

**184PENGARUH VARIASI PERSENTASE SERAT AMPAS TEBU
MENGUNAKAN MATRIKS LIMBAH PLASTIK
POLYPROPYLENE DAN PENGISI *SLUDGE*
KERTAS TERHADAP SIFAT MEKANIK
PANEL KOMPOSIT**



**Mella Sepriyani Pratiwi. N
NIM. 17034015/2017**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

**PENGARUH VARIASI PERSENTASE SERATAMPAS TEBU
MENGUNAKAN MATRIKS LIMBAH PLASTIK
POLYPROPYLENE DAN PENGISI *SLUDGE*
KERTAS TERHADAP SIFAT MEKANIK
PANEL KOMPOSIT**

SKRIPSI

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



**Oleh:
Mella Sepriyani Pratiwi. N
NIM. 17034015**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH VARIASI PERSENTASE SERAT AMPAS TEBU MENGUNAKAN MATRIKS LIMBAH PLASTIK *POLYPROPYLENE* DAN PENGISI *SLUDGE* KERTAS TERHADAP SIFAT MEKANIK PANEL KOMPOSIT

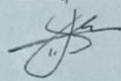
Nama : Mella Sepriyani Pratiwi. N
NIM : 17034015
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Maret 2022

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 : Mella Sepriyani Pratiwi, N

NIM : 17034015

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGARUH VARIASI PERSENTASE SERAT AMPAS TEBU MENGUNAKAN MATRIKS LIMBAH PLASTIK *POLYPROPYLENE* DAN PENGISI *SLUDGE* KERTAS TERHADAP SIFAT MEKANIK PANEL KOMPOSIT

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

Padang, Maret 2022

Tim Penguji

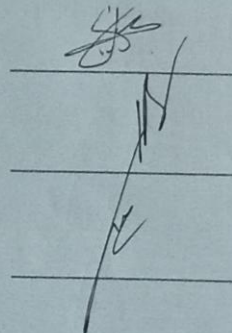
Nama

Tanda tangan

Ketua : Dra. Yenni Darvina, M.Si

Anggota : Dr. Ratnawulan, M.Si

Anggota : Drs. Gusnedi, M.Si



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mella Sepriyani Pratiwi. N

NIM/TM : 17034015/2017

Program Studi : FISIKA

Jurusan : FISIKA

Fakultas : FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul : " Pengaruh Variasi Persentase Serat Ampas Tebu Menggunakan Matriks Limbah Plastik Polypropylene dan Pengisi Sludge Kertas Terhadap Sifat Mekanik Panel Komposit" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hokum sesuai dengan hokum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Mella Sepriyani Pratiwi. N
17034015

Pengaruh Variasi Persentase Serat Ampas Tebu Menggunakan Matriks Limbah Plastik *Polypropylene* Dan Pengisi *Sludge* Kertas Terhadap Sifat Mekanik Panel Komposit

Mella Sepriyani Pratiwi. N

ABSTRAK

Kebutuhan manusia terhadap panel semakin meningkat setiap tahunnya. Pada awalnya, panel terbuat dari satu bahan saja yaitu lembaran kayu. Menurut Badan Pusat Statistik, di Indonesia produksi kayu mengalami penurunan. Solusi permasalahan adalah membuat panel komposit dari bahan limbah. Penelitian terdahulu telah banyak membuat panel komposit, namun belum ada yang membuat panel komposit dengan bahan campuran limbah plastik *polypropylene*, *sludge* kertas dan serat ampas tebu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi persentase serat ampas tebu menggunakan matriks limbah plastik *polypropylene* dan *sludge* kertas terhadap sifat mekanik panel komposit. Sifat mekanik yang diuji adalah kuat tarik, kuat tekan dan kekerasan.

Pembuatan panel komposit menggunakan metode *hand lay up*. Komposisi bahan terdiri dari 40% limbah plastik *polypropylene* dan 60% *sludge* kertas. Dengan memvariasikan persentase serat ampas tebu 0%, 2%, 4% dan 6% dari penjumlahan total bahan komposit. Sifat mekanik yang diuji adalah kuat tarik menggunakan alat *Universal Testing Machine*, kuat tekan menggunakan alat *Compression Testing Machine* dan kekerasan menggunakan alat *Microvickers Hardness Tester*.

Berdasarkan pengujian dengan variasi persentase serat ampas tebu 0%, 2%, 4% dan 6% diperoleh nilai kuat tarik berturut-turut adalah 1,24 N/mm^2 , 1,61 N/mm^2 , 2,57 N/mm^2 dan 2,76 N/mm^2 . Nilai kuat tekan berturut-turut adalah 12,111MPa, 9,77MPa, 6,485MPa dan 8,04MPa. Nilai kekerasan berturut-turut adalah 3,7HV, 3,8HV, 5,16HV dan 6,13HV. Jika persentase serat ampas tebu meningkat maka nilai kuat tarik meningkat, nilai kekerasan meningkat sedangkan nilai kuat tekan menurun. Hasil pengujian sifat mekanik panel komposit untuk setiap variasi sudah memenuhi standart SNI 03-2105-2006 yaitu diatas 0,3 N/mm^2 , 0,59 MPa dan 2,24 HV.

Kata Kunci: Panel Komposit, Sifat Mekanik, Serat Ampas Tebu, Plastik *Polypropelena*, *Sludge* Kertas

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. Dengan karunia dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Variasi Persentase Serat Ampas Tebu Menggunakan Matriks Limbah Plastik *Polypropylene* Dan Pengisi *Sludge* Kertas Terhadap Sifat Mekanik Panel Komposit”**.

Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang dan merupakan bagian dari penelitian mandiri Ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih penulis ucapkan kepada:

1. Ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si selaku penasehat pembimbing akademik dan pembimbing skripsi yang telah memberikan kesempatan, tenaga dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis.
2. Ibu Dr. Ratnawulan, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang dan sekaligus sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan, kritikan dalam penyelesaian skripsi.
3. Bapak Drs. Gusnedi, M.Si sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan, kritikan dalam penyelesaian skripsi.

4. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Kepala Laboratorium Fisika Material, Teknik Mesin dan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian di laboratorium hingga selesai.
6. Kepala Laboratorium dan Laboran Teknik Mesin, Institut Teknologi Padang yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian di laboratorium hingga selesai.
7. Orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan penulis sampai saat ini.
8. Keluarga Besar Jurusan Fisika, Terutama teman-teman angkatan 2017 yang selalu mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman satu penelitian yaitu Ismathul Dinny, Deby Kurnia Putri, Kasih Syirpia, Nisa Cantika, dan Jeremi Novrialdo. Terimakasih kepada teman-teman KBK material yang selalu memberi dukungan dan semangat.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbasan. Maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Padang, Maret 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian.....	8
D. Manfaat Penelitian.....	9
BAB II.....	10
KERANGKA TEORITIS	10
A. Komposit	10
B. Metode Hand Lay-Up.....	18
C. Plastik	19
D. Polypropylene (PP).....	21
E. Serat.....	23
F. Serat Ampas Tebu.....	25
G. Sludge Kertas	27
H. Panel Komposit	33
I. Sifat Mekanik.....	39
J. Pengaruh Serat Terhadap Sifat Mekanik Panel Komposit.....	47

BAB III	50
METODOLOGI PENELITIAN.....	50
A. Jenis Penelitian	50
B. Tempat dan Waktu Penelitian	50
C. Variabel Penelitian	51
D. Instrument Penelitian.....	52
E. Bahan Penelitian.....	60
F. Pelaksanaan Penelitian.....	63
G. Diagram Alir.....	75
BAB IV	77
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	77
A. Deskripsi Data	77
B. Analisis Data	88
C. Pembahasan	95
BAB V.....	102
PENUTUP	102
A. Kesimpulan.....	102
B. Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	104
LAMPIRAN	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Matriks dan Reinforcement dalam Komposit	10
Gambar 2. Particulate Composite	14
Gambar 3. Laminates Composites	16
Gambar 4. Hand lay-up process	19
Gambar 5. Contoh produk PP	22
Gambar 6. Simbol <i>Polypropylene</i> (PP).....	22
Gambar 7. Grafik hubungan antara kekuatan dan susunan serat	24
Gambar 8. Ampas Tebu	27
Gambar 9. <i>Sludge</i> Kertas yang sudah kering	29
Gambar 10. Skema Uji Tarik	40
Gambar 11. Kurva Tegangan dan Regangan	40
Gambar 12. Spesifikasi Ukuran Sampel Uji Tarik.....	41
Gambar 13. Skema Uji Kuat Tekan	42
Gambar 14. Ukuran Sampel Uji Tekan.....	42
Gambar 15. Pengujian <i>Brinell</i>	44
Gambar 16. Pengujian <i>Rockwell</i>	44
Gambar 17. Pengujian <i>MicroVickers Hardness Tester</i>	46
Gambar 18. Bentuk Indentor <i>MicroVickers</i>	46
Gambar 19. Ukuran Sampel Uji Kekerasan.....	46
Gambar 20. Kompor.....	52
Gambar 21. Wajan	52
Gambar 22. Sendok.....	53
Gambar 23. Timbangan Digital	53
Gambar 24. Cetakan.....	54
Gambar 25. Sisir Kawat	54

Gambar 26. Gelas Ukur.....	54
Gambar 27. Spatula.....	55
Gambar 28. Botol.....	55
Gambar 29. Masker dan Sapu Tangan	56
Gambar 30. Gergaji Ukir.....	56
Gambar 31. Gergaji Ukir.....	56
Gambar 32. Gunting dan Mistar.....	57
Gambar 33. Alat Kempa	57
Gambar 34. Ayakan	57
Gambar 35. Termometer Gun Industrial.....	58
Gambar 36. Oven	58
Gambar 37. Lumpang dan Alu.....	59
Gambar 38. <i>Universal Testing Machine (UTM)</i>	59
Gambar 39. <i>ELE Compression Testing Machine</i>	60
Gambar 40. <i>Micro Vickers Hardness Tester</i>	60
Gambar 41. NaOH	61
Gambar 42. Aquades.....	61
Gambar 43. Serat Ampas Tebu	61
Gambar 44. Plastik Polypropylene.....	62
Gambar 45. Serbuk Sludge Kertas	62
Gambar 46. Serat Ampas Tebu yang Telah Diberi Perlakuan	65
Gambar 47. Sampel komposit.....	68
Gambar 48. Sampel pengujian kuat tarik.....	68
Gambar 49. Sampel pengujian kuat tekan.....	68
Gambar 50. Sampel pengujian kekerasan	69
Gambar 51. Diagram Alir Penelitian	76

