

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini kebutuhan akan material semakin meningkat sesuai dengan perkembangan zaman, hal ini telah mendorong perkembangan teknologi bahan dengan pesat. Salah satunya bisa dilihat pada material komposit. Material komposit terdiri dari dua atau lebih bahan yang di rekayasa menjadi satu, dimana sifat dari masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya. Komponen penyusun bahan ini terdiri dari matriks dan filler yang berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*) yang di campur bersama. Matriks dalam komposit berfungsi untuk mendistribusikan beban kedalam seluruh material penguat komposit.

Penambahan pengisi atau *filler* pada komposit polimer dengan fraksi volume tertentu merupakan salah satu cara memperbaiki sifat komposit (D. Callister.2009). *Filler* sering ditambahkan ke polimer untuk meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan tekan, ketahanan abrasi, ketangguhan, stabilitas dimensi dan termal, dan properti lainnya. Bahan yang biasa digunakan sebagai *filler* yaitu tepung kayu (serbuk gergaji halus), tepung silika dan pasir, kaca, tanah liat, talk, kapur (batu gamping), dan bahkan beberapa polimer sintetis (D. Callister.2009).

Di berbagai produk penggunaan komposit semakin luas dan mulai dijadikan sebagai substitusi material logam karena seiring dengan kemajuan banyaknya penggunaan material dengan mengedepankan bobot yang ringan sedangkan sifat mekanisnya tetap terjaga bahkan lebih baik. Contoh yang bisa di lihat adalah pada perkembangan material sepeda motor dari tahun 1970-an hingga sekarang, semua material sepeda motor pada tahun 70-an terbuat dari logam kecuali hanya roda dan jok saja. Dalam perkembangannya, material komposit terus diperbaharui. Salah satu contohnya bisa di lihat pada penggunaan material yang di perkuat dengan bahan serat.

Penggunaan material yang diperkuat dengan bahan serat sebelumnya pernah ditemukan pada penggunaan jerami yang dijadikan sebagai penguat batu bata yang diproduksi oleh bangsa Israel pada tahun 800 SM, dalam hal ini bisa di lihat bahwa peradaban manusia sudah mulai menggunakan bahan-bahan alami yang ada di sekitar mereka untuk membuat material komposit.

Serat alami yang digunakan biasanya adalah serat bambu, rotan, serat pisang, serbuk kayu, serabut kelapa, serat nenas, serat tebu dan serat alami lainnya yang masih

bisa digunakan dalam pembuatan material komposit. Pemanfaatan serat alami bisa mendapatkan berbagai keuntungan, antara lain segi ramah lingkungan dan mudah di cari di sekitar kita.

Indonesia sebagai Negara dengan keaneka ragaman hayati yang luas mempunyai peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan bahan serat alam sebagai penguat material komposit. Salah satu contoh serat alam yang bisa digunakan adalah serat pisang, dimana masyarakat Indonesia sendiri sudah mengenal tanaman pisang dapat tumbuh subur di pekarangan rumah maupun di perkebunan.

Nakamura et al (1992) meneliti tentang pengaruh ukuran dan bentuk partikel silika pada kekuatan dan ketangguhan patah berdasarkan adhesi partikel – matrix. Peningkatan partikel pada area tertentu mengakibatkan peningkatan kekuatan lentur dan kekuatan tarik. Kekuatan komposit tergantung pada penyaluran tegangan antara partikel dan matriks. Untuk partikel yang terikat, tegangan yang diberikan dapat dialihkan secara efektif dari matrik ke partikel hal ini mengakibatkan peningkatan pada kekuatan.

Gaurav Agarwal (2013) Meneliti tentang pengaruh penambahan silikon karbida (SiC) sebagai pengisi dengan persentase berat yang berbeda pada sifat fisik, sifat mekanik, dan sifat termal komposit epoxy yang diperkuat serat kaca cincang. Pengujian sifat fisik dan mekanik dilakukan dengan perubahan isi filler untuk melihat kecenderungan material komposit mengalami pembeban. Hasilnya menunjukkan bahwa sifat fisis dan mekanis pada penambahan silikon karbida (SiC) sebagai pengisi pada komposit epoxy yang diperkuat serat kaca cincang lebih baik dari komposit epoxy yang diperkuat serat kaca tanpa penambahan silikon karbida (SiC) sebagai pengisi.

Noni (2013) meneliti tentang pengaruh ketebalan serat pelepah pisang kepok (Musa paradisiaca) terhadap sifat mekanik material komposit poliester - serat alam. Dalam penelitian ini digunakan metode hand lay-up untuk pembuatan spesimen komposit dengan mengacu pada ASTM D-4762 sedangkan karakterisasi kuat tekan mengacu pada ASTM D-695 dan kuat tarik mengacu pada ASTM D-638 (GALDABINI 1987 series 32558). Analisis data dilakukan dengan melihat grafik hubungan antara ketebalan serat terhadap tekanan yang diberikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai kuat tekan komposit maksimum yaitu 12,92 N/mm² pada penambahan serat dengan variasi ketebalan serat 0,70 mm namun kuat tarik komposit maksimum yaitu 2,53 N/mm² pada penambahan serat dengan ketebalan 0,82 mm.

Rajesh Gosh et al., (2011) telah meneliti penggunaan serat pisang sebagai penguat dalam matriks resin vinyl ester. Pengaruh dari perbedaan volume fraksi serat di

dalam komposit dipelajari disini. Hal ini bisa dilihat bahwa dengan peningkatan fraksi serat dapat mempengaruhi kekuatan tarik. Pada fraksi volume serat 35% terlihat kekuatan tarik meningkat sebesar 38,6%. Dengan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa resin vinyl ester dengan penguat serat pisang dapat meningkatkan sifat mekanik.

Pada penelitian ini pasir silika digunakan sebagai pengisi, serat pisang sebagai penguat, dan resin *polyester* sebagai matriksnya. Resin *polyester* adalah resin dengan jenis polimer termosit dimana keberadaanya bisa di temukan atau di jual secara umum. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan ukuran serbuk pasir silika yang paling sesuai sebagai pengisi pada komposit *polyester* berpenguat serat pisang. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kekuatan tarik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka permasalahan yang akan di teliti adalah “Bagaimana pengaruh ukuran serbuk pasir silika sebagai pengisi terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* berpenguat serat pisang”.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Jenis matrik yang digunakan adalah *polyester yukalac 157 BQTN*
2. Jenis pengisi yang digunakan adalah pasir silika
3. Jenis serat yang digunakan adalah serat batang pisang (*Banana fiber*).
4. Pembuatan spesimen dibuat dengan cara hand-lay up
5. Asumsi yang digunakan :
 - Distribusi pasir silika dianggap sama
 - Panjang serat pisang dianggap sama
 - Jarak antar serat dianggap sama
 - Kelembaban pada saat pembuatan spesimen diabaikan

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh ukuran serbuk pasir silika sebagai pengisi terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* berpenguat serat pisang.

