

**STUDI LITERATUR : SIFAT MEKANIK KOMPOSIT DARI
SERAT SABUT KELAPA MENGGUNAKAN Matrik
PLASTIK JENIS POLYESTERINE (PE), POLYPROPHYLENE
(PP) DAN LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



Oleh :

**IFFA FITRI YENI
NIM. 16034028/2016**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2020**

PERSETUJUAN SKRIPSI

**STUDI LITERATUR : SIFAT MEKANIK KOMPOSIT DARI
SERAT SABUT KELAPA MENGGUNAKAN MatriK
PLASTIK JENIS POLYESTIRENE (PE), POLYPROPHYLENE
(PP), DAN LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE)**

Nama : Iffa Fitri Yeni
NIM : 16034028
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

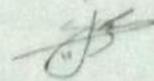
Padang, 01 Desember 2020

Mengetahui:
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Ratnawulan, M.Si
NIP. 196901201993032002

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Dra. Yenni Darvina, M.Si
NIP. 196309111989032003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

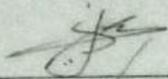
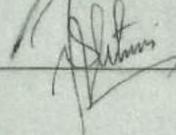
Nama : Iffa Fitri Yeni
NIM : 16034028
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**STUDI LITERATUR : SIFAT MEKANIK KOMPOSIT DARI
SERAT SABUT KELAPA MENGGUNAKAN MATRIK
PLASTIK JENIS POLYESTIRENE (PE), POLYPROPHYLENE
(PP), DAN LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE)**

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 1 Desember 2020

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dra. Yenni Darvina, M.Si	
Anggota	: Drs. Gusnedi, M.Si	
Anggota	: Drs. Letmi Dwiridal, M.Si	

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul "Studi Literatur : Sifat Mekanik Komposit Dari Serat Sabut Kelapa Menggunakan Matrik Plastik Jenis PE, PP, dan LDPE" adalah asli karya tulis saya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 1 Desember 2020
Yang membuat pernyataan,



Iffa Fitri Yeni
NIM. 16034028

**Studi Literatur : Sifat Mekanik Komposit Dari Serat Sabut Kelapa
Menggunakan Matrik Plastik Jenis Polyesterine (PE), Polypropylene (PP),
dan Low Density Polyethylene (LDPE)**

Iffa Fitri Yeni

ABSTRAK

Komposit merupakan suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan komposit ini terdiri dari serat dan matrik. Serat yang banyak digunakan untuk pembuatan komposit adalah serat tumbuhan seperti serat sabut kelapa. Sedangkan matrik yang biasa digunakan adalah matrik dari jenis plastik seperti PE, PP, LDPE dan sifat-sifat mekanik yang dianalisis pada pembuatan komposit pada penelitian sebelumnya seperti kuat lentur dan kuat tarik.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi sifat mekanik berupa kuat lentur dan kuat tarik dari komposit serat sabut kelapa menggunakan matrik plastik jenis PE, PP, dan LDPE yang menghasilkan sifat mekanik optimal dan mendapatkan metode pembuatan komposit terbaik dan komposisi terbaik yang menghasilkan kuat lentur dan kuat tarik optimal dari komposit serat sabut kelapa menggunakan matrik plastik jenis PE, PP, dan LDPE yang memenuhi standar SNI. Jenis penelitian ini adalah penelitian studi literatur yaitu penelitian studi kepustakaan terhadap beberapa sumber berupa artikel-artikel yang sudah ada sesuai dengan topik yang dibahas.

Dari hasil analisis didapatkan faktor-faktor optimum yang mempengaruhi sifat mekanik komposit itu adalah variasi komposisi serat sabut kelapa optimal adalah 30%, konsentrasi alkali 5%, lama perendaman serat optimal 3 jam, panjang optimal serat 200 mm, dan metode pembuatan komposit ada 4 yaitu metode VARI, Hand Lay up, Hot Press, dan Injection Moulding. Hasil sifat mekanik optimal dari masing-masing matrik adalah pada matrik PE sifat mekanik optimal terdapat pada artikel P3 dengan nilai kuat tarik optimal sebesar 107.340 MPa. Pada matrik PP sifat mekanik optimal terdapat pada artikel Pada artikel Q1 yang menghasilkan nilai kuat tarik optimal sebesar 98.266 N/mm. Untuk matrik LDPE sifat mekanik optimal terdapat pada artikel R1 yang menghasilkan nilai kuat tarik optimal sebesar 9.182 MPa. Dari perbandingan ketiga matrik yang memiliki nilai sifat mekanik optimal adalah pada matrik jenis PE pada artikel P3 dengan dengan judul penelitian “Analisis Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Kuat Tarik Bahan Komposit Poliester dengan Filler Alami Serat Sabut Kelapa Merah” dengan nilai kuat tarik sebesar 107.340 MPa yang sudah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 untuk pembuatan panel dinding komposit dengan menggunakan komposisi serat sabut kelapa sebesar 1% dalam fraksi berat, konsentrasi alkali 5%, panjang serat sabut kelapa 2 cm, susunan serat secara acak, dan menggunakan metode hot press.

Kata Kunci : Komposit, Sifat Mekanik, Komposisi, Serat

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya akhirnya penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul Studi Literatur : Sifat Mekanik Komposit Dari Serat Sabut Kelapa Menggunakan Matrik Plastik Jenis Polyestirene (PE), Polypropylene (PP) dan Low Density Polyethylene (LDPE). Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana sains pada program studi Fisika FMIPA UNP.

Pada saat melaksanakan penelitian ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan, dorongan, bimbingan, pelajaran dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada :

1. Ibu Dra.Yenni Darvina,M.Si.sebagai pembimbing skripsi yang memotivasi dan membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Drs.Gusnedi, M.Si.sebagai penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Drs.Letmi Dwiridal, M.Si.sebagai penguji sekaligus penasehat akademik yang telah memberikan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dan juga memberikan masukan serta bimbingan akademik selama perkuliahan menuju penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dr.Hj. Ratnawulan, M.Si selaku ketua jurusan Fisika FMIPA UNP.
5. Ibu Syafriani,M.Si, Ph.D. selaku ketua prodi jurusan Fisik FMIPA UNP.
6. Bapak, ibu staf pengajar, karyawan, dan laboran jurusan Fisika FMIPA UNP.
7. Orang tua dan seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dorongan dan motivasi kepada penulis.

8. Rekan-rekan mahasiswa dan seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
9. Pihak lainnya yang senantiasa memberikan semangat dan berbagai bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga bimbingan dan motivasi yang telah diberikan menjadi amal bagi Bapak, Ibu dan rekan-rekan serta mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kelemahan. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dalam penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Padang, 23 November 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan	7
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II KERANGKA TEORITIS	
A. Komposit.....	9
B. Matriks	16
C. Jenis-Jenis Plastik	17
D. Perbedaan Karakteristik Plastik PE, PP, dan LDPE	22
E. Serat.....	25
F. Serat Sabut Kelapa	27

G. Sifat- Sifat Mekanik	30
H. Pengaruh Komposisi Serat Terhadap Kuat Lentur dan Kuat Tarik	39
I. Pengaruh Konsentrasi Alkali, Lama Perendaman Serat Pada Larutan Alkali dan Panjang Serat Terhadap Kuat Lentur dan Kuat Tarik	41
J. Metode Pembuatan Komposit dengan Hot Press	42
K. Standar SNI Kuat Lentur dan Kuat Tarik Pembuatan Komposit	44

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	46
B. Subjek Penelitian, Populasi, dan Sampel	46
C. Variabel Penelitian dan Data.....	47
D. Langkah-Langkah Penelitian	48
E. Teknik Analisis Data.....	49

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	51
B. Pembahasan.....	71

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	76
B. Saran.....	76

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis Plastik, Kode dan Penggunaanya.....	19
Tabel 2. Data Temperatur Transisi dan Temperatur Lebur Plastik	20
Tabel 3. Temperatur Leleh Proses Termoplastik.....	25
Tabel 4. Komposisi Kimia Serat Sabut Kelapa	28
Tabel 5. Sifat Mekanik Serat Sabut Kelapa.....	30
Tabel 6. Sifat- Sifat Mekanik Bahan	31
Tabel 7. Artikel-artikel pembuatan komposit dari serat sabut kelapa menggunakan matrik PE	52
Tabel 8. Artikel-artikel pembuatan komposit dari serat sabut kelapa menggunakan matrik PP.....	62
Tabel 9. Artikel –artikel pembuatan komposit dari serat sabut kelapa menggunakan matrik LDPE.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Distribusi tegangan.....	11
Gambar 2. Komposisi komposit	12
Gambar 3. Grafik hubungan strain-tensile dari beberapa komposit	13
Gambar 4. Komposit Partikel.....	14
Gambar 5. Komposit serat.....	14
Gambar 6. Komposit serpih	15
Gambar 7. Komposit Lapisan	15
Gambar 8. Nomor kode plastik	18
Gambar 10. Irisan sel serat sabut kelapa.....	29
Gambar 12. Tegangan terhadap Regangan	33
Gambar 13. Penampang Uji Bending/Kuat Lentur	35
Gambar 14. Alat Universal Testing Machine	36
Gambar 15. Penempatan Material untuk Tensile Test.....	37
Gambar 16(a). Grafik pengaruh komposisi serat sabut kelapa terhadap kuat lentur menggunakan matrik PE pada artikel P1, P2, dan P5	60
Gambar 16(b). Grafik pengaruh komposisi serat sabut kelapa terhadap kuat tarik menggunakan matrik PE pada artikel P1,P3, P6, P7, P8, P9, P10, P11, dan P12	61
Gambar 17(a). Grafik pengaruh komposisi serat sabut kelapa terhadap kuat lentur komposit menggunakan matrik PP pada artikel Q1, Q2, Q3,Q4,Q5, dan Q6.....	67

Gambar 17(b). Grafik pengaruh komposisi serat sabut kelapa terhadap kuat tarik komposit menggunakan matrik PP pada artikel Q4 dan Q6	68
Gambar 18. Grafik pengaruh komposisi serat sabut kelapa terhadap kuat tarik menggunakan matrik LDPE pada artikel R1 dan R2	70

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada zaman yang semakin modern seperti saat sekarang ini telah banyak dilakukannya penelitian-penelitian untuk membuat suatu bahan yang terbarukan dengan menggabungkan dan memanfaatkan bahan-bahan yang memiliki ketersediaan yang melimpah. Salah satu bahan terbarukan yang telah dibuat oleh peneliti-peneliti sebelumnya adalah seperti komposit. Komposit merupakan penggabungan dua atau lebih bahan yang memiliki sifat yang berbeda. Material komposit yang telah dibuat oleh para peneliti pada berbagai bidang seperti pesawat terbang, helicopter, satelit, kapal, otomotif, peralatan bahan kimia, peralatan olahraga, konstruksi bangunan, dan peralatan medis. Material komposit terdiri dari dua penyusun yaitu, *matrik* (bahan perekat) dan serat (bahan penguat) (Jonathan dkk, 2013).