Gambar 52. Grafik hubungan antara kuat tarik terhadap variasi persentase serat ampas tebu dari penjumlahan total bahan komposit	89
Gambar 53. Grafik hubungan regangan terhadap variasi persentase serat ampas tebu dari penjumlahan bahan komposit	90
Gambar 54. Grafik hubungan modulus elastisitas terhadap variasi persentase serat ampas tebu dari penjumlahan bahan komposit	91
Gambar 55. Grafik hubungan kuat tekan terhadap variasi persentase serat ampas tebu dari penjumlahan total bahan komposit	92
Gambar 56. Grafik hubungan antara kekerasan terhadap variasi persentase serat ampas tebu dari penjumlahan total bahan komposit	94

DAFTAR TABEL

Table 1. Titik Leleh Thermoplastik	20
Table 2. Karakteristik sifat fisik dari <i>polipropilen</i>	22
Table 3. Komponen Kimia Serat Ampas Tebu	27
Table 4. Komposisi Senyawa Kimia Limbah Padat (<i>Sludge</i>) Kertas.....	29
Table 5. Acuan Papan/Panel Komposit Serat Alam	35
Table 6. Jumlah sampel dalam pembuatan panel komposit.....	72
Table 7. Hasil pengujian kuat tarik pada variasi persentase serat ampas tebu 0% dari penjumlahan bahan komposit.....	78
Table 8. Hasil pengujian kuat tarik pada variasi persentase serat ampas tebu 2% dari penjumlahan bahan komposit.....	79
Table 9. Hasil pengujian kuat tarik pada variasi persentase serat ampas tebu 4% dari penjumlahan bahan komposit.....	79
Table 10. Hasil pengujian kuat tarik pada variasi persentase serat ampas tebu 6% dari penjumlahan bahan komposit.....	80
Table 11. Hasil pengujian kuat tekan pada variasi persentase serat ampas tebu 0% dari penjumlahan bahan komposit	81
Table 12. Hasil pengujian kuat tekan pada variasi persentase serat ampas tebu 2% dari penjumlahan bahan komposit	82
Table 13. Hasil pengujian kuat tekan pada variasi persentase serat ampas tebu 4% dari penjumlahan bahan komposit	83
Table 14. Hasil pengujian kuat tekan pada variasi persentase serat ampas tebu 6% dari penjumlahan bahan komposit	84
Table 15. Hasil pengujian kekerasan pada variasi persentase serat ampas tebu 0% dari penjumlahan bahan komposit.....	85
Table 16. Hasil pengujian kekerasan pada variasi persentase serat ampas tebu 2% dari penjumlahan bahan komposit.....	86
Table 17. Hasil pengujian kekerasan pada variasi persentase serat ampas tebu 4% dari penjumlahan bahan komposit.....	86
Table 18. Hasil pengujian kekerasan pada variasi persentase serat ampas tebu 6% dari penjumlahan bahan komposit.....	87

Table 19. Nilai rata-rata tegangan tarik, regangan dan modulus elastisitas.....	88
Table 20. Hasil rata-rata data pengujian kuat tekan tiap variasi	92
Table 21. Hasil rata-rata data kekerasan tiap variasi.....	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. Pengolahan Data Uji Kuat Tarik	111
Lampiran II. Pengolahan Data Nilai Regangan	114
Lampiran III. Pengolahan Data Modulus Elastisitas.....	117
Lampiran IV. Pengolahan Data Kuat tekan	119
Lampiran V. Pengolahan Data Kekerasan	122
Lampiran VI. Pembuatan cetakan	127
Lampiran VII. Preparasi ampas tebu.....	127
Lampiran VIII. Preparasi limbah plastik <i>polypropylene</i>	128
Lampiran IX. Preparasi <i>sludge</i> kertas	128
Lampiran X. Pembuatan sampel komposit	129
Lampiran XI. Sampel Komposit	130
Lampiran XII. Bentuk sampel yang telah dipotong sesuai standart pengujian.....	130
Lampiran XIII. Pengujian Sampel Kuat Tekan.....	131
Lampiran XIV. Pengujian Sampel Kekerasan	132
Lampiran XV. Pengujian Sampel Kuat Tarik	132

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan manusia terhadap panel semakin meningkat setiap tahunnya. Panel merupakan lembaran konstruksi yang apabila disusun dengan suatu pengikat atau rangka dapat membentuk sebuah dinding. Panel dapat berfungsi sebagai komponen structural atau non structural dan dapat berbentuk lembaran kecil atau besar (Olivia, dkk, 2008). Papan atau yang biasa disebut dengan panel biasanya dimanfaatkan sebagai alas rumah alias lantai rumah, dinding rumah, sekat pada bagian rumah, plafon (atap rumah), alas untuk memotong, sebagai rak lemari dan laci, sebagai meja yang panjang dan kuat serta alas tempat tidur.

Pada awalnya, panel terbuat dari satu bahan saja yaitu lembaran kayu. Akan tetapi, memakai kayu dalam jumlah yang terlalu banyak tidaklah baik bagi alam karena banyak pohon yang harus ditebang untuk menjadi bahan konstruksi yang mengakibatkan ketersediaan kayu semakin berkurang. Menurut Badan Pusat Statistik, di Indonesia produksi kayu mengalami penurunan yang disebabkan oleh penebangan hutan secara liar dan kebakaran hutan. Panel yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari akan mengakibatkan berkurangnya produksi panel yang disebabkan karena keterbatasan kayu sebagai bahan dasar dari pembuatan panel tersebut sehingga mengakibatkan harga panel dipasaran menjadi semakin mahal. Melihat banyaknya limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal

maka alternative dari permasalahan keterbatasan panel ini adalah membuat panel komposit dari bahan dasar limbah tanpa mengurangi kekuatan mekanik dan kualitas dari panel komposit tersebut.

Panel atau papan komposit adalah salah satu jenis produk komposit yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan-bahan yang berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lain kemudian dikempa panas (Maloney, 1993). Panel atau papan komposit cenderung stabil dan tidak mudah berubah bentuknya (menyusut, membelok dan lain lain). Panel komposit juga dapat dibentuk, dipotong dan dibor dengan mudah menggunakan peralatan standar. Komposit merupakan bahan atau material yang terbuat dari gabungan dua atau lebih material pembentuk, dimana campurannya tidak homogen dan masing-masing dari material pembentuknya memiliki sifat mekanik yang berbeda (Widodo, 2008). Bahan komposit serat mempunyai keunggulan yang utama yaitu kuat (*strong*), tangguh (*stiff*) dan lebih tahan terhadap panas pada saat didalam matrik (Schwartz, 1984).

Penelitian mengenai komposit alami dengan bahan penguat serat ampas tebu telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Analisa teknis kekuatan mekanis material komposit berpenguat serat ampas tebu (*baggase*) ditinjau dari kekuatan tarik dan impak telah dilakukan oleh Yudo dan Jatmiko (2008). Rianto juga telah melakukan penelitian mengenai pengaruh komposisi campuran *filler* terhadap kekuatan bending komposit ampas tebu dengan serbuk kayu (Rianto, 2011). Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa komposisi

yang campuran yang sama yaitu 20% ampas tebu dan 20% kayu dapat menghasilkan kekuatan bending dengan nilai tertinggi. Farid (2014) juga telah melakukan penelitian mengenai pengaruh persentase massa serat terhadap sifat mekanis komposit matriks polypropylene dengan penguat serat ampas tebu pada proses injection moulding dimana didapatkan kekuatan tarik tertinggi pada variasi massa serat ampas tebu 5%.

Saat ini telah banyak dikembangkan komposit yang berasal dari serat alam, salah satunya dari serat ampas tebu (*bagasse*). Ampas tebu atau yang disebut dengan *bagasse* merupakan hasil samping dari proses pemerahan atau ekstraksi dari cairan tebu. Menurut Husin (2007), berdasarkan data yang diperoleh dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) serat tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu yang digiling. Komposisi kimia ampas tebu memiliki kandungan selulosa 32 - 48%, pentosan 27 - 29%, lignin 19 - 24%, abu 1,5 - 5% dan silica 0,7 - 3,5% (Rowell, 1977), sehingga berpotensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku papan partikel. Menurut Sreekala et al (1997) dalam Iswanto Heri (2009) sifat mekanis serat tebu yaitu kekuatan tarik sebesar 140 Mpa, pemanjangan sebesar 25 % dan kekerasan 3200 Mpa. Pemanfaatan serat tebu sebagai penguat material komposit belumlah maksimal. Melihat dari banyaknya serat ampas tebu yang dihasilkan maka penelitian ini akan memanfaatkan serat tebu dari limbah ampas tebu sebagai serat penguat material panel komposit.

Disamping bahan serat yang digunakan, matriks juga berperan penting dalam pembuatan panel komposit. Matriks berfungsi sebagai pengikat serat dan menyalurkan beban pada serat. Matriks yang dapat digunakan dalam pembuatan panel komposit bisa dimanfaatkan dari limbah-limbah yang ada dimasyarakat yaitu limbah plastik *polypropylene*.

Di Indonesia, menurut data statistik persampahan domestik Indonesia, jenis sampah plastik menduduki peringkat kedua sebesar 5,4 juta ton per tahun atau 14% dari total produksi sampah, khususnya di Provinsi Bali sampah plastik mencapai 1,3 juta ton/tahun. Jumlah itu akan diperkirakan terus meningkat pada tahun-tahun selanjutnya. Saat ini penggunaan material plastik menurut data BPS pada tahun 2010 menunjukkan bahwa penggunaan plastik berkembang secara luas hingga dihasilkan produksi plastik sebanyak 250 juta ton/tahun.

Penggunaan plastik yang banyak dalam kehidupan sehari-hari merupakan salah satu faktor utama banyaknya limbah plastik di Indonesia. Plastik memiliki sifat yang sulit terurai dimana plastik memerlukan waktu ratusan tahun agar dapat terurai secara sempurna (Nursyamsi, 2017). Sampah plastik tidaklah bijak jika dibakar karena akan menghasilkan gas yang akan mencemari udara dan membahayakan pernafasan manusia dan jika sampah plastik ditimbun dalam tanah maka akan mencemari tanah (Nurhenu, 2014). Menurut Hartono (1998) ada empat jenis limbah plastik yang populer dan laku dipasaran yaitu: *Polietilena* (PE), *High Density Polyetilena* (HDPE), *asoi*, dan *Polipropilena* (PP).

Polypropylene adalah hidrokarbon murni yang termasuk kedalam polimer *thermoplastic* yang dapat diolah pada temperature tinggi. *Polypropylene* lebih kuat dan ringan serta memiliki daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak dan tetap stabil terhadap suhu tinggi. Berdasarkan data yang diperoleh dari website creative mechanism yang diakses pada tanggal 25 Mei 2017 pada pukul 17.26, dalam penggunaannya, plastik jenis *Polypropylene* digunakan sebanyak 30% dalam industri kemasan, 13% pada manufaktur peralatan, 13% pada listrik, 10% untuk peranti rumah tangga, 10% pada industri otomotif, 5% pasar, dan 5% bahan bangunan.

