

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penerapan teknologi komposit banyak digunakan sebagai aplikasi pada proses manufaktur sebagai material baru. Material komposit mampu menggeser dominasi logam dalam aplikasi dan struktural. Pemanfaatan papan komposit sudah semakin luas seperti pada peralatan olah raga, transportasi, peralatan rumah tangga serta *equipment* dalam teknologi *aerospace*. Di Asia khususnya Jepang, pada tahun 2005 sekitar 88% komponen otomotif telah di daur ulang, sedangkan pada tahun 2015 ditargetkan komponen yang dapat didaur ulang meningkat menjadi sekitar 95% (Holbery dan Houston, 2006). Keuntungan penggunaan material papan komposit ini antara lain; rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah, dan proses pembuatannya mudah.

Komposit yang merupakan suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan, dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut. Komposit terdiri dari gabungan antara matrik dan penguat. Penguat yang berupa serat sangat dominan dalam penggunaan pada material komposit. Pertimbangan pemilihan serat untuk komposit sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya adalah nilai kekuatan dan kekakuan komposit yang diinginkan, perpanjangan ketika patah, stabilitas termal, ikatan antara serat dan matrik, perilaku dinamik, perilaku jangka panjang, massa jenis, harga, biaya proses, ketersediaan, dan kemudahan daur ulang (Riedel, 1999). Penggunaan serat alam (limbah pertanian) sangat dimungkinkan sebagai penguat pada material komposit seperti serat nenas, pisang, enceng gondok, serat tebu, dan lain sebagainya.

Serat alam yang memiliki keunggulan, antara lain : *non-abrasive*, densitas rendah, harga lebih murah, ramah lingkungan, dan tidak beracun serta mendapatkan perhatian luas dari para peneliti untuk terus dikembangkan. Konsep kembali ke alam yang mulai dicanangkan untuk mengatasi kerusakan alam yang semakin tidak terkendali. Permasalahan ini yang perlu ditanggapi dan dicari solusinya oleh para ahli ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu cara mengatasinya yaitu dengan memanfaatkannya untuk sesuatu yang berguna diantaranya pemanfaatan serat alam sebagai bahan penguat komposit. Menurut Brouwer (2000), Pemanfaatan

serat alam dan material komposit berpenguat serat alam yang merupakan material komposit yang ramah lingkungan. Komposit dengan menggunakan serat alam (*natural fiber*) sangat baik kualitasnya sebab memiliki sifat mekanis yang baik antara lain kekakuan dan kekuatan tinggi, berat yang ringan, densitas rendah, dan sebagainya.

Salah satu contoh serat yang dapat digunakan sebagai penguat pada papan komposit adalah serat tebu. Di Indonesia banyak tersedia ampas tebu yang berasal dari pabrik gula yang sebahagian nya belum termanfaatkan. Dalam industri pengolahan tebu menjadi gula, ampas tebu yang dihasilkan jumlahnya dapat mencapai 90% dari setiap tebu yang diolah, sedangkan kandungan gula yang termanfaatkan hanya sebesar 5% (Anonim, 2000). Dengan dasar inilah ketermanfaatan serat tebu tersebut dilakukan pengembangan proses teknologi sehingga terjadi diversifikasi pemanfaatan limbah pertanian menjadi penguat pada komposit.

Sifat mekanik dari komposit serat tergantung pada sifat-sifat penyusunnya. Jenis serat dan matrik yang digunakan akan mempengaruhi karakteristik dari sifat akhir komposit yang diinginkan. Komposit banyak digunakan sebagai kompone-komponen pada kendaraan. Sudah tentu komponen ini memiliki kemampuan dan kekuatan yang baik ketika digunakan. Komponen ini nantinya ketika digunakan pasti akan mengalami berbagai beban, diantaranya adalah beban lentur.

Sebagaimana kekuatan, kekakuan merupakan faktor desain yang penting, khususnya dengan adanya kompresif atau gaya tekuk. Serat secara dominan akan menentukan kekuatan dan kekakuan komposit. Semakin kecil ukuran serat, maka akan memberikan perekatan dan kekuatan yang semakin baik, karena rasio antara permukaan dan volume serat semakin besar.(riedel, 1999). Permasalahn sekarang ini adalah bagaimana mendapatkan material komposit serat yang memiliki kemampuan dalam mengatasi beban lentur (bending) ketika digunakan sebagai bahan baku pembuatan komponen.

Dari uraian diatas dapat dinyatakan bahwa pemanfaatan serat tebu melalui pendekatan teknologi merupakan usaha untuk lebih meningkatkan nilai guna baik dari segi pemanfaatannya maupun ekonominya. Dalam mewujudkan pemanfaatan serat tebu sebagai penguat pada komposit yang memiliki karakteristik yang baik bila digunakan sebagai bahan baku

pembuatan komponen. Dengan demikian diperlukan suatu kajian analisis mengenai kekuatan tarik dan *bending* komposit berpenguat serat tebu. . Penelitian tentang komposit yang berpenguat serat tebu ini diharapkan dapat melengkapi kekurangan dari material komposit yang sudah ada, sehingga jika penelitian ini berhasil, maka akan didapatkan sifat komposit serat tebu yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan yang akan di teliti adalah bagaimana pengaruh fraksi berat serat tebu terhadap kekuatan tarik dan *bending* pada komposit resin *polyester* ?

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak melebar dan pembahasan menjadi lebih terarah maka perlu dilakukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Jenis *filler* yang digunakan adalah serat tebu (*bagasse*)
2. Fraksi berat serat tebu 0%, 10%, 20%, dan 30%.
3. Matrik yang digunakan Jenis *resin polyester yukalac* 157 BQTN dan katalis yang digunakan jenis MEKPO sebanyak 1%.
4. Proses pembuatan benda uji yang digunakan yaitu dengan proses menggunakan tangan (*hand lay-up*).
5. Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian tarik dengan standar ASTM D 3039 dan pengujian *bending* dengan standar ASTM D 7264.
6. Penyebaran *filler* dan resin saat pengadukan di anggap merata.
7. Temperatur yang digunakan adal temperatur ruangan 28° C.
8. Kadar air serat tebu 30%

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi berat serat tebu terhadap kekuatan tarik dan *bending* pada komposit resin *polyester*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini diharapkan memberikan kegunaan untuk pengembangan material baru terutama untuk material komposit yang menggunakan serat tebu dengan matrik *polyester*.
2. Dapat digunakan sebagai salah satu bahan pertimbangan dan referensi untuk membuat penelitian komposit yang menggunakan bahan sejenis atau penelitian yang lebih luas.
3. Sebagai upaya menuju pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam pemakaian serat alam dalam teknologi di masa mendatang sebagai wujud aplikasi dari rekayasa teknologi produksi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Wicaksono dkk (2006) melakukan penelitian untuk mengetahui kekuatan *bending* komposit kombinasi serat kenaf acak dan anyam komposit dibuat dengan metode *hand lay-up* dan dilakukan penekanan, bahan yang digunakan adalah resin *unsaturated polyester* 157 BQTN, serat kenaf acak dan anyam (karung goni). Struktur komposit tersusun dari 3 layer yaitu serat kenaf acak-anyam-acak dan 5 layer yaitu serat kenaf-acak-anyam-acak-anyam-acak dengan perbandingan serat dan resin 70 :70. Hasil pengujian menunjukkan kekuatan *bending* komposit kombinasi variable (*density*) serat acak 100, 200, 300, 400, 500 gr/m² untuk 3 layer 0 jam adalah 64,6 MPa, 78,18 MPa; 104,93 MPa, 101,5 MPa, & 3,82 MPa dan komposit 3 layer 2 jam adalah 61,69 MPa; 85,25 MPa; 93,97 MPa; 105,38 MPa; & 73 MPa. Sedangkan untuk komposit kombinasi 5 layer 0 jam berturut-turut adalah 66,39 MPa; 63,09 MPa; 75,36 MPa; 78,24 MPa; 73,29 MPa dan komposit 5 layer 2 jam adalah 61,33 MPa; 63,09 MPa; 72,72 MPa; 77,8 MPa; 73,19 MPa. Komposit kombinasi serat kenaf acak dan anyam dengan *density* serat acak 400 gr/m² memiliki kekuatan *bending* rata rata tertinggi dibandingkan dengan *density* serat yang lain.

Rusmiyatno dkk (2007), melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan serat nilon dengan matrik resin epoksi terhadap peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan *bending* komposit. Sebelum melakukan eksperimen serat dilakukan pengujian tarik serat diketahui besarnya tegangannya sebesar 461,22 MPa. Dalam eksperimen ini terdapat 3 variasi perbedaan fraksi volume yaitu 40%, 50%, 60%. Hasil pengujian tarik untuk variasi fraksi volume 40% tegangannya rata rata 17,42 MPa, regangannya 3,5 %, fraksi volume 50% tegangannya 23,09 MPa, regangannya 4,2 %, fraksi volume 60% tegangannya 25,86 MPa, regangannya 5%. Sedangkan untuk uji bendingnya didapat tegangannya fraksi volume 40% sebesar 787,16 MPa, modulus elastisitas 1,08 Gpa, fraksi volume 50% sebesar 902,01 MPa, modulus elastisitasnya 1,08 Gpa dan untuk fraksi volume 60% sebesar 950,02 MPa, modulus elastisitas 0,09 Gpa.