2. Untuk mengetahui berapa ukuran variasi pengisi yang memiliki kekuatan tarik tertinggi.

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 alam seperti serat batang pisang.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh ukuran serbuk pasir silika sebagai pengisi komposit *polyester* berpenguat serat pisang terhadap kekuatan tarik.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kegunaan untuk pengembangan ilmu pengetahuan teknologi dan kemajuan teknologi di dunia dan khususnya di Indonesia sendiri di masa mendatang sebagai wujud aplikasi dari rekayasa teknologi produksi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Nakamura et al (1992) Meneliti tentang pengaruh ukuran dan bentuk partikel silika pada kekuatan dan ketangguhan patah berdasarkan adhesi partikel – matrix. Peningkatan partikel pada area tertentu mengakibatkan peningkatan kekuatan lentur dan kekuatan tarik. Kekuatan komposit tergantung pada penyaluran tegangan antara partikel dan matriks. Untuk partikel yang terikat, tegangan yang diberikan dapat dialihkan secara efektif dari matriks ke partikel hal ini mengakibatkan peningkatan pada kekuatan.

Gaurav Agarwal (2013) Meneliti tentang pengaruh penambahan silikon karbida (SiC) sebagai pengisi dengan persentase berat yang berbeda pada sifat fisik, sifat mekanik, dan sifat termal komposit epoxy yang diperkuat serat kaca cincang. Pengujian sifat fisik dan mekanik dilakukan dengan perubahan isi filler untuk melihat kecenderungan material komposit mengalami pembeban. Hasilnya menunjukkan bahwa sifat fisis dan mekanis pada penambahan silikon karbida (SiC) sebagai pengisi pada komposit epoxy yang diperkuat serat kaca cincang lebih baik dari komposit epoxy yang diperkuat serat kaca tanpa penambahan silikon karbida (SiC) sebagai pengisi.

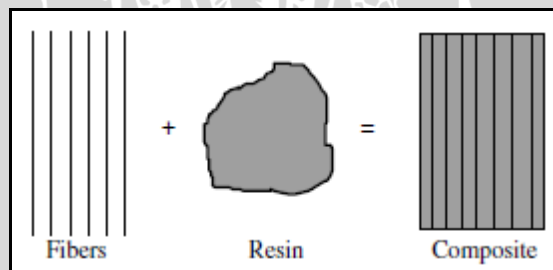
Noni (2013) Meneliti tentang pengaruh ketebalan serat pelepah pisang kepok (*Musa paradisiaca*) terhadap sifat mekanik material komposit poliester - serat alam. Dalam penelitian ini digunakan metode hand lay-up untuk pembuatan spesimen komposit dengan mengacu pada ASTM D-4762 sedangkan karakterisasi kuat tekan mengacu pada ASTM D-695 dan kuat tarik mengacu pada ASTM D-638 (GALDABINI 1987 series 32558). Analisis data dilakukan dengan melihat grafik hubungan antara ketebalan serat terhadap tekanan yang diberikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai kuat tekan komposit maksimum yaitu 12,92 N/mm² pada penambahan serat dengan variasi ketebalan serat 0,70 mm namun kuat tarik komposit maksimum yaitu 2,53 N/mm² pada penambahan serat dengan ketebalan 0,82 mm.

Rajesh Gosh et al., (2011) telah meneliti penggunaan serat pisang sebagai penguat dalam matriks resin vinyl ester. Pengaruh dari perbedaan volume fraksi serat di dalam komposit dipelajari disini. Hal ini bisa dilihat bahwa dengan peningkatan fraksi serat dapat mempengaruhi kekuatan tarik. Pada fraksi volume serat 35% terlihat kekuatan tarik meningkat sebesar 38,6%. Dengan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa resin vinyl ester dengan penguat serat pisang dapat meningkatkan sifat mekanik.

2.2 Pengertian Material Komposit

Komposit merupakan gabungan atau kombinasi dari dua atau lebih bahan penyusun yang memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda kemudian disusun dengan proporsi tertentu yang bertujuan untuk mendapatkan kombinasi sifat – sifat dari bahan penyusunnya. Pada umumnya komposit terdiri dari dua fase, yaitu matrik (*matrix*) dan penguat (*reinforcement*). Matrik adalah bahan penyusun dengan fraksi terbesar yang mengelilingi fase lainnya, biasanya disebut *dispersed phase* atau fase yang tersebar. Sedangkan penguat merupakan bahan yang menjadi penahan beban utama pada komposit. Bahan – bahan penyusun komposit fasenya harus berbeda secara kimia dan dipisahkan oleh *interface* (permukaan fase yang berbatasan dengan fase lain) yang berbeda (Callister, 2010).

Material komposit mempunyai keunggulan dibandingkan dengan material lain, karena pada material komposit mempunyai sifat *strength to weight ratio* atau keunggulan dalam hal kekuatan dengan bobot yang ringan.



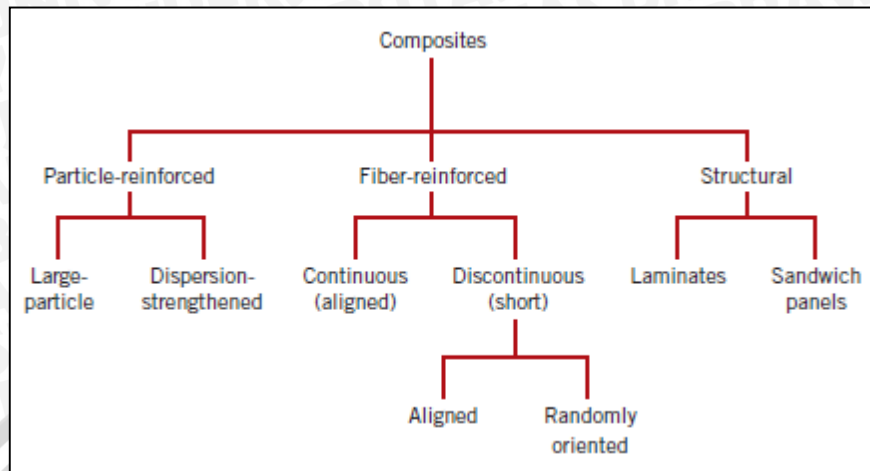
Gambar 2.1 Formasi material komposit menggunakan fiber dan resin
Sumber : Mazumdar (2002).

