit Pada Orientasi Serat $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$	55
Gambar 4.6 Penampang Patah Komposit Pada Orientasi Serat $0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$	56
Gambar 4.7 Penampang Patah Komposit Pada Orientasi Serat $0^{\circ}/+45^{\circ}/0^{\circ}/+45^{\circ}$	56
Gambar 4.8 Penampang Patah Komposit Pada Orientasi Serat $0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$	57
Gambar 4.9 Penampang Patah Komposit Pada Orientasi Serat $0^{\circ}/+90^{\circ}/0^{\circ}/+90^{\circ}$	57
Gambar 4.10 Struktur <i>Interface</i> Komposit Lamina	59
Gambar 4.11 Ketebalan Lamina	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Usulan Topik Skripsi.....	71
Lampiran 2. Usulan Pembimbing Skripsi	72
Lampiran 3. Surat Tugas Pembimbing Skripsi	73
Lampiran 4. Surat Tugas Seminar Skripsi	74
Lampiran 5. Ijin Penelitian.....	75
Lampiran 6. Permohonan Peminjaman Alat	76
Lampiran 7. Surat Keterangan Pengujian	77
Lampiran 8. Hasil Pengujian Tarik.....	76



DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Arti
σ	Tegangan Tarik (N/mm ²)
P	Gaya (N)
A	Luas Penampang (mm ²)
ε	Regangan (%)
l	Panjang Akhir (mm)
l ₀	Panjang Awal (mm)
W	Lebar Awal (mm)
T	Tebal Awal (mm)
E	Modulus Elastisitas (N/mm ²)
q	Reduksi Penampang (%)
A ₀	Luas Penampang Awal (mm ²)
A ₁	Luas Penampang Akhir (mm ²)
ΔL	Pertambahan Panjang (mm)
σ_u	<i>Ultimate Strength</i> (N/mm ²)
σ_y	<i>Yield Strength</i> (N/mm ²)

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG MASALAH

Permasalahan sampah di Indonesia saat ini menjadi permasalahan yang cukup pelik terutama untuk sampah plastik. Penggunaan bahan plastik semakin lama semakin meluas karena sifatnya yang kuat dan dan tidak mudah rusak oleh pelapukan (Firman L. Sahwan, *et al.*, 2005: 311). Sampah plastik sangat potensial mencemari lingkungan karena plastik merupakan bahan yang sulit terdegradasi atau sulit terurai. Saat ini Indonesia menempati urutan nomor 2 setelah negara China yang menghasilkan sampah plastik paling banyak di dunia. Beberapa upaya telah dilakukan pemerintah untuk mengendalikannya, diantaranya adalah kebijakan kantong plastik berbayar dan pembatasan penggunaan kantong plastik belanja, baik di *retailer* modern maupun pasar tradisional, serta optimalisasi daur ulang sampah plastik yang sudah ada untuk dijadikan bahan kerajinan tangan yang memiliki nilai ekonomis.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2015), menyebutkan jumlah peningkatan timbunan sampah plastik di Indonesia telah mencapai 175.000 ton/hari atau setara 64 juta ton/tahun. Tantangan terbesar pengelolaan sampah adalah penanganan sampah plastik yang tidak ramah lingkungan. Sampah plastik membutuhkan waktu hingga 500 tahun untuk menjadi hancur dan terurai, sehingga sampah plastik harus ada penanganan khusus. Sesuai amanat Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang penanganan sampah yang meliputi pemilahan dalam bentuk pengelompokan dan pemisahan sampah sesuai jenis, jumlah dan sifat sampah,

pengumpulan dalam bentuk pengambilan dan pemindahan sampah dari sumber sampah ke tempat penampungan sementara atau tempat pengolahan sampah terpadu, serta pengangkutan sampah dari tempat penampungan sampah sementara atau tempat pengolahan sampah terpadu menuju pemrosesan akhir. Paradigma pengelolaan sampah tersebut harus dirubah dari kumpul-angkut-buang menjadi pengurangan di sumber dan didaur ulang atau *reduce, reuse* dan *recycle*.

Plastik karung beras adalah salah satu sampah plastik yang cukup ideal untuk dijadikan bahan alternatif. Mengingat kebutuhan beras tahunan Indonesia yang cukup tinggi mengakibatkan kebutuhan karung beras yang tidak sedikit pula. Setiap pembelian beras sebanyak 50 kg membutuhkan sedikitnya 1 karung plastik. Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian (2015), menyebutkan kebutuhan beras nasional Indonesia pada tahun 2014 mencapai 39,824 juta ton, dengan angka sebesar itu memungkinkan kebutuhan karung plastik yang tidak sedikit untuk memenuhi kebutuhan beras setiap harinya. Hal tersebut mengakibatkan masalah baru yakni bertambahnya volume sampah plastik yang ditimbulkan akibat pemakaian karung plastik untuk mengemas beras.

Sehubungan dengan masalah tersebut maka untuk mengurangi limbah plastik bekas khususnya jenis karung plastik (*woven bag*) perlu adanya penanganan khusus, salah satunya adalah dengan dijadikan *filler* atau bahan penguat material komposit. Komposit merupakan material yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda dan digabung atau dicampur secara makroskopis.

Material komposit mulai dilirik diberbagai industri otomotif karena beberapa keunggulannya. Penggunaan material logam pada berbagai komponen

produk otomotif semakin berkurang, ini dikarenakan komponen yang terbuat dari material logam lebih berat dibanding dengan material lainnya, proses pembentukannya yang relatif sulit, dapat mengalami korosi, dan biaya pada saat produksi yang relatif mahal (Ojahan R. Tumpal, 2015: 64a). Industri komposit plastik untuk bagian otomotif memiliki potensi untuk dikembangkan di masa depan. Adanya material komposit yang ringan, kuat, dan ramah lingkungan serta mudah untuk diaplikasikan menjadikan daya tarik tersendiri bagi dunia industri otomotif sehingga prospek pasar sangat terbuka lebar.

Kebanyakan pembeli mobil baru menginginkan sesuatu yang besar, kuat dengan sebanyak mungkin fitur, termasuk AC, kursi berpemanas, bantuan parkir atau sistem navigasi. Semua kekuatan, kenyamanan dan keamanan ekstra itu berarti bahwa mobil memiliki bobot yang besar. Produsen mobil perlu mengambil langkah terkait bobot produk mereka. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup (2009: 13), menyatakan bahwa semua produsen mobil diwajibkan untuk menghasilkan emisi gas CO_2 dibawah 5,0 gr/km terhitung sejak tahun 2009. Hal itu dapat dicapai dengan cara mengurangi bobot kendaraan. Semakin ringan sebuah mobil, semakin sedikit CO_2 yang dipancarkan ke atmosfer. Peraturan penggunaan CO_2 akan memicu ledakan konstruksi berbobot ringan. Pada masa mendatang, mobil akan menggunakan lebih banyak bahan aluminium, magnesium, komposit dan baja yang berkekuatan lebih tinggi.

Kemampuan material komposit yang mudah dibentuk sesuai kebutuhan, baik dari segi kekuatan maupun segi sifat-sifat yang lain, mendorong material komposit digunakan sebagai bahan alternatif atau bahan pengganti material logam.

Karena sifat-sifatnya yang unggul, material komposit semakin banyak digunakan. Terdapat banyak jenis komposit, salah satunya adalah komposit lamina. Komposit lamina adalah komposit yang terdiri dari beberapa macam lamina atau lapisan yang diorientasikan dalam arah yang diinginkan dan digabungkan bersama sebagai sebuah unit struktur. Penelitian sebelumnya mengenai komposit lamina pernah dilakukan oleh Soemardi T.P. *et al.* (2009: 101), menyimpulkan bahwa dari sisi kekuatan tarik dan modulus elastisitas, komposit lamina serat rami epoksi sangat berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan alternatif.

Basuki Widodo (2008: 3), dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa kekuatan tarik komposit lamina semakin menurun dan berfluktuasi seiring dengan bertambahnya fraksi berat serat. Pada komposisi berat serat 20% dan 30%, dari ketiga spesimen yang telah di uji didapatkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 2,577 kg/mm² dan 2,251 kg/mm², lebih menurun dibandingkan dengan komposisi 100% dengan kekuatan tarik sebesar 3,687 kg/mm². Pada komposisi berat serat 40%, 50% dan 60% spesimen yang telah di uji kekuatan tarik rata-rata yang didapat cenderung meningkat dibanding 100% epoxy yaitu 5,128 kg/mm², 3,921 kg/mm² dan 3,762 kg/mm².