Arief (2011), melakukan penelitian dengan menggunakan serat rami yang dianyam dengan variasi komposit serat di buat dengan metode *han lay-up* dan bahan yang digunakan adalah resin *unsaturated polyester* 157 BQTN, didapatkan hasil kekuatan kekuatan tarik terkecil yaitu 2,6 N.mm⁻² ada pada fraksi volume serat sebanyak 20% dan nilia kekuatan tarik tertinggi

yaitu $3,3167 \text{ N. mm}^{-2}$ ada pada fraksi volume serat sebanyak 50%. Sedangkan pada pengujian bending didapatkan kekuatan bending terendah yaitu $0,1 \text{ N. mm}^{-2}$ ada pada fraksi volume serat sebanyak 20% dan nilai kekuatan bending tertinggi yaitu $0,283 \text{ N. mm}^{-2}$ pada fraksi volume serat sebanyak 50%.

2.2 Pengertian Material Komposit

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua bahan gabungan dari dua bahan atau lebih bahan lainnya. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan dari dua atau lebih material untuk membentuk material yang sifat mekanisnya dapat disesuaikan sesuai kebutuhan. Komposit dan *alloy* memiliki perbedaan dari cara penggabungan yaitu apabila komposit digabung secara makroskopis sehingga masih kelihatan serat maupu matriknya (komposit serat), sedangkan *alloy* / paduan gabungan secara makroskopis sehingga tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975). Pada umumnya komposit di bentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih kaku dan keras serta lebih kuat.
2. Matrik, umumnya lebih kuat (*ductile*) tetapi mempunyai kakuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Salah satu keunggulan dari material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur – unsur yang unggul dari masing – masing unsur pembentuknya. Sifat material hasil penggabungan ini di harapkan dapat saling melengkapi kelemahan kelemahan yang ada pada masing masing material penyusunnya. sifat - sifat ini menurut (Jones, 1975) antara lain:

- a. Kekuatan (*strength*)
- b. Kekauan (*stiffness*)
- c. Ketahanan korosi (*corrosion resistance*)
- d. Ketahanan gesek (*wear resistance*)

- e. Berat (*weight*)
- f. Ketahanan lelah (*fatigue life*)

2.2.1 Kegunaan Bahan Komposit

Kegunaan bahan komposit sangat luas yaitu untuk :

1. Industri penerbangan seperti komponen pesawat terbang, komponen helicopter.
2. Industri *automobile* seperti komponen mesin mobil, kampas rem dan interior dalam mobil.
3. Alat olah raga seperti sepeda, *stick golf*, raket tenis, raket badminton dan sepatu olah raga.
4. Industri pertahanan seperti komponen pesawat jet tempur, peluru, komponen kapal selam.
5. Industri pembangunan infrastruktur seperti jembatan, terowongan, plafon rumah.
6. Alat kesehatan seperti kaki palsu, gigi palsu dan sambungan sendi pada pinggang.
7. Industri kelautan seperti kapal layar, kapal transportasi dan *speedboat*.

2.3 Polimer

Polimer berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata, yaitu : *poly* berarti banyak dan *meros* berarti bagian-bagian atau unit-unit dasar. Jadi polimer adalah molekul-molekul yang terdiri atas banyak bagian-bagian. Polimer merupakan molekul raksasa yang tersusun dari ikatan kimia sederhana atau bahan dengan berat molekul yang besar mempunyai struktur dan sifat-sifat yang rumit disebabkan jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa yang berat atomnya rendah (Surdia, 2003). Berdasarkan sifatnya polimer dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

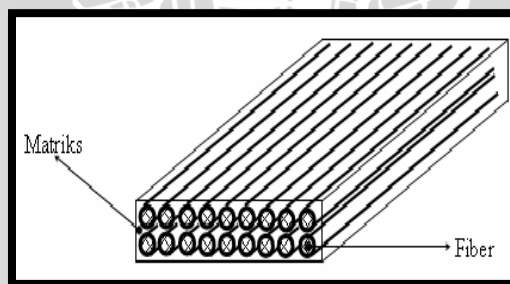
1. *Polymer Thermoplastik*, merupakan polymer yang dapat dibentuk kembali (*recycleable*) melalui proses pemanasan, contoh: Polyvinyl Chloride (PVC), Polyethylene (PE).
2. *Polymer Thermoseting*, merupakan polymer yang tidak dapat dibentuk kembali dengan proses pemanasan seperti halnya *polymer thermoplastik*, contoh: *Polyester* , *Phenolic* (PF).
3. *Elastomer*, merupakan *polymer* yang dapat kembali ke bentuk asal setelah tegangan yang diberikan dihilangkan, contoh: karet.

Sifat-sifat umum yang dimiliki bahan-bahan polimer adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan cetaknya cukup baik, artinya pada temperatur relatif rendah bahan dapat dicetak dengan berbagai cara, diantaranya : dengan penyuntikan, penekanan, ekstruksi.
2. Produk yang ringan dan kuat dapat dibuat.
3. Baik sekali ketahanannya terhadap air dan zat kimia.
4. Banyak diantaranya polimer bersifat isolasi listrik yang baik dan mudah termuati listrik secara elektrostatik.
5. Kurang tahan terhadap panas.
6. Kekerasan permukaannya sangat kurang.

2.4 Komposit serat (*fiber composite*)

Fiber composite materials (material komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matrik dan serat. Matrik berfungsi sebagai perekat atau melindungi serat dari kerusakan eksternal dan sebagai pendistribusi beban yang dikenakan pada material komposit keserat. Sedangkan serat berfungsi sebagai penguat matrik. Pada material komposit, serat membantu material komposit dalam pendistribusian beban dalam struktur komposit. Pemilihan jenis serat, fraksi berat serat, panjang serat sangat penting untuk dapat meningkatkan sifat mekanik material komposit tersebut. Contoh komposit serat dapat dilihat pada Gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Komposit serat (*fiber composite*)

Sumber :Autar; 18

Komposit serat dapat digolongkan menjadi dua bagian, yaitu :

a. Komposit serat pendek (*short fiber composite*)

Komposit yang diperkuat dengan serat pendek umumnya sebagai matriknya adalah resin termoset yang amorf atau semikristalin. Material komposit yang diperkuat dengan serat pendek yang mengandung orientasi secara acak. Secara acak biasanya derajat orientasi dapat terjadi dari suatu bagian ke bagian lain. Akibat langsung dari distribusi acak serat ini adalah nilai fraksi volume lebih rendah dalam material yang menyebabkan bagian resin lebih besar. Tujuan pemakaian serat pendek adalah memungkinkan pengolahan yang mudah, lebih cepat, produksi lebih murah dan lebih beraneka ragam.

b. Komposit serat panjang (*long fiber composite*)

Keistimewaan komposit serat panjang adalah lebih mudah diorientasikan, jika dibandingkan dengan serat pendek. Secara teoritis serat panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan dari suatu titik pemakaiannya. Pada prakteknya, hal ini tidak mungkin karena variabel pembuatan komposit serat panjang tidak mungkin memperoleh kekuatan tarik melampaui panjangnya. Perbedaan serat panjang dan serat pendek yaitu serat pendek dibebani secara tidak langsung atau kelemahan matrik akan menentukan sifat dari produk komposit tersebut yakni jauh lebih kecil dibandingkan dengan besaran yang terdapat pada serat panjang. Bentuk serat panjang memiliki kemampuan yang tinggi, disamping itu kita tidak perlu memotong-motong serat.

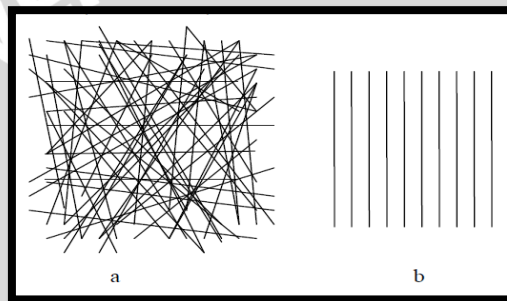
Fungsi penggunaan serat sebagai penguat secara umum adalah sebagai bahan yang dimaksudkan untuk memperkuat komposit, disamping itu penggunaan serat juga mengurangi pemakaian resin sehingga akan diperoleh suatu komposit yang lebih kuat, kokoh dan tangguh jika dibandingkan produk bahan komposit yang tidak menggunakan serat penguat.

2.4.1 Serat Pengisi (*Filler*)

Serat merupakan bahan yang kuat, kaku, getas. Karena serat yang terutama menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat menahan gaya yaitu :

- a. Perekatan (*bonding*) antara serat dan matrik (*intervarsial bonding*) sangat baik dan kuat sehingga tidak mudah lepas dari matriks (*debonding*).
- b. Kelangsingan (*aspec ratio*) yaitu perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat cukup besar.

Arah serat penguat menentukan kekutan komposit dan mempengaruhi jumlah serat yang dapat diisikan ke dalam matrik. Makin cermat penataannya, makin banyak penguat dapat dimasukkan. Hal tersebut menentukan kekuatan saat komposit penataanya secara maksimum (Surdia, 2003). Struktur serat dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2. Susunan serat acak (a) dan teratur (b)
Sumber : Surdia (2003)

2.4.2 Serat Sebagai Penguat

Fungsi serat adalah sebagai penguat bahan untuk memperkuat komposit sehingga sifat mekaniknya lebih kaku dan kuat bila dibandingkan dengan tanpa serat penguat, selain itu serat juga menghemat penggunaan resin. Kaku adalah kemampuan dari suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk jika dibebani dengan gaya tertentu dalam daerah elastis pada pengujian tarik. Kuat adalah bila pemberian gaya atau beban yang menyebabkan benda tersebut menjadi patah.