2.2.1 Kegunaan Bahan Komposit

Kegunaan bahan komposit sangat luas yaitu untuk :

1. Bidang kedirgantaraan adalah komponen pesawat, komponen helikopter, komponen satelit
2. Bidang kesehatan adalah kaki palsu, sambungan sendi pada pinggang
3. Bidang kelautan adalah kapal layar dan kayak
4. Bidang pertahanan adalah komponen kapal selam dan komponen jet tempur
5. Bidang pembangunan infrastruktur adalah jembatan, terowongan, rumah
6. Bidang olahraga adalah sepeda, raket tenis, tongkat golf, sepatu olah raga
7. Bidang otomotif adalah komponen mesin, komponen kereta

2.2.2 Klasifikasi Material Komposit



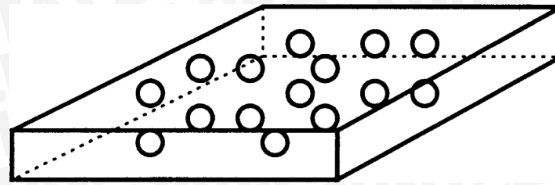
Gambar 2.2 Klasifikasi material komposit
Sumber : Callister (1994, 579)

1. Komposit partikel

Komposit partikel merupakan komposit yang mengandung bahan penguat berbentuk partikel atau serbuk. Partikel sebagai elemen penguat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Ukuran, bentuk, dan material partikel adalah faktor-faktor yang mempengaruhi properti mekanik dari komposit partikel. Dalam pembuatan komposit partikel sangat penting untuk menghilangkan unsur udara dan air karena partikel yang berongga atau yang memiliki lubang udara kurang baik jika digunakan dalam campuran komposit. Adanya udara dan air pada sela-sela partikel dapat mengurangi kekuatan dan mengurangi ketahanan retak bahan.

Pengaruh peningkatan kehalusan partikel pada komposit antara lain :

1. Meningkatkan reaksi antara partikel dengan campurannya.
2. Memperkecil diameter pori.
3. Menurunkan nilai porositas.
4. Meningkatkan kerapatan.
5. Meningkatkan kekuatan tekan dan beban lentur.



Gambar 2.3 Komposit partikel (*particulated composite*)

Sumber : Autar (2006:18)

komposit dengan bahan penguat yang berbentuk partikel di bagi menjadi dua yaitu :

a. *Large particle composite*

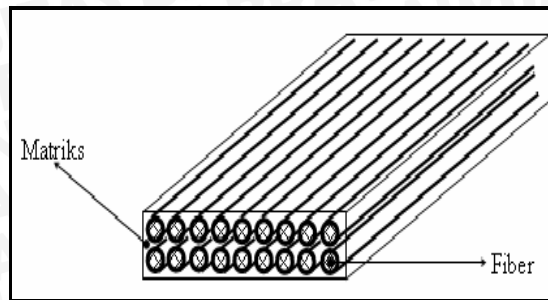
Untuk komposit jenis ini diameter partikel yang digunakan lebih besar daripada *dispersion strengthened* yaitu diatas $0,1 \mu\text{m}$ (100 nm). Sehingga interaksi antara partikel penguat dan matrik tidak dapat diperlakukan dalam tingkat atom atau molekul. Partikel penguat cenderung menahan gerakan dari fase matrik yang ada di sekitar masing – masing partikel. Contohnya partikel karbon hitam pada ban karet sintetis.

b. *Dispersion strengthened*

Partikel yang digunakan pada komposit jenis ini berdiameter lebih kecil dari *large particle composite* yaitu berkisar antara $0,01 - 0,1 \mu\text{m}$ ($10 - 100 \text{ nm}$). Fase yang terdispersi meliputi logam, non logam, namun yang biasa digunakan merupakan *oxide materials* seperti ThO_2 dan Al_2O_3 . Berbeda dengan *large particle composite*, interaksi antara partikel dan matrik terjadi pada tingkat atom atau molekul. Mekanisme penguatan terjadi seperti pada proses *precipitation hardening*. Pada saat matrik menanggung sebagian besar dari beban yang diterapkan, partikel – partikel kecil yang terdispersi menghalangi gerakan dislokasi, sehingga deformasi plastis dibatasi yang menghasilkan kekuatan tarik dan kekerasan meningkat

2. Komposit Serat

Komposit serat merupakan komposit yang di perkuat oleh serat, dimana penguatnya berbentuk serat dan di ikat oleh matrik. Dalam pembuatannya, serat dapat di susun secara acak maupun dengan arah orientasi tertentu.



Gambar 2.4 Komposit serat
Sumber : Vinolita, 2015

Berdasarkan ukuran panjang serat, serat di kategorikan menjadi dua, yaitu :

a. Komposit serat panjang

Komposit dengan serat panjang memungkinkan dalam pengaturan arah orientasinya. Serat panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan pada titik penggunaannya.

b. Komposit serat pendek

Jika dilihat dari arah orientasinya, material komposit dengan serat pendek dibagi menjadi dua yaitu serat acak dan serat satu arah. Komposit dengan serat pendek lebih mudah dalam pengolahannya.

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam pembuatan komposit berpenguat serat antara lain :

1. Matrik

Kekuatan ikatan antara matrik dan serat adalah kebutuhan utama dalam pembuatan komposit jenis ini. Selain itu kecocokan secara kimia juga dibutuhkan agar tidak terjadi reaksi kimia yang tidak diinginkan pada permukaan kontak antara matrik dan serat penguat. Sifat – sifat khusus dari matrik seperti ketahanan terhadap korosi dan panas, harus diperhatikan tanpa mengesampingkan sifat mekaniknya. Hal ini dikarenakan dapat mendukung sifat yang diinginkan pada komposit nantinya.

2. Serat

Sebagai bahan penguat pada komposit, serat memiliki pengaruh dalam meningkatkan kekuatan komposit. Pada umumnya serat yang dipilih memiliki kekuatan tarik yang tinggi seperti *fiberglass* dan *aramid*.