Matrik pada komposit berfungsi sebagai perekat sedangkan serat berfungsi sebagai penguat. Bahan matrik yang telah banyak digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya adalah plastik. Plastik merupakan jenis makromolekul yang terbentuk dari proses polimerisasi yaitu penggabungan dari beberapa molekul yang sederhana (monomer) melalui proses kimia sehingga menjadi molekul besar yang disebut juga dengan polimer (Surono dan Ismanto, 2016). Berdasarkan sifat fisiknya plastik dapat digolongkan menjadi dua yaitu, *Thermoplastik* dan *Thermosetting*. *Thermoplastik* merupakan plastik yang dapat dibentuk kembali apabila dipanaskan dengan suhu tertentu. Umumnya *thermoplastik* digunakan

untuk bahan pembuatan kemasan botol dan dapat didaur ulang. Sedangkan *thermosetting* merupakan jenis plastik yang tidak dapat mencair kembali sehingga sukar untuk didaur ulang dan digunakan sebagai bahan baku pembuatan kantong plastik (Bajus dan Hajekova, 2010 ;Suro, 2013). Plastik yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bahan lain tentunya mempunyai sifat yang mudah untuk didaur ulang seperti *Thermoplastik*. *Thermoplastik* terbagi menjadi beberapa jenis yaitu PET (Polyethylene terephthalate), HDPE (*High Density Polyethylene*), PVC (*Polyvinyl chloride*), LDPE (*Low Density Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), PS (*Polystyrene*), PC (*Polycarbonat*), ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), PA (Polyamide) atau Nilon, PA (*Polyacetal*). (Praputri dkk, 2016).

Plastik sudah banyak digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya dari plastik jenis *Polyesterine* (PE), *Polypropylene* (PP), dan *Low Density Polyethylene* (LDPE). Plastik *Polyesterine* (PE) adalah plastik yang memiliki kode daur ulang nomor 6. *Polyesterine* merupakan hasil polimerisasi dari monomer-monomer stirena dimana monomer stirena didapatkan dari hasil proses dehidrogenisasi dari etil benzene dengan bantuan katalis (Iman Mujiarto, 2005). Penggunaan plastik *Polyestirene* (PE) seperti kotak CD, sendok plastik, gelas plastik, dan tempat makanan transparan. Sedangkan plastik jenis *Polypropylene* (PP) adalah plastik memiliki kode daur ulang nomor 5. *Polypropylene* (PP) merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilene (Iman Mujiarto, 2005). Penggunaan plastik *Polypropylene* (PP) pada kehidupan sehari-hari adalah seperti cup plastik, tempat makan styrofoam, dan

tutup botol plastik. Sedangkan plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) adalah plastik jenis termoplastik yang memiliki kode daur ulang nomor 4. *Low Density Polyethylene* (LDPE) merupakan plastik yang terbuat dari minyak bumi yang menggunakan tekanan tinggi dan polimerisasi radikal bebas. Penggunaan plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) pada kehidupan sehari-hari adalah seperti kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai plastik tipis lainnya.

Serat yang digunakan pada pembuatan bahan komposit berperan sebagai bahan utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan dari bahan komposit sangat bergantung dari kekuatan serat pembentuknya (Jonathan dkk, 2013). Serat yang telah banyak digunakan untuk pembuatan komposit adalah serat alami dengan ketersediaannya yang melimpah khususnya di Indonesia. Sehingga serat alami ini tentunya dapat dimanfaatkan dan dioptimalkan dengan baik sehingga mengurangi produksi serat yang kurang baik secara berlebihan. Serat alami yang biasa digunakan oleh peneliti sebelumnya untuk pembuatan komposit seperti serat sabut kelapa.

Serat sabut kelapa merupakan serat alami yang mengandung lignoselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk pembuatan bahan baku lain. Pada bagian dalam kulit sabut kelapa terdapat serat kira-kira 35% dari berat total kelapa dewasa atau kelapa yang sudah masak. Secara umum serat dari sabut kelapa memiliki fungsi sebagai penguat pada bahan untuk memperkuat bahan komposit sehingga sifat mekanik dari bahan komposit tersebut lebih kaku, tangguh, dan lebih kokoh dibanding tanpa menggunakan serat penguat, selain itu

penggunaan resin juga dapat menghemat pemakaian resin (Jonathan oroh ddk, 2013). Sifat kaku yang dimiliki oleh serat sabut kelapa merupakan kemampuan dari suatu bahan untuk menahan beban dan menghindari tidak terjadinya perubahan bentuk saat dibebani dengan gaya tertentu. Tangguh merupakan suatu sifat bahan tidak akan mengalami patah apabila diberikan gaya atau beban. Sedangkan kokoh merupakan sifat suatu bahan yang tetap kokoh ketika diberikan gaya atau beban sehingga tidak mengubah struktur dari bahan komposit. Serat sabut kelapa merupakan serat yang mudah didapat, murah dan dapat mengurangi polusi pada lingkungan (*biodegradability*) sehingga penggunaan serat sabut kelapa sebagai serat dalam komposit mampu mengatasi permasalahan pada lingkungan yang mungkin dapat timbul akibat banyaknya sabut kelapa yang tidak dimanfaatkan. Komposit dari serat sabut kelapa ini ramah lingkungan serta tidak membahayakan kesehatan sehingga pemanfaatannya terus dikembangkan agar dihasilkan komposit yang lebih sempurna dan lebih berguna (Dwiprasetyo, 2010). Komposit serat sabut kelapa dapat dibuat dengan berbagai ukuran dan ketebalan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

Komposit dengan menggunakan serat sabut kelapa dengan matrik plastik jenis *Polystyrene* (PE), *Polypropylene* (PP), dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) telah banyak dibuat oleh peneliti-peneliti pada berbagai artikel yang telah ditemukan. Namun belum ditemukan studi literatur yang menganalisis keterkaitan antar satu penelitian dengan penelitian lain yang sejenis dan menganalisis semua faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanik yang dihasilkan dari beberapa penelitian. Belum ada peneliti yang merekomendasikan metode terbaik ataupun

merekomendasikan komposisi optimum yang menghasilkan sifat mekanik optimal dari berbagai penelitian yang telah ada. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini penulis menggunakan metode studi literatur untuk menganalisis artikel-artikel dari penelitian sebelumnya. Berdasarkan uraian tersebut maka penulis tertarik untuk menganalisis artikel-artikel pada pembuatan komposit dari matrik plastik jenis *Polystyrene* (PE), *Polypropylene* (PP), dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) menggunakan serat sabut kelapa. Analisis yang akan dilakukan dibatasi pada sifat mekaniknya saja. Tujuan dari studi literatur ini adalah untuk menganalisis serta membandingkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sehingga diperoleh metode dan hasil yang paling optimum untuk dapat dijadikan rekomendasi pada penelitian eksperimen selanjutnya. Berdasarkan latar belakang di atas maka skripsi ini diberi judul "**Studi Literatur Sifat Mekanik Komposit Dari Serat Sabut Kelapa Menggunakan Matrik Plastik Jenis *Polyesterine* (PE), *Polypropylene* (PP) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE)**".

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka identifikasi masalah yang akan dijadikan bahan penelitian di dalam penelitian studi literatur ini adalah

1. Belum ditemukan studi literatur yang menganalisis keterkaitan dengan sifat mekanik komposit dari serat sabut kelapa menggunakan matrik plastik jenis PE, PP, dan LDPE.
2. Belum ada penelitian yang menjelaskan semua faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanik dari komposit serat sabut kelapa menggunakan matrik PE, PP, dan LDPE.

3. Belum ada studi literatur yang merekomendasikan metode terbaik dan komposisi optimum yang menghasilkan sifat mekanik optimal dari komposit serat sabut kelapa menggunakan matrik plastik jenis PE, PP, dan LDPE.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas maka batasan masalah dalam penelitian studi literatur ini adalah :

1. Jumlah literatur yang digunakan untuk dianalisis adalah 12 buah untuk serat sabut kelapa dengan matrik PE, 6 buah untuk serat sabut kelapa dengan matrik PP, dan 2 buah untuk serat sabut kelapa dengan matrik LDPE dengan berbagai komposisi dan metode pembuatan komposit.
2. Faktor-faktor yang akan dianalisis dari artikel-artikel yang digunakan untuk mendapatkan sifat mekanik yang optimal adalah komposisi serat sabut kelapa dengan matrik, konsentrasi alkali untuk perendaman serat sabut kelapa yang digunakan, lama perendaman serat sabut kelapa pada larutan alkali, suhu pengeringan serat sabut kelapa, susunan serat sabut kelapa, penggunaan katalis, dan metode pembuatan komposit.
3. Sifat mekanik yang diteliti pada studi literatur ini dari berbagai artikel yang dianalisis adalah kuat lentur dan kuat tarik.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah di atas maka rumusan masalah dari penelitian studi literatur ini adalah :

1. Faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi sifat mekanik berupa kuat lentur dan kuat tarik dari komposit serat sabut kelapa menggunakan matrik plastik jenis PE, PP dan LDPE yang menghasilkan sifat mekanik optimum.
2. Penelitian manasajakah yang sifat mekaniknya memenuhi standar SNI.

E. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan dari penelitian studi literatur ini adalah :

1. Menganalisis faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi sifat mekanik berupa kuat lentur dan kuat tarik dari komposit serat sabut kelapa menggunakan matrik plastik jenis PE, PP, dan LDPE yang menghasilkan sifat mekanik optimal.
2. Mendapatkan metode pembuatan komposit terbaik dan komposisi terbaik yang menghasilkan kuat lentur dan kuat tarik optimal dari komposit serat sabut kelapa menggunakan matrik plastik jenis PE, PP, dan LDPE yang memenuhi standar SNI.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian studi literatur ini adalah :

1. Bagi peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang kajian Fisika.
2. Kelompok kajian Fisika Material dan Biofisika dapat memberikan ilmu pengetahuan dalam pengembangan pembuatan material khususnya dalam pembuatan komposit.

3. Jurusan Fisika, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian material.
4. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian material serta pengembangan aplikasinya.

BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Komposit

Komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabungkan. Jadi secara sederhana bahan komposit dapat diartikan sebagai gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan (Jonathan dkk, 2013). Sedangkan menurut Jacobs (2005), bahan komposit merupakan suatu material yang kompleks dimana terkomposisikan dari dua material atau lebih yang digabungkan secara bersamaan pada skala mikroskopik sehingga membentuk suatu produk yang berguna dan didesain untuk menghasilkan kualitas maupun sifat yang baik. Beberapa sifat yang dapat dilakukan untuk membentuk bahan komposit yaitu : kekuatan (strength), kekakuan (stiffness), tahanan korosi (corrosion resistance), sifat ketergantungan suhu (temperature dependent behavior), insulasi termal konduktivitas termal dan insulasi akustik (acoustical insulation).

Menurut Lawrence (1992:150) menyatakan bahwa komposit merupakan bahan yang diperkuat pada skala mikroskopi. Komposit diperkuat oleh dispersi partikel yang halus dari fasa yang lebih keras. Sebagai contoh kekuatan tarik ($\alpha + C$) dalam martensit temper dapat mencapai lebih dari 1400 MPa, sedangkan kekuatan tarik ferit, α sendiri kurang dari 20% dari nilai tersebut. Hal ini disebabkan oleh fasa yang dapat berubah bentuknya tidak dapat mengalami perubahan regangan sendiri tanpa perubahan bentuk fasa lainnya. Sebagai contoh beton bertulang dan plastik yang diperkuat dengan serat (FRP). FRP merupakan penguat yang terbuat dari

“fiberglass” terdiri dari berkas serat-serat gelas yang parallel yang diikat oleh resin polimerik.