Beberapa syarat untuk dapat memperkuat matriks antara lain :

1. Mempunyai modulus elastisitas yang tinggi.
2. Kekuatan lentur yang tinggi.
3. Perbedaan kekuatan diameter serat harus relatif sama.

4. Mampu menerima perubahan gaya dari matrik dan mampu menerima gaya yang bekerja padanya.
5. Mempunyai koefisien gesek yang kecil

2.4.3 SeratTebu (*Bagasse*)

Serat tebu (*bagasse*) adalah bahan sisa berserat dari batang tebu yang telah mengalami ekstraksi niranya dan banyak mengandung perenkim serta tidak tahan disimpan karena mudah terserang jamur., Serat tebu dan sifat mekanis beberapa serat penting dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.1 kandungan isi tebu

Serat	Lignin (%)	Selulosa (%)	Himeselulosa (%)
Tandan kosong sawit	19	65	-
Serat mesocap sawit	11	60	-
Serat tebu	40-50	32 – 43	0,15 – 0,25
Pisang	5	63 – 64	19
Sisal	10 -14	66 – 72	12
Daun nanas	12,7	81,5	-

Submber :Sreekala , (1997)

Tabel 2.2 sifat mekanis serat tebu

Serat	Diameter (µm)	Ultimate tensile stress, (MPa)	Modulus, E (GPa)	Specific gravity
Wood	15-20	160	23	1,5
Bamboo	15-30	550	36	0,8
Jute	10-50	580	22	1,5
Cotton	15-40	540	28	1,5
Wool	75	170	5,9	1,32
Coir	10-20	250	5,5	1,5

Bagasse	25	180	9	1,25
<i>Rice</i>	5-15	100	6	1,24
<i>Natural silk</i>	15	400	13	1,35
<i>Spiser silk</i>	4	1750	12,7	-
<i>Linen</i>	-	270	-	-
<i>Sisal</i>	-	560	-	-
<i>Asbestos</i>	0,2	1700	160	2,5

Submber :Valery V. Vasiliev(2001; 29)

Komposisi kandungan zat-zat tersebut pada umumnya sangat bervariasi tergantung dengan jenis atau varietas tanaman tebu yang berbeda. Zat-zat tersebut perlu dihilangkan atau dikurangi pada proses selanjutnya. Salah satu perlakuan penghilangan zat-zat yang dapat mengurangi kekuatan mekanik serat ketika menjadi penguat pada komposit adalah perlakuan alkali. Perlakuan alkali adalah metode untuk membersihkan dan memodifikasi permukaan serat untuk menurunkan tegangan permukaan dan meningkatkan adhesi antar muka antara serat alami dan matrik polimer.



Gambar 2.3 Serat tebu setelah diberi perlakuan kimia.

Sumber : Dokumen pribadi

Pada Gambar 2.3 diatas bisa dilihat bahwa setelah proses perlakuan kimia salah satunya yaitu perlakuan alkali, prosentase zat yang dapat mengurangi kekuatan serat pun berkurang

seperti lignin dan hemi cellulose. Berkurangnya zat tersebut sangat penting karena pada struktur serat alam agar terbuka dan dapat bergabung atau merekat secara maksimal dengan matrik.

2.5.1 Matriks

2.5.1.1 Defenisi Fungsi Dan Klasifikasi Matriks

Matrik adalah bahan yang berfungsi mengikat penguat satu dengan yang lain. Bahan yang umum dipakai sebagai matrik adalah metal, keramik, atau polimer. Pada saat ini polimer sering dipergunakan karena lebih ringan dan tahan korosi. (Schwartz, 1992). Persyaratan di bawah ini perlu dipenuhi sebagai bahan matriks untuk pencetakan bahan komposit :

1. Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan.
2. Dapat diukur pada temperatur kamar dalam waktu yang optimal.
3. Resin yang dipakai perlu memiliki viskositas rendah, sesuai dengan bahan penguat dan *permeable*.
4. Memiliki daya rekat yang baik dengan bahan penguat.

Pada umumnya matrik berfungsi didalam material komposit sebagai:

1. Menjaga agar serat tetap berada di dalam struktur komposit.
2. Membantu mendistribusi beban yang diterima.
3. Melindungi serat dari kerusakan eksternal seperti pengausan.
4. Memberi perlindungan serat terhadap keadaan lingkungan yang kurang baik.

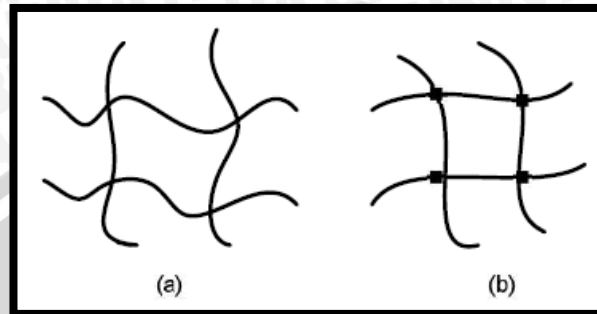
Bahan pengisi yang berfungsi sebagai penguat pada material komposit dapat berbentuk serat, partikel, dan serpihan. Dalam hal ini sebagai pengikat atau penyatu antara serat dengan serat, partikel dengan partikel yaitu digunakan matriks.

Secara umum matrik terbagi atas dua kelompok yaitu:

1. Termoset

Merupakan bahan yang sulit mencair atau lunak apabila dipanaskan karena harus membutuhkan temperatur yang sangat tinggi. Hal ini diakibatkan karena molekul-molekulnya

mengalami ikatan silang (*cross linking*) sehingga bahan tersebut sulit dan bahkan jarang didaur ulang kembali (Hartomo, 1992). Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Molekul pada polimer termoset mengalami *cross linking* (a) Sebelum dipanaskan dan (b) Sesudah dipanaskan.

Sumber : Hartomo, (1992)

2. Termoplastik

Merupakan bahan yang mudah menjadi lunak kembali apabila dipanaskan dan mengeras apabila didinginkan sehingga pembentukan dapat dilakukan berulang-ulang karena mempunyai struktur yang linier.

2.5.2 Matriks Polyester

Polyester resin berupa resin cair dengan viskositas yang relative rendah, dapat mengeras pada suhu kamar dengan menggunakan katalis tanpamenghasilkan gas sewaktu pengesetan. *Polyester* merupakan jenis resin yang paling banyak digunakan sebagai matrik pada serat gelas untuk badan kapal, mobil, tandon air dan sebagainya (Hartomo, 1992). Salah satu *Unsaturated Polyester Resin* adalah tipe Yukallac 157 BQTN merupakan resin yang telah berpromotor, mengandung *thixotropic agent*, tanpawax dan bersifat mencegah/mengurangi timbulnya pembakaran sehingga waktu untuk mulai terbakar lebih lama, memperlambat penyebaran api dan berhenti terbakar bila dijauhkan dari sumber api. *Polyester Resin* yang digunakan dalam penelitian ini adalah seri Yukalac 157 BQTN yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2.3 Spesifikasi resin *unsaturated polyester yukalac 157 BQTN*

Item	Nilai	Catatan
Berat jenis (gr/cm^3)	1.215	-
Suhu distorsi panas (C)	70	-
Penyerapan air (suhu ruangan) (%)	0,188	24 jam
	0,466	3 hari
Kekuatan flexural (kg/mm^2)	9,4	-
Modulus flexural (kg/mm^2)	300	-
Daya rentang (kg/mm^2)	5,5	-
Modulus rentang (kg/mm^2)	300	-

Sumber : Frida, (1992)

Tabel 2.4 Sifat – Sifat Resin *Polyester* (Frida, 1992)

Sifat	Kekuatan
Kekentalan (mgm^{-3})	1,2 – 1,5
Modulus young (GNm^{-2})	2 - 4,5
Poisson ratio	0,37 – 0,39
Kekuatan tekan (M/Nm^2)	90 – 150
Kekuatan tarik (M/Nm^2)	40
Regangan maksimum (%)	2
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	50 – 110

Sumber : Frida, (1992)

Curing merupakan suatu proses pengeringan untuk merubah material pengikat dari keadaan cair menjadi padat. *Curing* ini terjadi melalui reaksi kepolimerisasi radikal antara molekul jenis vinil yang membentuk hubungan silang melalui bagian tak jenuh dari *polyester*. Reaksi ini timbul karena dipicu oleh katalis yang ada, yang mulai diaktifkan oleh sejumlah kecil akselerator. Standar yang dianjurkan untuk penggunaan katalis adalah 1% pada suhu kamar.

Karena berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin termoseting yang lainnya, maka tak perlu diberi tekanan untuk pencetakan. Kemampuan *polyester* terhadap cuaca sangat baik, tahan terhadap kelembaban dan sinar *ultra violet* bila dibiarkan diluar. Berdasarkan karakteristik ini, bahan ini dikembangkan secara luas sebagai penguat serat dengan menggunakan serat alam.