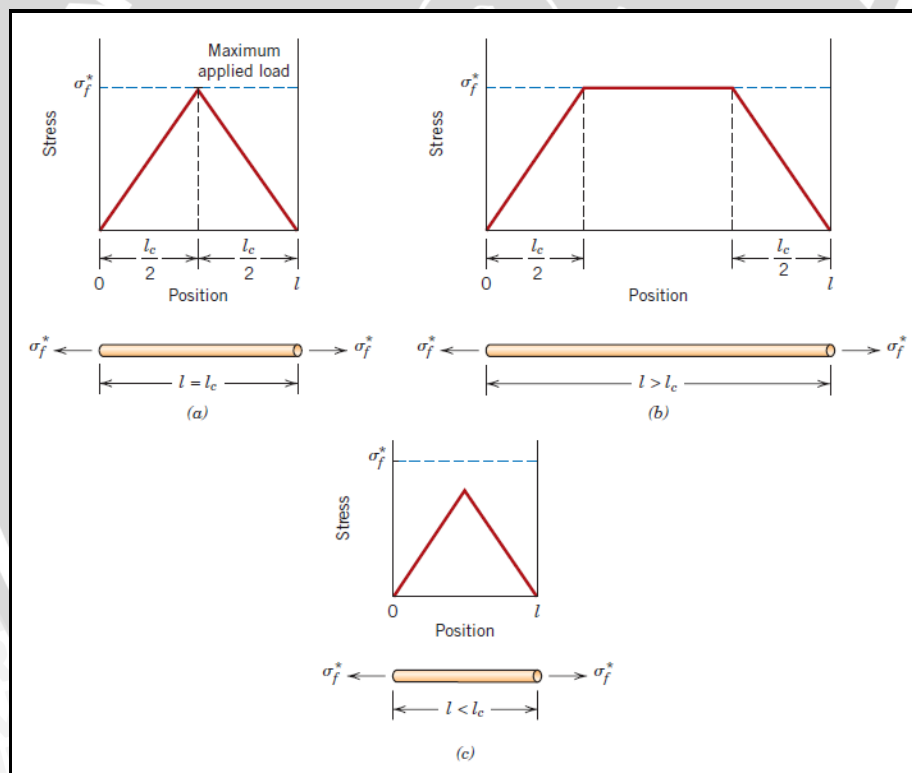
3. Letak dan Arah Serat

Dalam pembuatan komposit, letak dan arah serat menentukan kekuatan mekanik komposit. Menurut tata letak dan arah serat pada komposit, diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu : yang pertama *one dimensional*

reinforcement, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat. Yang kedua adalah *two dimensional reinforcement* (planar), mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing – masing arah orientasi serat. Yang ketiga *three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat *isotropic* kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya. Bila arah serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar ke segala arah dan beban akan terdistribusi secara merata sehingga kekuatan akan meningkat.

4. Panjang Serat

Pada proses pembuatan komposit, panjang serat memiliki pengaruh yang signifikan. Hal ini dikarenakan sebagian besar tegangan yang terjadi pada komposit disalurkan ke serat oleh matriks. Sehingga panjang kritis dari serat diperlukan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan dari komposit secara efektif.



Gambar 2.5 Skema posisi tegangan pada serat ketika panjang serat (a) sama dengan *critical length* (b) lebih panjang dari *critical length* (c) lebih pendek dari *critical length*
Sumber : Callister (2010:635)

Gambar diatas menjelaskan skema tegangan pada tiga kondisi panjang serat untuk *fiber reinforced composite* yang dikenai tegangan yang besarnya sama dengan kekuatan tarik dari serat. Ketika serat yang panjangnya sama dengan *critical length* dikenai tegangan yang besarnya sama dengan kekuatan tarik dari serat tersebut,

posisi dari tegangan maksimum tercapai pada titik tengah dari serat. Semakin panjang serat yang digunakan, serat penguat menjadi semakin efektif. Pada gambar 2.4 (b) terlihat bahwa tegangan yang diterima oleh serat yang lebih panjang dari *critical length* dapat diterima lebih efektif. Jika panjang serat yang digunakan lebih pendek dari *critical length*, maka tegangan yang diterima tidak dapat mencapai tegangan maksimum dari serat.

5. Bentuk Serat

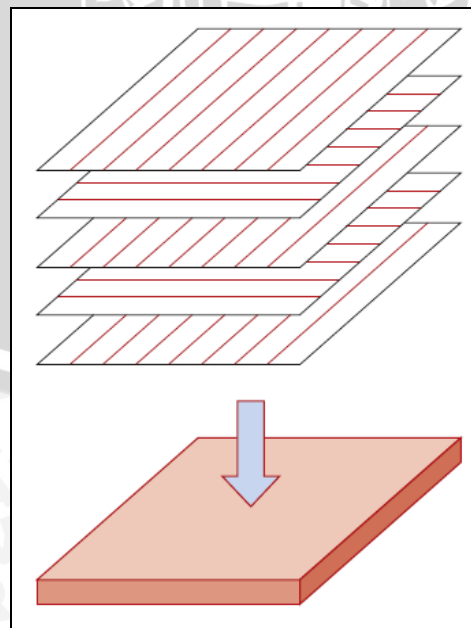
Bentuk serat secara umum tidak begitu mempengaruhi, namun yang mempengaruhi adalah diameter dari serat. Pada umumnya semakin besar diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya, kandungan serat juga mempengaruhi (Schwartz, 1984).

3. Komposit Struktural

Komposit Struktural pada umumnya terdiri dari material homogen atau komposit. Faktor yang mempengaruhi kekuatan dari *structural composite* tidak hanya sifat dari material penyusunnya, namun desain geometris dari elemen struktural memiliki pengaruh yang signifikan. Komposit struktural di bagi menjadi dua yaitu :

a. *Laminar composite*

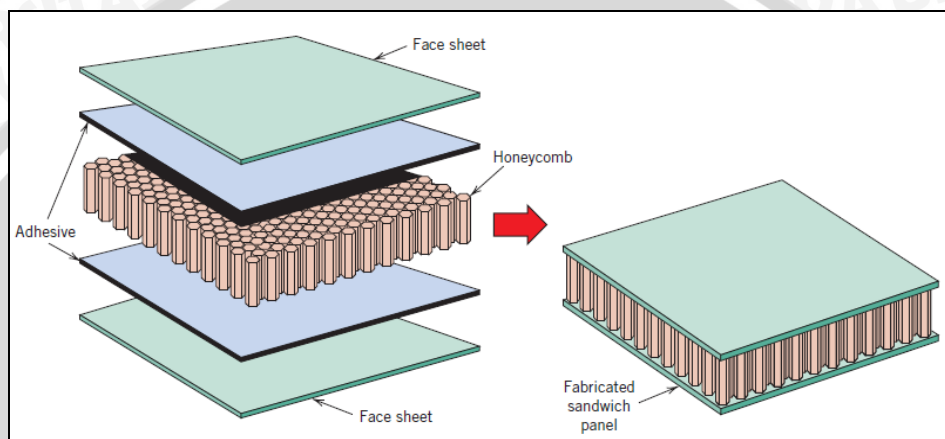
Laminar composite merupakan komposit yang terdiri dari lembaran atau panel yang ditumpuk dan disatukan. Lembaran atau panel disusun dengan orientasi arah kekuatan tertentu pada masing – masing lapisan.



Gambar 2.6 Penyusunan *laminar composite*
Sumber : D. Callister (2010 : 661)

b. Sandwich panel

Pada jenis ini bahan penyusun komposit terdiri dari 2 lapisan luar dan inti (*core*) yang disusun bertumpuk. Lapisan luar merupakan material yang memiliki kekerasan dan kekakuan tinggi seperti aluminium paduan, baja, titanium, atau kayu. Sedangkan untuk inti (*core*) dipilih material yang ringan dan memiliki modulus elastisitas yang rendah, misalnya kayu balsa, *rigid polymeric foam*, atau struktur *honeycomb*.