Berdasarkan hasil penelitian Fajriyanto (2005,2006), menyatakan bahwa sampah plastik dapat dibuat komposit panel dinding bangunan yang berkualitas tinggi. Menurut penelitian Setyawati at al., (2006), menyatakan bahwa plastik *polipropilena* dapat digunakan sebagai bahan dasar maupun pengganti perekat dalam pembuatan papan komposit yang memiliki stabilitas dimensi yang tinggi, tetapi keteguhan lenturnya masih rendah.

Penggunaan bahan pengisi dan penguat memungkinkan *polipropilena* memiliki mutu kimia yang baik sebagai bahan polimer dan tahan terhadap pemecahan karena tekanan (*stress-cracking*) walaupun pada temperatur yang tinggi (Gachter, 1990). Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sludge* kertas.

Limbah pabrik kertas berupa *sludge* juga menjadi masalah besar dalam industri kertas di Indonesia karena selama ini *sludge* kertas hanya dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman. Kapasitas dari produksi pabrik kertas di Indonesia adalah 10.4 juta ton pertahun dengan limbah sebanyak 7.7. juta ton pertahun (Jones, 1975). Hasil dari sebuah penelitian juga memperlihatkan bahwa sumber pencemaran terbesar adalah industry kertas yang memberikan kontribusi 98% dari seluruh limbah industri yang dibuang ke Kali Surabaya (Arisandi, 2004). *Sludge* kertas termasuk kedalam kategori B3 yang mana mengandung logam berat seperti Cr, Pb, Cd, Zn, Cu dan Ag yang sangat berbahaya (Adiprima, 2006). *Sludge* memiliki 2 macam jenis yaitu *sludge* primer dimana masih mengandung selulosa dan hemiselulosa dan *sludge* sekunder yang sudah dipisahkan dengan bagian padatnya. Penambahan *sludge* kedalam material komposit akan meningkatkan kekuatan mekanis dari komposit tersebut (Soucy, 2014). Menurut penelitian Fajriyanto dan Feris (2006) limbah pabrik kertas yang berupa *sludge*, memiliki komponen utama 95% serat organik yang berupa selulosa dimana komposisinya hampir sama dengan semen sehingga *sludge* kertas berpotensi sebagai bahan pengisi komposit panel dinding.

Dari penelitian Sunardi (2016) diperoleh hasil bahwa bertambahnya volume serat akan meningkatkan sifat mekanis papan partikel antara lain kekerasan, kekuatan bending, kekuatan impak dan persentase pengembangan tebal, tetapi semakin kecil nilai densitasnya. Fajriyanto dan Feris (2008) juga telah melakukan penelitian mengenai panel dinding bangunan ramah lingkungan dari

komposit limbah pabrik kertas (*sludge*), sabut kelapa dan sampah plastic menunjukkan bahwa komposisi bahan 60% *sludge*, 40% sampah plastic dan berat sabut kelapa yang divariasikan dengan variasi 0%, 2%, 4% dan 6% dimana pada variasi 2% serat sabut kelapa menghasilkan panel komposit dengan kekuatan mekanik yang tinggi dan beban pengempaan saat pembuatan (casting) komposit optimal pada tekanan pengempaan 2040 kgf/cm^2 . Sedangkan kuat lentur (bending) optimal diperoleh sebesar 77.81 kg/cm^2 .

Pembuatan komposit panel dinding dengan menggunakan matriks dari limbah plastik, dengan pengisi *sludge* kertas dan serat, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah yang ada dilingkungan dan dapat menghasilkan panel dinding sebagai bahan dasar bangunan yang memiliki sifat mekanik yang baik dengan harga yang lebih murah dibandingkan harga yang dijual di pasaran.

Berdasarkan beberapa referensi jurnal yang telah dibaca, pembuatan panel komposit dengan menvariasikan persentase serat ampas tebu dengan matriks limbah plastik *polypropylene* hitam dan pengisi *sludge* kertas belum pernah dilakukan. Oleh sebab itu, penulis tertarik melakukan penelitian mengenai “pengaruh variasi persentase serat ampas tebu menggunakan matriks limbah plastic *polypropylene* dan pengisi *sludge* kertas terhadap sifat mekanik panel komposit”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi persentase serat ampas tebu menggunakan matriks limbah plastic *polypropylene* dan pengisi *sludge* kertas terhadap sifat mekanik panel komposit?
2. Apakah panel komposit berbahan dasar serat ampas tebu dengan matriks limbah plastic *polypropylene* dan pengisi *sludge* kertas memenuhi standar SNI 03-2105-2006?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi persentase serat ampas tebu menggunakan matriks *polypropylene* dan pengisi *sludge* kertas terhadap sifat mekanik panel komposit.
2. Untuk mengetahui panel komposit yang dibuat dengan bahan dasar serat ampas tebu, matriks limbah plastic *polypropylene* dan pengisi *sludge* kertas sudah memenuhi standar SNI 03-2105-2006.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Bagi mahasiswa/peneliti merupakan sebagai syarat dalam menyelesaikan Program Studi Fisika S1 dan bisa mendapatkan serta mengembangkan ilmu pengetahuan Fisika terutama dalam bidang kajian Fisika material.
2. Bagi Bidang Kajian Fisika Material dan Biofisika adalah bisa mengetahui pengaruh menvariasikan persentase serat dalam pembuatan panel komposit.
3. Bagi masyarakat luas bisa memperluas wawasan ilmu dan menambah pengetahuan dalam pembuatan panel komposit dengan memanfaatkan limbah-limbah atau bahan sisa buangan.
4. Bagi peneliti lain bisa dijadikan sebagai referensi untuk melakukan penelitian selanjutnya dalam pembuatan panel komposit dengan memanfaatkan limbah dan serat alam.

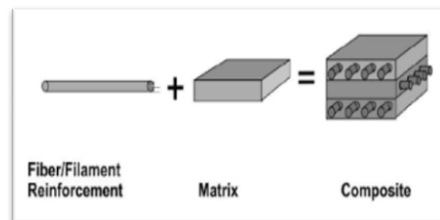
BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Komposit

1. Pengertian Komposit

Komposit adalah suatu bahan atau material yang terbentuk dari gabungan antara dua macam material atau lebih dengan fase berbeda (dapat dilihat pada Gambar 1). Penggabungan ini dimaksudkan untuk mendapatkan bahan komposit dengan sifat lebih baik dari material penyusunnya. Pada komposit dikenal istilah matrik (fase pertama) dan penguat atau *reinforcement* (fase kedua). Komposit merupakan suatu jenis bahan baru hasil dari suatu percobaan yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang memiliki sifat bahan yang berbeda satu sama lainnya, baik sifat kimia maupun fisiknya (Nayiroh, 2013:1).



Gambar 1. Matriks dan Reinforcement dalam Komposit (Kumar, 2016)

Komposit memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan yang dimiliki oleh komposit adalah bobot komposit jauh lebih ringan daripada material teknik lain atau baja pada khususnya, memiliki ketahanan terhadap korosi yang cukup jauh di atas material dari logam dan memiliki ketahanan

yang sangat baik ini memungkinkan komposit lebih awet dibandingkan material dari logam. Keunggulan lainnya adalah komposit bersifat isolator yang baik dan juga harga yang lebih terjangkau (Jones, 1975). Sedangkan kekurangan material komposit adalah banyaknya bahan komposit terutama bahan komposit polimer tidak aman terhadap larutan tertentu dan serangan zat-zat kimia, bahan baku dalam pembuatan komposit memerlukan biaya yang cukup mahal daripada bahan biasa, proses dalam pembuatan komposit yang relatif sulit dibandingkan material konvensional biasanya dan waktu yang relatif lama dalam pembuatan komposit (Matthews, 1994).

2. Penyusun Komposit

a. Matriks (pengikat)

Matriks adalah salah satu bahan dalam komposit yang memiliki bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks bersifat lebih ulet, kurang keras dan berkarakter kontinyu. Matriks sebagai pengikat serat dan menyalurkan beban pada serat. Matriks berguna untuk perekat atau pengikat dan pelindung filler (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks yang umum digunakan adalah polimer. Menurut Ellyawan (2008) matriks memiliki sifat-sifat yaitu sifat mekanis yang baik, ketangguhan yang baik, tahan terhadap temperature dan kekuatan ikatan yang baik.

Menurut Gibson (1994) mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit.

Matriks memiliki fungsi yaitu mengikat serat menjadi satu kesatuan, dapat melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan, dapat mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat dan dapat menyumbangkan beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik.

Menurut Diharjo dan Triyono (1999), bahan matrik yang sering digunakan dalam komposit antara lain :

- 1) Polimer adalah bahan matriks yang paling sering digunakan. Adapun jenis polimer yaitu:
 - a) Thermoset merupakan plastik atau resin yang tidak bisa berubah bila terkena panas (tidak bisa di daur ulang). Contohnya: polyester, epoxy dan phenotic.
 - b) Termoplastik merupakan plastik atau resin yang dapat dilunakkan terus menerus dengan pemanasan atau dikeraskan dengan pendinginan dan bisa berubah apabila terkena panas (bisa didaur ulang). Contohnya: Polyamid, polyether, nylon dan polysurface.
- 2) Keramik, cara pembuatan keramik adalah keramik dituangkan pada serat yang telah diatu kosentrasinya dan keramik ini merupakan matriks yang tahan terhadap temperature tinggi. Contoh nya: SiN dan SiC tahan sampai pada temperatur 1650°C.
- 3) Karet merupakan polimer bersistem cross linked yang memiliki kondisi semi kristalin dibawah temperatur kamar.
- 4) Matriks Karbon, fiber yang direkatkan dengan bahan dasar karbon hingga terjadi karbonisasi.

b. *Filler* (pengisi/*reinforcement*)

Pengisi adalah bahan yang banyak digunakan untuk ditambahkan pada bahan polimer untuk meningkatkan sifat-sifatnya dan kemampuan pemrosesan atau untuk mengurangi ongkos (Saito dan Surdia, 2005). *Filler* sendiri berfungsi sebagai pengisi dan penguat dalam komposit. Penguat merupakan unsur utama dalam pembentukan material komposit. Sehingga penguat inilah yang menentukan karakteristik material komposit seperti kekakuan, kekuatan, dan sifat-sifat mekanik lainnya (Saito dan Surdia, 2005).