2.6 Katalis Mekpo

Katalis digunakan untuk membantu proses pengeringan resin dan serat dalam komposit. Waktu yang dibutuhkan resin untuk berubah menjadi plastic tergantung pada jumlah katalis yang dicampurkan. Penelitian ini menggunakan katalis metil *ethyl* katon *peroxide* (MEKPO) yang berbentuk cair dan bewarna bening. Semakin banyak katalis yang ditambahkan pada resin maka makin cepat pula proses curingnya, tetapi apabila kelebihan katalis material yang dihasilkan akan getas atau resin bisa terbakar. Penambahan katalis yang baik 1% dari volum resin. Bila terjadi reaksi akan timbul panas antara 600° C – 900° C. Panas ini cukup untuk mereaksikan resin sehingga diperoleh kekuatan dan bentuk plastik yang maksimal sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan.

2.7 Metode Pembuatan Komposit

Dalam pembuatan komposit diperlukan suatu cetakan dimana cetakan tersebut harus bersih dari kotoran dan permukaannya halus. Cetakan dapat terbuat dari logam, kayu, gips, silicone, plastik, dan kaca. Ada 3 metode pembuatan komposit yang sering digunakan, yaitu :

- Metode *Hand Lay-Up*
- Metode *Spray-Up*
- Metode *Injection Molding*

1. Metode *Hand Lay-Up*

Proses ini merupakan metode yang paling sederhana untuk memproduksi plastik yang diperkuat serat cara pembuatan dengan sistem *hand lay-up* dilakukan dengan meletakkan serat pada cetakan yang telah dilapisi dengan *release film* yang bertujuan untuk mencegah lengketnya material-material komposit pada cetakan, terutama pada sudut-sudut cetakan, *release film* ini juga membantu membentuk permukaan komposit menjadi lebih baik, setelah serat diletakkan pada cetakan selanjutnya matrik dituang dalam cetakan, rol penekanan digunakan untuk meratakan dan menghilangkan udara yang terperangkap. Metode *Hand Lay Up* dapat dilihat pada Gambar 2.5

Kelebihan :

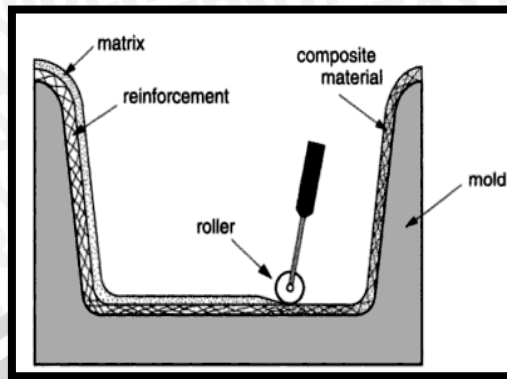
- Biayanya murah
- Dapat digunakan untuk benda besar maupun kecil
- Alat yang digunakan sederhana
- Bisa digunakan untuk serat pendek / panjang
- Mudah mengerjakannya

Kekurangan :

- Kekuatan lapisan tergantung oleh pengerjaan tangan yang melapisi
- Keseragaman produk kurang
- Pengerjaan lama

Tahap proses pembuatan produk material komposit :

1. Pembersihan dan pemberian pelicin.
2. Pemberian pigmen warna (*gel coat*) sebagai permukaan luar panel komposit yang dihasilkan
3. Pemberian resin dan penguat serat
4. Proses pengeringan
5. Proses pelapisan panel komposit dari cetakan.



Gambar 2.5 Metode *hand lay up*
Sumber : Berthelot, (1999; 55)

2. Metode *Spray Up*

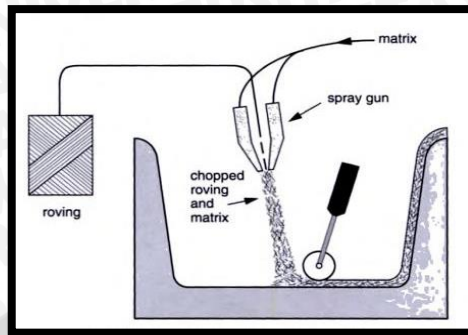
Dalam pembuatan komposit dengan menggunakan metode *spray up* ini menggunakan alat penyemprot. Alat penyemprot tersebut berisi resin, katalis, dan potongan serat yang secara bersamaan disemprotkan ke dalam cetakan. Metode *Spray Up* dapat dilihat pada Gambar 2.6

Kelebihan :

- Hemat dalam penggunaan resin dan *filler*
- Peralatan yang dipakai murah

Kekurangan :

- Karena proses penyemprotan maka mesin yang dipakai harus mempunyai viskositas yang rendah
- Hanya dapat dipakai untuk *filler* berbentuk partikel dan serat pendek acak
- Dapat membahayakan kesehatan karena adanya kemungkinan partikel-partikel resin yang terhirup selama proses penyemprotan.



Gambar 2.6 Metode *spray up*
Sumber :Berthelot, (1999; 56)

3. *Injection Molding.*

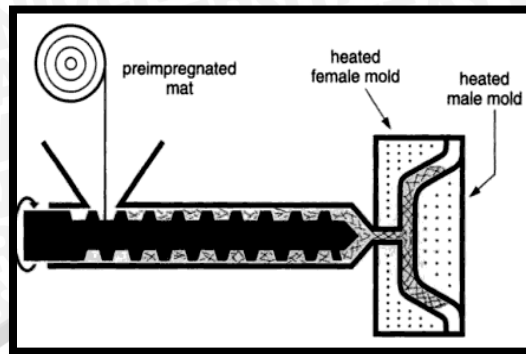
Injection molding merupakan metode yang paling sering digunakan dalam manufaktur komposien resin termoplastik. Metode ini dilakukan dengan cara memberikan tekanan injeksi (*injection pressure*) dengan besar tertentu pada material plastik yang telah dilelehkan oleh sejumlah energi panas untuk dimasukkan ke dalam cetakan sehingga didapatkan bentuk yang diinginkan. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7

Kelebihan :

- Produk dapat dibuat dengan toleransi ukuran kecil.
- Komponen dapat dihasilkan dengan tingkat produksi tinggi.
- Dapat mencetak produk yang sama dengan bahan baku yang berbeda tanpa merubah mesin dan cetakan.

Kekurangan :

- Digunakan untuk serat pendek acak dan partikel namun sulit apabila digunakan untuk serat *continus*.
- Apabila resin yang digunakan mempunyai titik leleh tinggi maka energi yang dibuthkan untuk pemanasan juga lebih tinggi maka energi yang dibutuhkan untuk pemanasan juga lebih besar sehingga biaya pengerjaan bisa lebih tinggi.



Gambar 2.7 Metode injection molding
Sumber : Berthelot, (1999; 60)

2.8 Fraksi Berat

Komposisi serat dalam komposit sangat mempengaruhi kekuatan komposit tersebut. Untuk memperoleh komposit dengan kekuatan tinggi, distribusi serat dengan matrik harus merata pada proses pencampuran. Untuk menghitung fraksi berat, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat dan berat komposit. Adapun fraksi berat yang di tunjukkan pada persamaan di bawah ini (Harper, 1996)

Jumlah kandungan serat atau material pengisi (*filler*) dalam komposit yang biasa disebut fraksi volume atau fraksi berat merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit penguatan serat maupun komposit dengan material pengisi. Salah satu elemen kunci dalam analisa mikromekanik komposit adalah karakteristik dari volume atau berat relatif dari material penyusun. Persamaan mikromekanik meliputi fraksi volume dari material penyusun tetapi pengukuran secara aktual sering berdasarkan pada fraksi berat (Gibson,1994). Fraksi berat adalah perbandingan antara berat material penyusun dengan berat komposit. Fraksi berat material penyusun dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

Pertama masukkan densitas dan volume dari matrik dan fiber supaya kita bisa mengetahui densitas komposit.

$$\rho_c = \rho_f V_f + \rho_m V_m \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Kedua masukkan fraksi massa dari matrik dan fiber, tetapi jumlah fraksi massa harus 1.

$$W_f = \frac{w_f}{w_c}, \text{ and}$$

$$W_m = \frac{w_m}{w_c}.$$

(2.2)

$$W_f + W_m = 1$$

(2.3)

Ketiga mencari besar volume fiber.

$$V_f = \frac{\rho_c}{\rho_f} W_f \quad (2.4)$$

Keempat baru bisa didapat berat fiber dari fraksi berat.

$$W_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} V_f$$

(2.5)

Dimana :

- w_f = densitas fiber (gr/cm^3).
- w_m = densitas matrik (gr/cm^3).
- W_m = fraksi berat matrik.
- W_f = fraksi berat fiber.
- ρ_c = densitas komposit (gr/cm^3).
- ρ_f = densitas fiber (gr/cm^3).
- ρ_m = densitas matrik (gr/cm^3).
- V_f = volume fiber pada komposit (cm^3)

2.9 Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatantarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas pada bahan material komposit dengan cara menarik spesimen sampai putus. Pengujian

tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *Universal Testing Machine*. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 *Universal Testing Machine*

Sumber : Laboratorium Teknik Pengerjaan Logam, VEDC

Hal-hal yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit antara lain :

a. Temperatur

Pengaruh temperatur terutama pada resin termoplastik sangat besar yang akan berpengaruh pada kekuatan tarik komposit. Apabila temperatur naik maka kekuatan Tarik komposit akan turun.

b. Kelembapan

Pengaruh kelembapan ini akan mengakibatkan bertambahnya absorpsi air, akibatnya akan menaikkan regangan patah sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun.