Gambar 2.7 Skema struktur *honeycomb* pada *structural composite*
Sumber : After J. Corden (1987:721)

2.3 Polimer

Polimer adalah padatan organik berdasarkan rantai panjang karbon atau dalam beberapa, silikon atom. Polimer itu ringan, kepadatannya ρ lebih kecil dari dari logam yang paling ringan. Dibandingkan dengan yang lain polimer termasuk material yang tidak kaku dengan modulus E yang kira-kira 50 kali lebih sedikit dibandingkan dengan logam. Tapi polimer bisa menjadi kuat, dan karena kepadatan yang rendah, kekuatan polimer per satuan berat bisa dibandingkan dengan logam. Sifat mereka tergantung pada suhu sehingga polimer yang tangguh dan fleksibel pada suhu kamar mungkin rapuh pada -4°C , namun berubah menjadi karet pada 100°C (Ashby, 2007).

2.3.1 Polimer Thermoplast

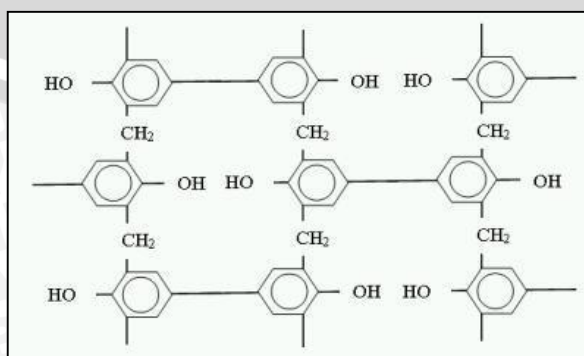
Polimer thermoplast adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan jika didinginkan akan kembali mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang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

mendapatkan produk polimer yang baru. Tidak seperti polimer jenis termosetting, polimer jenis ini tidak memiliki ikatan silang antara rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. Polimer termoplast memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut:

- Berat molekul kecil
- Tidak tahan terhadap panas
- Jika dipanaskan akan melunak
- Jika didinginkan akan mengeras
- Mudah untuk diregangkan
- Fleksibel
- Titik leleh rendah
- Dapat dibentuk ulang (daur ulang)
- Mudah larut dalam pelarut yang sesuai
- Memiliki struktur molekul linear/bercabang

2.3.2 Polimer Thermoset

Polimer thermoset adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh. Sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi. Polimer thermoset memiliki ikatan – ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer.



Gambar 2.8 Struktur ikatan silang polimer thermoset

Sumber : Kimia Indonesia (2015)

Sifat polimer thermoset adalah sebagai berikut :

- Keras dan kaku (tidak fleksibel)
- Jika dipanaskan akan mengeras
- Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang)
- Tidak dapat larut dalam pelarut apapun
- Jika dipanaskan akan meleleh
- Tahan terhadap asam basa
- Mempunyai ikatan silang antar rantai molekul (Haryono, 2010)

2.4 Serat Batang Pisang

Serat batang pisang merupakan jenis serat yang berkualitas baik, dan merupakan salah satu bahan potensial alternatif yang dapat digunakan dalam pembuatan komposit. Batang pisang sebagai limbah dapat dimanfaatkan menjadi sumber serat agar mempunyai nilai ekonomis. Pada pemanfaatan serat batang pisang perlu ada perlakuan sebelum serat batang pisang dicampur dengan bahan lain. Perlakuan dengan alkali (NaOH) diharapkan dapat berpengaruh terhadap komposit yang dihasilkan, karena fungsi alkali dapat menghilangkan lignin yang ada. Pemberian perlakuan alkali pada bahan berlignin selulosa mampu mengubah struktur kimia dan fisik permukaan serat.



Gambar 2.9 Serat Batang Pisang

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 2.1 Uji Serat Tunggal Batang Pisang

Jenis Perlakuan	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
5% NaOH 2 jam	1801.756

2.5 Polimer Aditif

Aditif digunakan untuk meningkatkan atau memodifikasi banyak sifat, dengan demikian dapat meningkatkan kegunaan polimer. Beberapa tipe yang masuk dalam aditif adalah *fillers*, *plasticizers*, *stabilizers*, *colorants*, dan *flame retardants*.

2.5.1 Pasir Kuarsa (Silika)

Kuarsa adalah mineral utama dari silika dan salah satu mineral pembentuk kristal Optik. Struktur atomik dari kuarsa adalah tetra hidron yang satu atom silikon dikelilingi empat atom oksigen. Contoh penting adalah forstart ($Mg_2 SiO_2$) dalam $Mg SiO_4$ ion SiO_4 diperoleh empat elektron dari atom magnesium memberikan satu elektron ke satuan dari SiO_4 .



Gambar 2.10 Pasir Kuarsa (Silika)

Sumber : Laboraturium Pengecoran Logam Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya, 2015

2.6 Matriks

Material komposit terdiri dari matrik dan filler (pengisi). Matrik diartikan sebagai material pengikat antara serat atau partikel namun tidak terjadi reaksi kimia dengan bahan pengisi. Secara umum matrik berfungsi sebagai pengikat bahan pengisi, sebagai penahan dan pelindung serat dari efek lingkungan dari kerusakan baik kerusakan secara mekanik maupun kerusakan akibat reaksi kimia, serta untuk mentransfer beban dari luar ke bahan pengisi.

2.6.1 Matriks Polyester

Matriks *polyester* dapat digunakan pada suhu kerja mencapai $79^{\circ}C$ atau lebih tergantung partikel resin dan keperluannya (Schwartz, 1984). Keuntungan lain matrik *polyester* adalah mudah di kombinasikan dengan serat dan dapat digunakan dalam penguatan plastic. Resin *polyester* sebelum dicampur dengan zat pengeras/katalis, akan tetap dalam keadaan cair dan akan mengeras setelah pencampuran dengan katalis dalam

beberapa menit. Waktu pengerasan cairan matrik (*curing time*) juga bisa di pengaruhi oleh jenis dan banyaknya katalis.

Tabel 2.2 Hubungan persentase (%) katalis dengan *potlife* pada *polyester* BQTN 157 – ex (Hartomo, 1992).

Katalis (%)	Potlife (menit)
1	46
2	30
3	22
4	21
5	20

Curing merupakan suatu proses pengeringan untuk merubah material pengikat dari keadaan cair menjadi padat. *Curing* ini terjadi melalui reaksi polimerisasi 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.

Tabel 2.3 Sifat – Sifat Resin *Polyester* (Frida, 1992)

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

Tabel 2.4 Spesifikasi resin *unsaturated polyester yukalac 157 BQTN*
(Sumber :Frida, 1992)

Item	Nilai Tipikal	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
Kekuatatan 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	
Elongasi (%)	1,6	

2.7 Katalis MEKPO

Katalis yang digunakan adalah katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO) dengan bentuk cair, berwarna bening. Fungsi dari katalis adalah mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matriks suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matriks akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi akibat mencampurkan katalis terlalu banyak adalah membuat komposit menjadi getas. Penggunaan katalis sebaiknya diatur berdasarkan kebutuhannya. Pada saat mencampurkan katalis ke dalam matriks maka akan timbul reaksi panas (60°-90°C).