Penguat adalah bahan yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Penguat (*reinforcement*) yang umum digunakan adalah serat karbon atau serat alam. Bahan penguat merupakan penanggung beban yang utama, oleh sebab itu bahan penguat harus memiliki modulus elastisitas yang lebih baik daripada bahan matriknya. Selain itu ikatan matriks dan bahan penguat harus sangat kritis dan peka karena bila mendapat pembebanan maka matrik akan meneruskan ke serat penguat (Van Vlack, 1991:hal 596).

3. Jenis-Jenis Komposit

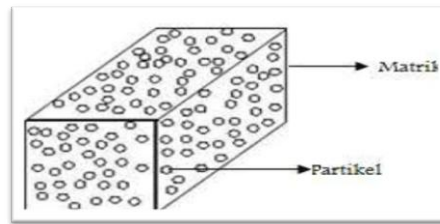
Jenis-jenis komposit dibedakan berdasarkan bahan penguat yang digunakan dan berdasarkan matriks penyusunnya.

a. Berdasarkan Bahan Penguat (*Reinforcement*) yang Digunakan

Berdasarkan bahan penguat (*reinforcement*) yang digunakan, terdapat tiga macam jenis komposit, diantaranya adalah sebagai berikut ;

1) Partikel Sebagai Penguat (*Particulate Composite*)

Komposit partikel adalah komposit yang menggunakan partikel atau butiran sebagai bahan penguatnya yang berukuran mikroskopis dimana partikel terdistribusi secara merata didalam matriksnya (Gibson, 1994). Komposit partikel dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Particulate Composite (Gibson, 1994)

Keuntungan dari komposit partkel ini adalah kekuatannya lebih seragam pada berbagai arah, cara penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi serta bisa digunakan dalam meningkatkan kekerasan dan kekuatan material.

2) Fiber Sebagai Penguat (*Fiber Composites*)

Komposit serat (*fibrous composites*) merupakan jenis komposit yang terdiri dari satu lamina atau lapisan dimana fiber sebagai penguat dalam matriks. Serat panjang memiliki kekuatan yang lebih dibandingkan serat yang berbentuk curah (*bulk*) karena serat panjang mempunyai struktur yang lebih sempurna dimana struktur kital tersusun sepanjang sumbu serat dan memiliki cacat internal lebih sedikit dibandingkan material berbentuk curah.

Fiber yang digunakan harus memiliki syarat yaitu mempunyai diameter yang lebih kecil dari diameter bulknya (matriksnya) namun harus lebih kuat dari bulknya dan harus mempunyai tensile strength yang tinggi.

Menurut Gibson (1994) adapun jenis-jenis komposit yang diperkuat fiber/serat berdasarkan penempatan serat dan arah serat, diantaranya adalah sebagai berikut :

a) Continuous Fiber Composite (Uni-Directional)

Komposit ini memiliki susunan serat panjang dan lurus sehingga membentuk lamina diantara matriksnya. jenis komposit ini sangat banyak digunakan dan kekurangan dari jenis komposit ini adalah lemahnya kekuatan antar lapisan yang mana disebabkan oleh matriksnya.

b) Woven Fiber Composite (Bi-Directional)

Komposit diperkuat serat anyaman dimana komposit ini tidak mudah dipengaruhi oleh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Kekurangan jenis komposit ini adalah kekuatan tidak sebaik tipe continuous fiber disebabkan karena susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus.

c) Chopped Fiber Composite (Discontinuous Fiber Composite)

Komposit yang diperkuat dengan serat yang dipotong secara pendek dan disusun acak diantara matriksnya. Kekurangan dari jenis komposit ini adalah sifat mekanik yang masih dibawah dibandingkan tipe dengan serat lurus. Kelebihan jenis tipe ini adalah biaya manufakturnya yang

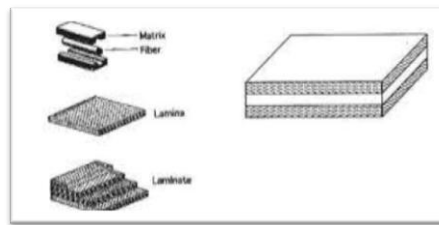
lebih murah sehingga banyak digunakan pada produksi dengan volume yang besar.

d) Hybrid Fiber Composite

Komposit ini merupakan komposit gabungan yang diperkuat dengan serat lurus dan serat acak agar mengurangi kekurangan dari kedua jenis komposit tersebut.

3) Komposit Lapis (Laminates Composites)

Merupakan jenis komposit terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri (Gibson, 1994). Komposit lapis dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Laminates Composites (Gibson, 1994)

Laminates Composite merupakan komposit yang tersusun atas dua (atau lebih) lamina. Komposit serat dalam bentuk lamina ini yang paling banyak digunakan dalam lingkup teknologi ataupun otomotif maupun industri.

b. Berdasarkan Matriks Penyusunnya

Berdasarkan matriks penyusunnya dapat dibedakan menjadi tiga yaitu sebagai berikut (Gibson, 1994):

1) Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composite-MMC*)

Komposit berpengikat logam terdiri dari sebuah logam atau campuran sebagai pengikat yang bersambungan dan penguatnya dapat berupa partikel, serat pendek atau rambut dan serat panjang (Chawla, 2011). Proses pembuatan komposit matrik logam biasanya dikerjakan dalam temperatur yang tinggi agar dapat melelehkan atau mencairkan suatu bahan logam sebelum dicetak menjadi komposit. Kekurangan komposit berpengikat logam jauh lebih mahal dari komposit berpengikat polimer dan dengan alasan tersebut maka penggunaan komposit berpengikat logam menjadi terbatas (Callister dan Rethwisch, 2014).

2) Komposit Matrik Keramik (*Ceramik Matriks Composite-CMC*)

Kelebihan bahan keramik adalah mempunyai sifat dengan kekuatan tinggi dan kekakuan tinggi pada temperature yang sangat tinggi, memiliki densitas yang rendah, reaksi kimia yang lambat dan masih banyak lagi. Kekurangan bahan keramik adalah mudah terjadi kegagalan yang besar dengan kehadiran kekurangan tersebut (dari permukaan maupun dari dalam), mudah terkena kejutan termal, mudah rusak saat pembuatannya dan atau pelayanannya, pembuatannya yang sangat sulit dan memerlukan biaya yang mahal dalam pembuatannya.

Metode yang biasa digunakan adalah metode metalurgi serbuk. Matrik yang digunakan diantaranya: Alumina (Al_2O_3), Nitrid boron (BN), Karbida boron (B_4C), Karbida silikon (SiC), Karbida titanium

(TiC) dan Nitrid silicon (Si_3N_4). Sebagai fibernya dapat digunakan karbon, Al_2O_3 dan SiC.

3) Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composite-PMC*)

Komposit jenis ini adalah komposit yang paling banyak digunakan karena mudah dalam proses pembuatannya dan murah. Bahan penguatnya bisa berupa fiber, partikel dan *flake*, dimana dibedakan lagi menjadi bahan penguat metal dan organik. Komposit matrik polimer merupakan jenis matrik yang berasal dari bahan polimer sebagai bahan penguatnya.

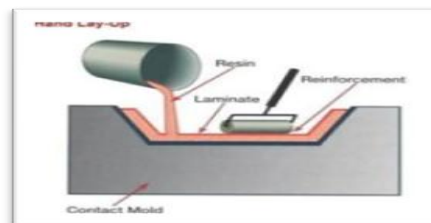
B. Metode Hand Lay-Up

Metode yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah metode *Hand Lay-Up/Contact Molding* (Nayiroh, 2013). Metode *Hand lay-up* adalah metode paling sederhana yang berguna untuk membuat komposit yang diperkuat oleh serat dan merupakan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Pada metode ini resin yang paling sering digunakan adalah epoxies dan polyester.

Kelebihan dari penggunaan metoda ini adalah prosesnya mudah dilakukan, peralatan yang digunakan sedikit dengan menggunakan metode ini, memiliki volume rendah, cocok digunakan untuk komponen yang lebih besar dan cetakannya dapat dibuat dari kayu, gips, lembaran FRP dan lembaran plat. Aplikasi dari pembuatan komposit menggunakan metode ini biasanya

digunakan pada komponen atau material yang lebih besar seperti bodi kendaraan, bak mandi, perahu, bilah turbin angin dan pembuatan kapal.

Proses dengan metode *Hand Lay-Up* adalah pertama melapisi cetakan dengan lapisan lilin atau wax agar cetakan tidak lengket. Serat sebagai penguat diletakkan dalam cetakan secara manual dengan bentuk seperti kain atau alas, anyaman dan rajuan. Kemudian resin yang telah dicampur dengan tangan dituangkan dalam cetakan dengan cara penaburan, penyikatan atau penyemprotan. Selanjutnya diberi tekanan sekaligus meratakannya dengan kuas atau rol yang berfungsi untuk menghilangkan udara yang terjebak dimana proses ini dilakukan secara berulang-ulang agar ketebalan yang diinginkan tercapai (Madhusudhan, 2017). Pada proses ini resin berkontak langsung dengan udara dan proses pencetakan biasanya dilakukan pada temperature kamar. Proses dengan metode *Hand lay-up* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hand lay-up process

(<http://www.carbonfiberglass.com/Composites-Manufacturing/Composites-Manufacturing-Processes.html>)

C. Plastik

Plastik merupakan salah satu makromolekul yang dibentuk dengan teknik polimerisasi, yaitu proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer)

melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer) (Surono, 2014). Unsur utama penyusun plastik adalah Karbon dan Hidrogen.

Berdasarkan sifatnya dalam menerima panas, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah plastik yang jika dipanaskan dalam temperatur tertentu dimana akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat dan tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan (Surono, 2014). Berdasarkan jenis produknya, terdapat 6 jenis plastik yaitu *Polyethylene Terephthalate* (PET), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS) dan *Other* (Hartulistiyo, dkk, 2014). Titik leleh thermoplastic dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Titik Leleh Thermoplastik

MATERIAL	°C	°F
<i>Polyethylene-low density</i> (LDPE)	149 – 232	300 – 450
<i>Polyethylene-high density</i> (HDPE)	177 – 260	350 – 500
<i>Polypropylene</i> (PP)	190 – 288	374 – 550
<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i> (ABS)	117 – 260	350 – 500
<i>Nylon</i>	260 – 327	500 – 620
<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	227 – 349	440 – 660
<i>Polycarbonate</i>	271 – 300	520 – 572
<i>Polyethylenr Oxide</i>	204 – 354	400 – 670

(Sumber : Kristiyanoro, 2009)

D. Polypropylene (PP)

Plastik *polypropylene* adalah polimer termoplastik yang terbuat dari kombinasi monomer propilena ($\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$). Plastik jenis *polypropylene* pertama kali dipolimerisasi pada tahun 1951 oleh Paul Hogan dan Robert Banks yang kemudian disempurnakan pada tahun 1954 oleh Natta dan Rehn, ilmuwan asal Italia. Pada tahun 1957, plastik *polypropylene* diproduksi untuk komersial dan meluas di seluruh Eropa. Sampai saat ini, plastik jenis *polypropylene* merupakan salah satu plastik yang paling banyak di produksi di dunia.