Dalam pembuatan bahan komposit agar mendapatkan hasil yang sempurna maka juga diperhatikan perbandingan komposisi yang digunakan atau fraksi volume dari kedua komponen yang akan di campurkan karena juga mempengaruhi nilai Modulus Elastisitas bahan komposit, pada kaidah ini dimisalkan fraksi volume (f), misalkan fraksi volume f_1 dan f_2 kedua komponen sama, maka akan diterapkan persamaan (Lawrence, 1992)

$$\frac{F_1 / f_1}{E_1} = \frac{F}{E} = \frac{F_2 / f_2}{E_2} \quad (1)$$

Dimana $\sum E$ merupakan rata-rata modulus elastisitas komposit dan beban seluruhnya $F = F_1 + F_2$, maka didapatkan :

$$F = f_1 E_1 / E + f_2 E_2 F / E \quad (2)$$

Keterangan :

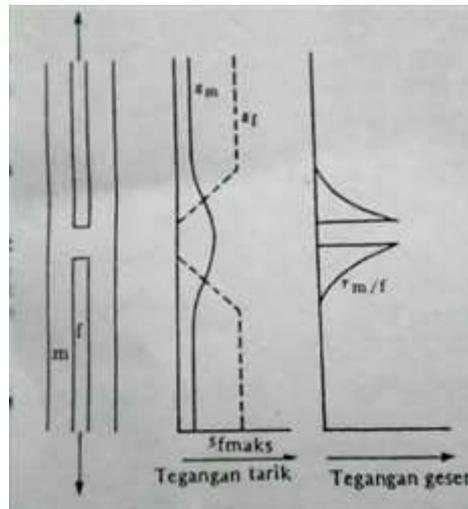
f = Fraksi volume (%)

E = Modulus elastisitas (MPa)

F = Beban (Kg)

Bahan komposit telah banyak dikembangkan di berbagai bidang salah satu contohnya adalah pembuatan beton. Seorang peneliti juga meneliti adanya tegangan geser antar permukaan komposit yang terjadi antara serat penguat yang digunakan dengan matriks plastik disekitarnya. Tegangan geser antar permukaan

sangat penting untuk kualitas komposit yang akan dibuat khususnya pada penguatan continue. Hal ini dapat dilihat dari Gambar berikut :



Gambar 1. Distribusi tegangan(Sumber : Lawrence, 1992)

Berdasarkan Gambar dapat dilihat adanya distribusi tegangan (pada titik putusya serat penguat). Tegangan serat (s_f) turun dari nilai maksimumnya sampai nol. Sementara beban harus diteruskan melalui permukaan serat menuju matriks oleh tegangan geser $\tau_{m/f}$ yang lebih besar pada titik pusat serat inilah yang dinamakan dengan transfer beban. Akibat adanya tegangan geser yang besar menyebabkan serat akhirnya terputus sehingga tegangan serat menjadi nol pada titik putus. Bila ini terjadi, maka beban harus tetap diteruskan dalam matriks melalui tegangan geser. Jika hal ini tidak terjadi maka ada dua hal yang perlu diperhatikan pada proses transfer beban pada pembuatan komposit :

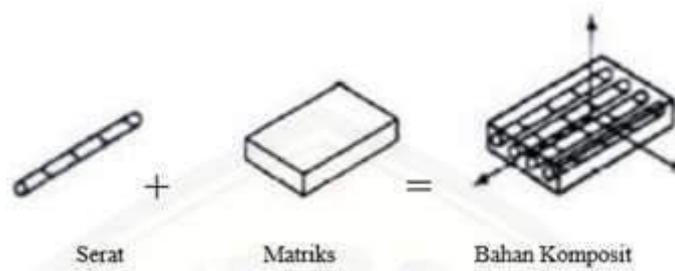
1. Ikatan antar kedua bahan yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik untuk mendukung tegangan geser.

2. Penguatan yang besar akan membuat komposit itu lebih efektif dengan penguatan yang lebih besar. Serat sebagai penguat dan matriks harus saling

berkesinambungan sehingga matriks dapat bergerak bebas pada permukaan yang luas sehingga tegangan yang masuk juga akan lebih rendah sehingga akan meminimumkan terjadinya patah pada bahan komposit sehingga komposit yang dibuat memiliki kualitas yang baik. Matriks yang lemah juga akan mempengaruhi gagalnya bahan secara keseluruhan (Lawrence, 1992 : 541).

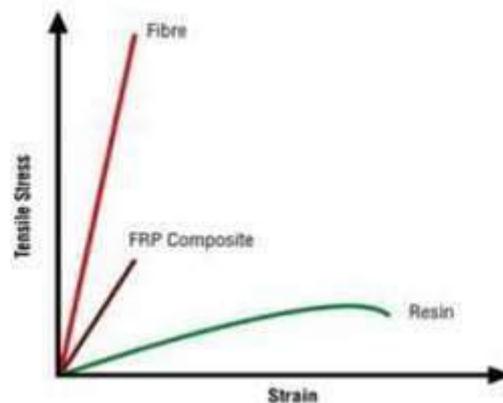
Saat ini bahan komposit dengan penguat serat merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan karena kekuatan dan kekakuannya yang baik dibandingkan bahan lain pada umumnya. Maka untuk mendapatkan bahan sesuai dengan yang diharapkan maka perlu memilih bahan matriks dan serat yang baik sehingga dapat menghasilkan bahan komposit yang baik pula. Komposit dibentuk dari campuran dua buah bahan yang heterogen yaitu :

1. Serat yang berfungsi sebagai penguat mempunyai sifat yang kurang ductile namun lebih kaku dan kuat.
2. Matriks, matriks berfungsi sebagai bahan yang mengikat antar serat. Umumnya lebih ductile namun kekakuan dan kekuatannya lebih rendah. Sehingga apabila keduanya digabung akan membentuk bahan baru yang saling melengkapi dan menjadi lebih tangguh. Berikut merupakan komposisi dalam material komposit.



Gambar 2. Komposisi komposit (Sumber : Jonathan Oroh, 2013)

Semakin berkembangnya ilmu teknologi sehingga memungkinkan komposit didesain sedemikian rupa sesuai karakteristik material agar dapat dibuat menjadi lebih mudah, ringan, kuat dan kaku. Dengan beberapa kelebihan yang dimiliki komposit sehingga komposit banyak diaplikasikan sebagai peralatan-peralatan teknologi bahkan konstruksi bangunan contohnya pembuatan panel dinding bangunan rumah. Hal ini dikarenakan adanya kombinasi sifat dari matrik dan serat yang digunakan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Grafik hubungan antara regangan dan tegangan tarik terhadap komposisi matrik dan fiber yang digunakan dalam pembuatan bahan komposit.



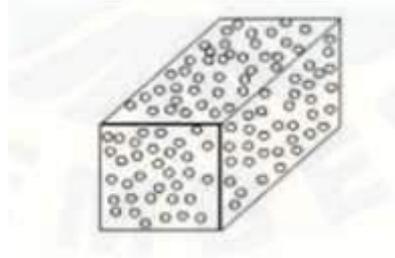
Gambar 3. Grafik hubungan strain-tensile dari beberapa komposit (Sumber : Saurdana, 2007).

Secara umum klasifikasi komposit berdasarkan strukturnya terdiri dari :

1. Bahan Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Bahan komposit yang bahan penguatnya terdiri dari partikel-partikel. Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dan keliatannya lebih rendah dibandingkan dengan bahan komposit serat panjang. Tetapi dari segi lain, bahan ini unggul seperti, ketahanannya. Bahan komposit partikel ini biasanya digunakan

sebagai pengisi dan penguat bahan komposit bermatriks keramik (ceramicmatrix composites). Bahan komposit keramik dan metal biasanya digunakan untuk perkakaas potong berkecepatan tinggi (high speed cutting tool), pipa proteksi dan piranti-piranti lain.



Gambar 4. Komposit Partikel (Sumber :<http://danidwikw.wordpress.com>)

2. Bahan Komposit Serat (*Fibrous Composites*)*aramid fibers*.

Bahan komposit serat merupakan jenis bahan komposit yang sering dipakai karena memiliki satu laminat atau satu lapisan yang berpenguat berupa serat/fiber. Fiber yang digunakan diantaranya berupa *glass fiber*, *carbon fibers*, teratur (*unidirectional composites*) dan disusun secara acak (*random fibers*) yang dapat dilihat seperti gambar berikut :



a. Unidirectional composite

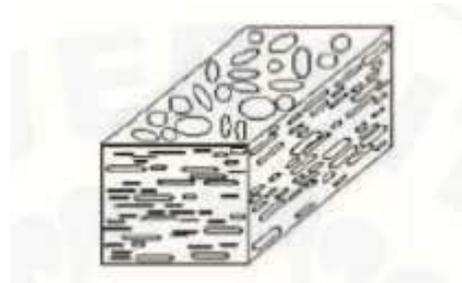
b. random fibers

Gambar 5. Komposit serat (Sumber :<http://danidwikw.wordpress.com>)

3. Komposit serpih (*flake composites*)

Komposit serpih (*flake composites*) adalah komposit dengan tambahan bahan berupa serpihan yang dimasukkan kedalam matriksnya. Flaks dapat berupa

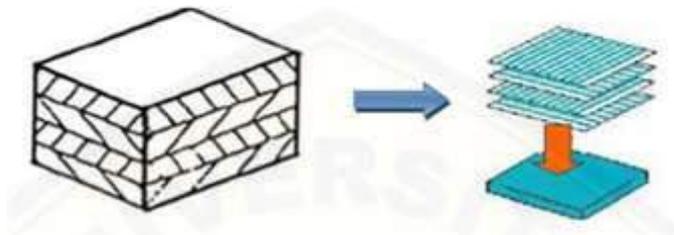
serpihan mika, glass dan logam. Gambar berikut merupakan komposit yang ditambahkan serpihan.



Gambar 6. Komposit serpih(Sumber :<http://danidwikw.wordpress.com>)

4. Komposit Lapisan (*Laminar Composites*)

Komposit lapisan merupakan jenis komposit yang tersusun dari satu atau lebih layer yang digabungkan, masing-masing layer yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda, bentuk dan orientasi penguatnya.



Gambar 7. Komposit Lapisan(Sumber :<http://danidwikw.wordpress.com>)

Pembuatan komposit menggunakan bahan berupa partikel-partikel memiliki ketahanan yang lebih lemah. Kemudian pada pembuatan komposit dengan bahan memiliki kekuatan yang tinggi karena memiliki bentuk yang lebih kompleks dibanding dengan menggunakan bahan-bahan lainnya dan susunan serat yang digunakan searah dan acak. Pembuatan komposit dengan bahan berupa serpihan-serpihan logam dan glass yang memiliki struktur yang tidak kompleks dan pembuatan komposit dengan menyusun bahan-bahan yang disusun layer perlayer.

B. Matriks

Matriks merupakan fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume yang dominan. Matriks umumnya lebih ductile tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah. Syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit adalah matriks yang bisa meneruskan beban sehingga serat dapat melekat pada matriks sehingga tidak ada reaksi yang mengganggu. Umumnya matriks yang dipilih adalah matriks yang mempunyai ketahanan terhadap panas yang tinggi. Matriks mempunyai fungsi sebagai mentransfer tegangan ke serat dan membentuk ikatan yang koheren pada permukaan matriks/serat serta melindungi serat, memisahkan serat, dan stabil setelah terjadi proses manufaktur. Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Melindungi serat dari gesekan mekanik.
2. Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
3. Melindungi dari lingkungan yang merugikan.
4. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Matriks memiliki sifat- sifat yaitu sebagai berikut :

1. Sifat mekanis yang baik.
2. Kekuatan ikatan yang baik.
3. Ketangguhan yang baik.
4. Tahan terhadap temperature (Ellyawan, 2008).