Proses pengerasan resin diberi bahan tambahan yaitu, katalis jenis *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO), katalis digunakan untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin pada suhu yang lebih tinggi. Pemakaian katalis dibatasi sampai 1% dari volume resin (P.T. Justus Sakti Raya, 2001).

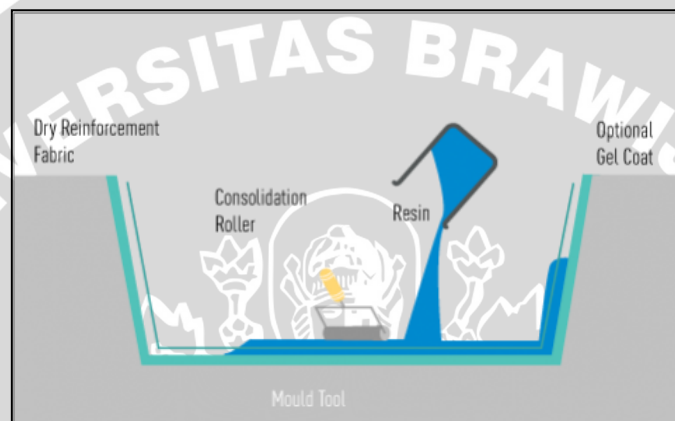
2.8 Metode Pembuatan Komposit

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

1. Metode *Hand Lay Up*

Sebuah proses di mana komponen diterapkan baik untuk cetakan atau permukaan kerja, dan lapisan di buat secara berurutan dan dikerjakan dengan tangan.

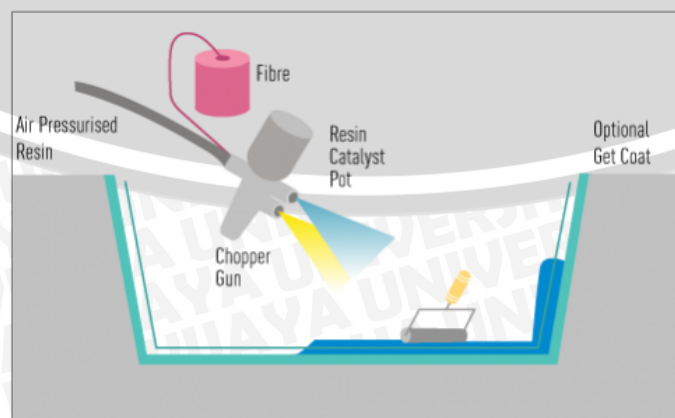
Proses ini merupakan metode yang paling sederhana untuk memproduksi plastik yang diperkuat serat cara pembuatan dengan sistem *hand lay-up* dilakukan dengan meletakkan serat pada cetakan yang telah dilapisi dengan *mold release agent* yang bertujuan untuk mencegah lengketnya material-material komposit 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.



Gambar 2.11 Metode *hand lay up*
Sumber : PT. Gunung Putri Graha Mas, 2015

2. Metode *Spray Up*

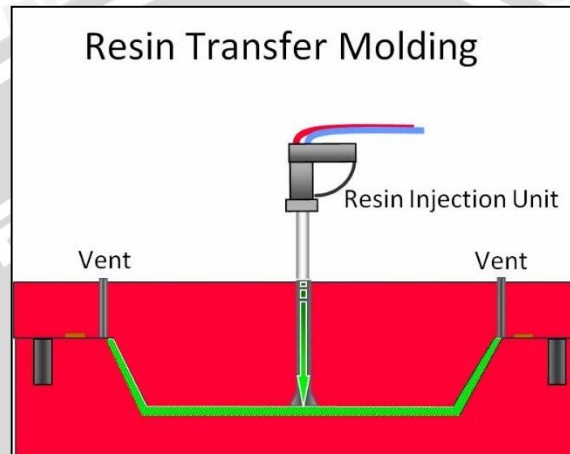
Proses *spray-up* mirip dengan proses *wet lay-up*, dengan perbedaan berada di metode menerapkan bahan serat dan resin ke cetakan. Pada proses *wet lay-up* penggunaannya diterapkan secara manual. Dalam proses *spray-up*, *spraygun* digunakan untuk menerapkan bahan resin dan serat.



Gambar 2.12 Metode *spray up*
Sumber : PT. Gunung Putri Graha Mas, 2015

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.

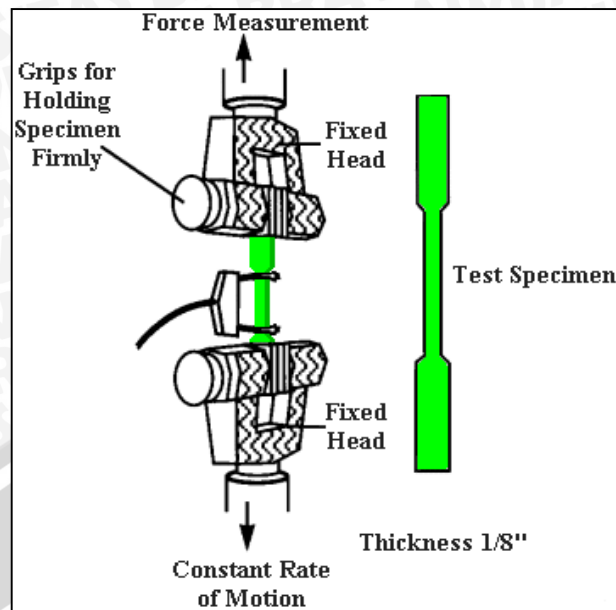


Gambar 2.13 Metode *injection molding*
Sumber : *Molded Fiber Glass Companies*, 2015

2.9 Pengujian Kekuatan Tarik

Sebuah mesin dan bagian-bagian strukturnya akan mengalami perubahan bentuk sampai pada batasan tertentu jika dikenai beban yang berlebih pada material tersebut.

Pengujian kekuatan tarik 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*. (Standar ASTM D 638).



Gambar 2.14 Pengujian kekuatan tarik

Sumber : *Quadrant Engineering Plastic Products*, 2015

Hal-hal yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit antara lain : (Surdia, 2003).