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan variasi lamina berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit dan berpotensi untuk dikembangkan dimasa depan. Melalui permasalahan tersebut, analisis mengenai jumlah lamina terhadap kekuatan tarik serat karung plastik bekas perlu dilakukan untuk mendapatkan informasi analitik dan kuantitatif. Analisis terhadap kekuatan tarik komposit dengan mengembangkan jumlah lamina dan variasi orientasi anyaman

serat karung plastik bekas perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan maksimal komposit dalam menahan beban yang diberikan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lamina dan variasi orientasi anyaman agar diketahui kekuatan tarik komposit anyaman serat karung plastik bekas, serta mengetahui gaya maksimum, tegangan tarik maksimum, regangan tarik maksimum dan modulus elastisitas sehingga tercipta material komposit yang sesuai dengan yang diperlukan.

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan pada latar belakang tersebut maka dalam penelitian ini dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Sampah plastik karung beras bekas berpotensi dijadikan bahan alternatif karena ketersediaan yang cukup melimpah.
2. Perkembangan teknologi bahan memunculkan inovasi baru material komposit.
3. Bahan yang terbuat dari logam semakin kurang diminati untuk digunakan pada berbagai komponen otomotif dan bahan komposit mulai diminati perusahaan otomotif.
4. Bahan komposit lebih ringan jika dibanding dengan bahan yang terbuat dari logam.

C. PEMBatasan MASALAH

Agar penelitian lebih fokus dan tidak meluas dari pembahasan yang dimaksud, dalam penelitian ini penulis membatasinya pada ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Bahan penguat yang digunakan adalah karung plastik beras bekas dan bahan pengikat (matriks) yang digunakan adalah resin poliester.
2. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik.
3. Jenis spesimen adalah komposit laminat.
4. Jumlah lapisan yang digunakan sebanyak 26 lapis.
5. Jenis orientasi anyaman yang digunakan yaitu anyaman jenis *plain* atau anyaman dasar pada plastik karung beras.

D. RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh orientasi anyaman serat karung plastik bekas terhadap kekuatan tarik komposit?

E. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh orientasi anyaman serat karung plastik bekas terhadap kekuatan tarik komposit.

F. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari penelitian tentang pemanfaatan plastik karung beras bekas menjadi bahan alternatif pembuatan komposit, yaitu:

- a. Untuk pengembangan keilmuan dalam bidang rekayasa bahan teknik tentang material komposit
- b. Untuk meningkatkan wawasan dan pengetahuan dibidang material alternatif.

- c. Untuk dijadikan tambahan literatur pada penelitian berikutnya dan dapat digunakan sebagai bahan pendamping bagi penelitian yang mengambil bidang yang sama.
- d. Sebagai masukan yang membangun guna meningkatkan kualitas lembaga pendidikan khususnya pada bidang ilmu bahan yang ada.
- e. Memberikan solusi penanggulangan limbah plastik karung beras bekas untuk dijadikan material baru.



BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

Penelitian terdahulu digunakan sebagai kajian pustaka serta acuan untuk penelitian yang akan dilakukan, didalam kajian penelitian terdahulu yang relevan akan mengulas tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan. Hidayatullah A., (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi jumlah lamina pada komposit matriks poliester berpenguat serat kenaf anyam dengan aditif *montmorillonite* terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak, serta proses pencetakan menggunakan proses *hands lay up*. untuk memperbaiki kekuatan komposit dilakukan penambahan lamina dengan variasi satu lapis, dua lapis dan tiga lapis. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekuatan tertinggi pada komposit 2 lapis yang memiliki campuran matriks paling baik dalam mengikat penguat dibandingkan jumlah lamina yang lain. Jadi jumlah lapisan pada komposit lamina memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik komposit.

Kadir A. *et al.*, (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh pola anyaman terhadap kekuatan tarik dan *bending* komposit berpenguat serat bambu. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pola anyaman terhadap kekuatan tarik dan *bending* komposit berpenguat serat bambu. Pada penelitian ini menggunakan tiga variasi anyaman yaitu komposit dengan anyaman *plain*, komposit dengan anyaman *twill* dan komposit dengan anyaman *random*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa anyaman *plain* memiliki kekuatan tertinggi dibanding anyaman *twill* dan anyaman *random*, dengan tegangan tarik sebesar

20,234 N/mm². Pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa pola anyaman mempengaruhi kekuatan tarik komposit, karena serat yang dianyam memiliki ikatan antarmuka yang lebih baik dibanding serat yang tidak dianyam.

Fahmi H. *et al.*, (2011) melakukan penelitian tentang pengaruh orientasi serat pada komposit resin polyester/serat daun nenas terhadap kekuatan tarik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh orientasi anyaman, sedangkan pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik maksimum terdapat pada komposit dengan orientasi 0° : 45° dimana kekuatannya meningkat lebih besar dari pada orientasi 0° dan 0° : 90°, serta variasi 0°, 0° : 45°, dan 0° : 90° memberi pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik komposit dengan perlakuan serat.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa jumlah lapisan dalam komposit lamina, pola anyaman dan orientasi serat memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik komposit. Akan tetapi, pada penelitian yang terdahulu hanya menunjukkan perbandingan volume matrik yang lebih besar dibanding dengan volume serat. Sehingga perlu dilakukan penelitian yang lebih fokus pada volume serat yang lebih besar sebagai penguat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian perbandingan fraksi volume serat dan matrik yang divariasikan dengan orientasi serat dengan penelitian sebelumnya agar diketahui kekuatan tarik maksimum komposit.

B. Landasan Teori

1. Komposit

Komposit adalah bahan yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang berdeda

yang digabung atau dicampur secara makroskopis (Gibson R.F., 1994: 1). Menurut Surdia dan Saito (1999: 280), komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih dari tiga bahan yang memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya. Secara umum komposit adalah perpaduan atau gabungan dari dua material atau lebih pada skala makroskopis yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang lebih baik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun.

Salah satu keuntungan material komposit dibandingkan dengan bahan konvensional lainnya adalah tahan terhadap korosi, tahan terhadap cuaca, tahan terhadap kimia, lebih ringan, dan keunggulan komposit yang paling penting adalah mudah dibentuk sehingga dapat menghemat biaya pengerjaan, komposit juga mudah dicetak dan memungkinkan dibuat dalam bentuk yang rumit. Material komposit terdiri lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya, dengan mengkombinasikan bahan tertentu maka diperoleh suatu bahan lain dengan sifat yang lebih baik dari bahan aslinya. Sistem kombinasi tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga saling menghilangkan sifat buruk dari bahan aslinya. Bentuk dan struktur penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula jika terjadi interaksi antara penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit. Terdapat tiga faktor yang menentukan sifat-sifat dari material komposit, yaitu:

- a. Material pembentuk, sifat-sifat dasar material pembentuk memegang

peranan yang sangat penting terhadap pengaruh sifat kompositnya.

- b. Susunan struktural komponen, dimana bentuk dan orientasi dan ukuran tiap-tiap komponen penyusun struktur dan distribusinya merupakan faktor penting yang memberi kontribusi dalam penampilan komposit secara keseluruhan.
- c. Interaksi antar komponen, karena komposit merupakan campuran atau kombinasi komponen-komponen yang berbeda baik dalam hal bahannya maupun bentuknya, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti berbeda.

Komponen penyusun komposit terdiri dari penguat (*reinforcement*) dan pengikat (matriks). Penguat adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat gelas, karbon, aramid dan serat alam. Material penguat pada komposit berfungsi sebagai penahan bahan jika pada sistem komposit dikenai gaya kerja. Sedangkan material pengikat (matriks), pada umumnya terbuat dari bahan-bahan yang lunak dan liat. Matriks sebagai bagian terbesar dalam material komposit dapat terbuat dari tiga material dasar yaitu logam, polimer dan keramik. Dua hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan komposit agar diperoleh produk yang efektif, yaitu:

- a. Komponen penguat harus memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dari komponen matriksnya.
- b. Ikatan permukaan yang kuat antara komponen penguat dengan matriks.