Matriks merupakan pengikat dalam suatu komposit yang memiliki fraksi volume yang sangat tinggi. Matriks memiliki kemampuan untuk meneruskan beban,

sehingga serat dapat melekat kuat pada matrik. Sebab, matrik mempunyai fungsi sebagai penerima beban pertama kali kemudian beban tersebut akan diteruskan lagi pada penguat. Berdasarkan ikatan antar penyusunnya, matrik merupakan matrik polimer yang dibedakan menjadi dua macam, yaitu matrik polimer *thermoplastik* dan matrik polimer *thermosetting*. Matrik polimer *thermoplastik* mempunyai ciri-ciri ikatan molekul berantai panjang (ikatan sekunder) yang lebih lama dari ikatan kovalen (ikatan primer), kekuatan yang berasal dari ikatan sekunder merupakan penentu dari kekuatan matrik polimer sementara rantai linear dan cabang dari ikatan sekunder merupakan kelemahan dari matrik polimer. Matrik yang digunakan untuk bahan komposit adalah matrik polimer dari plastik. Istilah polimer dapat diartikan dengan sebagai molekul yang besar dan terbentuk dari monomer-monomer. Polimer berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata yaitu : *poly* yang berarti banyak dan *meros* yang memiliki arti bagian-bagian atau unit-unit dasar (Jonathan dkk, 2013). Jadi polimer merupakan molekul-molekul yang terdiri dari banyak bagian-bagian sehingga menjadi polimer raksasa yang tersusun dari ikatan kimia yang sederhana atau dari bahan yang memiliki berat molekul yang besar dan mempunyai struktur serta sifat-sifat yang rumit disebabkan karena jumlah atom pembentuk polimer yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa-senyawa yang memiliki berat atomnya lebih rendah.

C. Jenis-Jenis Plastik

Plastik merupakan salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dari proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul yang

sederhana (*monomer*) melalui proses kimia menjadi molekul yang besar. Plastik merupakan senyawa yang mempunyai unsur utama penyusunnya Karbon dan Hidrogen. Salah satu bahan baku untuk pembuatan plastik adalah Naphta, merupakan suatu bahan yang dihasilkan dari proses penyulingan minyak bumi atau berupa gas. Sebagai gambaran untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku maupun energi pada saat pemrosesannya (Kumar dkk, 2011). Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastik* dan *thermosetting*. *Thermoplastik* merupakan bahan plastik apabila dipanaskan sampai temperature tertentu maka akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* merupakan plastik yang apabila dibuat dalam bentuk padat maka tidak dapat dicairkan kembali meskipun dengan cara dipanaskan. Berdasarkan sifat plastik tersebut maka *thermoplastik* merupakan jenis plastik yang memungkinkan untuk didaur ulang kembali. Jenis plastik yang dapat didaur ulang memiliki kode nomor sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi penggunaannya. Berikut merupakan kode nomor sesuai dengan jenis plastiknya :



Gambar 8. Nomor kode plastik (Sumber : Kurniawan, 2012)

Plastik mempunyai kode-kode pada setiap jenisnya sehingga dengan kode dapat membedakan jenis plastik dengan plastik lainnya. Jenis plastik yang berbeda-beda mempunyai penggunaan yang juga berbeda-beda. Berikut adalah

jenis plastik dengan kodenya masing-masing dengan penggunaan yang juga berbeda-beda.

Tabel 1. Jenis Plastik, Kode dan Penggunaanya

No Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET (Polyethylene terephthalate)	Botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat dan botol kosmetik.
2	HDPE (High Density Polyethylene)	Botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3	PVC (Polyvinyl Chloride)	Pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol sampo, botol sambal.
4	LDPE (Low-density Polyethylene)	Kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai plastik tipis lainnya.
5	PP (Polypropilene)	Cup plastik, tutup botol plastik, gelas plastik atau tempat makan dari Styrofoam
6	PS (Polystirene)	Kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
7	Other (O) jenis plastik lain	Botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

Sumber : Kurniawan, 2012

1. Sifat Thermal Bahan Plastik

Sifat thermal pada masing-masing plastik sangat penting dalam proses pembuatan bahan komposit atau untuk didaur ulang. Sifat-sifat thermal yang perlu diperhatikan untuk jenis plastik adalah seperti titik lebur (T_m), temperatur transisi (T_g) dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi merupakan temperatur yang mengenai plastik maka akan mengalami perenggangan struktur pada plastik sehingga terjadinya perubahan kondisi dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel.

Selain plastik memiliki titik lebur, plastik juga akan mengalami perbesaran volume sehingga molekul penyusun plastik akan bergerak lebih bebas yang ditandai dengan kelenturan plastik mengalami peningkatan. Temperatur lebur merupakan suatu kondisi dimana plastik diberikan temperature tertentu maka plastik akan perlahan melunak dan akhirnya menjadi cair. Temperatur dekomposisi merupakan suatu kondisi dimana plastik diberikan temperatur tertentu maka akan terjadi perubahan transisi dari proses pencairan. Jika suhu dinaikkan dari temperatur lebur maka plastik akan mudah mencair dan mengalir sehingga strukturnya akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi ini terjadi karena adanya energi thermal yang melampaui dari energi yang mengikat rantai molekul plastik. Secara umum plastik merupakan polimer yang akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 kali dari temperatur transisinya (Budiyantoro, 2010). Berikut merupakan data sifat thermal yang dimiliki oleh masing-masing plastik yang perlu diperhatikan pada saat proses daur ulang bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Data Temperatur Transisi dan Temperatur Lebur Plastik

Jenis Bahan	Tm (°C)	Tg (°C)	Temperatur kerja mak. (°C)
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LDPE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	100
ABS	-	110	85
PS	-	90	70
PMMA	-	100	85
PC	-	150	246
PVC	-	90	71

Sumber: Budiyantoro, 2010

Berdasarkan tabel sifat-sifat thermal yang dimiliki oleh plastik dengan melihat titik lebur (Tm) dan temperatur transisi (Tg) yang dimiliki oleh masing-

masing jenis plastik maka akan menjadi patokan untuk melakukan daur ulang dengan melihat suhu yang akan digunakan seperti yang dijelaskan dari tabel masing-masing plastik juga memiliki suhu maksimal yang bisa digunakan pada saat proses daur ulang yang akan dilakukan.

2. Daur Ulang Sampah Plastik

Daur ulang merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mengolah kembali barang-barang atau bahan-bahan yang dianggap sudah tidak dipakai dan tidak memiliki nilai jual lagi. Melalui proses fisik dan kimiawi atau keduanya sehingga dari barang-barang yang tidak terpakai tadi (limbah) dapat dimanfaatkan atau diperjualbelikan kembali. Proses daur ulang sampah plastik (*recycle*) dapat digolongkan menjadi empat cara yaitu daur ulang primer, daur ulang sekunder, daur ulang tersier dan daur ulang quarter. Daur ulang dengan cara daur primer merupakan daur ulang limbah plastik sehingga menjadi produk yang serupa dengan bentuk produk aslinya. Daur ulang dengan cara daur primer ini menggunakan plastik yang bersih, tidak terkontaminasi dengan material-material lain dan terdiri dari satu jenis plastik saja. Daur ulang sekunder adalah daur ulang yang menghasilkan sebuah produk yang sejenis dengan produk aslinya namun memiliki kualitas dibawahnya. Daur ulang dengan cara daur tersier merupakan daur ulang pada sampah plastik yang menghasilkan produk seperti bahan-bahan kimia atau menjadi bahan bakar. Sedangkan daur ulang quarter merupakan daur ulang pada sampah plastik yang digunakan untuk proses mendapatkan energi yang terkandung di dalam plastik tersebut (Kumar dkk, 2011). Jadi penggunaan sampah plastik untuk pembuatan komposit yang dapat digunakan sebagai bahan matrik

pada komposit sangat efektif karena selain ketersediaannya yang melimpah plastik ini mudah untuk didaur ulang sehingga akan sangat terpakai untuk pembuatan bahan komposit.

D. Perbedaan Karakteristik Plastik PE, PP, dan LDPE

1. Polystirene (PE)

Polystyrene adalah hasil polimerisasi dari monomer-monomer stirena, dimana monomer stirena didapat dari hasil proses dehidrogenisasi dari etil benzene dengan bantuan katalis, sedangkan etil benzenenya sendiri merupakan hasil reaksi antara etilene dengan benzene dengan bantuan katalis (Iman Mujiarto, 2005). Karakteristik PE adalah titik lebur PE lebih rendah, kekakuan, kekerasan, kekuatan tinggi, penyerapan air rendah, memiliki sifat listrik yang baik, dan tahan terhadap radiasi. Karakteristik plastik Polyeterine adalah :

- a. Rumus kimia : $(C_8H_8)_n$
- b. Kepadatan : $0,96-1.04 \text{ g/cm}^3$
- c. Titik lebur : 240°C
- d. Konduktivitas termal : $0,333 \text{ W}$
- e. Kode nomor daur ulang : 6
- f. Suhu cetak : 180°C

Sifat-sifat umum yang dimiliki Polystirene :

- a. Sifat Mekanis

Sifat mekanis yang menonjol dari bahan ini adalah kaku, keras, mempunyai bunyi seperti metallic bila dijatuhkan.

- b. Ketahanan terhadap bahan kimia

Ketahanan PE terhadap bahan-bahan kimia umumnya tidak sebaik ketahanan dari plastik lainnya.

c. Abrasion resistance

Polystirene mempunyai kekuatan permukaan relative lebih keras dibandingkan dengan jenis termoplastik yang lain.

d. Ketahanan panas

Polystirene mempunyai softening point rendah (90°C) sehingga PE tidak digunakan untuk pemakaian suhu tinggi.

2. Polypropylene (PP)

Polypropylene merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena (Iman Mujiarto, 2005).. Karakteristik yang dimiliki plastik Polypropylene adalah :

- a. Nama teknis : Polypropylene
- b. Formula Kimia : $(\text{C}_3\text{H}_6)_n$
- c. Kode daur ulang : 5
- d. Suhu meleleh : 130°C
- e. Suhu cetakan : $32-66^{\circ}\text{C}$
- f. Suhu defleksi panas : 100°C
- g. Kekuatan tarik : 32 MPa
- h. Kekuatan lentur : 41 N/mm
- i. Berat jenis : 0,91

Sifat-sifat umum yang dimiliki PP :

- a. Mudah menyebabkan fraktur lebur, kontak jangka panjang logam panas mudah terurai.
- b. Fluiditas yang baik tetapi rentang penyusutan dan nilai penyusutan besar, mudah penyok dan deformasi mudah terjadi.
- c. Kecepatan pendingin cepat, ketika suhu cetakan lebih rendah dari 50°C bagian-bagian plastik tidak mulus dan pengelasan tidak mudah sehingga mudah bengkok.
- d. Ketebalan dinding plastik harus seragam untuk menghindari kekurangan bahan dan sudut tajam untuk mencegah konsentrasi tegangan.

3. Low Density Polyethylene (LDPE)

LDPE merupakan termoplastik yang terbuat dari minyak bumi menggunakan tekanan tinggi dan polimerisasi radikal bebas. Karakteristik plastik LDPE adalah :

- a. Rumus kimia : $(C_2H_4)_n$
- b. Kode daur ulang : 4
- c. Titik lebur : 130°C
- d. Kuat tarik : 5 MPa
- e. Kerapatan : 0,90 g/cm³
- f. Berat jenis : 0,85 g/m
- g. Kekuatan : lemah
- h. Fleksibilitas : kurang fleksibel

Sifat-sifat umum yang dimiliki LDPE :

- a. Ketahanan terhadap bahan kimia

- b. Tidak ada kerusakan dari asam, basa, alkohol dan ester.
- c. Dapat bertahan pada suhu 90°C dengan waktu yang tidak terlalu lama.

Perbedaan dari ketiga jenis plastik PE, PP, dan LDPE dapat dilihat dari Tabel temperatur leleh proses termoplastik berikut :

Tabel 3. Temperatur Leleh Proses Termoplastik

Processing Temperatur Rate		
Plastik	Titik Leleh (°C)	Titik kristalisasi (°F)
PE	180-260	356-500
PP	200-300	397-572
LDPE	160-240	320-464

(Sumber : Iman Mujiyanto, 2005)

Berdasarkan Tabel dapat dilihat plastik PP mempunyai titik leleh yang cukup tinggi yaitu (200-300°C), sedangkan titik kristalisasinya antara (397-572 °C).PP mempunyai ketahan terhadap bahan kimia yang tinggi tetapi ketahanannya rendah.