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 absorbs 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 regangannya mengecil.

$$P = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Surdia (2003 : 32)} \quad (2-1)$$

Keterangan :

P = Beban (N)

A = Luas penampang (mm²)

σ = Tegangan (MPa)

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-tegangan hasil uji tarik komposit. (Surdia, 2003).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad \text{Surdia (2003 : 33)} \quad (2-2)$$

Keterangan :

ε = Regangan (mm/mm)

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).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{Surdia (2003 : 33)} \quad (2-3)$$

Keterangan :

E = Modulus elastisitas (MPa)

σ = Tegangan (MPa)

ε = Regangan (mm/mm)

2.10 Hipotesis

Menurut kajian pustaka dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maka dapat dibuat hipotesis bahwa kekuatan tarik dari komposit *polyester* berpenguat serat pisang akan meningkat seiring meningkatnya *mesh fillers* yang diberikan. Hal ini karena semakin kecil ukuran butir pengisi komposit maka luas kontak permukaan antar butir semakin luas, yang berarti lebih banyak bidang kontak yang terbentuk diantara matrik dan penguat, sehingga distribusi perpindahan beban akan semakin baik. Kondisi ikatan permukaan ini mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap kekuatan komposit.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental nyata (*True Experimental Research*), yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran serbuk pasir silika sebagai pengisi komposit *polyester* yang diperkuat serat batang pisang terhadap kekuatan tarik.

3.2 Tempat Pengambilan Data Pengujian

Data yang diambil dalam penyusunan skripsi ini diperoleh dari penelitian yang dilakukan di :

- PPPPTK VEDC Malang.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah

- Ukuran Mesh 60, 80, 100, 120, 140 (μ)

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah

- Kekuatan Tarik.

3.3.3 Variabel Terkontrol

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

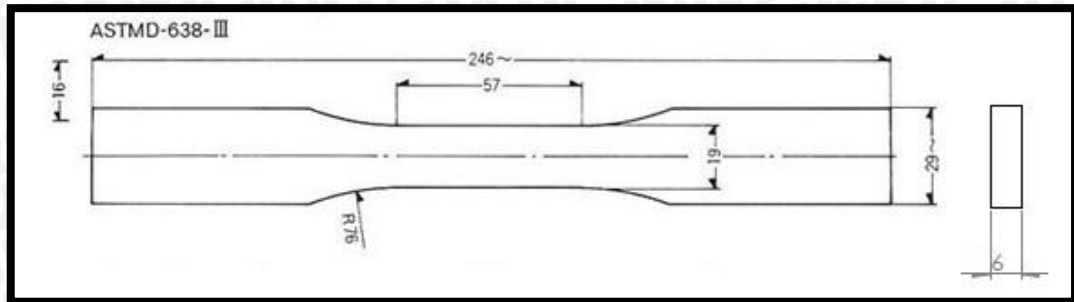
- Fraksi berat serat sebesar 40%
- Fraksi berat filler pasir silika 5%
- *Curing* menggunakan suhu ruang.
- Prosentase katalis MEKPO sebesar 1% dari volume resin
- Jenis resin adalah *polyester yukalac 157 BQTN*

3.4 Peralatan dan Bahan Penelitian

3.4.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Dimensi spesimen



Gambar 3.1 Dimensi spesimen

2. Gelas ukur

Digunakan untuk mengukur jumlah resin yang digunakan.



Gambar 3.2 Gelas ukur

3. Mesin uji tarik dengan jenis *universal tensile testing machine*.

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



Gambar 3.3 Mesin uji tarik

4. Mesin Pengguncang rotap

Digunakan untuk menentukan ukuran pasir silica dengan mesh atau ukuran lobang bertingkat.



Gambar 3.4 Mesin Pengguncang Rotap

Spesifikasi alat :

- Jenis : Rotap
- Daya : 430 Watt
- No. Serie : 01849038
- Buatan : Jerman Barat
- Frekuensi : 50 Hz
- Artikel : 30 403 0010
- Tipe : VS 1
- Merk : Retsch
- Voltase : 220 V

5. Pipet

Digunakan untuk mengambil jumlah kadar katalis.



Gambar 3.5 Pipet

6. Timbangan digital

Digunakan untuk menimbang bahan-bahan



Gambar 3.6 Timbangan Digital

7. *Mirror glaze (Wax)*

Mirror glaze dioleskan pada cetakan sebelum mencetak spesimen agar mudah melepas specimen



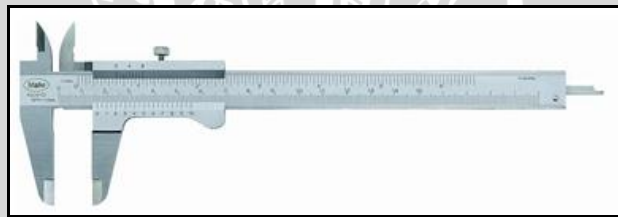
Gambar 3.7 *Mirror glaze (Wax)*

8. Gelas plastik
Digunakan untuk pencampuran resin dan katalis



Gambar 3.8 Gelas plastic

9. *Vernier Caliper*
Untuk mengukur jarak patahan pada spesimen.



Gambar 3.9 *Vernier Caliper*

10. Penggunaan alat-alat lainnya.
Untuk membantu proses pembuatan specimen.



Gambar 3.10 Penggunaan alat-alat lainnya.

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Resin *polyester* yukalac 157 BQTN

Matrik yang digunakan adalah resin *polyester* yukalac 157 BQTN dengan bahan tambahan katalis.



Gambar 3.11 Resin *polyester* yukalac 157 BQTN

2. Serat Batang Pisang

Serat yang digunakan adalah serat batang pisang



Gambar 3.12 Serat batang pisang

3. Katalis MEKPO



Gambar 3.13 Katalis

4. Pasir silika.



Gambar 3.14 Pasir Silika

3.5 Prosedur Pengujian

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

1. Membuat cetakan dengan pemberian toleransi pada specimen, agar spesimen yang terbentuk dapat dilakukan finishing dan sesuai dengan dimensi yang diinginkan.
2. Siapkan pasir silica dan diayak sesuai mesh yang ditentukan yaitu 60, 80, 100, 120, 140 (μ)
3. Siapkan serat pisang untuk di rendam menggunakan larutan (NaOH) dengan kadar 5 % selama 2 jam
4. Cuci serat batang pisang dengan air mengalir
5. Keringkan serat batang pisang dalam suhu ruang
6. Timbang resin pada gelas ukur sesuai berat yang telah ditetapkan
7. Ambil katalis dengan menggunakan pipet
8. Masukkan pasir silika pada wadah dan timbang sesuai prosentase fraksi yang telah ditetapkan.
9. Campur resin, katalis 1%, dan filler lalu aduk hingga merata sampai distribusinya merata.
10. Olesi cetakan dengan *mirror glaze*.
11. Tuangkan pada cetakan dan tunggu hingga specimen mengering (\pm 8 jam pada suhu ruangan).
12. Setelah spesimen jadi, lepaskan dari cetakan
13. Ulangi langkah 1 sampai 12 pada variasi ukuran filler : 60, 80, 100, 120, 140 (μ)
14. Lakukan finishing agar specimen sesuai dengan dimensi yang sudah ditetapkan.