2. Klasifikasi Bahan Komposit

Bahan komposit dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, tergantung

pada geometri dan jenis seratnya. Karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit, sifat-sifat mekanik bahan komposit, seperti kekuatan, kekakuan, keliatan dan ketahanan tergantung dari geometri dan sifat-sifat seratnya. Secara garis besar komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit serat juga terdiri dari dua macam, yaitu komposit serat panjang (*continuous fiber*) dan komposit serat pendek (*short fiber* atau *whisker*).

a. Komposit Serat (*Fiber Composite*)

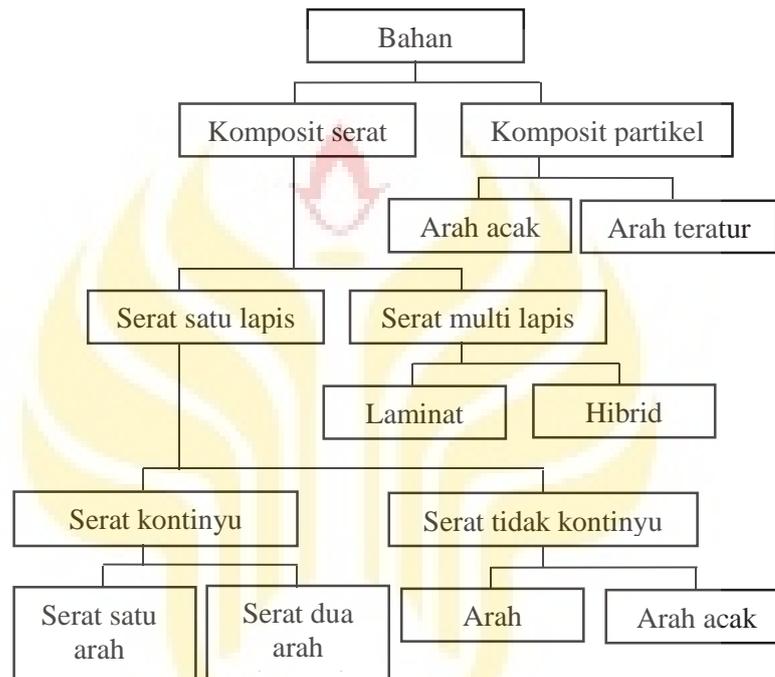
Komposit serat adalah jenis bahan komposit yang umum dikenal dan paling banyak digunakan. Sangat efisien dalam menerima beban, karena tugas tersebut dilimpahkan ke serat. Komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah dengan serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus. Secara alami serat yang panjang mempunyai kekuatan yang lebih dibanding serat yang berbentuk curah (*bulk*). Komposit serat dibagi menjadi dua, yaitu :

1) Komposit Serat Pendek (*Short Fiber/Whisker*)

Sejauh ini perhatian difokuskan pada perilaku serat kontinyu dibawah pengaruh tegangan. Fabrikasi komposit ini dengan proses penelitian filamen memerlukan kecermatan dan biaya mahal. Sebaliknya, komposit serat pendek lebih mudah, cepat dan fabrikasi dapat dilakukan dengan berbagai metode, antara lain pencetakan injeksi dan pencetakan transfer, sehingga memudahkan para perancang (Smallman, Bishop, 2000: 401).

Berdasarkan arah orientasi material komposit yang diperkuat serat pendek dapat dibagi lagi menjadi dua bagian, yaitu serat acak (*inplane random orientation*)

dan serat satu arah. Tipe serat acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar, karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah. Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama.



Gambar 2.1 Klasifikasi Bahan Komposit
Sumber: Hadi B.K., 2000: 3

2) Komposit Serat Panjang (*Continuos Fiber*)

Komposit serat panjang memiliki keistimewaan yakni lebih mudah diorientasikan dibandingkan dengan komposit dengan serat pendek, ditinjau dari segi mekaniknya, fungsi utama matriks adalah untuk mentransfer tegangan ke serat, karena serat lebih kuat dan memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks. Respon komposit terhadap tegangan kerja tergantung pada sifat serat dan fasa matriks, fraksi volume relatif, panjang serat dan orientasi serat relatif terhadap arah tegangan kerja (Smallman, Bishop, 2000: 399). Secara teoritis serat

panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan dari suatu titik pemakaiannya.

b. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

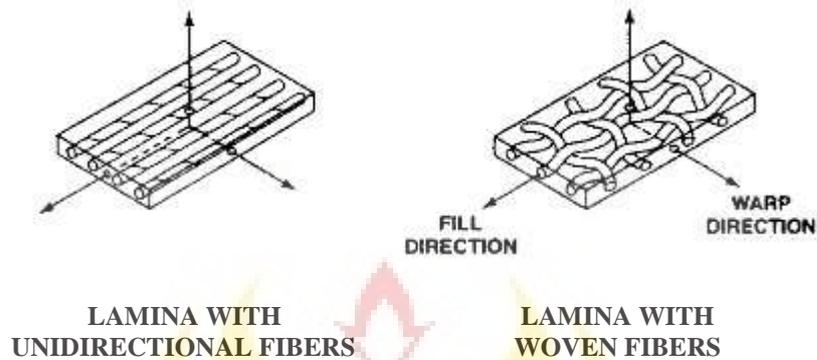
Komposit partikel adalah komposit yang bahan penguatnya terdiri dari partikel-partikel atau serbuk dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Komposit ini mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, yaitu seperti bulat serpih, balok. Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, katalisator dan lain-lain.

Bahan komposit partikel umumnya lebih lemah dan keliatannya lebih rendah dibanding bahan komposit serat panjang. Tetapi dari segi yang lain bahan ini sering lebih unggul, seperti dalam hal ketahanan terhadap keausan. Bahan pengisi atau penguat komposit partikel yang biasa digunakan yakni bahan komposit bermatriks keramik (*ceramic matrix composite*).

3. Komposit Lamina (*Laminated Composite*)

Struktur dasar suatu laminasi adalah lamina yang merupakan susunan datar (kadang-kadang melengkung seperti pada tempurung) dari serat searah atau serat anyaman dalam sebuah matriks. Dua jenis lamina datar bersama dengan sumbu bahan pokoknya yang sejajar dan tegak lurus terhadap arah serat yang ditampilkan dalam Gambar 2.2. Serat yang memperkuat atau menahan beban biasanya kuat dan kaku. Matriks dapat berupa bahan organik, logam, keramik, atau karbon. Fungsi

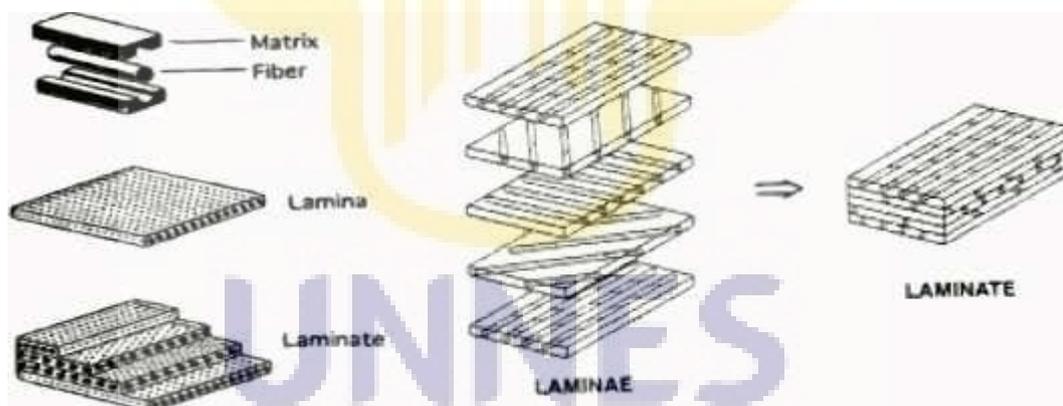
dari matriks adalah untuk mendukung, melindungi serat dan membantu mendistribusikan beban serta menyalurkan beban ke serat.



Gambar 2.2 Dua Jenis Utama Lamina
Sumber: Jones, R.M. 1999: 15

Penguat dan matriks pada komposit lamina menghasilkan kombinasi sifat mekanis yang berbeda dengan sifat dasar dari masing-masing matriks maupun penguat karena ada ikatan antarmuka antara kedua komponen tersebut. Ikatan antarmuka antara matriks dan penguat dalam pembuatan komposit sangat berpengaruh terhadap sifat akhir dari komposit yang terbentuk, baik sifat fisik maupun mekanik. Ikatan antarmuka dalam komposit lamina terjadi karena permukaan yang terbentuk diantara matriks dan penguat serta mengalami kontak dengan keduanya dengan membuat ikatan antara ke duanya untuk perpindahan beban. Ikatan antarmuka mempunyai sifat fisik dan mekanik yang unik dan tidak merupakan sifat masing-masing matriks maupun penguatnya. Ikatan antarmuka biasanya diusahakan tanpa ketebalan (atau volume) dan mempunyai ikatan sangat bagus. *Laminate* adalah gabungan dari dua atau lebih lamina (satu lembar komposit dengan arah serat tertentu) yang membentuk elemen struktur secara integral pada komposit (Hidayatulloh, A. 2015: 12).