c. Laju tegangan

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan kalau laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat tetapi reganganya mengecil.

$$P = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = \frac{P_{max}}{A} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

P = Beban (N)

A = Luas penampang (mm²)

σ = Tegangan (N/ mm²)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*gage length*). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis. Proporsional pada grafik tegangan - regangan hasil uji tarik komposit. (Surdia, 2003).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

ε = Regangan

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang daerah ukur (*gage length*)(mm)

Pada daerah proporsional yaitu daerah dimana tegangan regangan yang terjadi masih sebanding, defleksi yang terjadi masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum hooke. Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan (Surdia, 2003).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

E = Modulus elastisitas (MPa)

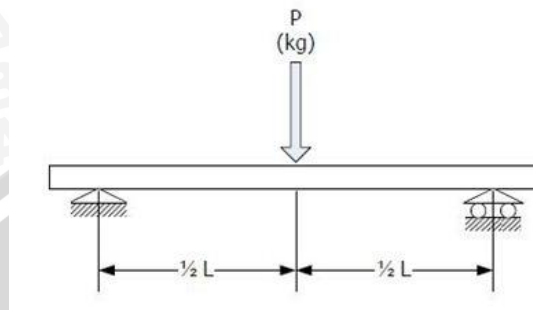
σ = Tegangan (MPa)

ε = Regangan (mm/mm)

2.10 Pengujian Kekuatan *Bending*

Material komposit mempunyai sifat tekan lebih baik di banding tarik, pada perlakuan uji bending spesimen, bagian atas spesimen terjadi proses tekan dan bagian bawah terjadi proses

tarik sehingga kegagalan yang terjadi akibat uji bending yaitu mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Dimensi spesimen dilihat pada Gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Proses uji *bending*

Menentukan kekuatan bending menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{\max} \cdot L}{l \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

Sedangkan untuk menentukan modulus elastisitas bending menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{L^3 P}{4b \cdot d^3 \cdot \delta} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

σ_b : kekuatan bending (MPa)

$P_{\max}$: beban yang diberikan (N)

L : jarak antara titik tumpuan (mm)

t : lebar specimen (mm)

d : tebal specimen (mm)

δ : defleksi (mm)

E : modulus elastisitas (MPa)

2.11 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka serta penelitian sebelumnya dapat dibuat bahwa dengan penambahan fraksi berat serat tebu (*bagasse*) yang diatur secara acak dapat meningkatkan kekuatan tarik dan *bending* pada material komposit resin *polyester*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental nyata (*True Experimental Research*), benda kerja dibuat kemudian dilakukan pengujian, Pada pengujian ini melibatkan satu variabel bebas yaitu variasi dari komposit serat tebu, serta dua variabel terikat yaitu kekuatan tarik dan kekuatan *bending*.

3.2 Tempat Pengambilan Data Pengujian

Data yang diambil dalam penyusunan skripsi ini diperoleh dari penelitian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Pengerrjaan Logam VEDC

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan sebelum penelitian. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah variasi komposisi serat tebu dengan fraksi berat 0%, 10%, 20%, dan 30%.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang tergantung dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah nilai kekuatan tarik dan nilai kekuatan *bending*.

3.3.3 Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang besarnya dikonstantakan. Dalam hal ini yang menjadi variabel terkontrol adalah

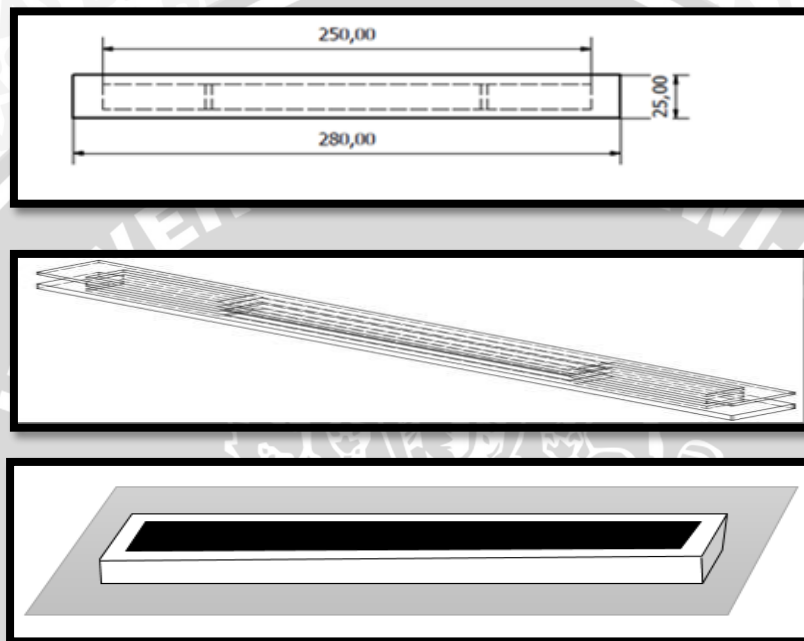
- Prosentasi katalis yang digunakan 1% dari volume matrik.
- *Curing* menggunakan suhu ruang 28° C

3.4 Peralatan dan Bahan Penelitian

3.4.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Cetakan spesimen dari *akrilic*



Gambar 3.1 Cetakan spesimen dari *akrilic*

Spesifikasi cetakan uji Tarik

Total Panjang : 250 mm

Panjang daerah cekam : 56 mm

Tebal : 2,5 mm

Lebar : 25 mm

Spesifikasi cetakan uji *bending*

Panjang : 128 mm

Lebar : 13 mm

Tebal : 4 mm

2. Mesin uji tarik dan *bending*

Mesin uji tarik yang digunakan jenis *universal tensile testing machine* sebagai alat pengujian kekuatan tarik komposit.



Gambar 3.2 Mesin uji tarik dan *bending*

Spesifikasi mesin uji tarik dan *bending*

Sensor	: Load cell
Display	: U60 computer system
Control	: Manual input or computer control
Capacity	: 5000kg or 10000kg (option)
Unit	: kg, LB, N, KN, PSI, KPA,..etc.
Load Resolution	: 1/8000000
Load Accuracy	: ± 0.5 %
Test Apeed	: 0.001 – 200 (500) mm/min
Speed Accuracy	: ± 0.5 %
Stroke Resolution	: 0.001mm
Sampling Rate	: 10000HZ
Software	: U60-Chinese version, English version
Motor	: AC servo motor or DC motor
Dimension	: 110x61x220 cm (Main Unit), 113x69x143 cm (computer/cabinet)
Weight	: 640kg (Main unit excluding grips), 133kg (computer/cabinet)
Power	: AC 1 ϕ 220V 20 A

3. Suntikan

Digunakan untuk mengukur volume katalis.



Gambar 3.3 Suntikan

4. Satu unit komputer untuk pengolahan data

Digunakan untuk pengolahan data hasil penelitian.



Gambar 3.4 Komputer

5. Gelas ukur

Digunakan untuk pencampuran resin dan katalis



Gambar 3.5 Gelas Ukur

6. *Vernier Caliper*

Untuk mengukur jarak patahan pada spesimen.



Gambar 3.6 *Vernier Caliper*

7. Timbangan



Gambarr 3.7 Timbangan digital

Spesifikasi timbangan digital

Merk : CHQ

Type : DJ 30001f

Power : AC

Kapasitas : 3000 kg x 0.1 gr

Display : LCD (back ligh)

Pan size : 16cm x 17 cm

Kapasitas : 220gram x 0,001gram

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Resin *polyester* yukalac 157 BQTN



Gambar 3.8 Resin *polyester* yukalac 157 BQTN

2. Katalis mekpo



Gambar 3.9 Katalis

3. Serat tebu (*bagasse*)



Gambar 3.10 Serat Tebu

3.5 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pembuatan spesimen bahan komposit pada penelitian ini adalah:

1. Memotong serat kecil kecil sepanjang 2 mm.
2. Mengoleskan wax pada cetakan untuk memudahkan saat pengambilan benda uji cetakan.
3. Mencampur resin polyester dengan katalis untuk membantu proses pengeringan. Komposisi katalis sebanyak 1% dari banyaknya resin polyester yang digunakan.
4. Mencampur serat dengan resin polyester yang sudah diberi katalis lalu diaduk hingga rata.
5. Menuangkan resin yang sudah tercampur dengan serat kedalam cetakan hingga rata.
6. Mendinginkan cetakan selama 3 jam hingga komposit menjadi keras.
7. Setelah keras, ambil benda uji dari cetakan lalu merapikan komposit dengan menggunakan amplas.
8. Memulai pengujian tarik dan bending
9. Mencatat hasil pengujian dan mengolah data.

3.6 Pengujian komposit

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian tarik dan pengujian *bending* yang dilaksanakan di Laboratorium Pengerjaan Logam di VEDC Malang.