Plastik *polypropylene* merupakan salah satu plastik konvensional (non-biodegradable) yang paling sering digunakan saat ini. Plastik jenis ini harganya relative murah dan proses produksi yang relative mudah. Plastik *polypropylene* ini juga memiliki kesetimbangan sifat mekanik dan termal yang cukup baik. Plastik jenis ini memiliki permukaan yang tidak rata, seringkali kaku dibandingkan jenis plastik lain dan memiliki nilai ekonomis yang lumayan baik. Plastik *polypropylene* mempunyai permukaan yang bening namun tidak setransparan plastik *polistirena* akilirik maupun jenis plastik lainnya (Cowd, 1991).

Polypropylene merupakan pilihan bahan plastik terbaik, khususnya untuk tempat makanan dan minuman, misalnya tempat menyimpan makanan, botol susu bayi dan botol minum (Mediastika, 2013). PP biasa terdapat pada wadah yogurt, margarine, bungkus makanan siap saji, botol obat-obatan, tutup botol dan ember. Contoh produk *polypropylene* dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Contoh produk PP

Polipropilena biasanya di daur ulang dan simbol daur ulangnya adalah nomor “5” (Lubis, 2009). Simbol plastik *polypropylene* dapat dilihat pada Gambar 6 dan karakteristik sifat fisik dari *polipropilen* disajikan pada Tabel 2.



Gambar 6. Simbol *Polypropylene* (PP)

Table 2. Karakteristik sifat fisik dari *polipropilen*

Sifat Fisik	Nilai
Indeks Bias	1,49
Tensile Strength (psi)	4300-5500
Elongation (%)	200-700
Impact Strength (ft-lb)	0,5-2,0
Densitas gr/cm^3	0,855
Titik leleh ($^{\circ}C$)	160

(Sumber : Matthias, 2007)

Keuntungan dari plastik *polypropylene* adalah dapat dipanaskan, didinginkan dan dipanaskan kembali tanpa degradasi yang signifikan dapat didaur ulang, dapat beradaptasi dengan berbagai teknik fabrikasi, harga relative murah, memiliki kekuatan lentur tinggi, memiliki permukaan yang relative licin, tahan terhadap kelembapan, memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai macam asam dan basa, mempunyai kekuatan benturan yang baik dan isolator listrik yang

baik. Sedangkan kekurangan dari plastik *polypropylene* ini adalah rentan terhadap degradasi UV, memiliki ketahanan yang buruk terhadap pelarut terklorinasi dan aromatic, sulit dilukis karena memiliki sifat ikatan yang buruk, rentan terhadap oksidasi dan mudah terbakar.

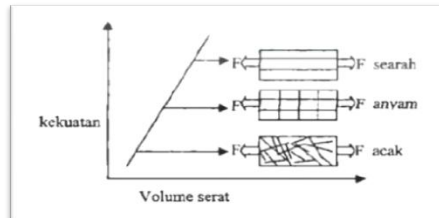
Aplikasi *Polypropylene* banyak dipakai sebagai bahan dalam produksi peralatan meja makan, keranjang, peralatan kamar mandi, keperluan rumah tangga, mainan, peralatan listrik, komponen mobil, dst. Penggunaan yang luas itu berkat mampu cetaknya yang baik, permukaannya yang licin mengkilat dan tembus cahaya.

E. Serat

Serat merupakan material penguat pada komposit yang berfungsi sebagai penahan paling utama. Serat ditambahkan ke matriks dalam bentuk tertentu. Serat biasanya memiliki sifat lebih kuat daripada matriks (Surdia, 1999). Jumlah serat, orientasi serat, panjang serat, model atau bentuk serat dan komposisi serat merupakan faktor paling penting untuk menentukan kekuatan komposit serat. Semakin banyak serat yang dikandung dalam komposit, kekuatan mekanis (*strength*) semakin besar (Schwartz, 1984).

Selain itu serat juga merupakan unsur yang sangat penting dikarenakan seratlah yang nantinya akan menentukan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekakuan, keuletan, kekuatan dan sebagainya (Fajri dkk, 2013). Semakin banyak serat yang dikandung dalam komposit maka kekuatan mekanis (*strength*) semakin besar (Schwartz, 1984). Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran

kristal) maka semakin kuat bahan tersebut dan sebaliknya. Gambar 7 dibawah ini menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi volume serat maka kecenderungan kekuatan komposit semakin tinggi.



Gambar 7. Grafik hubungan antara kekuatan dan susunan serat

(Sumber : Mechanics of Composite Material, Jones, M.R., 1975)

Berdasarkan jenisnya serat terbagi atas dua macam, yaitu:

1. Serat alam (*nature fiber*)

Serat alami terdiri dari serat yang diproduksi oleh tumbuh-tumbuhan, hewan, dan proses geologis. Serat jenis ini mudah mengalami pelapukan. Menurut Anonim (2018) serat alami dapat digolongkan ke dalam :

- a. Serat tumbuhan atau serat pangan adalah serat yang biasanya tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan kadang-kadang mengandung pula lignin. Contohnya adalah katun dan kain ramie.
- b. Serat kayu adalah serat yang berasal dari batang tumbuhan berkayu.
- c. Serat hewan adalah serat yang umumnya tersusun dari protein tertentu. Contohnya adalah serat ulat (sutra) dan bulu domba (wol).
- d. Serat mineral adalah serat yang umumnya terdiri dari asbestos. Saat ini asbestos adalah satu satunya mineral yang secara alami terdapat dalam bentuk serat panjang.

2. Serat sintetis atau serat buatan

Merupakan serat terbentuk dari polimer-polimer yang berasal dari alam maupun polimer-polimer buatan yang dibuat dengan cara kepolimeran senyawa-senyawa kimia yang relatif sederhana. Semua proses pembuatan serat dilakukan dengan menyemprotkan polimer yang berbentuk cairan melalui lubang-lubang kecil (*spinner*). Serat buatan (serat *termoplastik*) disebut juga *man-made fibres* terdiri dari *nylon*, *perlon*, *decron*, *teriline*, *trivera*, *terlenka*, *tetoron*, *prinsip*, *bellini*, *laceri*, *larici*, *orlon*, *cashmilon*, *silk*, *caterina* dan lain-lain. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, kevlar, nylon dan lain-lain (Chung, 2010).

Adapun fungsi utama dari serat adalah:

- a. Berguna sebagai pembawa beban. Beban yang dibawa oleh serat adalah 70% - 90% didalam struktur komposit.
- b. Memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dan sifat-sifat lain dalam komposit.
- c. Memberikan insulasi kelistrikan (konduktivitas) pada komposit namun tergantung dari serat yang akan digunakan.

F. Serat Ampas Tebu

Tebu atau yang dikenal dalam bahasa latin *Saccharum officinarum* merupakan tanaman bahan baku gula. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah

beriklim tropis dan tebu termasuk keluarga rumput-rumputan (family gramineae). Di Indonesia, tebu dibudidayakan di pulau Sumatera dan Jawa. Akar tanaman tebu adalah serabut dan tanaman ini termasuk ke dalam kelas monocotyledone (Supriadi 1992). Klasifikasi tanaman tebu adalah divisi spermatophyta, sub divisi agiospermae kelas monocotyledone, family poaceae, genus saccharum dan species saccharum officinarum.

Tanaman tebu mempunyai batang yang tinggi kurus, tidak bercabang dan tumbuh tegak. Tanaman yang tumbuh baik, tinggi batangnya dapat mencapai 3-5 meter atau lebih. Pada batangnya terdapat lapisan lilin yang berwarna putih keabuan. Batangnya beruas-ruas dengan panjang ruas 10-30 cm. Daun berpangkal pada buku batang dengan kedudukan yang berseling (Penebar Swadaya, 2000). Tebu dapat hidup dengan baik pada ketinggian tempat 5-500 meter di atas permukaan laut (mdpl), pada daerah beriklim panas dan lembab dengan kelembaban > 70%, hujan yang merata setelah tanaman berumur 8 bulan dan suhu udara berkisar antara 28-34 °C (Slamet, 2004).

Ampas tebu atau yang dikenal dengan istilah *bagasse* merupakan hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu. Satu pabrik menghasilkan ampas tebu sekitar 35 – 40 % dari berat tebu yang telah digiling. Saat musim giling 2006, data yang diperoleh dari ikatan ahli gula Indonesia menunjukkan bahwa jumlah tebu yang digiling oleh 57 pabrik gula di Indonesia mencapai 30 juta ton sehingga dihasilkan ampas tebu yang diperkirakan mencapai 9 juta ton. Sebanyak 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan sebagai bahan bakar, bahan baku untuk industri pulp/kertas dan industri jamu, sisanya sebanyak 40% belum dimanfaatkan

(Subroto, 2006). Oleh karena itu, bagi pabrik gula ampas tebu merupakan limbah yang menimbulkan masalah bila musim kemarau datang karena akan mengakibatkan sisa ampas tebu tersebut dapat terbakar (Mubin, 2005).

Serat tebu selain dimanfaatkan sebagai bahan bakar pabrik juga dapat digunakan sebagai pembuatan papan partikel, kertas, media budidaya jamur dan pupuk kompos (Slamet, 2004). Komponen kimia dari serat ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini dan ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 8.

Table 3. Komponen Kimia Serat Ampas Tebu

No	Analisis	% Berat Kering
1.	Selulosa	26% - 43%
2.	Semiselulosa	17% - 23%
3.	Pentose	20% - 33%
4.	Lignin	13% - 22%

(Sumber: Hidayati, 2010)



Gambar 8. Ampas Tebu (Sumber: Dokumentasi Penulis)

G. Sludge Kertas

Sludge kertas merupakan limbah padat sisa dari produksi industri pulp dan kertas yang biasanya berwarna hitam atau abu-abu, dengan komposisi sebesar 90% padatan dan 10% air yang diperoleh dari proses pengendapan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). *Sludge* merupakan 10 – 50% dari beban COD limbah yang diolah (Supriyanto, 1993). *Sludge* kertas juga menghasilkan pith yang berupa bahan dari proses depething plant yaitu pemisahan secara mekanik yang

terdiri dari bahan serat dan bahan bukan serat (Hastutik, dkk, 2006). Jumlah sludge pabrik pulp dan kertas lebih kurang sepertiga dari jumlah seluruh limbah yang ada (Anonim, 2004).