E. Serat

Serat secara umum dapat terbagi menjadi dua macam yaitu serat alam dan serat sintesis.Serat sintesis memiliki banyak kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatife seragam, kekuatan serat yang dihasilkan bergantung pada panjang serat.Serat alam yang biasa digunakan adalah serat dari tumbuh-tumbuhan. Serat tumbuhan adalah serat yang bahan pokoknya berasal dari tumbuh-tumbuhan yang dikelompokkan dari beberapa bagian yaitu: serat biji, serat batang dan serat daun. Serat alami (natural fiber) merupakan serat yang berasal dari alam langsung

(bukan bahan buatan atau rekayasa dari manusia).Keuntungan mendasar yang dimiliki oleh serat alami adalah jumlahnya yang sangat berlimpah, memiliki *specific cost* yang rendah, dapat diperbarui atau didaur ulang, dan tidak mencemari lingkungan (Nurdin,dkk 2011). Serat alami biasanya didapatkan dari serat-serat tumbuhan seperti serat sabut kelapa, serat bambu, serat tandan kelapa sawit, serat pohon pisang, serat nanas dan banyak lainnya. Biasanya sebelum digunakan sebagai bahan serat dari komposit, sebelum dijadikan komposit terlebih dahulu serat alami diberikan perlakuan menggunakan cairan kimia seperti NaOH.Perlakuan alkali serat ini sangat berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan bahan dan modulus tarik komposit. Kekuatan dan modulus tarik tertinggi diperoleh untuk komposit dengan perlakuan alkali serat selama 2 jam (Jamasri dkk, 2005). Hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dan juga meningkatkan ikatan dengan matrik yang akan digunakan.

Penelitian dan penggunaan serat alami sebagai bahan pembuatan komposit sudah berkembang sangat pesat karena serat alami mempunyai banyak keunggulan dibandingkan serat buatan (*sintetic*) seperti beratnya yang lebih ringan dan dapat diolah secara alami dan juga ramah lingkungan.Serat alami juga merupakan bahan yang terbarukan dan mempunyai kekakuan dan kekuatan yang relative lebih tinggi dan tidak menyebabkan iritasi pada kulit (Oksman dkk, 2003). Penggunaan serat alami memiliki fungsi utama yaitu untuk menentukan karakteristik bahan komposit seperti kekuatan, kekakuan serta sifat-sifat mekanik. Bentuk serat ada dua macam yaitu serat panjang dan serat yang pendek karena menentukan sifat mekanik yang akan dihasilkan dari komposit. Bahan pengisi

serat ini digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit. Komposisi serat mempunyai banyak keunggulan sehingga sudah banyak dipakai untuk bahan produk. Bahan komposit serat terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber atau whisker*). Penggunaan bahan komposit berbasis serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya apabila dibebani serat yang searah, sebaliknya bahan komposit sangat lemah apabila dibebani serat dengan arah yang tegak (Hadi, 2000). Komposit serat yang pendek tetapi memiliki orientasi yang benar maka akan menghasilkan kekuatan yang baik dan lebih besar dibandingkan *continuous fiber* atau serat panjang. Hal ini karena produksi cacat pada permukaan serat yang pendek yang lebih rendah, sehingga kekuatannya dapat mencapai kekuatan teoritisnya. Faktor yang mempengaruhi panjang serat atau *chopped fiber composites* adalah *critical length* (panjang kritis) panjang serat yang minimum mempengaruhi tegangan untuk mencapai tegangan saat mencapai patah yang tinggi. Jadi, pada pembuatan komposit ini panjang serat yang digunakan dapat mempengaruhi kekuatan dari bahan komposit dan juga komposisi serat alami juga mempengaruhi dari kekuatan komposit yang akan dibuat karena serat alami yang memiliki kandungan-kandungan seperti zat-zat penguat juga menghasilkan sifat mekanik komposit yang memiliki kekuatan yang baik.

F. Serat Sabut Kelapa

Kelapa merupakan tanaman perkebunan/industry berupa pohon batang lurus dari family *Palmae*. Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L*) merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Seluruh

bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, sehingga pohon ini sering disebut pohon kehidupan (*tree of life*) karena hampir seluruh bagian dari pohon, akar, batang, daun dan buahnya dapat dipergunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Unsur pada buah kelapa yaitu sabut kelapa diambil setelah pengangkatan daging kelapa dan digunakan dalam industri sabut untuk pembuatan benang dan produk-produk berbasis coir seperti karpet, tikar dari kulit dan sabut sekitar 20-30%. Serat putih (yang lebih lentur) yang diperoleh dari kelapa hijau, serat coklat yang diperoleh dengan pemanenan kelapa matang dipanen setelah 6-10 bulan pada tanaman (Romels dkk, 2011).

Serat sabut kelapa dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu serat berwarna putih dan serat berwarna coklat. Serat kelapa yang berwarna putih diperoleh dari buah kelapa yang belum sempurna matang. Serat ini memiliki struktur yang lebih halus dan memiliki warna yang lebih cerah. Sedangkan serat yang berwarna coklat diperoleh dari buah kelapa yang telah matang. Untuk memperoleh serat dari buah kelapa maka perlu direndam di dalam air atau larutan NaOH agar serat dapat terpisah dari sabut kelapa. Serat sabut kelapa memiliki komposisi kimia yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan komposit. Berikut merupakan komposisi kimia serat sabut kelapa :

Tabel 4. Komposisi Kimia Serat Sabut Kelapa

Kandungan	Presentase (%)
Cellulosa	32-43
Hemicellulosa	0,15-0,25
Lignin	40-45
Pectin	3-4
Kelembaban	8

Sumber : Luqman Faruq, 2008

Struktur serat ditentukan oleh dimensi dan pengaturan sel-sel berbagai unit dan juga mempengaruhi sifat serat. Serat adalah sel yang memanjang dengan ujung runcing dan dinding sel berlignin yang tebal. Bagian penampang dari sel unit sel dalam serat memiliki pusat berongga yang dikenal sebagai lumen dan bahwa bentuk dan ukuran yang tergantung pada dua faktor seperti ketebalan dari dinding sel dan sumber serat. Rongga berfungsi sebagai isolator akustik dan thermal sehingga menurunkan *bulk density* serat. Berikut merupakan gambar irisan sel serat sabut kelapa.



Gambar 10. Irisan sel serat sabut kelapa (Sumber : Made Astika, 2013)

Komposisi kimia dari serat sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous, acid, gas, arang, ter, tannin dan potassium. Berdasarkan sifat fisis dari sabut kelapa dapat dilihat :

1. Serat dari sabut kelapa terdiri dari serat yang kasar, halus dan tidak kaku.
2. Mutu dari serat dilihat dari warna serat dan ketebalan dari serat.
3. Mengandung unsur kayu seperti lignin, suberin, kutin, tannin dan zat lilin.

Berdasarkan sifat mekanik dari serat sabut kelapa dapat dilihat yaitu :

1. Kekuatan tarik yang dihasilkan dari serat yang kasar dan halus berbeda.
2. Mudah rapuh.

3. Bersifat lebih lentur (Zainal.M dan Yulius, 2005).

Serat sabut kelapa juga memiliki sifat-sifat mekanik yang juga berperan penting pada pembuatan komposit, sehingga menghasilkan material komposit yang memiliki kualitas baik. Sifat-sifat mekanik yang dimiliki oleh serat sabut kelapa seperti modulus elastisitas (Modulus Young), tegangan, dan regangan serat yang dipengaruhi oleh struktur, komposisi, dan jumlah cacat pada serat sabut kelapa. Pada tabel berikut merupakan sifat mekanik yang serat sabut kelapa antara lain :

Tabel 5. Sifat Mekanik Serat Sabut Kelapa

Mechanical Properties	Coconut Coir Fibre
Density (g/cm ³)	1.2
Elongation at break (%)	30
Tensile Strength (MPa)	175
Young Modulus (GPa)	4-6
Water absorption (%)	130-180

Sumber : Romels (2011)

G. Sifat- Sifat Mekanik

Sifat mekanik merupakan kemampuan suatu bahan/komponen untuk menerima beban/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan/komponen tersebut. Sedangkan sifat mekanik suatu bahan/material merupakan sifat logam yang dikaitkan dengan kelakuan logam tersebut jika dibebani dengan bahan mekanik. Menurut Lawrence (1992 : 7) diantara sifat-sifat mekanik bahan dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 6. Sifat- Sifat Mekanik Bahan

Sifat atau Karakteristik	Lambang	Defenisi	Satuan	
			SI	Britania
Tegangan	S	Gaya/Satuan Luas (F/A)	pascal* (N ⁺ /m ²)	psi* Ib _f /in. ²
Regangan	E	Fraksi deformasi ($\Delta L/L$)	-	-
Modulus elastisitas	E	Tegangan/regangan elastic	Pascal	Psi
Kekuatan :		Tegangan pada waktu gagal/patah/putus		
Luluh	S _y	Ketahanan terhadap deformasi plastik mula	Pascal	Psi
Tarik	St	Kekuatan maksimum (berdasarkan ukuran mula)	Pascal	Psi
Keuletan		Besar deformasi plastik sampai patah		
Perpanjangan	e _f	$(L_f - L_0) / L_0$	§	§
Susut penampang	R dari A	$(A_0 - A_f) / A_0$	§	§
Ketangguhan		Energi yang diperlukan sehingga terjadi patahan	Joule	ft-Ib
Kekerasan ⁺		Ketahan terhadap deformasi plastic		Satuan Britania

Sumber : Lawrence, 1992

Keterangan :

* 1 pascal (Pa) = 1 Newton/m² = 0.145 x 10⁻³psi ; 1000 psi = 6.849 MPa.

+ Beban sebesar 1 kg massa menghasilkan gaya F sebesar 9.8 newton (N) akibat gravitasi.

Dikenal tiga cara untuk menentukan kekerasan :

+ Brinell (BHN) Disini dipergunakan suatu penekanan yang besar. Kekerasan dikaitkan dengan diameter (1 sampai 4 mm) penekan.

+ Rockwell (R) Disini dipergunakan suatu penekan yang kecil. Kekerasan dikaitkan dengan kedalaman indentasi.

+ Vickers (DPH) Disini dipergunakan penekan intan berbentuk piramida. Beban yang kecil dapat dipergunakan untuk mengukur kekerasan.

§ Tidak terdimensi, penentuan berdasarkan ukuran mula (o) dan akhir (f) (biasanya dinyatakan dengan persen).