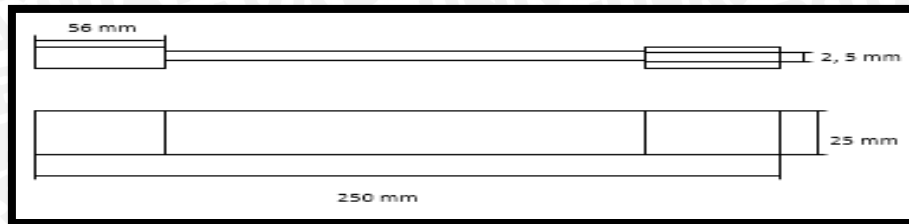
3.6.1 Pengujian kekuatan tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik dari bahan komposit. Pengujian dilakukan dengan mesin uji *Universal Testing Machine*. Spesimen uji tarik dibentuk menurut standar ASTM D 3039 yang ditunjukkan pada table 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Dimensi Spesimen Pengujian Kekuatan Tarik

Width, mm	Overall Length, mm	Thickness, mm	Tab Length, mm	Tab Thickness, mm	Tab Bevel Angle, °
25	250	2,5	56	-	-

Di bawah ini adalah gambar spesimen pengujian kekuatan tarik berdasarkan standar ASTM D 3039,



Gambar 3.11 Spesimen uji tarik

Langkah-langkah pengujian tarik dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur panjang penampang spesimen yang akan diuji.
2. Menyiapkan mesin uji tarik yang akan digunakan.
3. Memasang spesimen tarik dan pastikan terjepit dengan benar.
4. Menyalakan mesin uji tarik.
5. Amati dengan teliti beban dan pertambahan panjang sampai spesimen patah.

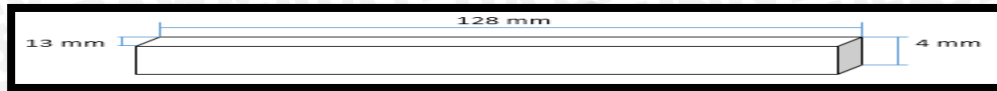
3.6.2 Pengujian kekuatan *bending*

Pada pengujian bending ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan lentur material komposit. Pengujian dilakukan dengan memberi beban lentur secara perlahan lahan sampai specsimen mengalami proses penekanan dan bagian bawah mengalami proses tarik sehingga berakibat specimen mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Stanandar yang digunakan adalah ASTM D 7264 seperti pada gambar 3.12.

Langkah langkah pengujian bending adalah:

1. Mempersiapkan benda yang akan di uji
2. Menentukan titi tumpuan dan titik tengah benda uji dengan memberi tanda garis.
3. Meletakkan specimen pada meja mesin pengujian bending dengan jarak tumpuan dan tiitk tengah yang telah ditentukan.
4. Putar handle sampai beban menyentuh benda uji dan manometer indikator menunjukan angka nol.

5. Tentukan putaran jarum penentu waktu untuk pencatatan beban selanjutnya.
6. Catat hasil pengujian bending setiap putaran yang telah di tentukan.



Gambar 3.12 Dimensi pengujian *bending* sesuai standar ASTM D 7264 (satuan mm)

3.7 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh fraksi berat serat tebu terhadap kekuatan Tarik dan *bending* komposit *polyester*, maka langkah pertama yang dilakukan adalah merencanakan model rancangan penelitian. Rancangan penelitian ini akan menentukan keberhasilan proses pengujian. Sehingga dapat diperoleh analisa dan kesimpulan yang tepat sesuai dengan hasil pengujian yang dilakukan.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Rancangan perlakuan percobaan untuk kekuatan tarik

Pengulangan	Komposisi serat tebu (%)			
	0	10	20	30
	Kekuatan Tarik (N/mm ²)			
1	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄
2	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄
3	Y ₃₁	Y ₃₂	Y ₃₃	Y ₃₄
Jumlah	$\sum Y_{ij1}$	$\sum Y_{ij2}$	$\sum Y_{ij3}$	$\sum Y_{ij4}$
Rata-rata	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4

Ket : Y₁₁, Y₁₂,... Y₁₅ adalah nilai kekuatan Tarik

Tabel 3.3 Rancangan perlakuan percobaan untuk kekuatan *bending*

Pengulangan	Komposisi serat tebu (%)			
	0	10	20	30
	Kekuatan <i>bending</i> (N/mm ²)			
1	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄
2	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄
3	Y ₃₁	Y ₃₂	Y ₃₃	Y ₃₄
Jumlah	$\sum Y_{ij1}$	$\sum Y_{ij2}$	$\sum Y_{ij3}$	$\sum Y_{ij4}$
Rata-rata	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4

Ket : Y₁₁, Y₁₂,... Y₁₅ adalah nilai kekuatan *bending*

3.8 Analisis Varian Satu Arah

Analisi varian satu arah digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh fraksi berat serat tebu terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending. Berdasarkan pada table 3.4 dan 3.5 diatas maka dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan analisis varian satu arah.

- Jumlah seluruh perlakuan

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = \dots\dots\dots (3.1)$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{N} = \dots\dots\dots (3.2)$$

- Jumlah kuadrat Error (JKE)

$$JKE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} = \dots\dots\dots (3.3)$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = JKT - JKE \dots\dots\dots (3.4)$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k-1} \dots\dots\dots (3.5)$$

- Kuadrat tengah eror (KTE)

$$KTE = \frac{JKE}{(N-k)} \dots\dots\dots (3.6)$$

- Nilai F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTE} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterrangan:

$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}$ = Jumlah seluruh data setelah di pangkat

Y^2 = Jumlah seluruh data

N = Banyaknya data

JKT = Jumlah Kuadrat Eror

JKE = Jumlah kuadrat eror

JKP = Jumlah Kuadrat Perlakuan

K = Jumlah Kolom

KTE = Kuadrat tengah eror

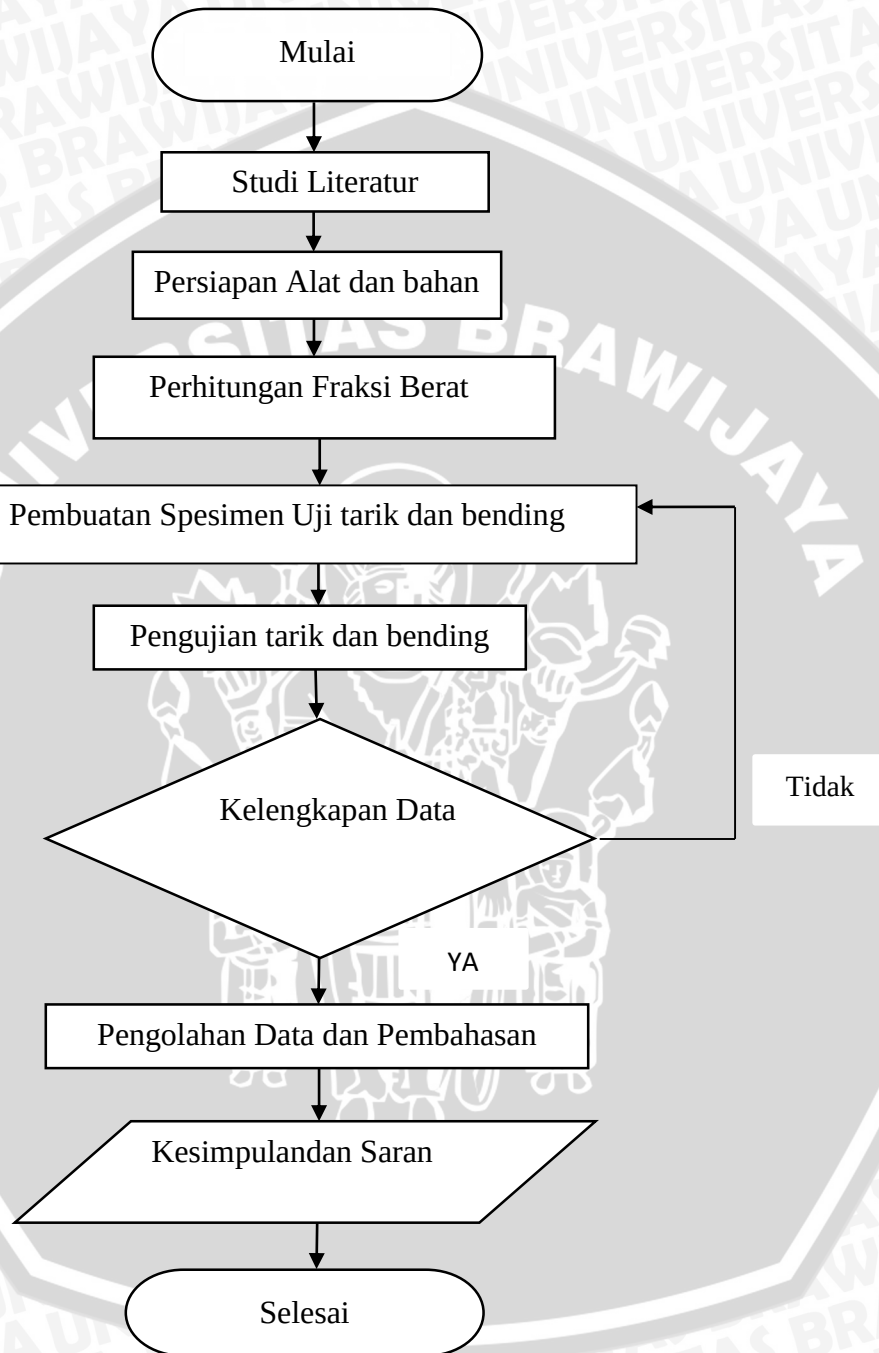
Tabel 3.4 Rancangan tabel analisis varian satu arah

Sumber Varian	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	$K - 1$	JKP	KTP		
Eror	$K(n-1)$	JKG	KTG		
Total	$Nk-1$	JKT			

Pengujian ada tidaknya pengaruh perlakuan adalah dengan membandingkan antara nilai F_{hitung} dengan nilai F_{tabel} seperti yang telah ditunjukkan pada tabel 3.4 :

1. Jika $F_{hitung} > F(\alpha, k, db)$ berarti H_0 ditolak, menyatakan bahwa ada perbedaan yang berarti antara komposisi volume serat tebu(%) terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending*.
2. Jika $F_{hitung} < F(\alpha, k, db)$ berarti H_0 ditolak, menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti antara fraksi berat serat tebu(%) terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending*.