Komposit lamina adalah komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Material komposit lamina terdiri dari lapisan minimal dua bahan yang berbeda yang terikat bersama. Laminasi digunakan untuk menggabungkan aspek terbaik dari lapisan pembentuknya dan bahan pengikat dengan tujuan untuk mencapai suatu bahan yang lebih baik dari material pembentuknya. Arah serat juga sangat mempengaruhi kekuatan komposit lamina, hal ini sejalan dengan pernyataan Rashnal Hosain, *et al.* (2013: 787), yang menyimpulkan bahwa dalam arah memanjang, kekuatan tarik dan kekakuan dari sudut 0° - 0° komposit laminasi ditemukan lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 0° - 45° atau sudut 0° - 90° komposit laminasi.



Gambar 2.3 Komposit Lamina

Sumber: Hidayatulloh, A., 2015: 12

Sifat-sifat yang dapat diperbaiki oleh komposit laminat adalah kekuatan, kekakuan, berat lebih rendah, ketahanan korosi, tahan terhadap aus dan ketahanan panas (Jones, R.M., 1999: 6). Komposit lamina memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Tetapi komposit lamina sangat rentan terhadap tegangan geser.

4. Poliester

Poliester adalah resin yang berbentuk cair dengan viskositas yang relatif rendah, dengan penambahan katalis, poliester mengeras pada suhu kamar tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti resin termoset lainnya, sehingga tidak perlu diberi tekanan sewaktu pencetakan. Menurut Maryanti B., *et al.* (2011: 124), poliester memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Suhu deformasi termal poliester lebih rendah jika dibandingkan dengan resin termoset lainnya, karena poliester banyak mengandung monomer stiren.
- b. Memiliki ketahanan panas kira-kira 110-140°C.
- c. Relatif tahan terhadap asam kecuali asam pengoksid, tetapi terhadap alkali.
- d. Mudah mengembang dalam pelarut yang melarutkan polimer stiren.
- e. Ketahanan terhadap cuaca sangat baik, khususnya terhadap kelembaban dan sinar UV.

Sifat-sifat fisik dari bahan resin poliester yaitu retakan baik, tahan terhadap bahan kimia dan pengerutan sedikit pada saat pencetakan. Resin poliester juga memiliki ketahanan terhadap korosi yang berbeda dengan sebagian besar material logam yang kurang tahan terhadap korosi, hal tersebut membuat resin poliester sangat bagus digunakan didaerah dengan korosifitas tinggi. Selain pada aplikasi di lingkungan korosif, resin poliester juga digunakan pada aplikasi luar ruangan, walaupun dalam waktu yang lama dapat mengalami perpudaran warna dan penurunan kekuatan.

Poliester memiliki banyak kelebihan sekaligus beberapa kelemahan, dalam pengaplikasiannya resin poliester biasanya ditambahkan penguat (*reinforced*)

berupa serat. Serat yang biasa digunakan sebagai penguat adalah serat gelas, serat alam, serat karbon dan berbagai serat lainnya. Karena sifatnya yang polar, hampir semua serat dapat dikombinasikan dengan poliester. Jenis dari resin polyester yang digunakan sebagai matriks komposit adalah yang tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang dapat mengalami pengerasan dari fasa cair menjadi fasa padat saat mendapat perlakuan yang tepat. Berbeda dengan tipe poliester jenuh (*saturated polyester*) seperti *terylene*, yang tidak bisa mengalami pengerasan dengan cara seperti ini, oleh karena itu merupakan hal yang biasa untuk menyebut resin poliester tidak jenuh (*unsaturated polyester*) dengan hanya menyebutnya sebagai resin poliester.

Tabel 2.1 Sifat Resin Poliester (Jenis Yukalac 157 BQTN-EX)

Item	Satuan	Nilai tipikal	Catatan
Massa jenis	gr/cm	1,215	25 °C
Kekerasan		40	Barcol/GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	°C	70	
Penyerapan air	%	0,1888	24 jam
Suhu ruang	%	0,466	7 hari
Kekuatan flexural	Kg/mm ²	9,4	
Modulus flexural	Kg/mm ²	300	
Kekuatan tarik	Kg/mm ²	5,5	
Modulus elastisitas	Kg/mm ²	300	
Elongasi	%	1,6	

Sumber: Justus Kimia Raya, Semarang

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tetapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi, tanpa bantuan katalis reaksi kimia menjadi lebih lama dari waktu untuk bereaksi.

Pemberian bahan tambah katalis mekpo pada resin poliester berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin pada suhu lebih tinggi. Penambahan katalis dalam jumlah yang banyak akan menimbulkan panas berlebih pada proses pengerasan, hal ini dapat menurunkan kualitas bahkan bisa merusak produk komposit.

5. Plastik Karung Bekas (*Woven Bag*)

Plastik mempunyai peranan penting dalam kehidupan sehari-hari biasanya digunakan sebagai bahan pengemas makanan dan minuman karena sifatnya yang kuat, ringan dan praktis. Plastik sebagai bahan polimer atau bahan pengemas yang dapat dicetak menjadi bentuk yang diinginkan dan mengeras setelah didinginkan atau pelarutnya diuapkan. Polimer adalah molekul yang besar yang telah mengambil peran yang penting dalam teknologi karena mudah dibentuk dari satu bentuk ke bentuk yang lain dan mempunyai sifat dan struktur yang rumit, hal ini disebabkan oleh jumlah atom pembentuk yang jauh lebih rendah. Umumnya suatu polimer dibangun oleh satuan struktur yang tersusun secara berulang dan diikat oleh gaya tarik menarik yang kuat, yang disebut ikatan kovalen.

Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik, namun ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terbentuk dengan menggunakan zat lain untuk menghasilkan plastik yang ekonomis

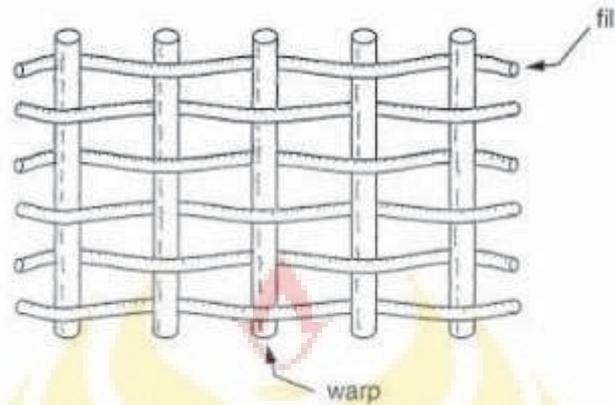
Karung plastik dibuat dari polimer *polypropylene* (PP) yang bersifat termoplastik. Bahan baku polipropilen didapat dengan menguraikan petroleum (naftan). Polipropilen ini dibentuk oleh satuan monomer propilen, molekul rantai polipropilen akan memberikan sifat termoplastik seiring dengan kenaikan temperatur, serta dapat mencair dan mengalir. Massa jenis PP rendah yaitu sekitar $0,9007 \text{ gr/cm}^3$. PP termasuk golongan polimer yang paling ringan dan dapat terbakar kalau dinyalakan. Titik leleh PP adalah sekitar 176°C (Diharjo K., 2006: 57). *Polypropylene* (PP) memiliki sifat bahan yang ulet dan tegangan maksimum bahan polipropilen adalah $19,53 \text{ kg/mm}^2$ (Sumaryono, 2012: 79).

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas, jika polimer jenis ini dipanaskan maka akan menjadi lunak dan jika didinginkan akan menjadi keras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru.

6. Anyaman

Serat merupakan salah satu unsur dari komposit karena serat dapat menentukan karakteristik suatu bahan seperti kekuatan, kauletan, kekakuan dan sifat mekanik yang lain, aspek lain yang juga menentukan karakteristik komposit adalah pola anyaman serat (Kadir, 2014: 2). Menganyam berarti mengatur bilah atau lembaran-lembaran secara tindih menindih atau silang menyilang. Anyaman merupakan proses menyilangkan bahan-bahan untuk dijadikan satu kumpulan yang kuat dan memiliki daya guna. Bahan-bahan yang sering digunakan untuk

menganyam antara lain pandan, akar, mending dan serat alam, serta bahan-bahan yang digunakan pada tekstil.