Limbah padat yang dihasilkan industri kertas berasal dari beberapa unit proses yang umumnya berasal dari proses penyaringan bubur pulp (reject screen) dan proses pengolahan air limbah (IPAL). Setiap unit proses pada produksi pulp dan kertas menghasilkan limbah cair yang komponen utamanya berupa serat dan senyawa organik kompleks lignin. Penanganannya dilakukan dengan pengolahan primer dan pengolahan proses biologi lumpur aktif dengan suplai oksigen dan udara dan penambahan nutrisi. Hasil dari pengolahan limbah cair diperoleh air limbah terolah yang telah memenuhi baku mutu persyaratan pembuangan air limbah ke lingkungan dan menghasilkan pula lumpur sebagai limbah padat (Syamsudin et al., 2006).

Sludge mengandung bahan yang berserat tinggi serta sisa-sisa bahan pengisi termasuk logam, adanya kandungan logam tersebut memungkinkan limbah padat tersebut dapat berfungsi sebagai agregat ringan (Bambang Supriyadi, MT, 2006). Agregat ringan dari *sludge* pabrik kertas ini dapat dijadikan pengganti semen. Agregat ringan dari *sludge* pabrik kertas mempunyai pori sangat banyak sehingga daya serapnya jauh lebih besar dibandingkan daya serat agregat lainnya. Massa jenis agregat ringan berkisar antara $0,35 \text{ g/cm}^3$ - $0,85 \text{ g/cm}^3$. Bentuk *sludge* kertas yang sudah kering dapat dilihat pada Gambar 9 dan komposisi

kandungan senyawa sludge kertas hasil tes Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 9. *Sludge* Kertas yang sudah kering (Sumber: Dokumentasi Penulis)

Table 4. Komposisi Senyawa Kimia Limbah Padat (*Sludge*) Kertas

Komposisi Kimia	Kadar (%)
C_aO	56.38
Al_2O_3	7.70
MgO	3.62
CO_2	0.75
Fe_2O_3	1.68
SiO_2	2.35
H_2O	16.11

(Sumber: Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri (LPKI) Surabaya, 2005)

Untuk dapat mengelola lumpur secara efektif dan tepat, maka perlu mengetahui karakteristik lumpur tersebut. Karakteristik lumpur tergantung pada sumber lumpur dan jenis industry penghasil air limbah serta sistem pengolahan IPAL. Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 memuat daftar dari berbagai jenis industry yang menghasilkan lumpur IPAL yang dianggap sebagai Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) (Ummah, 2018).

Beberapa metode penanganan limbah B3 yang umum diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Metode Pengolahan secara Kimia

Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun; dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan tergantung jenis dan kadar limbahnya.

- a. Proses pengolahan limbah B3 secara kimia yang umum dilakukan adalah stabilisasi/ solidifikasi. Stabilisasi/ solidifikasi adalah proses mengubah bentuk fisik dan/atau senyawa kimia dengan menambahkan bahan pengikat atau zat pereaksi tertentu untuk memperkecil/membatasi kelarutan, pergerakan, atau penyebaran daya racun limbah, sebelum dibuang. Contoh bahan yang dapat digunakan untuk proses stabilisasi/solidifikasi adalah semen, kapur (CaOH_2), dan bahan termoplastik. Metoda yang diterapkan di lapangan ialah metoda *in-drum mixing*, *in-situ mixing*, dan *plant mixing*. Peraturan mengenai solidifikasi/stabilitas diatur oleh BAPEDAL berdasarkan Kep-03/BAPEDAL/09/1995 dan Kep-04/BAPEDAL/09/1995.
- b. Presipitasi adalah pengurangan bahan-bahan terlarut dengan cara menambahkan senyawa kimia tertentu yang larut dan dapat menyebabkan terbentuknya padatan. Dalam pengolahan air limbah, presipitasi digunakan untuk menghilangkan logam berat, sulfat, fluoride, dan fosfat. Senyawa kimia yang biasa digunakan adalah lime, dikombinasikan dengan kalsium klorida, magnesium klorida, aluminium klorida, dan garam – garam besi.

- c. Koagulasi dan Flokulasi digunakan untuk memisahkan padatan tersuspensi dari cairan jika kecepatan pengendapan secara alami padatan tersebut lambat atau tidak efisien. Proses koagulasi dan flokulasi adalah konversi dari polutan-polutan yang tersuspensi koloid yang sangat halus didalam air limbah, menjadi gumpalan-gumpalan yang dapat diendapkan, disaring, atau diapungkan.

Beberapa kelebihan proses pengolahan kimia antara lain dapat menangani hampir seluruh polutan anorganik, tidak terpengaruh oleh polutan yang beracun atau toksik, dan tidak tergantung pada perubahan konsentrasi. Pengolahan kimia dapat meningkatkan jumlah garam pada *effluent*, meningkatkan jumlah lumpur sehingga memerlukan bahan kimia tambahan akibatnya biaya pengolahan menjadi mahal.

2. Metode Pengolahan secara Fisik

Sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, dilakukan penyisihan terhadap bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung. Penyaringan atau *screening* merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar.

- a. Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisihkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. Flotasi juga dapat digunakan sebagai cara

penyisihan bahan-bahan tersuspensi (*clarification*) atau pemekatan lumpur endapan (*sludge thickening*) dengan memberikan aliran udara ke atas (*air flotation*).

- b. Proses adsorpsi, biasanya dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisihkan senyawa aromatik misalnya fenol dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut.
- c. Evaporasi pada umumnya dilakukan untuk menguapkan pelarut yang tercampur dalam limbah, sehingga pelarut terpisah dan dapat diisolasi kembali. Evaporasi didasarkan pada sifat pelarut yang memiliki titik didih yang berbeda dengan senyawa lainnya.
- d. Metode insinerasi atau pembakaran dapat diterapkan untuk memperkecil volume limbah B3. Namun saat melakukan pembakaran perlu dilakukan pengendalian agar gas beracun hasil pembakaran tidak mencemari udara. Pengolahan secara insinerasi bertujuan untuk menghancurkan senyawa B3 yang terkandung di dalamnya menjadi senyawa yang tidak mengandung B3. Insinerator adalah alat untuk membakar sampah padat, terutama untuk mengolah limbah B3 yang perlu syarat teknis pengolahan dan hasil olahan yang sangat ketat. Kelebihan metode pembakaran adalah metode ini merupakan metode hemat uang di bidang transportasi dan tidak menghasilkan jejak karbon yang dihasilkan transport seperti

pembuangan darat. Kerugian metode pembakaran adalah adanya biaya tambahan dalam pembangunan instalasi pembakaran limbah.

3. Metode Pengolahan secara Biologi

Proses pengolahan limbah B3 secara biologi yang berkembang dewasa saat ini dikenal dengan istilah bioremediasi dan fitoremediasi. Bioremediasi adalah penggunaan bakteri dan mikroorganisme lain untuk mendegradasi/ mengurai limbah B3. Sedangkan fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk mengabsorpsi dan mengakumulasi bahan-bahan beracun dari tanah. Kedua proses ini sangat bermanfaat dalam mengatasi pencemaran oleh limbah B3 dan biaya yang diperlukan lebih murah dibandingkan metode kimia atau fisik. Namun, proses ini juga masih memiliki kelemahan. Proses bioremediasi dan fitoremediasi merupakan proses alami sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama untuk membersihkan limbah B3, terutama dalam skala besar. Selain itu, karena menggunakan makhluk hidup, proses ini dikhawatirkan dapat membawa senyawa-senyawa beracun ke dalam rantai makanan di dalam ekosistem.

H. Panel Komposit

Papan atau bisa disebut dengan panel biasanya dimanfaatkan sebagai alas rumah alias lantai rumah, dinding rumah, sekat pada bagian rumah, plafon (atap rumah), alas untuk memotong, sebagai rak lemari dan laci serta alas tempat tidur. Panel biasanya terbuat dari kayu, beton, batuan alam, kaca dan polikarbonat.

Kelebihan panel adalah mudah dilakukan pemasangan pada sebuah bangunan untuk panel dinding beton, kaca dan kayu, mempunyai kekuatan yang baik dan memberikan nilai lebih pada sisi keindahan bangunan. Kekurangan panel adalah harganya yang cukup mahal, pemasangan yang cukup sulit, panel yang terbuat dari kayu juga mudah terbakar sedangkan panel yang terbuat dari kaca akan mudah pecah. Kekurangan panel tentu saja berkaitan dengan material pembuatannya. Pembuatan panel komposit dengan memanfaatkan bahan-bahan alam sudah sering dilakukan orang-orang. Saat sekarang banyak juga yang memanfaatkan serat sebagai material penyusun dalam pembuatan panel komposit.

Panel komposit terbuat dari kombinasi dua material atau lebih yang berbeda bentuknya yang disusun dari dua komponen yaitu perekat dan serat. Papan komposit adalah suatu produk komposit yang dibuat dengan merekatkan partikel berupa potongan kayu yang kecil atau material lain yang mengandung lignoselulosa sehingga merupakan bahan baku pembuatan papan komposit. Papan komposit umumnya berbentuk datar dengan ukuran relatif panjang, lebar, dan tipis sehingga disebut panel. Pembuatan panel komposit dengan memanfaatkan serat alam akan mendapatkan nilai tambah yaitu mengurangi dampak yang diakibatkan oleh limbah bagi lingkungan. Acuan panel komposit serat alam sesuai SNI 03-2105-2006 dapat dilihat pada Tabel 5.

Table 5. Acuan Papan/Panel Komposit Serat Alam

No	Sifat Fisik dan Mekanik Papan Komposit	SNI 03-2105-2006
1	Kerapatan (gr/cm^3)	0,5 -0,9
2	Kadar air (%)	< 14
3	Pengembangan Tebal (%)	Maks 12
4	MoR (kgf/cm^2)	Min 80
5	MoE (kgf/cm^2)	Min 15000
6	Kuat rekat internal (IB)	Min 1,5
7	Kuat Impak (kgf/cm^2)	Min 30
8	Kuat Tekan (kgf/cm^2)	> 6
9	Kuat Tarik (kgf/cm^2)	Min 3,1

(Sumber: Rangkuti, 2011)

Faktor Yang Mempengaruhi Sifat Mekanik Panel Komposit, diantaranya adalah;

1. Faktor Serat

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi. Serat dapat menahan gaya yaitu karena perekatan (*bonding*) antara serat dan matriks (*intervarsial bonding*) sangat baik dan kuat sehingga tidak mudah lepas dari matriks (*debonding*). Jumlah serat serta karakteristik dari serat merupakan salah satu elemen kunci dalam analisis mikromekanik komposit.

2. Letak Serat

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut.

Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu:

- a. *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat.
- b. *Two dimensional reinforcement* (planar), mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.
- c. *Three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat isotropic kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya. Pada pencampuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak (random) maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar kesegala arah maka kekuatan akan meningkat.

4. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika dibandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah *aspect ratio*. Bila *aspect ratio* makin besar maka makin besar pula kekuatan tarik serat pada komposit tersebut. Serat panjang (*continous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya daripada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Pada umumnya,

serat panjang lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan serat pendek. Serat panjang pada keadaan normal dibentuk dengan proses *filament winding*, dimana pelapisan serat dengan matrik akan menghasilkan distribusi yang bagus dan orientasi yang menguntungkan.

Ditinjau dari teorinya, serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain. Pada struktur *continous fiber* yang ideal, serat akan bebas tegangan atau mempunyai tegangan yang sama. Selama fabrikasi, beberapa serat akan menerima tegangan yang tinggi dan yang lain mungkin tidak terkena tegangan sehingga keadaan di atas tidak dapat tercapai (Schwartz, 1984 : 1.11). Sedangkan komposit serat pendek, dengan orientasi yang benar, akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan *continous fiber*. Hal ini terjadi pada whisker, yang mempunyai keseragaman kekuatan tarik setinggi 1500 kips/in² (10,3 GPa). Komposit berserat pendek dapat diproduksi dengan cacat permukaan yang rendah sehingga kekuatannya dapat mencapai kekuatan teoritisnya (Schwartz, 1984 : 11).

5. Bentuk Serat

Bentuk Serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya kandungan seratnya juga mempengaruhi (Schwartz, 1984 : 1.4).

6. Faktor Matrik

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan.

7. Faktor Ikatan Fiber-Matrik

Komposit serat yang baik harus mampu untuk menyerap matrik yang memudahkan terjadi antara dua fase (Schwartz, 1984 : 1.12). Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matrik berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matrik dan serat. Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matrik adalah void, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah void sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut. Pada pengujian tarik komposit akan berakibat lolosnya serat dari matrik. Hal ini disebabkan karena kekuatan atau ikatan interfacial antara matrik dan serat yang kurang besar (Schwartz, 1984 : 1.13).

8. Katalis

Katalis ini digunakan untuk membantu proses pengeringan resin dan serat dalam komposit. Waktu yang dibutuhkan resin untuk berubah menjadi plastik tergantung pada jumlah katalis yang dicampurkan. Dalam penelitian ini

menggunakan katalis *metil ethyl katon peroxide* (MEKPO) yang berbentuk cair, berwarna bening. Semakin banyak katalis yang ditambahkan maka makin cepat pula proses *curingnya*. tetapi apabila pemberian katalis berlebihan maka akan menghasilkan material yang getas ataupun resin bisa terbakar. Penambahan katalis yang baik 1% dari volume resin. Bila terjadi reaksi akan timbul panas antara 60°C – 90°C. Panas ini cukup untuk mereaksikan resin sehingga diperoleh kekuatan dan bentuk plastik yang maksimal sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan (Justus Sakti Raya, 2001).

I. Sifat Mekanik

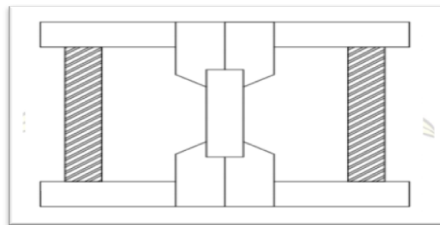
Sifat mekanik merupakan pengujian untuk melihat pengaruh atau respon material terhadap pembebanan. Pengujian sifat mekanik ini sebagai penentuan kekuatan atau ketahanan dari suatu bahan (Ulfah, 2015). Secara umum sifat mekanik ditentukan dengan pengujian destruktif dari sampel sebuah komposit dalam kondisi pembebanan yang terkontrol. Untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik maka dilakukan pengujian *prototype* atau yang dimaksud dengan aplikasi pembebanan yang sebenarnya, akan tetapi data spesifik tidak mudah diperoleh. Oleh sebab itu digunakan data hasil pengujian standar yang telah dipublikasikan sebelumnya, salah satunya adalah ASTM (*American Standard Testing and Material*) (Dantes, 2017).

1. Pengujian kuat tarik (*tensile test*)

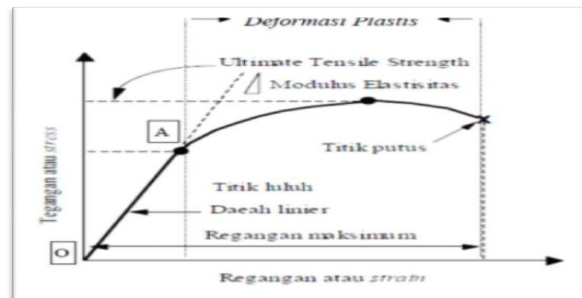
Uji Tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu (Askeland,

1985). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955). Sifat-sifat mekanik yang bisa diketahui dari pengujian tarik adalah kekuatan tarik, modulus elastisitas dan keuletan dari suatu material.

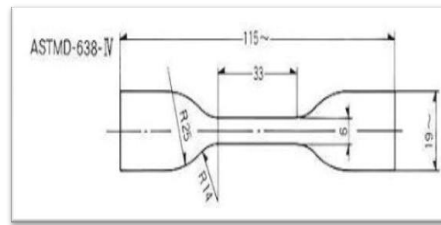
Kurva tegangan regangan rekayasa seperti pada (Gambar 11) diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) dan standar pengujian yang digunakan adalah standar ASTM D 638-IV. Skema uji tarik menggunakan UTM dapat dilihat pada Gambar 10 dan spesifikasi ukuran uji tarik sesuai ASTM D 638-IV dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 10. Skema Uji Tarik
(Sumber : Saba, 2019)



Gambar 11. Kurva Tegangan dan Regangan (Pradica, 2015)



Gambar 12. Spesifikasi Ukuran Sampel Uji Tarik
(Sumber : Standart Uji ASTM D 638-IV)

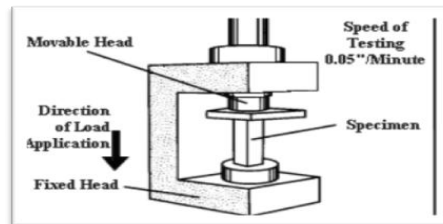
Spesifikasi ukuran ASTM D638 tipe 4 adalah panjang (p) sampel = 115 mm, Lebar (l) = 19 mm, Tebal (t) = 3 mm, Lebar dalam = 6 mm dan Panjang dalam = 33 mm.

2. Pengujian kuat tekan (*compression strength*)

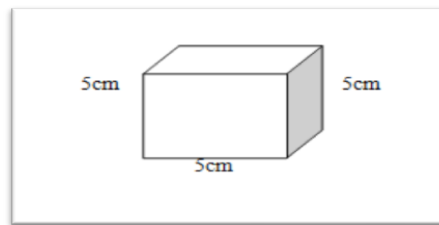
Kuat tekan suatu bahan adalah kemampuan suatu bahan menahan bahan tekan dari parameter alat mesin tekan (Ulfah, 2015). Kuat tekan dapat dilakukan dengan cara memberikan beban tekan kepada specimen komposit dengan bentuk silinder dan berdiamter konstan. Pada material ulet sangat sulit memperoleh kurva tegangan-regangan dari pengujian tekan ini dikarenakan material ulet tidak bisa patah apabila ditekan (Dantes, 2017).

Banyak sekali material ulet yang mempunyai kekuatan tekan yang sama dengan kekuatan tariknya. *Even material* adalah sebuah material komposit yang memiliki kekuatan tekan yang sama dengan kekuatan tariknya. Sedangkan untuk material getas memiliki kekuatan tekan dan kekuatan tarik yang berbeda karena itu jenis material ini tergolong ke dalam jenis *uneven material*. Oleh sebab itu, material komposit getas sangat diperlukan melakukan uji tekan (Dantes, 2017).

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan alat *ELE Compression Testing Machine*. Pengujian kuat tekan menggunakan standart dari alat uji yaitu SNI 2049:2015. Skema uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 13 dan ukuran sampel pengujian kuat tekan adalah 5cm x 5cm x 5cm (dapat dilihat pada Gambar 14).



Gambar 13. Skema Uji Kuat Tekan



Gambar 14. Ukuran Sampel Uji Tekan (Sumber : SNI 2049:2015)

3. Pengujian kekerasan (*hardness*)

Kekerasan (*hardness*) merupakan salah satu sifat mekanik (*mechanical properties*) dari sebuah material (Dentas, 2017). Pengujian kekerasan adalah satu pengujian dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang relatif kecil tanpa kesukaran. Untuk pengujian spesimen-spesimen sangat kecil ini, metode yang digunakan adalah *Microvickers hardness tester*. Kekerasan suatu material harus diketahui

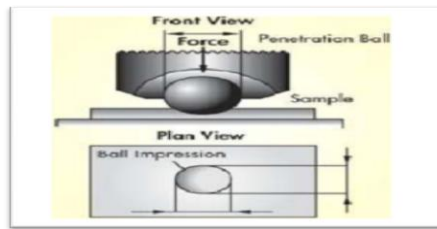
khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis.

Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Untuk mengetahui seberapa besar suatu bahan memiliki kemampuan untuk menahan beban indentasi atau penetrasi, biasanya dilakukan pengujian, di dunia teknik umumnya pengujian kekerasan menggunakan 3 macam metode, yaitu:

a. Pengujian kekerasan *Brinell*

Pengujian kekerasan dengan metode *brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekankan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian *Brinell* diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. Identor (bola baja) biasanya telah dikeraskan dan dilapisi ataupun terbuat dari bahan karbida tungsten. Pengujian *brinell* dapat dilihat pada Gambar 15 dibawah ini.

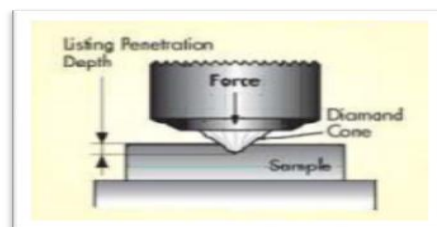


Gambar 15. Pengujian *Brinell* (Sumber: Sugianto, 2018)

Adapun keuntungan yang dimiliki pengujian *Brinell* yaitu bekas tekanan yang besar kekerasan rata-rata dari bahan yang tidak homogen dapat ditentukan, misalnya: besi tuang, sedangkan kerugian yang dimiliki pengujian ini adalah benda kerja tidak dapat digunakan kembali karena besarnya tekanan pada material (Gautama, 2018).

b. Pengujian kekerasan *Rockwell*

Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indenter berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Pengujian kekerasan *Rockwell* dapat dilihat pada Gambar 16 dibawah ini.