3.9 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian tarik dan pengujian *bending* yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengeraan Logam VEDC malang dan dengan standart ASTM D 3039 untuk pengujian tarik dan standart ASTM D 7264 untuk pengujian *bending* di dapatkan data pada table 4.1 untuk pengujian Tarik dan table 4.2 untuk pengujian bending.

4.1.1 Hasil Uji Tarik Komposit

Dari pengujian Tarik komposit yang dilakukan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data kekuatan tarik komposit

Pengulangan	Fraksi berat serat			
	0%	10%	20%	30%
	Kekuatan tarik (N/mm ²)			
1	6,91	10,37	12,49	18,90
2	12,08	9,90	18,09	15,04
3	9,48	9,71	18,09	18,51
Jumlah	28,47	29,98	48,68	52,45
Rata-rata	9,49	9,99	16,23	17,48

Perhitungan mencari kekuatan tarik *ultimate* komposit :

$$\sigma_u = \frac{P_{max}}{A_u} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

σ_t = Kekuatan tarik *ultimate* komposit (N/mm²)

P_{max} = Beban tarik maksimum (N)

A = Luas penampang saat patah (mm²)

$$\sigma_u = \frac{P_{max}}{A_u}$$

$$\sigma_u = \frac{52,87 \cdot 9,8}{75} = \frac{518,126}{75} = 6,91 \text{ N/mm}^2$$

Contoh hasil specimen uji Tarik di tunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Contoh hasil Spesimen uji tarik

4.1.2 Hasil Uji *Bending* Komposit

Dari pengujian *bending* komposit yang dilakukan didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data kekuatan *bending* komposit

Pengulangan	Fraksi berat serat			
	0%	10%	20%	30%
	Kekuatan <i>bending</i> (N/mm ²)			
1	31,85	65,17	46,74	47,04
2	63,60	65,26	89,67	139,45
3	53,70	83,49	83,49	66,34
Jumlah	149,15	213,92	219,90	252,83
Rata-rata	49,72	71,31	73,30	84,28

Contoh hasil specimen uji Tarik di tunjukkan pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Contoh hasil spesimen uji *bending*

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Analisis Varian Satu Arah Kekuatan Tarik

Berdasarkan pada tabel 4.1 di atas dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan-persamaan berikut untuk mengetahui pengaruh fraksi berat serat tebu yang disusun secara acak pada komposit resin polyester terhadap kekuatan tarik.

- Jumlah seluruh perlakuan

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 2320,23$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{N} = 2320,23 - \frac{159,81^2}{12} = 192.55$$

- Jumlah kuadrat Error (JKE)

$$JKE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} = 2320,23 - \frac{6842.99}{3} = 39,24$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = JKT - JKE = 192,55 - 39,24 = 153,31$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k - 1} = \frac{153,31}{3} = 51,10$$

- Kuadrat tengah eror (KTE)

$$KTE = \frac{JKE}{(N - k)} = \frac{39,24}{8} = 4,90$$

- Nilai F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTE} = \frac{50,94}{4,90} = 10,39$$

Tabel 4.3 Analisis varian satu arah uji tarik

Sumber Varian	Jumlah kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	152,81	3	50,94	10,39	3,48
Error	39,24	8	3,92		
Total	192,55	11			

Berdasarkan tabel 4.3 dan dengan menggunakan derajat bebas (db) perlakuan dengan nilai 3 dan derajat bebas (db) galat dengan nilai 8 didapatkan harga F teoritik dalam tabel nilai – nilai F sebesar 3,48 pada taraf $\alpha = 5\%$. Hasil perhitungan didapatkan harga untuk F_{hitung} sebesar 10,39. Terlihat $F_{hitung} > F_{tabel}$, berarti H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis dapat diterima yang berarti fraksi berat serat tebu berpengaruh terhadap kekuatan tarik pada komposit resin *polyester*.

4.2.2 Analisis Varian Satu Arah Kekuatan Bending

Berdasarkan pada tabel 4.2 di atas dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan-persamaan berikut untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi berat serat tebu yang disusun secara acak pada komposit resin *polyester* terhadap kekuatan *bending*.

- Jumlah seluruh perlakuan

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 8668,88$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$\text{Jumlah kuadrat Total (JKT)} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{12} = 8668,88 - \frac{301,37^2}{12} = 1100,23$$

$$JKE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} = 8668,88 - \frac{24840,08}{3} = 388.85$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = JKT - JKE = 1100,23 - 388.83 = 152,81 = 711.36$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k-1} = \frac{711.36}{3} = 237.12$$

- Kuadrat tengah error (KTE)

$$KTE = \frac{JKE}{(N-k)} = \frac{388.85}{8} = 48,61$$

- Nilai F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTE} = \frac{237.12}{48.61} = 4,88$$

Tabel 4.4 Analisis varian satu arah uji *bending*

Sumber Varian	Jumlah kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	711.36	3	237,12	4,88	3,48
Error	388.85	8	48,61		
Total	1100.23	11			

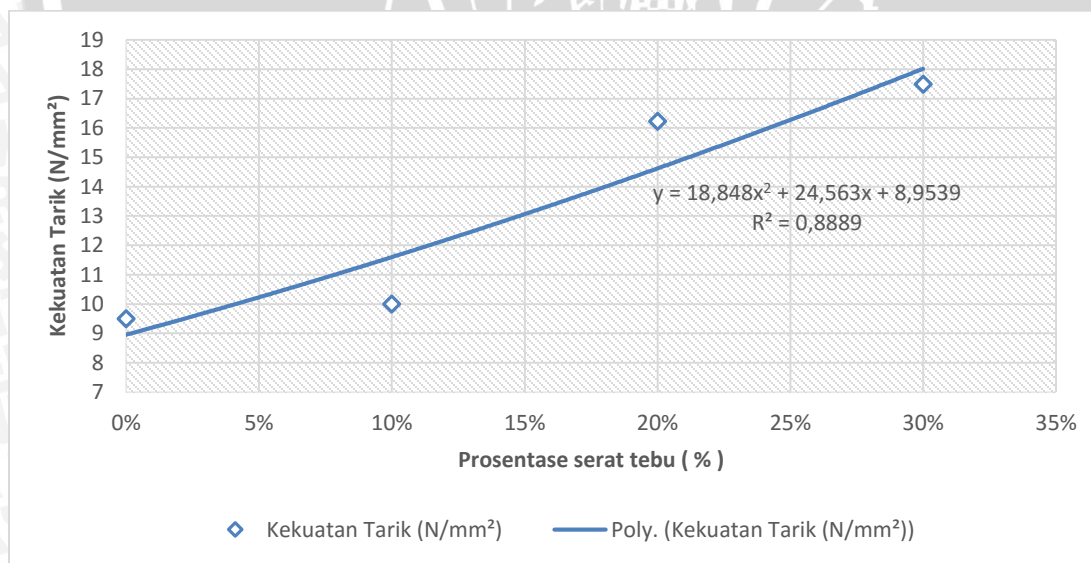
Berdasarkan tabel 4.4 dan dengan menggunakan derajat bebas (db) perlakuan dengan nilai 3 dan derajat bebas (db) galat dengan nilai 6 didapatkan harga F teoritik dalam tabel nilai – nilai F sebesar 3,48 pada taraf $\alpha = 5\%$. Hasil perhitungan didapatkan harga untuk F_{hitung} sebesar 4,88. Terlihat $F_{hitung} > F_{tabel}$, berarti H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis dapat diterima yang berarti fraksi berat serat tebu berpengaruh terhadap kekuatan *bending* pada komposit resin polyester.

4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa variasi fraksi berat serat tebu yang disusun secara acak dapat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending* komposit dengan resin polyester. Hal ini sudah terlihat pada tren grafik kekuatan tarik dan *bending*.

4.3.1 Pengujian Kekuatan Tarik

Berdasarkan data hasil penelitian yang didapatkan untuk mengetahui kekuatan tarik dari masing-masing variasi fraksi berat dapat dibuat grafik seperti berikut :



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara variasi fraksi berat serat tebu terhadap kekuatan tarik pada komposit.

Grafik hubungan antara variasi fraksi berat serat tebu dengan kekuatan Tarik pada komposit resin *polyester* ditunjukkan pada gambar grafik 4.3. Bahwa dengan penambahan nilai berat serat tebu dari 0%, 10%, 20%, 30% dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit. Dapat dilihat pada fraksi berat 0% memiliki nilai kekuatan Tarik terendah yaitu $9,49 \text{ N/mm}^2$ sedangkan nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu $17,48 \text{ N/mm}^2$ terdapat pada variasi fraksi berat 30 %.