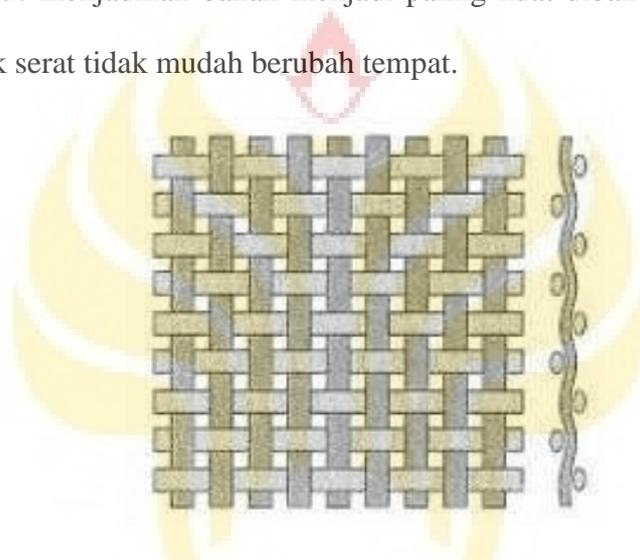
Gambar 2.4 Benang Lusi dan Benang Pakan Dari Kain Tenun
Sumber : Berthelot, 1999: 26

Menganyam biasanya dilakukan dengan alat yang masih sederhana seperti pisau pemotong dan pisau penipis. Dalam dunia industri, anyaman biasanya dibuat dalam karya seni terapan, yaitu karya seni yang mempunyai kaitan langsung dengan kehidupan manusia. Terdapat banyak pola anyaman, Berthelot (1999: 27) menyebutkan, terdapat lima jenis pola anyaman yang biasa digunakan, yaitu : *Plain weave*, *twill weave*, *satin weave*, *cross ply weave*, *unidirectional weaave*. Berikut ini adalah macam-macam pola anyaman tersebut :

a. Anyaman Polos (*Plain*)

Anyaman polos dapat dikategorikan sebagai anyaman yang paling tua, paling sederhana, paling banyak dipakai dan memiliki pola yang paling sederhana, setiap serat saling menyilang sehingga membentuk garis kotak-kotak. Anyaman polos merupakan anyaman silang paling sederhana dengan permukaan timbal balik yang sama, pada silang ini benang pakan menyilang bergantian (Rahmawati, 2013: 34). Anyaman jenis ini memiliki tingkat kesulitan pembuatan yang paling kecil

dibanding anyaman yang lainnya serta memiliki jumlah silangan dalam anyaman yang paling banyak. Benang lusi dan benang pakan pada anyaman ini bekerja dengan skema satu naik dan satu melintang secara bergantian dan saling menyilang. Anyaman ini dinyatakan dengan rumus $1/1$ yang artinya satu benang lusi diatas benang pakan dan berulang seterusnya. Jika faktor-faktor yang lain sama, maka anyaman *plain* menjadikan bahan menjadi paling kuat dibanding anyaman yang lain dan letak serat tidak mudah berubah tempat.



Gambar 2.5 Anyaman Polos (*Plain*)
Sumber : Berthelot, 1999: 26

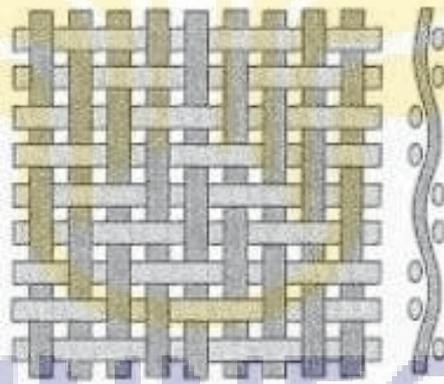
Anyaman polos mempunyai ciri-ciri dan karakteristik sebagai berikut :

- 1) Paling luwes untuk kain.
 - a) Dari jarang sampai dengan padat.
 - b) Dari paling ringan sampai dengan paling berat.
 - c) Dengan berbagai macam ragam desain.
- 2) Kain relatif kuat.
- 3) Mempunyai jumlah silangan paling banyak diantara jenis anyaman yang lain.
- 4) Anyaman polos paling sering dikombinasikan dengan faktor-faktor konstruksi kain yang lain dari pada jenis anyaman yang lainnya.

- 5) Anyaman polos dapat dipakai untuk kain yang jarang dan tipis dengan hasil yang cukup baik dibanding dengan jenis anyaman lainnya.

b. Anyaman *Twill*

Anyaman *twill* adalah anyaman dasar kedua, pada permukaan kain dengan anyaman ini terlihat garis miring tidak putus, jika garis miring berjalan dari kanan bawah ke kiri atas disebut *twill* kiri, jika garis miring berjalan dari kiri bawah ke kanan atas disebut *twill* kanan. Pada anyaman *twill* titik pertemuan antara lusi dan pakan berjalan miring pada tenunannya membentuk sudut 45° terhadap garis horisontal.

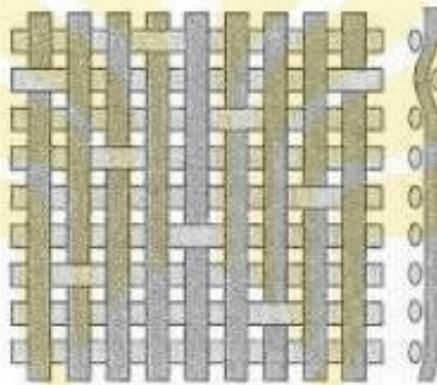


Gambar 2.6 Anyaman *Twill*
Sumber : Berthelot, 1999: 26

Dalam menenun *twill* jumlah benang lusi dan benang pakan yang melewati satu sama lain sebelum ditenun dapat bervariasi, dalam menenun *twill* 2x1, benang pakan di atas satu dan dua benang lusi di bawah, dan menenun *twill* 2x2, benang pakan di atas dua dan dua benang lusi di bawah. Mode ini kain tenun menghasilkan pola diagonal biasa pada kain. Tenunan kain pola *twill* memungkinkan slip terjadi antara serat dan memiliki daya tahan yang baik dalam hal bentuk yang kompleks.

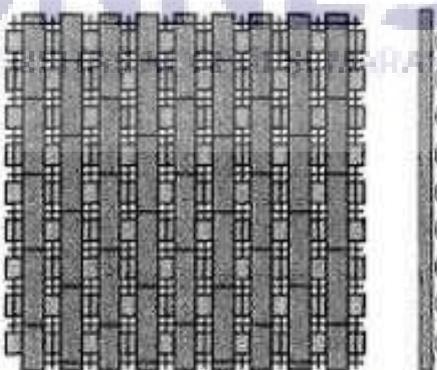
c. Anyaman Satin

Dalam menenun satin jumlah benang lusi dan benang pakan yang melewati ikatan satu sama lain lebih besar daripada dengan tenunan *twill*, dan ikatan selalu dengan benang satu persimpangan. Setiap menenun satin didefinisikan oleh sejumlah penggunaan, biasanya 4 atau 8 yang menunjukkan bahwa benang lusi melewati 4 atau 8 benang pakan. Hal ini menyebabkan salah satu sisi kain yang sebagian besar terdiri dari benang lusi, dan sisi lain dari benang pakan. kain satin menenun memiliki daya tahan baik dalam bentuk kompleks.



Gambar 2.7 Anyaman Satin
Sumber : Berthelot, 1999: 26

d. Anyaman *Cross-Ply*



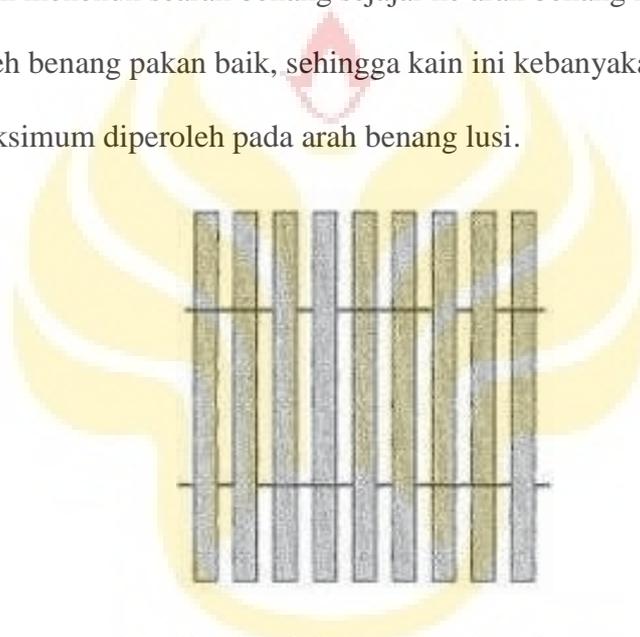
Gambar 2.8 Anyaman *Cross-Ply*
Sumber : Berthelot, 1999: 26

Dalam menenun *cross-ply* dua lapisan benang menyeberang yang berposisi

tanpa ikatan dan diikat menjadi satu oleh benang halus yang hampir tidak terlihat pada kekuatan mekanik dari kain. Dengan tidak adanya ikatan menekan yang menimbulkan efek geser dan mengarah ke kain mengakibatkan kekuatan yang sangat tinggi.

e. Anyaman Searah

Dalam menenun searah benang sejajar ke arah benang lusi, dan benang lusi disatukan oleh benang pakan baik, sehingga kain ini kebanyakan searah. Kekuatan mekanik maksimum diperoleh pada arah benang lusi.