Gambar 16. Pengujian *Rockwell* (Sumber: Sugianto, 2018)

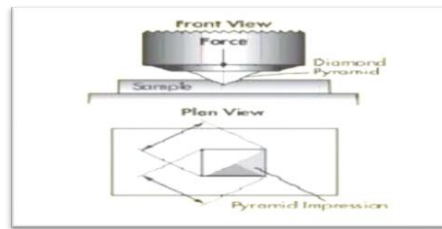
Untuk mencari besarnya nilai kekerasan dengan menggunakan metode *Rockwell* yaitu pada langkah 1 benda uji ditekan oleh indenter dengan

beban minor (Minor Load F_0) setelah itu ditekan dengan beban mayor (major Load F_1) pada langkah 2, dan pada langkah 3 beban mayor diambil sehingga yang tersisa adalah minor load dimana pada kondisi 3 ini indentor ditahan seperti kondisi pada saat total load F besarnya minor load maupun major load tergantung dari jenis material yang akan di uji (Sugianto, 2018).

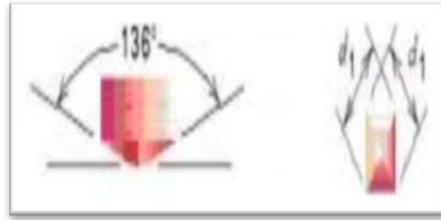
Adapun keuntungan dengan pengujian kekerasan Rockwell ini adalah dengan kerucut intan dapat diukur kekerasan baja yang disepuh keras dan dengan bekas tekanan yang kecil benda kerja rusak lebih sedikit. Sedangkan kerugiannya adalah dengan bekas tekanan yang kecil maka kekerasan rata-rata tidak dapat ditentukan untuk bahan tidak homogeny, misalnya: besi tuang (Gautama, 2018).

c. Pengujian kekerasan *Vickers*

Pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti ditunjukkan pada gambar 17. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian *rockwell* dan *brinell* yaitu antara 1 sampai 1000 gram. Angka kekerasan *Vickers* (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indentor (diagonalnya) (A) yang dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$. Pada metode ini digunakan indentor intan berbentuk piramida dengan sudut 136° , seperti diperlihatkan oleh Gambar 18.

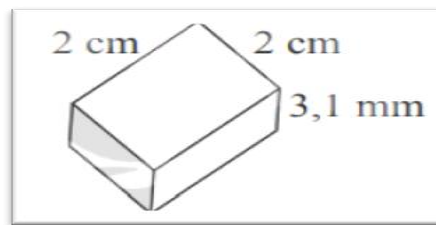


Gambar 17. Pengujian *MicroVickers Hardness Tester* (Sugianto, 2018)



Gambar 18. Bentuk Indentor *MicroVickers* (Sugianto, 2018)

Prosedur pengujian dengan metode *Microvickers* menggunakan referensi ASTM E 384-17. Bentuk sampel untuk uji kekerasan sesuai dengan ASTM E92 dapat dilihat pada Gambar 19 dibawah ini.



Gambar 19. Ukuran Sampel Uji Kekerasan
(Sumber: Standart Uji ASTM E 92)

Kelebihan dari pengujian ini adalah pengukuran sangat teliti, kerusakan bahan atau material kecil karena bekas tekanan yang ditimbulkan juga kecil dan kekerasan benda yang sangat amat tipis dapat diukur dengan memilih gaya kecil. Sedangkan kekurangan dari pengujian *MicroVickers* adalah bekas tekanan yang kecil mengakibatkan kekerasan rata-rata bahan yang homogeny tidak dapat ditentukan, misalnya : besi tuang (Gautama, 2018).

J. Pengaruh Serat Terhadap Sifat Mekanik Panel Komposit

Starks dan Rowlands (2002) dalam Silitonga (2015) mengatakan komposit dengan penguat (filler) serat, maka sifat mekanisnya akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya variasi persen serat (fiber). Kekuatan mekanik yang mengalami meningkat diantaranya adalah kekuatan tarik, kekuatan bending, kekuatan impact, dan lain lain. Serat (fiber) berfungsi sebagai penyangga kekuatan dari struktur material komposit, beban yang awalnya diterima oleh matrik kemudian diteruskan ke serat (fiber) maka dari itu serat harus memiliki kekuatan tarik dan elastisitas yang lebih tinggi dari pada matriks. Menurut teori komposit dengan serat panjang akan memberikan nilai kekuatan yang efisien dan seragam bila dibandingkan dengan serat pendek.

Berdasarkan penelitian Fajriyanto dan Feris (2008) mengenai Panel Dinding Bangunan Ramah Lingkungan Dari Komposit Limbah Pabrik Kertas (*Sludge*), Sabut Kelapa Dan Sampah Plastik : Pengaruh Komposisi Bahan Dan Beban Pengempaan Terhadap Kuat Lentur (*Bending*). Pada penelitian ini komposisi optimal bahan didapatkan pada komposisi *sludge* 60% dan sampah plastik 40% dan sabut kelapa 2%. Peneliti juga melakukan penelitian terkait variasi jumlah serat sabut kelapa untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kekuatan mekanik dari komposit panel dinding apabila terjadi perbedaan jumlah serat sabut kelapa. Variasi jumlah serat sabut kelapa yang digunakan adalah 0%, 2%, 4% dan 6%. Pada penelitian dapat dilihat bahwa perbedaan dari jumlah sabut kelapa pada saat pencampuran berpengaruh terhadap kuat lentur komposit. Hasil

dari penelitian ini menjelaskan bahwa dengan penambahan sabut kelapa sebanyak 2% dari jumlah komposit dapat mengatasi sifat regasnya serta dapat meningkatkan kekuatan lenturnya. Diketahui bahwa semakin banyak jumlah serat sabut kelapa maka semakin rendah kuat lentur komposit.

Penelitian yang dilakukan oleh (Siska, 2014) mengenai Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Tebu/Polyester. Pada penelitian ini fraksi volume serat divariasikan yaitu 5%, 15%, 25% dan 35%. Nilai kekuatan tarik paling tinggi didapatkan pada variasi 35%. Hal ini juga menunjukkan bahwa kekuatan tarik meningkat dengan bertambahnya fraksi volume serat yang terkandung pada komposit serat tebu/polyester.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Farid, 2014) mengenai Pengaruh Persentase Massa Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Matriks Polipropilen Dengan Penguat Serat Ampas Tebu Pada Proses *Injection Moulding*. Dimana variasi persentase massa serat ampas tebu yang digunakan adalah 0%, 2.5%, 5% dan 10%. Pada persentase massa 0% sampai 5% kekuatan tariknya mengalami peningkatan. Kekuatan tarik paling rendah pada persentase massa 0% hal ini dikarenakan adanya rongga pada semen yang menyebabkan kekuatan tariknya lebih rendah. Penurunan nilai kekuatan tarik disebabkan adanya *de bonding* antara matriks *polypropylene* dan serat sehingga banyak serat yang mengalami *pull out*. Banyak serat yang berkumpul pada daerah tepi specimen sehingga ruang matriks untuk mengikat serat lebih sempit, hal ini mengakibatkan lemahnya ikatan matriks dan serat sehingga banyak serat yang mengalami *pull out*. Nilai kekuatan tarik

pada komposit sangat dipengaruhi oleh ikatan antara matriks dan penguatnya. Bahwa dapat disimpulkan semakin bertambahnya persentase massa serat maka akan semakin besar kekuatan tariknya.

Penelitian Darmansyah (2018) mengenai sintesis mekanik komposit epoxy berpenguat serat tebu (tinjauan pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending). Pada penelitian ini fraksi volume serat divariasikan yaitu 0%, 5%, 10% dan 15%. Pada penelitian ini kekuatan tarik tertinggi, regangannya dan modulus elastisitasnya pada variasi 15%. Maka dapat disimpulkan bahwa fraksi volume serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit yang disebabkan karena bertambahnya penguat serat. Sedangkan untuk kekuatan bending mengalami penurunan pada variasi 15%, hal ini disebabkan karena kurang meratanya distribusi serat pada saat pencetakan.

Dari penelitian yang dilakukan oleh (Sunardi, 2016) mengenai Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Penguat Papan Partikel dengan Variasi Fraksi Volume Serat menyatakan bahawa kekerasan dipengaruhi besaran persentase massa serat, dimana serat akan memberikan penguatan terhadap penetrasi oleh gaya luar sehingga semakin besar serat akan semakin besar ketahannya terhadap deformasi. Dapat disimpulkan bahwa bertambahnya serat akan meningkatkan sifat mekanis papan partikel antara lain kekerasan, kekuatan bending, kekuatan impak dan persentase pengembangan tebal, tetapi semakin kecil nilai densitasnya yang dipengaruhi oleh berat jenis dari masing-masing unsure penyusun.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan pengujian diperoleh nilai kuat tarik berturut-turut adalah 1,24 N/mm^2 , 1,61 N/mm^2 , 2,57 N/mm^2 dan 2,76 N/mm^2 . Nilai kuat tekan berturut-turut adalah 12,111 MPa, 9,77 MPa, 6,485 MPa dan 8,04 MPa. Nilai kekerasan berturut-turut adalah 3,7 HV, 3,8 HV, 5,16 HV dan 6,13 HV. Jika persentase serat ampas tebu meningkat maka nilai kuat tarik meningkat, nilai kekerasan meningkat sedangkan nilai kuat tekan menurun.
2. Nilai kekuatan tarik, nilai kuat tekan dan nilai kekerasan panel komposit untuk setiap variasi sudah memenuhi standart SNI 03-2105-2006 yaitu diatas 0,3 N/mm^2 , 0,59 MPa dan 2,24 HV sehingga panel komposit dari bahan dasar serat ampas tebu dengan limbah plastik *polypropylene* dan *sludge* kertas ini memiliki sifat mekanik yang baik sehingga dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari untuk kebutuhan dinding rumahan.

B. Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk menggunakan wajan anti lengket dalam pelelehan plastik agar komposisi bahan tidak ada yang berkurang dalam pembuatan komposit. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan preparasi sludge kertas untuk menghilangkan kandungan B3 yang terdapat pada sludge tersebut agar panel komposit yang dihasilkan baik bagi kesehatan masyarakat nantinya. Juga disarankan dalam pemotongan sampel menggunakan alat yang lebih mudah dibandingkan gergaji ukir dan ukuran sampel saat pengujian kuat tarik lebih tebal dari standart ukuran yang telah ditentukan agar saat pemotongan sampel tidak mengalami kesulitan. Pada penelitian selanjutnya diharapkan membuat cetakan sesuai dengan ukuran dan bentuk sampel pengujian agar tidak mengalami kesulitan dalam pemotongan sampel dengan ukuran sampel yang lebih kecil, misalnya saja pemotongan sampel untuk pengujian kuat tarik. Panel komposit ini juga diharapkan dapat dipertimbangkan untuk diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari untuk kebutuhan dinding rumahan.