Dengan penambahan serat tebu pada spesimen kekuatan tarik cenderung meningkat karena sifat dari serat tebu dalam penelitian ini adalah untuk menambah kekuatan komposit, di samping itu dengan penambahan serat tebu pada spesimen kemungkinan gelembung udara yang terdapat pada spesimen akan berkurang. Sehingga kekuatannya akan meningkat.

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tarik dalam setiap pengulangan sampel spesimen komposit setiap variasi didapatkan data terlalu jauh diantara 3 perbandingan sampel pengulangan yaitu pada fraksi berat 20% dan 30%. Hal ini disebabkan pada saat pembuatan spesimen komposit penyebaran serat tebu tidak merata sehingga mengakibatkan ada bagian spesimen yang tidak terisi dengan sempurna oleh serat tebu.

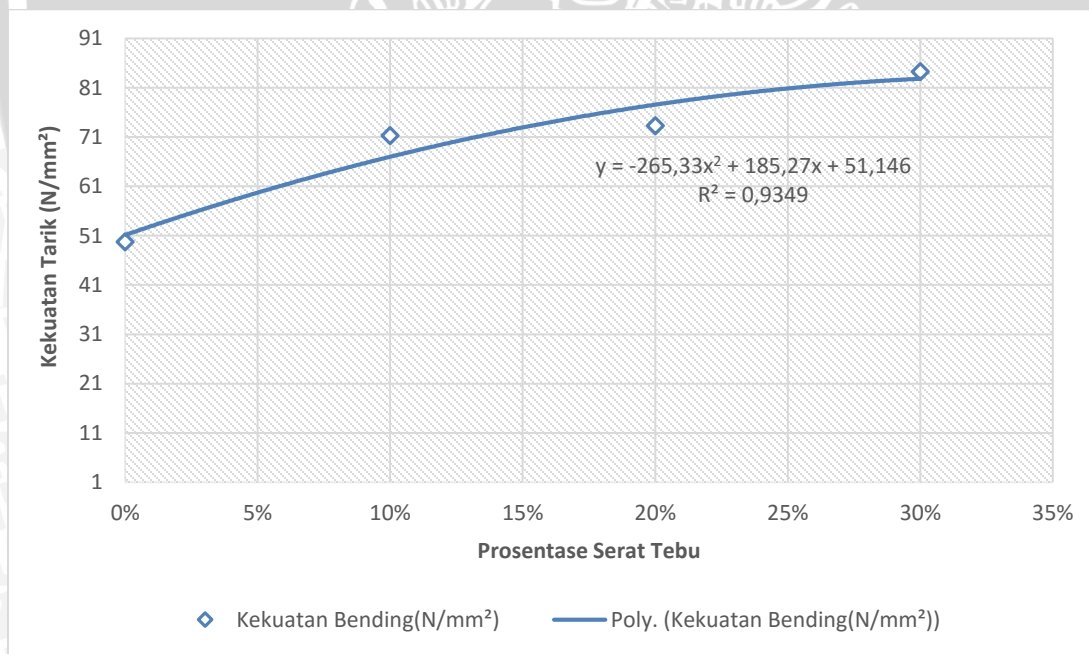
Udara yang terjebak dalam matriks dapat mempengaruhi kekuatan tarik pada spesimen sehingga dapat menimbulkan cacat pada spesimen. Akibatnya beban atau tegangan yang diberikan pada spesimen tidak akan terdistribusi secara merata. Hal inilah yang menyebabkan turunnya kekuatan tarik pada komposit diantara variasi berat 0% sampai 30%. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Gelembung udara pada spesimen tarik.

4.3.2 Pengujian Kekuatan *Bending*

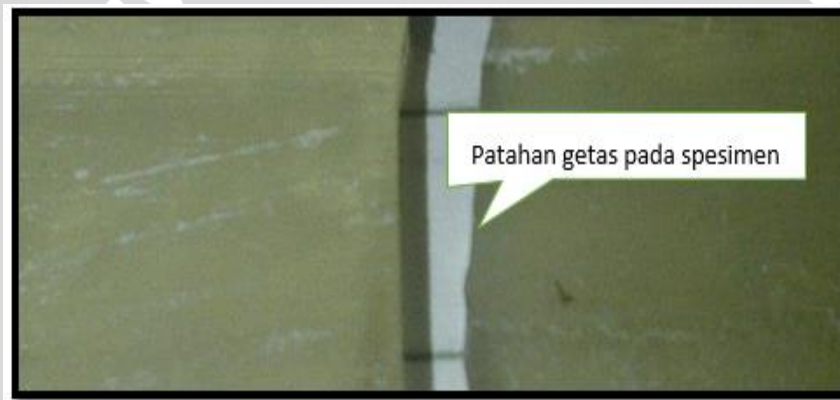
Berdasarkan data hasil penelitian yang didapatkan untuk mengetahui kekuatan *bending* dari masing-masing variasi fraksi berat dapat dibuat grafik seperti berikut :



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara variasi fraksi berat serat tebu terhadap kekuatan *bending* pada komposit

Grafik hubungan Antara kekuatan *bending* komposit dengan komposisi serat pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa kekuatan *bending* komposit serat 0% hingga 30% mengalami peningkatan. Pada grafik terlihat bahwa kekuatan *bending* komposit terendah yaitu 17,93 N/mm² ada pada fraksi berat sebanyak 0% dan nilai kekuatan tertinggi yaitu 30,39 N/mm² ada pada fraksi berat serat sebanyak 30%.

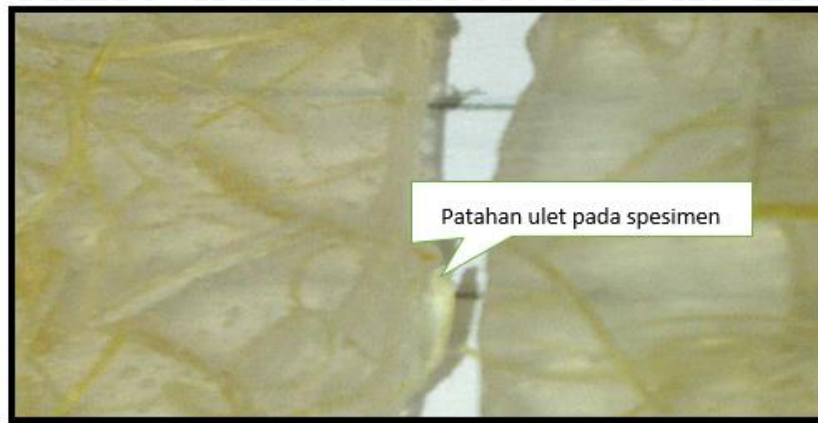
Dilihat dari sifat pembentuknya, komposit terdiri dari dua atau lebih unsur pembentuk yaitu matrik dan *filler*. Jika disesuaikan dengan grafik 4.5 dapat dilihat bahwa dengan penambahan komposisi serat 0% hingga 30% dapat meningkatkan kekuatan *bending* pada komposit. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.6, 4.7, 4.8, dan 4.9 dibawah ini.



Gambar 4.6 Bentuk patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi berat 0%



Gambar 4.7 Bentuk patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi berat 10%



Gambar 4.8 Bentuk patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi berat 20%



Gambar 4.9 Bentuk patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi berat 30%

Berdasarkan Gambar 4.6 hingga 4.9 terlihat bahwa patahan yang terjadi pada komposit *polyester* yang diperkuat serat tebu terjadi patahan getas pada komposit dengan komposisi berat serat 0% dan terjadi patahan ulet pada komposit dengan komposisi berat serat tebu 10% hingga 50%.

Pada spesimen dengan komposisi serat 0%, spesimen memiliki keuletan yang rendah dibandingkan dengan komposisi 10% hingga 30% sehingga spesimen mengalami patahan getas, sedangkan letak serat tebu sebagai penguat pada spesimen 10% hingga 30% bertambah, sehingga keuletan spesimen meningkat dan kerusakan yang terjadi tidak menyebabkan patahannya getas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan analisis data yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Dengan penambahan fraksi berat 0%, 10%, 20%, dan 30 % serat tebu pada komposit jenis resin *polyester* cenderung mengalami peningkatan. Hal ini dapat dilihat pada analisis varian satu arah ($F_{hitung} > F_{tabel}$) bahwa variasi berat serat tebu berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan *bending* pada komposit jenis resin *polyester*.
2. Kekuatan tarik terendah yaitu 9,49N/ mm² terdapat pada komposit dengan komposisi berat serat 0%,.
3. Kekuatan tarik tertinggi yaitu 17,48N/ mm² terdapat pada komposit dengan komposisi berat serat 30%.
4. Pada pengujian *bending* didapatkan kekuatan *bending* terendah yaitu 49,72 N/ mm² yang dimiliki oleh komposit dengan komposisi berat serat 0%.
5. Kekuatan *bending* tertinggi yaitu 84,28 N/ mm² dimiliki oleh komposit dengan komposisi berat serat 30%.

5.2 Saran

1. Pada proses pengadukkan campuran matrik dan katalis diusahakan pelan-pelan dikarenakan dapat timbul gelembung udara yang kecil yang nantinya dapat menurunkan kekuatan mekanik pada material.
2. Pada proses *Hand Lay-Up* lakukan penuangan matrik lebih cepat kedalam cetakan agar campuran matrik dan katalis tidak mengeras.
3. Perlunya penelitian lebih lanjut menggunakan foto sem untuk mengetahui perekatan antara matrik dan *filler* yang ada di matateial.