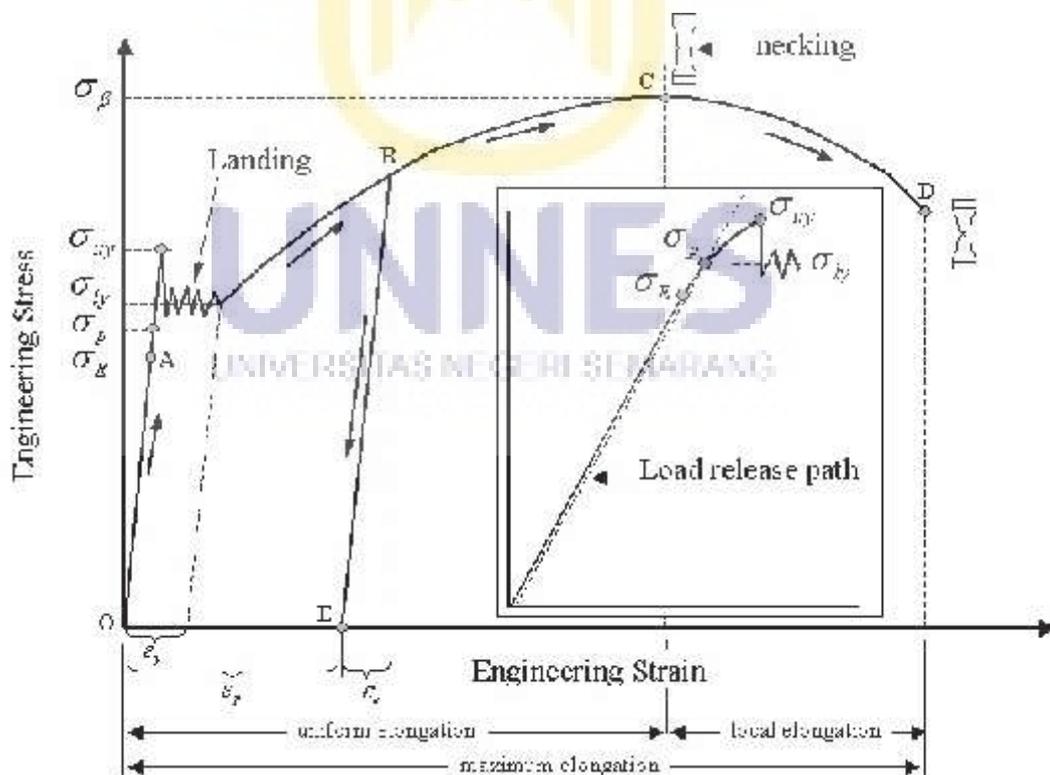
Gambar 2.9 Anyaman Searah
Sumber : Berthelot, 1999: 26

7. Pengujian tarik

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat penting suatu material. Tujuan pengujian tarik dilakukan adalah mengetahui beban maksimum, tegangan dan regangan maksimum, serta untuk mengetahui material tersebut liat atau getas. Kekuatan tarik adalah kemampuan suatu material untuk menahan beban tarik. Pengujian tarik dilakukan dengan cara memberikan beban pada kedua ujung spesimen uji secara perlahan ditingkatkan hingga spesimen uji tersebut putus.

Melalui pengujian tarik dapat diketahui beberapa sifat-sifat mekanik dari suatu material diantaranya yaitu kekuatan tarik maksimum, kekuatan luluh, beban maksimal, modulus elastisitas, tegangan, regangan dan pertambahan panjang benda uji. Kekuatan tarik maksimum menunjukkan kemampuan maksimum suatu material dalam menerima beban tarik yang diberikan. Kekuatan luluh menunjukkan kemampuan material terhadap terjadinya deformasi plastis.

Jika sebuah benda elastis ditarik oleh suatu gaya, benda tersebut akan bertambah panjang sampai ukuran tertentu sebanding dengan gaya tersebut, yang berarti ada sejumlah gaya yang bekerja pada setiap satuan panjang benda. Gaya yang bekerja sebanding dengan panjang benda dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Besarnya gaya yang bekerja dibagi dengan luas penampang didefinisikan sebagai tegangan.



Gambar 2.10 Kurva Tegangan-Regangan

Sifat mekanik pertama yang dapat diketahui berdasarkan kurva pengujian tarik yang dihasilkan adalah tegangan tarik maksimum. Tegangan tarik yang dimiliki material akan menunjukkan kemampuan bahan dalam menahan beban tarik sebelum mengalami perubahan bentuk penampang atau penciutan. Pada kondisi ini, gaya tarik bekerja pada kondisi maksimum. Sehingga tegangan yang bekerja adalah tegangan tarik maksimum.

Tegangan tarik maksimum adalah beban atau gaya maksimum yang dapat ditahan oleh bahan atau logam sebelum mengalami perubahan bentuk penampang. Tegangan maksimum dapat dihitung dengan persamaan (Surdia, 1992: 8), berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- σ = Tegangan tarik (N/mm²)
- P = Gaya (N)
- A = Luas penampang (mm²)

Tegangan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis. Nilai kekuatan luluh merupakan titik awal sebuah bahan atau logam mulai terdeformasi secara plastis. Sifat mekanik ini menentukan kekuatan bahan terhadap deformasi plastis, dan disebut kuat luluh atau *yield strength*. Kuat luluh digunakan untuk menentukan beban minimum yang diperlukan agar bahan atau logam dapat terdeformasi secara plastis.

Beberapa logam, seperti baja karbon rendah atau baja lunak nilai tegangan luluh dapat dilihat secara langsung melalui kurva tegangan-regangan hasil pengujian tarik, namun pada logam atau baja yang mengandung karbon tinggi dan

besi tuang yang getas umumnya tidak memperlihatkan batas luluh yang jelas, untuk menentukan kekuatan luluh material seperti ini maka digunakan suatu metode yang dikenal sebagai metode *offset*, dengan metode ini kekuatan luluh (*yield strength*) ditentukan sebagai tegangan dimana bahan memperlihatkan batas penyimpangan/deviasi tertentu. Umumnya metode *offset* diambil sebesar 0,1%-0,2%.

Regangan didefinisikan sebagai hasil bagi antara pertambahan panjang dengan panjang awal, contohnya benda yang menggantung pada tali dapat menimbulkan gaya tarik pada tali, sehingga tali memberikan perlawanan berupa gaya dalam yang sebanding dengan berat beban yang dipikulnya (gaya aksi = reaksi). Respon perlawanan dari tali terhadap beban yang bekerja padanya akan mengakibatkan tali menegang sekaligus juga meregang sebagai efek terjadinya pergeseran internal di tingkat atom pada partikel-partikel yang menyusun tali, sehingga tali mengalami pertambahan panjang. Regangan dapat dihitung dengan persamaan (Surdia, 1992: 8), berikut :

$$\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0} = \frac{\delta l}{l_0} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

ε = regangan (%)

l = panjang akhir (mm)

l_0 = panjang awal (mm)

δl = deformasi (mm)

Berdasarkan kurva σ - ε dapat dicari modulus elastisitas. Modulus elastisitas sering disebut dengan *modulus young* yang merupakan perbandingan antara

tegangan dan regangan aksial dalam deformasi yang elastis. Besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk meregangkan sebuah benda menjadi dua kali dari panjang semula adalah sebesar modulus elastisitasnya dengan anggapan luas penampang tidak berubah. Sehingga modulus elastisitas menunjukkan kecenderungan suatu material untuk berubah bentuk dan kembali lagi ke bentuk semula bila diberi beban. Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu material, sehingga semakin tinggi nilai modulus elastisitas bahan, maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi gaya. Jadi, semakin besar nilai modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi atau semakin kaku.