Berdasarkan tabel di atas dapat dirincikan beberapa sifat mekanik sebagai berikut :

1. Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah bahan yang mudah diregangkan serta cenderung kembali ke keadaan semula dengan mengenakan gaya reaksi elastisitas atas gaya tegangan yang meregangkannya. Sedangkan menurut Matheus (2011), elastisitas adalah sifat benda yang berdeformasi sementara, tanpa perubahan yang permanen, yaitu sifat untuk melawan deformasi yang terjadi. Sebuah benda dapat dikatakan berelastis secara sempurna jika setelah gaya yang diberikan penyebab perubahan bentuk dihilangkan maka benda akan kembali ke bentuk semula. Elastisitas suatu benda tersebut terjadi karena adanya tegangan dan regangan yang terjadi saat gaya diberikan. Tegangan merupakan perubahan suatu benda karena pengaruh gaya (F) terhadap luas penampang (A) yang dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Keterangan :

σ = Tegangan (N/m²) / (Pa)

F = Gaya (N)

A = Luas Permukaan (m²)

Regangan merupakan perubahan bentuk, ukuran dan panjang suatu benda akibat adanya tegangan yang dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (4)$$

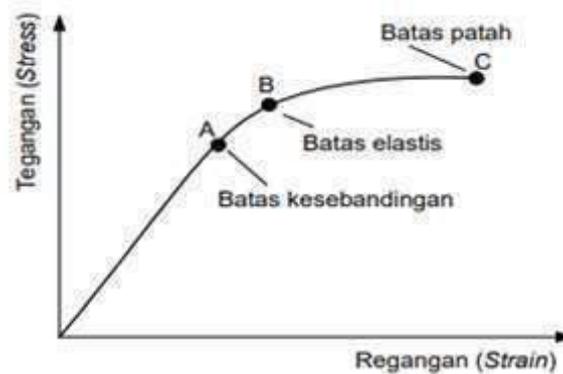
Keterangan :

ε = Regangan (N/m²)

l_0 = Panjang mula (m)

Δl = Perubahan panjang (m)

Nilai modulus elastisitas suatu benda dapat dilihat dari Grafik hubungan tegangan dan regangan sebagai berikut :



Gambar 12. Tegangan terhadap Regangan(Sumber : Matheus, 2011)

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan adanya hubungan tegangan terhadap regangan yang terjadi untuk menentukan modulus elastisitas suatu bahan dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (5)$$

Keterangan :

E = Modulus Elastisitas (Mpa)

σ = Tegangan (N/mm²)

ε = Regangan (N/mm²)

Pada grafik tersebut linear sampai titik A, yang membuktikan berlakunya Hukum Hooke dimana regangan berubah secara linear terhadap tegangan. Pada titik B merupakan batas elastik suatu benda, dimana apabila suatu benda ditarik melampaui batas titik elastik ini maka benda tidak akan mengalami perubahan atau tetap. Jika gaya yang diberikan diperbesar maka benda akan mengalami kerusakan atau patah pada titik C. Daerah linear dari grafik di atas merupakan akibat gaya yang diberikan berupa tarikan atau tekanan (kompresi).

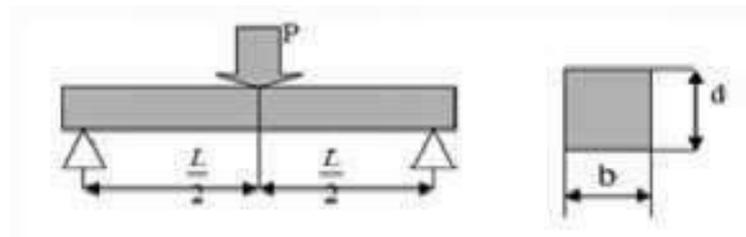
2. Kekuatan

Kekuatan merupakan ketahanan suatu bahan terhadap deformasi plastik yang disebut juga dengan kekuatan luluh, kuat lentur, dan kekuatan tarik. Kekuatan luluh (S_y) adalah tegangan yang diperlukan untuk menghasilkan regangan plastik.

a. Kuat Lentur (*Bending*)

Kuat lentur (*Bending*) merupakan kekuatan suatu benda pada saat diberikan gaya sampai kepada titik batas patah benda tersebut. Jika suatu benda diberikan gaya atau tekanan maka benda tersebut dan tidak mengalami kerusakan atau patah, maka disitulah titik kelenturan benda tersebut. Dari penelitian-penelitian yang sudah dianalisis maka, pengujian kekuatan lentur pada benda banyak digunakan untuk melihat ketahanan benda yang sudah dibuat contohnya seperti pembuatan komposit. Menurut Jonathan, dkk (2013), pengujian kekuatan lentur/bending bertujuan untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap

pembebanan pada titik lentur. Di samping itu pengujian ini juga dimaksud untuk mengetahui keelastisitasan suatu bahan. Pada proses pengujian ini, sampel yang akan diuji diberikan pembebanan yang arahnya tegak lurus terhadap arah penguatan serat. Pengujian kekuatan lentur memakai Standar ASTM D 6110 dapat dilihat dari Gambar penampang uji bending, berikut ini :



Gambar 13. Penampang Uji Bending/Kuat Lentur (Sumber : Jonathan, dkk, 2013)

Berdasarkan Gambar 13. Di atas dapat dilihat pada proses pengujian kuat lentur benda, benda diletakkan pada titik tumpuan dengan memperhatikan jarak (L) pada penampang benda uji, kemudian specimen yang akan diuji diberikan beban (P) dan benda yang akan diuji disesuaikan dengan lebar (b) dan tebal (d) sesuai penampang uji pada alat. Nilai kuat lentur suatu benda uji dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini (Suhendra, 2017) :

$$f_s = \frac{P \cdot a}{b \cdot h^2} \quad (6)$$

Keterangan :

f_s = Kuat Lentur benda uji (Mpa)

P = Beban maksimum pada saat pengujian (N)

L = Jarak bentang antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar patah horizontal (mm)

h = Lebar patah vertikal (mm)

a = Jarak antara penampang (mm)

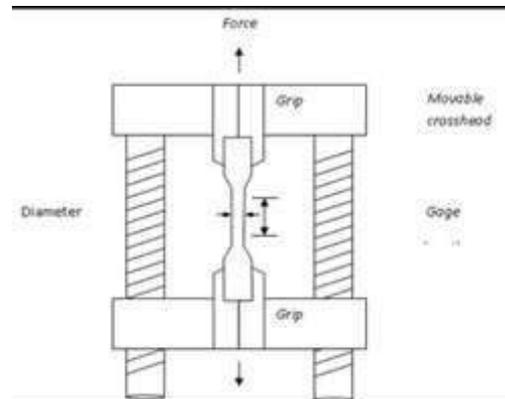
Kekuatan lentur pada benda yang diuji merupakan nilai yang didapatkan karena adanya pengaruh tekanan atau tarikan pada benda tersebut saat diberikan beban atau gaya. Oleh karena itu untuk menentukan kuat lentur suatu benda dapat dilihat dengan pengujian menggunakan alat *Universal Testing Machine* yaitu alat yang digunakan untuk menguji tegangan tarik dan kuat tekan suatu benda yang akan diuji. *Universal Testing Machine* dapat menguji bahan atau material padat, seperti plastik, logam, besi, aluminium, kayu, tali, benang, dan kertas. Parameter yang dihasilkan dari uji tarik maupun uji tekan adalah Modulus elastisitas, kuat lentur, kekuatan putus, regangan, dan tegangan. Alat *Universal Testing Machine* dapat dilihat pada Gambar 13 berikut :



Gambar 14. Alat Universal Testing Machine (Sumber : Indra S & Suhendar, 2016)

Berdasarkan Gambar 13. Di atas cara kerja dari alat Universal Testing Machine ini terbagi menjadi 2 yaitu uji tarik (*Tensile Test*) dan uji tekan (*Compression Test*). Pada pengujian untuk uji tarik (*Tensile Test*) memerlukan bahan atau material yang mempunyai bentuk yang panjang dan penempatan bahan/material diletakkan pada bagian atas dari UTM, yaitu dibawah *top plate*, kemudian dikunci dengan cara memutar, setelah dipastikan dikunci dengan baik

barulah mesin dihidupkan. Cara kerja uji tarik ini dapat dilihat dari Gambar penempatan material untuk *Tensile Tes* berikut ini :



Gambar 15. Penempatan Material untuk Tensile

Test(Sumber:<https://www.testingindonesia.com>)

Berdasarkan Gambar 16. Di atas dapat dilihat bahwa prinsip dari alat uji ini adalah plate pada bagian tengah akan menarik bahan/material sampai putus kemudian pada parameter akan menunjukkan seberapa maksimal kekuatan sampai bahan/material tersebut putus. Panjang bahan/material dapat dilihat dengan mengukur panjang sebelum dan sesudah material diuji. Sedangkan prinsip kerja untuk uji tekan hampir sama dengan uji tarik, namun disini bahan/material diletakkan pada bawah plate dan menekan material/bahan tersebut sampai retak dan dapat melihat parameter yang ada. Data yang langsung diperoleh oleh Universal Testing Machine adalah perubahan panjang sampel terhadap besar gaya yang diberikan. Hasil akan dikonversi ke dalam bentuk grafik *strain-strength*. Sehingga dengan adanya perbandingan tegangan dan regangan ini maka didapatkanlah nilai modulus elastisitas dan kuat lentur pada suatu bahan/material.

b. Kekuatan tarik

Kuat tarik merupakan tegangan yang diperlukan berdasarkan luas penampang yang mengecil pada waktu beban maksimum yang dilampaui hingga bahan tersebut patah. Berikut merupakan skema percobaan kekuatan tarik. Kuat tarik dari suatu benda uji dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Gugun Gundara, dkk : 2019).

$$S_t = \frac{F}{A} \quad (7)$$

Keterangan :

S_t = Tegangan tarik uji (MPa)

F = Gaya yang diberikan (N)

A = Luas Penampang (mm^2)

c. Kuat Tekan

Kuat Tekan merupakan tegangan yang diberikan untuk mengukur berapa banyak beban yang dapat ditanggung oleh suatu material yang diuji. Berikut merupakan persamaan yang dapat menentukan nilai dari kuat tekan dari benda uji :

$$KT = \frac{F}{A} \quad (8)$$

Keterangan :

KT = Kuat Tekan (MPa)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (mm)

3. Keuletan

Keuletan merupakan besarnya regangan plastik hingga terjadi patahan (e_f) yang dapat dinyatakan dalam presentase perpanjangan (*percent elongation*) yang tidak berdimensi ($(L_f - L_0)$ atau $(\Delta L / L_0)$) yang menyatakan deformasi plastik pada umumnya terjadi pada daerah yang susut, jadi perpanjangan tergantung pada panjang ukur. Susut penampang ($A_0 - A_f$) pada titik yang patah. Bahan yang ulet biasanya memiliki penyusutan yang besar sebelum patah. Perpanjangan merupakan ukuran regangan plastik sedangkan penyusutan penampang merupakan ukuran, susut plastik.

4. Kekerasan

Kekerasan merupakan ketahanan suatu bahan terhadap penetrasi pada permukaannya. Kekerasan dapat di uji menggunakan 2 alat uji kekerasan berdasarkan bilangannya sebagai berikut :

- a. Bilangan kekerasan Brinell (BKB) merupakan suatu indeks kekerasan yang dihitung dari luas daerah lekukan yang ditimbulkan oleh penekanan pusat yang besar. Lekukan disebabkan oleh bola baja karbida tungsten yang keras pada beban standar.
- b. Kekerasan Rockwell (R) merupakan indeks kekerasan yang menghitung kedalaman penetrasi suatu penekanan standar yang kecil.

H. Pengaruh Komposisi Serat Terhadap Kuat Lentur dan Kuat Tarik

Komposit merupakan suatu bahan yang terbuat dari dua buah atau lebih bahan yang memiliki sifat yang berbeda-beda yaitu serat dan matrik. Bahan komposit dikatakan memiliki sifat mekanik kuat lentur dan kuat tarik yang baik

jika serat yang digunakan memiliki kandungan kimia yang berfungsi sebagai penguat seperti hemiselulosa, lignin, selulosa dan matrik yang berfungsi sebagai pengikat yang dapat mengikat serat seperti bahan polimer yaitu plastik. Penggunaan serat dan matrik pada pembuatan komposit memiliki variasi atau komposisi yang sesuai sehingga dihasilkan komposit yang memiliki sifat mekanik yang sesuai standar pembuatan komposit yang ingin dibuat. Penggunaan serat sebagai penguat juga berperan penting dalam pembuatan komposit karena juga menentukan kekuatan bahan komposit. Pada hasil penelitian yang sudah dilakukan menjelaskan bahwa semakin besar fraksi volume serat maka semakin tinggi pula tegangan atau kuat tarik, modulus elastisitas, dan kekuatan bendungnya (kuat lentur) (Budi, 2011). Penggunaan serat yang memiliki kandungan-kandungan penguat seperti hemiselulosa, selulosa, dan lignin sangat diperlukan pada pembuatan komposit. Jika penggunaan serat sebagai penguat digunakan dalam volume yang besar maka akan menghasilkan penguatan yang besar pula pada bahan komposit, contohnya seperti kuat lentur dan kuat tarik.