Besarnya pertambahan panjang yang dialami oleh setiap benda ketika merenggang adalah berbeda antara satu dengan yang lainnya tergantung dari elastisitas bahannya. Ketika diberi gaya tarik, karet ataupun pegas akan meregang dan mengakibatkan pertambahan panjang baik pada karet gelang ataupun besi pegas. Besarnya pertambahan yang terjadi tergantung pada elastisitas bahannya dan seberapa besar gaya yang bekerja padanya. Semakin elastis sebuah benda, maka semakin mudah benda tersebut untuk dipanjangkan atau dipendekan. Semakin besar gaya yang bekerja pada suatu benda, maka semakin besar pula tegangan dan regangan yang terjadi pada benda itu, sehingga semakin besar pula pemanjangan atau pemendekan dari benda tersebut. Jika gaya yang bekerja berupa gaya tekan, maka benda akan mengalami pemendekan, sedangkan jika gaya yang bekerja berupa beban tarik, maka benda akan mengalami perpanjangan. Bisa disimpulkan bahwa regangan yang terjadi pada suatu benda berbanding lurus dengan tegangannya dan berbanding terbalik terhadap keelastisitasannya. Modulus

elastisitas dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Surdia, 1992: 8), berikut :

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas (N/mm²)

$\Delta\sigma$ = Tegangan tarik (N/mm²)

$\Delta\varepsilon$ = Tegangan-regangan (%)

Semakin besar regangan yang terjadi, maka semakin kecil nilai modulus elastisitas. Semakin besar nilai modulus suatu benda, maka semakin sulit benda tersebut dapat memanjang, dan sebaliknya. Hukum hooke menyebutkan jika gaya tarik yang diberikan pada sebuah pegas tidak melampaui batas elastis bahan maka pertambahan panjang pegas berbanding lurus atau sebanding dengan gaya tariknya, atau, jika gaya yang diberikan melampaui batas elastisitas, maka benda tidak dapat kembali ke bentuk semula dan apabila gaya yang diberikan jumlahnya terus bertambah maka benda dapat rusak. Dengan kata lain hukum hooke hanya berlaku hingga batas elastisitas.

Reduksi penampang merupakan pengecilan penampang ketika mengalami *fracture*. Hal ini berguna dalam menentukan seberapa besar suatu material mengalami beban unaksial akan mengalami pengecilan luas penampang. Reduksi penampang dapat dihitung dengan rumus, berikut :

$$q = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

q = Reduksi penampang (%)

A_0 = Luas penampang awal (mm²)

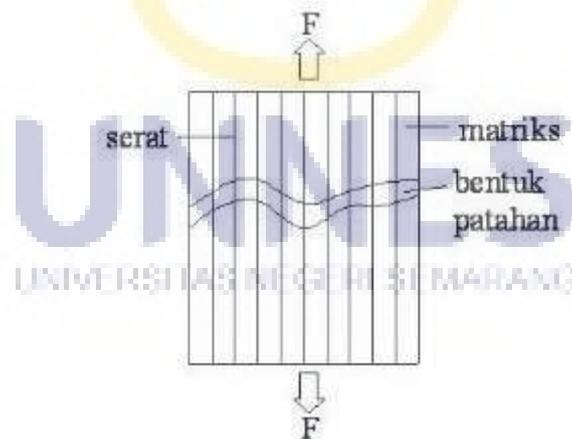
A_1 = Luas penampang akhir (mm)

Kekuatan tarik komposit sangat tergantung pada seberapa besar perbandingan antara serat sebagai penguat dan matriks sebagai pengikatnya yang dipergunakan. Ojahan R. Tumpal (2015: 47b), dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa semakin tinggi volume fraksi maka tegangan tarik dan kekuatan tarik material komposit semakin meningkat.

Setelah mengalami pengujian tarik, spesimen uji tarik akan mengalami perubahan bentuk atau mengalami patah. Berikut beberapa bentuk penampang patah komposit secara umum, yaitu :

a. Patah Tunggal

Patah yang disebabkan karena pada saat serat putus terkena beban tarik, matriks tidak mampu lagi menahan beban tambahan. Patahan terjadi pada satu bidang.

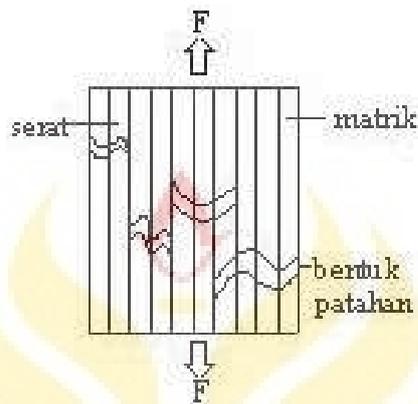


Gambar 2.11 Komposit Patah Tunggal

b. Patah Banyak

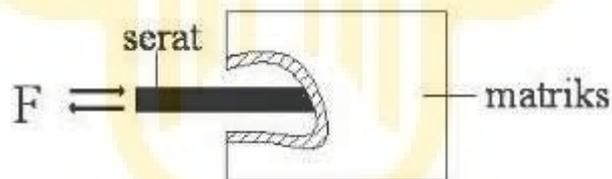
Ketika jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan *interface* masih baik, matriks mampu mendukung beban yang diterima

dengan cara mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Apabila *matriks* mampu menahan gaya geser dan meneruskan beban ke serat yang lain maka jumlah serat yang putus semakin banyak. Patahan terjadi pada lebih dari satu bidang.



Gambar 2.12 Komposit Patah Banyak

c. Debonding



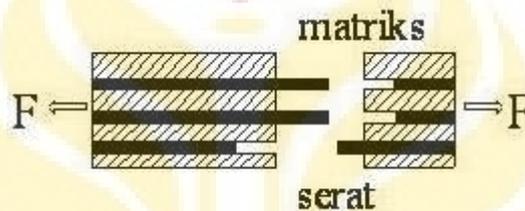
Gambar 2.13 *Debonding*

Debonding terjadi karena lepasnya ikatan pada bidang kontak matriks serat, disebabkan matriks tidak mampu menahan gaya geser atau mekanisme lepasnya ikatan interface antar material penyusun komposit saat terjadi pembebanan dan terkelupasnya serat dari matriks. Hal ini disebabkan ikatan antar muka (*interfacial bonding*) yang lemah antara serat dan matriks. Peningkatan *debonding* antar permukaan serat dan matriks terjadi karena meningkatnya deformasi dan berpengaruh pada seluruh bagian komposit. Setelah terjadi *debonding*, serabut kehilangan kemampuan menahan beban pada arah gaya tarik.

Meskipun, serabut masih dapat mendistribusikan beban ke matriks melalui bagian yang masih terikat.

d. *Fiber Pull Out*

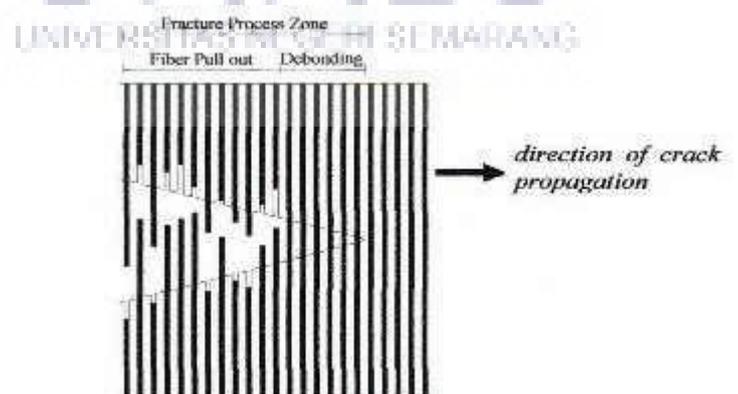
Fiber Pull Out terjadi karena tercabutnya serat dari matriks yang disebabkan ketika matriks retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang, namun komposit masih mampu menahan beban walaupun beban yang mampu ditahan lebih kecil daripada beban maksimum.



Gambar 2.14 *Fiber Pull Out*

Pada saat matriks retak, beban akan ditransfer dari matriks ke serat ditempat persinggungan retak, selanjutnya kemampuan untuk mendukung beban berasal dari serat. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari matriks (akibat *debonding* dan patahnya serat).

e. *Fiber Breakage/Fiber Break-Up*



Gambar 2.15 *Fiber Breakage*

Fiber breakage/fiber break-up terjadi karena tercabutnya serat dari matrik sebelum matriks pecah/putus akibat adanya beban tarik, hal ini disebabkan karena tegangan pada serat jauh lebih besar dari pada tegangan matriks. Patahan pada ujungnya masih ada ikatan matriks yang merekat dan patahan pada ujung serat pendek-pendek.



BAB V

PENUTUP

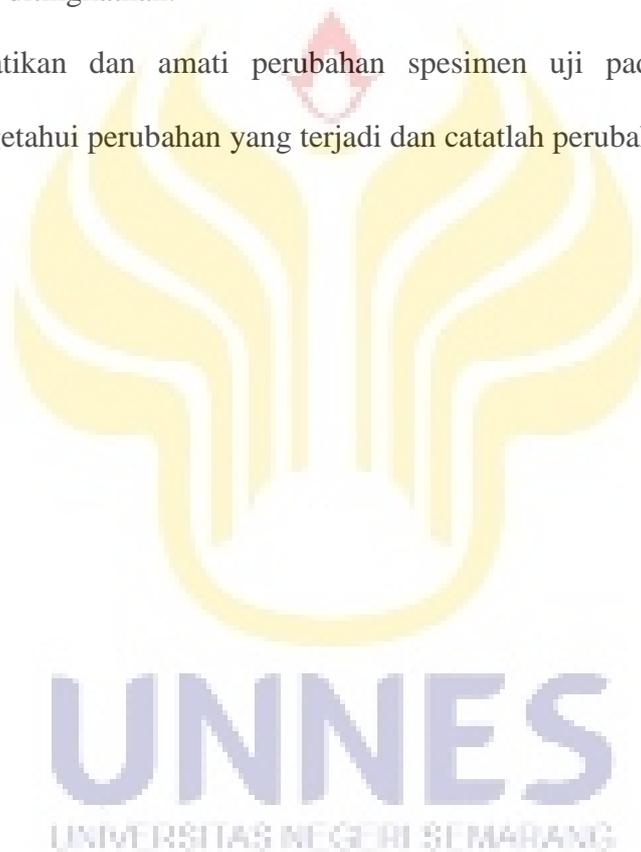
A. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan, penjelasan dan analisis data penelitian yang dilakukan tentang kekuatan tarik komposit lamina berbasis anyaman serat karung plastik bekas (*woven bag*) dapat disimpulkan nilai tegangan tarik maksimal terdapat pada spesimen dengan orientasi serat $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ sebesar 30 N/mm^2 , nilai tegangan luluh terbaik terdapat pada spesimen dengan orientasi serat $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ sebesar 20 N/mm^2 , nilai regangan maksimal terdapat pada spesimen dengan orientasi serat $0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$ sebesar $36,61\%$, regangan yang terjadi pada suatu benda berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik terhadap modulus elastisitasnya, serta nilai modulus elastisitas paling tinggi terdapat pada spesimen dengan orientasi serat $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ sebesar $1,317 \text{ N/mm}^2$. Bila nilai modulus elastisitasnya semakin tinggi, maka semakin sulit bahan untuk mengalami perpanjangan. Hasil tersebut menunjukkan orientasi serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekanik komposit. Orientasi serat $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ terdapat banyak serat yang sejajar dengan sumbu tarik sehingga beban diberikan saat pengujian tarik mampu ditahan oleh serat yang sejajar. Terjadi cacat *fiber pull out* pada spesimen uji tarik yang disebabkan pecahnya matriks sehingga tidak mampu menyalurkan beban ke serat.

B. Saran

Berdasarkan proses pencetakan dan penelitian ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya :

1. Pada proses pencetakan komposit hendaknya serat disusun secara merata agar tidak terjadi rongga udara (*void*) pada komposit yang akan dibuat sehingga akan menaikkan kekuatan komposit.
2. Untuk mengurangi cacat *fiber pull out* perlu adanya tambahan variasi bahan yang lain untuk memperkuat ikatan antar serat, sehingga kekuatan material dapat ditingkatkan.
3. Perhatikan dan amati perubahan spesimen uji pada saat diuji agar mengetahui perubahan yang terjadi dan catatlah perubahannya.



DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 638. 2002. *Annual Book of ASTM Standard Test Method For Tensile Properties Of Plastics*, 46-58, American Society For Testing And Material, United States.
- Atmoko R., 2015. *Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Rami Dengan Matrik Polyester*. Skripsi. Lampung : FT Universitas Lampung.
- Badan Ketahanan Pangan. 2015. *Data Statistik Ketahanan Pangan Tahun 2014*. Jakarta : Kementerian Pertanian.
- Diharjo K., 2006. *Kajian Pengaruh Teknik Pembuatan Lubang Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Serat Gela Dan Karung Plastik*. *Jurnal Teknoin*, 11 (1) : 55-64.
- Fahmi H., dan Hermansyah H., 2011. *Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester/Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik*. *Jurnal Teknik Mesin*, 1 (1) : 46-52.
- Firman L. Sahwan, *et al.*, 2005. *Sistem pengelolaan limbah plastik di Indonesia*. *Jurnal teknologi lingkungan*, 6 (1) : 311-318.
- Gibson, Ronald F. 1994. *Principles of Composites Material Mechanics*. New York : Mc Graw Hill, Inc
- Hadi, B.K. 2000. *Mekanika Struktur Komposit*. Bandung : Direktorat Pembinaan Penelitian Dan Pengabdian Pada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.
- Heri Yudiono. 2016. *Pemanfaatan Karung Plastik Bekas Untuk Panel Komposit Lamina Sebagai Material Alternatif Kuat Dan Tangguh*. Laporan Akhir Penelitian Pusat Kajian. Tidak Dipublikasikan. Semarang : FT Universitas Negeri Semarang
- Hidayatullah A. 2015. *Pengaruh Jumlah Lamina Terhadap Sifat Mekanis – Siklus Termal Komposit Polyester Serat Kenaf Anyam Dengan Aditif Montmorillonite*. Skripsi. Jember : FT Universitas Jember.
- Jean Marie Berthelot. 1999. *Composite Materials Mechanical Behavior And Structural Analysis*. New York : Springer Verlag Berlin Heidelberg
- Jones Robert M. 1999. *Mechanics of Composite Materials*. Philadelphia : Taylor & Francis, Inc.

- Justus Kimia Raya. 2016. *YUKALAC unsaturated polyester resin*. Retrieved 12 Januari 2017.
- Kadir A., Aminur. Marzan. 2014. *Pengaruh Pola Anyaman Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Berpenguat Serat Bambu*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6 (1) : 1-9.
- Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. 10 Juni 2015. *Dialog Penanganan Sampah Plastik*. (Online), (i), Diakses 18 Oktober 2016.
- Maryanti B., Sonief A. As'ad, Wahyudi S. 2011. *Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik*. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2 (2) : 123-129.
- Ojahan R. Tumpal., Aditia M.S. Hansen. 2015. *Analisis Fraksi Volume Serat Pelepah Batang Pisang Bermatriks Unsaturated Resin Polyester (UPR) Terhadap Kekuatan Tarik dan SEM*. *Jurnal Mechanical*, 6 (1) : 43-48 (a)
- Ojahan R. Tumpal., Cahyono Tri. 2015. *Analisis Serat Pelepah Batang Pisang Kepok Material Fiber Komposit Matriks Recycled Polypropylene (RPP) Terhadap Sifat Mekanik Dan SEM*. *Jurnal Mechanical*, 6 (2) : 64-70 (b)
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru. (online), (<http://pslh.ugm.ac.id>), diakses 07 Desember 2016.
- Rahmawati, Inang Y. 2013. *Pengaruh Jenis Anyaman Terhadap Hasil Jadi Cape Dengan Menggunakan Bahan Kulit Imitasi*. *E-Journal Universitas Negeri Surabaya*, 02 (02) : 33-40.
- Rashnal Hosain, *et al.* 2013. *Tensile Behavior Of Environment Friendly Jute Epoxy Laminated Composite*. *Procedia Engineering*, 56 : 782-788.
- Smallman, R.E., Bishop, R.J., 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta : Erlangga.
- Soemardi T.P.. dkk. 2009. *Karakteristik Mekanik Komposit Lamina Serat Rami Epoksi Sebagai Bahan Alternative Soket Prosthesis*. *Jurnal Makara Teknologi*, 13 (2) : 96-101.
- Sumaryono. 2012. *Perilaku Pengujian Tarik Pada Polimer Polistiren dan Polipropilen*. *Jurnal garden*, 1 (1) : 66-80
- Surdia T., Saito S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : Pradnya Paramita.

Undang-Undang RI NO. 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah. (online), (<http://www.menlh.go.id>), diakses 18 Oktober 2016.

Widodo B. 2008. *Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random)*. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 1 (1) : 1-5