Menurut Lawrence (1992 : 541), penguatan yang besar akan membuat komposit itu lebih efektif dengan penguatan yang lebih besar. Serat sebagai penguat dan matriks harus saling berkesinambungan sehingga matriks dapat bergerak bebas pada permukaan yang luas sehingga tegangan yang masuk juga akan lebih rendah sehingga akan meminimumkan terjadinya patah pada bahan komposit sehingga komposit yang dibuat memiliki kualitas yang baik. Maka penggunaan serat pada pembuatan komposit dengan variasi yang besar maka kekuatan yang dihasilkan pada bahan komposit juga akan besar seperti kuat lentur

dan kuat tarik. Jadi penambahan serat pada pembuatan komposit sangat mempengaruhi kekuatan pada bahan komposit yaitu jika serat yang digunakan pada fraksi volume yang besar maka kekuatan komposit yang dihasilkan juga besar seperti kuat lentur dan kuat tarik.

I. Pengaruh Konsentrasi Alkali, Lama Perendaman Serat Pada Larutan Alkali dan Panjang Serat Terhadap Kuat Lentur dan Kuat Tarik

Serat yang digunakan pada pembuatan komposit pada umumnya menggunakan serat yang berasal dari alam yang terkontaminasi langsung dengan lingkungan yang kurang bersih contohnya serat sabut kelapa. Permukaan serat sabut kelapa yang banyak mengandung banyak kotoran yang akan mempengaruhi proses perakitan dengan matrik. Salah satu cara yang banyak digunakan untuk menghilangkan kotoran-kotoran pada permukaan serat ialah proses perlakuan alkali dengan variasi presentase konsentrasi dan lama perendaman.

Hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dengan konsentrasi 15% pada variasi 1, 3, 5, 7, 9, dan 11 jam, pada perendaman 3 jam ukuran serat sabut kelapa mulai mengalami pembesaran hingga 50,98% dibandingkan sebelum direndam (Arsyad M, dkk : 2015). Sedangkan menurut Hartanto (2009) semakin kecil diameter serat maka semakin kuat bahan komposit yang dihasilkan, karena minimnya cacat pada material komposit. Jadi pada hasil penelitian tersebut memperlihatkan perendaman serat selama rentang 1 sampai 3 jam merupakan perendaman yang optimal untuk menghasilkan kuat lentur dan kuat tarik yang maksimum. Hasil penelitian lain juga menunjukkan bahwa perlakuan alkali terhadap serat mampu menghilangkan lapisan seperti lilin di permukaan serat sehingga serat dan resin memiliki ikatan yang kuat. Serat yang

diberikan perlakuan alkali memiliki kekuatan yang tinggi dibandingkan dengan komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan alkali (Jorhans J, dkk : 2015).

Perendaman alkali dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit serat, karena menurut Maryanti, dkk (2011) komposit yang diperkuat dengan serat tanpa perlakuan alkalisasi maka ikatan antara serat dan resin menjadi tidak sempurna karena terhalang lapisan yang menyerupai lilin dipermukaan serat. Sejalan dengan Maryanti, dkk (2011), Goud dan Rao (2011) juga membuktikan bahwa skin berbahan dasar serat yang diperlakukan dengan perendaman NaOH mempunyai nilai kuat tarik lebih besar dibandingkan tanpa perlakuan alkali. Alkali yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah NaOH kristal dengan kadar 5% terhadap pelarutan air.

Selain perlakuan alkali dan fraksi volume faktor panjang serat juga mempengaruhi kekuatan tarik komposit. Hussain, dkk (2011) dan Lokantara, dkk (2010), penelitian mereka menyatakan bahwa semakin pendek serat maka kekuatan tarik dan kuat lenturakan meningkat. Lokantara dkk (2010) mengatakan bahwa serat pendek mempunyai kekuatan tarik yang lebih besar karena serat pendek dapat terdistribusi dengan baik dan merata pada waktu proses pembuatan komposit, panjang serat optimal yang digunakan 200 mm sehingga lebih baik dalam membagi beban. Oleh karena itu untuk mendapatkan nilai kuat tarik yang optimum perlu dilakukan eksperimen guna mendapatkan kombinasi faktor yang optimum dan mengetahui interaksi antar faktor tersebut.

J. Metode Pembuatan Komposit dengan Hot Press

1. Metode Hot Press

Metode Hot Press merupakan suatu alat yang dirancang untuk mengerjakan penekanan panas yang dapat di aplikasikan untuk pengerjaan pembuatan produk metal, plastik, dan pemadatan partikel dan serat menjadi papan komposit dan lain-lain (Rizal Hanifi, dkk 2019). Beberapa riset yang menggunakan mekanisme pembentukan dibawah temperatur dan tekanan tinggi seperti hot press memberikan hasil komposit dengan kepadatan serta kekuatan mekanis yang lebih tinggi dibandingkan dengan conventional sintering, dimana terjadi penurunan porositas dan kenaikan densitas serta kekuatan ikatan permukaan (Sayed Mustofa dkk, 2011). Parameter proses yang perlu diperhatikan pada hot press metalurgi serbuk antara lain temperature, ukuran partikel dan fraksi volume material penguat. Peningkatan temperatur hot press akan menghasilkan kekerasan dan kekuatan yang semakin tinggi dan keausan yang semakin rendah (M. Zainuri, dkk 2009). Di pihak lain proses pembuatan komposit menggunakan metode hot press dapat meningkatkan hasil cor dengan meningkatkan densitas serta meningkatkan ikatan permukaan bahan pembentuk (Hasan Callioglu dkk, 2011). Metode ini banyak digunakan oleh peneliti-peneliti sebelumnya karena proses tekan pada saat mencetak bahan komposit menggunakan temperatur sehingga metode ini menjadi metode yang baik dalam mencetak bahan komposit.

2. Metode VARI

Metode VARI adalah salah satu metode pembuatan komposit dimana komposit dibuat di dalam mould yang tertutup diruang vakum sehingga terjadi perbedaan tekanan udara antara udara luar dan udara dalam sehingga bahan komposit akan ditekan sampai merata dan juga menarik keluar sisia-sisa atau

kelebihan pada pembuatan komposit (Abubakar, 2018). Metode ini membuat bahan komposit yang akan dicetak tertata dengan rapi dan lebih tertata dengan sempurna.

3. Metode Hand Lay up

Metode hand lay up adalah metode pembuatan komposit dengan cara serat dilumi dengan matrik yang masih cair kemudian diratakan secara manual. Metode ini tidak memerlukan investasi yang besar dalam prosesnya namun memiliki banyak kekurangan dibandingkan dengan metode lain (Zhang dkk, 2012).

4. Metode Injection Moulding

Metode Injection Moulding merupakan metode pembuatan komposit dimana bahan plastik diinjeksi dalam cetakan yang kemudian mengalami proses pembekuan atau pengerasan menjadi bentuk yang diinginkan dan terjadi didalam cetakan (Dwi Rahmalina dkk, 2018). Metode ini merupakan metode yang digunakan khusus untuk pembuatan komposit yang matriknya berbahan plastik sehingga penggunaannya efektif untuk matrik yang berbahan plastik.

K. Standar SNI Kuat Lentur dan Kuat Tarik Pembuatan Komposit

Pengujian kuat tarik dapat diketahui hubungan tegangan dan regangan yang dapat diterima oleh bahan komposit. Hal ini berhubungan dengan tegangan maksimum yang bisa di tahan oleh suatu bahan saat diberikan gaya tarik. Pengujian kuat tarik yang dilakukan pada suatu bahan tentunya memiliki standar agar dapat dijamin kualitas dalam pembuatannya. Berdasarkan acuan yang digunakan uji kekuatan tarik ini mengacu pada standar yaitu standar SNI 03-2105-2006. Kekuatan tarik minimum yang direkomendasikan untuk jenis komposit

berupa bahan komposit biasa dan dekoratif adalah sebesar $3,1 \text{ kgf/cm}^2$ atau sama dengan $3,04 \text{ MPa}$. (Riris dan Henok, 2015). Sedangkan untuk pengujian kuat lentur yaitu pengujian yang dilakukan pada bahan komposit untuk mengetahui ketahanan bahan pada saat diberikan gaya beban. Kekuatan lentur juga menggunakan acuan berdasarkan standar agar dapat mengetahui kualitas bahan komposit yang dibuat. Berdasarkan acuan standar untuk kekuatan lentur mengacu pada standar SNI 03-2105-2006. Sesuai standar SNI 03-2105-2006 kuat lentur minimum untuk pembuatan komposit yang direkomendasikan adalah sebesar 92 kgf/cm^2 sama dengan $9,022 \text{ N/mm}$ (Riris dan Henok, 2015). Sifat mekanik berupa kuat lentur dan kuat tarik dapat dikatakan optimal jika sudah memenuhi standar SNI agar nantinya bisa terpakai pada kehidupan sehari-hari contohnya saja untuk pembuatan panel dinding rumah, agar bisa terpakai dan laku dipasaran tentunya dilakukan penyesuaian dengan acuan standar SNI yang sesuai.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian studi literatur ini maka didapatkan kesimpulan, yaitu :

1. Telah dilakukannya analisis terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi pembuatan komposit. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembuatan komposit dari serat sabut kelapa menggunakan matrik PE, PP, dan LDPE adalah komposisi serat sabut kelapa, konsentrasi alkali optimal 5%, lama perendaman serat sabut kelapa pada alkali optimal 3 jam, panjang serat sabut kelapa optimal 200 mm, dan metode yang digunakan pada pembuatan komposit yaitu metode VARI, Hot Press, Hand Lay up, dan Injection Muolding.
2. Metode terbaik dan komposisi terbaik yang menghasilkan sifat mekanik optimal sehingga memenuhi standar SNI adalah artikel didapat pada artikel P3 dengan judul penelitian “Analisis Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Kuat Tarik Bahan Komposit Poliester dengan Filler Alami Serat Sabut Kelapa Merah” dengan nilai kuat tarik sebesar 107.340 MPa yang sudah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 untuk pembuatan panel dinding komposit dengan menggunakan komposisi serat sabut kelapa sebesar 1% dalam fraksi berat, konsentrasi alkali 5%, panjang serat sabut kelapa 2 cm, susunan serat secara acak, dan menggunakan metode hot press.

B. Saran

1. Mahasiswa dapat menerapkan dengan melakukan penelitian eksperimen berdasarkan hasil-hasil penelitian yang sudah dilakukan ini sehingga membuat penelitian ini lebih berkembang.

Masyarakat dapat mengganti penggunaan bahan bangunan dari bahan-bahan yang tidak ramah lingkungan ke bahan komposit ini yang ramah lingkungan, karena pembuatan komposit ini menggunakan bahan-bahan yang dapat didaur ulang seperti plastik-plastik dan serat alami sehingga juga dapat mengurangi polusi udara disebabkan oleh sampah-sampah plastik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, M., Wahyuni, N., 2015. *Analisis Pengaruh Lama Perendaman Serat Sabut Kelapa Dalam Larutan Alkali Terhadap Sifat-Sifat Serat Sabut Kelapa* : Laporan Akhir Penelitian Fundamental. UPPM PNUP : Makassar.
- Astika, Made., Putu Lokantara & Made Gatot Karohika., 2013. *Sifat Mekanik Komposit Polyester Dengan Penguat Serat Sabut Kelapa*, Universitas Udayana, Bali.
- Ayrimis, N., Jarusombuti, S., Fueangvivat, V., Bauchongkol, P., & White, R. H., 2011. *Coir fiber reinforced polypropylene composite panel for automotive interior applications. Fibers and Polymers, 12(7)*, 919.
- Bajus, M., & Hajekova, E., 2010. *THERMAL CRACKING OF THE MODEL SEVEN COMPONENTS MIXED PLASTICS INTO OILS/WAXES. Petroleum & Coal, 52(3)*.
- Bakri, M, Iqbal., M, Rifki., 2012. *Analisis Variasi Panjang Serat Terhadap Kuat Tarik dan Kuat Lentur Pada Komposit Yang Diperkuat Serat Agave angustifolia Haw.* Jurnal Mekanika : Palu.
- Budiyantoro, C., 2010. *Thermoplastik dalam Industri*. Teknik Media. Surakarta.
- Dwiprasetyo, [http://www.dwiprasetyo87.co.cc/2010_03_01_archive.html], 2010 (Diakses tanggal 16-01-2012).
- Ellyawan, S. A., & Wibowo, H., 2008. *Modulus Elastisitas dan Modulus Pecah Papan Partikel Sekam Padi*. Jurnal Teknologi Technoscintia, 1(1).
- Embun, B. (2012, April 17). Banjir Embun. Retrieved from Penelitian Kepustakaan: <http://dapurilmiah.blogspot.co.id/2014/06/penelitian-literatur.html?m=1>.
- Fitriyani R, dkk., 2012. *Analisis Pengaruh Perlakuan Serat Terhadap Kekuatan Tarik Serat Agave Cantula Roxb*” Mahasiswa Program Pasca Sarjana Magister Teknik Mesin UNS.

- Goud, Govardha dan Rao, R, N. 2011. "Effect of Fiber Content and Alkali Treatment on Mechanical Properties of Roystonea Regia-Reinforced Epoxy Partially Biodegradable Composites". Bulletin of Materials Science. Vol. 34.No. 7, December 2011, pp. 1575-1581.
- Gugun Gundara., & Muhammad Budi Nur Rahman., 2019. *Sifat Tarik, Bending dan Impak Komposit Serat Sabut Kelapa –Polyester dengan Variasi Fraksi Volume*. Jurnal Material dan Proses Manufaktur, Vol.3, No 1, 10-19, Juni 2019.
- Hadi, K.B., 2000. *Mekanika Struktur Komposit*, Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, hal. 29-30.
- Haque, Mominul., Sakinul Islam., 2012. *Preparation and characterization of polypropylene composites reinforced with chemically treated coir*, Banglades University, Bangladesh.
- Hartanto, L., 2009. *Study Perlakuan Alkali dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending, Tarik, dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatrik Polysester BQTN 157* : Skripsi. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hasan Callioglu, Ismail Ozdemir dkk. 2011. Effect of Cold Pressing and Extrusion on the Microstructures and Mechanical Properties of SiC and B4C Reinforced Alumix-231 Alloys. Scientific Research and Essays Vol 6(6).Turkey : Academic Journals
- J. Jorhans., Nesimnasi., Boimau, K., & Pell, Y. M., 2015. *Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOh) pada Serat Agave Cantula terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester*. LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU), 2(1), 29-38.
- Jacobs James A Thomas F., 2005. *Engineering Materials Technology (Structur Processing Properties and Selection 5)*. New Jersey Columbus. Ohio.

- Jamasri, Diharjo, K Handiko, G.W., 2005. *Studi Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Komposit Limbah Serat Sawit-Polyester*. Prosiding SNTTM IV. Universita Udayana. Bali.
- Jana, Padrul., 2018. Analisis Kesalahan Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Soal Matematika Pada Pokok Bahasan Vektor, Yogyakarta, Universitas PGRI Yogyakarta.
- Jonathan Oroh., Ir. Frans. P. Sappu, MT., & Romels Lumintang, ST,MT. 2013. *Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa*. Universitas Ratulngi. Manado.
- Kongkeaw P., Nhuapeag W., Thamajaree W., *The Effect of Fiber Length on Tensile Properties of Epoxi Resin Composite Reinforced by the Fibers Bamboo*, Journal of the Microscopy Society of Thailand 4(1) 2011, pp. 46-48.
- Kuburi, L.S., Dauda, M., Obada, D. O., Umaru, S., Dodoo-Arhin, D., Iiiyasu, I., M. B Balogun & Mustapha, S. (2017). *Effect of Coir Fiber Loading on the Physio-mechanical and Morphological Properties Of Coconut Shell Powder Filled Low Density Polyethylene Composites*. Procedia Manufacturing 7 (2017) 138-144.
- Kumar S., Panda, A.K., dan Singh, R.K., 2011. *A Review on Tertiary Recycling of High-Density Polyethylene to Fuel*, Resources, Conservation and Recycling Vol. 55 893– 910.
- Kurniawan, A., 2012. *Mengenal Kode Kemasan Plastik yang Aman dan Tidak* <http://ngeblogging.wordpress>.
- Lara Putri Jatmika., & Alimin Mahyudi., 2017. *Pengaruh Presentase Serat Sabut Kelapa dan Resin Polyester Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Ringan*. Jurnal Fisika Unand, Vol 6, No.4, Oktober 2017.
- Lawrence H. Van., 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu logam dan Bukan Logam)*. Erlangga. Jakarta.

- Leonard J, Joni., & Rafiuddin Syam., 2014. *Analisa Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Epoxi yang Diperkuat dengan Serat Kulit Kayu Khombouw* : Universitas Hassanuddin : Makassar.
- Lokantara, I Putu : Ngakan, Saurdana Putu Gede; Karohika, Made Gatot; dan Nanda. 2010. "Pengaruh Panjang Serat pada Temperature Uji yang Berbeda Terhadap Mesin Cakram. Vol. 4, No. 2, Oktober 2010, pp.
- Lufri. & Ardi. 2017. *Metodologi Penelitian: Penelitian Kuantitatif, Penelitian Tindakan Kelas, dan Penelitian Pengembangan*. Padang: UNP Press.
- Luqman, Faruq., 2018, *Coconut Coir as Natural Fibers For Polymer Composites*, University Malaysia Perlis, Perlis.
- M. Zainuri. 2009. Pengaruh Pelapisan Tipis Metal Oksida pada Permukaan Partikel SiC terhadap Interaksi Interfacial Komposit Al-SiCp dengan proses Pembuatan Cold Compacting. Disertasi Ph.D. Dept. Metalurgy and Material University of Indonesia.
- Manihuruk, Riris dan Henok Siagian. 2015. *Pembuatan Karakterisasi Komposit Bermatriks Poliester Tak Jenuh Dengan Filler Serat Batang Pisang*. Universitas Negeri Medan. Medan
- Maryanti, Budha; Soenif, A.As'ad; dan Wahyudi, Slamet. 2011. "Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Polyester terhadap Kekuatan Tarik". *Jurnal Rekayasa Mesin*. Vol. 2, No. 2, pp.123-129.
- Matheus, L., Franchini, E., Miarka, B., & Del Vecchio, F. B., 2011. *Endurance in judogi grip strength tests: Comparison between elite and non-elite judo players*. *Archives of Budo*, 7(1), 1-4.
- Nurdin, Mohamad dan Uno, B. Hamzah., 2011. *Belajar dengan Penedekatan Pailkem (Pembelajaran Aktif, Inovatif, Lingkungan kreatif, Efektif, Menarik)*, Bumi Aksara. Jakarta.
- Oksman, K., Skrifvars, M., & Selin, J.F., 2003. *Natural fibres as reinforcement in Polylactic acid (PLA) composites*. *Composites science and technology*, 63(9), 137-1324.

- Praputri, E., Mulyazmi, E., Sari, M., Martynis., 2016. *Pengolahan Limbah Plastik Polypropylene Sebagai Bahan Bakar Minyak (BBM) dengan Proses Pyrolysis*. Seminar Nasional Teknik Kimia Teknologi Oleo Petro Kimia Indonesia. Pekanbaru.
- Pratama, Yudha Yoga., R. Hari Setyanto dan Ilham Priyadythama, 2014. *Pengaruh Perlakuan Alkali, Fraksi Volume Serat dan Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Sabut Kelapa-Polyester*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Purboputro P.I., *Pengaruh Panjang Serat terhadap Kekuatan Impak Komposit Enceng Gondok dengan Matriks Poliester*, Media Mesin, Vol. 7, No. 2, Juli 2006, 70-76.
- Rahman, Budi & Berli P. Kamiel., 2011. *Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat-Sifat Tarik Komposit Diperkuat Unidirectional Serat Tebu dengan Matrik Poliester*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Vol. 14 No 2, 133-138. November 2011.
- Rahmawati, A. dan Rizana, R., 2013. *Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Polipropilena Sebagai Pengganti Agregat pada Campuran Laston terhadap Karakteristik Marshall (105M)*. Konferensi Nasional Teknik Sipil Ke-7. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Rassiah, K., & Sihombing, H., 2011. *Effet on mechanical properties of hybrid blended coconut coir/paraffin wax/LDPE*. International Journal Of Integrated Engineering, 3(2).
- Rassiah, Kannan., Myia, Yusrina., Z. A., 2012. *A Comparasion Analysis of Mechanical Properties between Wax/LDPE Composite Versus Coconut Coir/wax/LDPE Hybrid*. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering : Malaysia.
- Romels C. A Lumintang., Rudy Soenoko., & Slamet Wahyudi. 2011. *Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serat Batang dan Serat Sabut Kelapa*.

- Sari, Fitriah., dkk. 2013. *Pengaruh Penggunaan Larutan Alkali Pada Kekuatan Tarik Dan Uji Degradasi Komposit Polipropilena Bekas Berpengis Serbuk Serabut Kelapa*. *Jurnal Teknik Kimia Vol.2No.1*. Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Sayed Moustafa, Walid Daoush dkk. 2011. Hot forging and Hot Pressing of Isi Powder Compared to Conventional Powder Metallurgy Route. *Materials Science and Application*. Egypt : SciRes.
- Suardana, N P G, Dwidiani Ni Made., 2007. *Analisa Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa Orientasi Acak dengan Variasi Waktu Perlakuan NaOH*.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sunarya. 2016. *Penentuan Rute Pengambilan Sampah Menggunakan Metode Nearest Neighbor di PD Kebersihan Kota Bandung untuk Kapasitas Kendaraan 10 M3 dengan Daerah Pelayanan Bandung Selatan dan Bandung Timur*. Universitas Pasundan. Bandung.
- Surata, Wayan., Tjokorda Gde Tirta Nindhia, W. Edo Yolanda and I G. Ryan Trisna, 2019. *Properties of hybrid composites using coral reefs waste and coconut fiber*, Faculty of Engineering Udayana University, Bali.
- Suray, Indra, Suhendar., 2016. *Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin* : Universitas Bandar Lampung : Lampung.
- Surono, U. B., & Ismanto, I. 2016. *Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya*. *Jurnal Mekanika Dan Sistem Termal*, 1(1), 32-37.
- Surono, U.B., 2013. *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. *Jurnal Teknik*, Vol.3, No. 1.
- Suryana, Indra, 2016. *Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin*. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 2(1).

- T, Loangdaw., Achim, Frick., & Suchart Siengchin., 2016. *Polypropylene/Maleic Anhydride Grafted Polypropylene (MAGPP)/ Coconut Fiber Composites*. Advance in Mechanical Engineering : Bangkok.
- Zainal, M. D. F. Yulius, 2005. *Prospek Pengolahan Hasil Samping Buah Kelapa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. *Indonesian Center for Estate Crops and Development*.