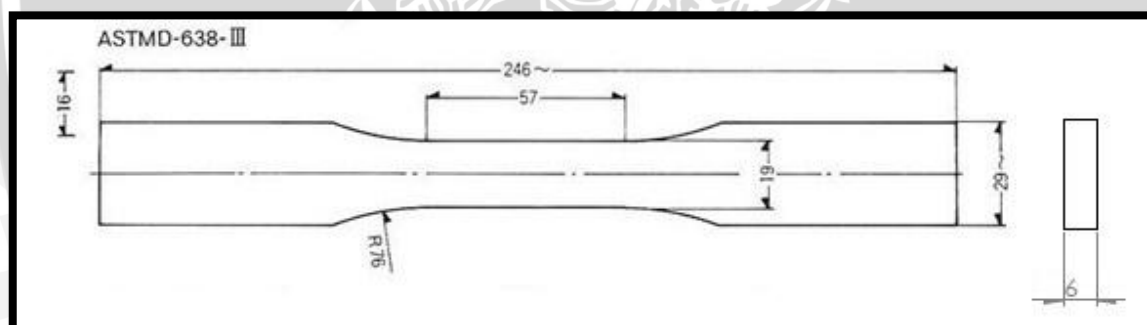
3.6 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik dari bahan komposit. Pengujian dilakukan dengan mesin uji “*Universal Testing Machine*”. Spesimen uji tarik berupa pelat datar yang dibuat menurut standar ASTM D 638.

Tabel 3.1 Dimensi Spesimen Pengujian Kekuatan Tarik

Dimensions	type III	tolerance
W-width of narrow section	19 mm	$\pm 0,5$ mm
L-Legth of narrow section	57 mm	$\pm 0,5$ mm
WO- widht overall	29 mm	+ 6,4 mm
LO-leght overall	246 mm	no max mm
G-gage length	50 mm	$\pm 0,25$ mm
D-distance between grips	115 mm	± 5 mm
R-radius of fillet	76 mm	± 1 mm

Di bawah ini adalah gambar spesimen pengujian kekuatan tarik berdasarkan standar ASTM D 638



Gambar 3.15 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 dan pastikan terjepit dengan benar.
4. Menyalakan mesin uji tarik.
5. Amati dengan teliti beban dan pertambahan panjang sampai spesimen patah.

3.7 Rancangan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh ukuran serbuk pasir silica sebagai pengisi terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* berpenguat serat pisang, maka langkah pertama yang

dilakukan adalah merencanakan model rancangan penelitian (*experimental design*). Rancangan penelitian ini akan menentukan keberhasilan proses pengujian ini. 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	Mesh (μ)				
	60	80	100	120	140
	Kekuatan Tarik (N/mm ²)				
1	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄	Y ₁₅
2	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄	Y ₂₅
3	Y ₃₁	Y ₃₂	Y ₃₃	Y ₃₄	Y ₃₅
Jumlah	$\sum Y_{ij1}$	$\sum Y_{ij2}$	$\sum Y_{ij3}$	$\sum Y_{ij4}$	$\sum Y_{ij5}$
Rata-rata	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5

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

Pengolahan Data

1. Analisis varian satu arah

Berdasarkan pada tabel 3.2 di atas dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan analisis varian satu arah untuk mengetahui pengaruh ukuran serbuk pasir silica sebagai pengisi pada komposit *polyester* berpenguat serat pisang terhadap kekuatan tarik.

- Jumlah kuadrat perlakuan

$$= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \frac{Y_i^2}{N}$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKE)

$$JKE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i}$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = JKT - JKE$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k - 1}$$

- Kuadrat tengah error (KTE)

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

- Nilai F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTE}$$

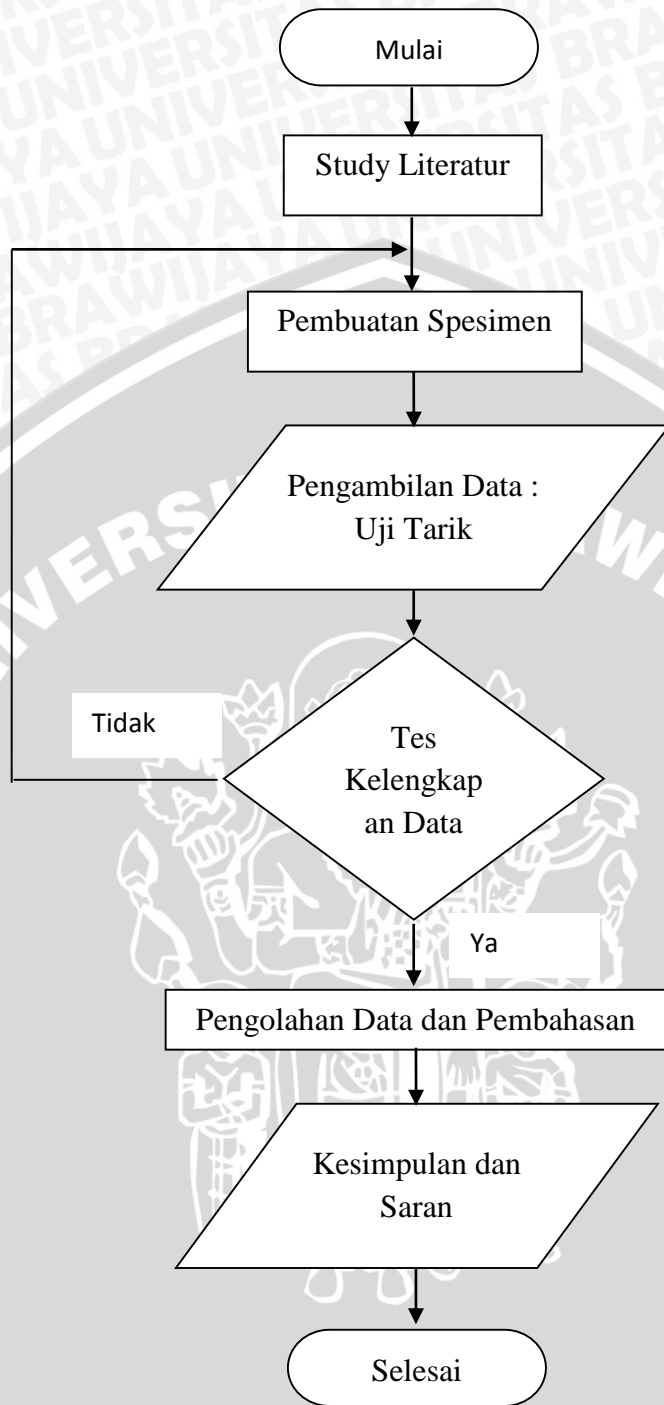
Tabel 3.3 Analisis varian satu arah

Sumber kevarianan	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat rata-rata	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	k-1	JKP	KTP	F_{hitung}	F_{tabel}
Galat	N-k	JKE	KTE		
Total	N-1	JKT			

Pengujian ada tidaknya pengaruh perlakuan adalah dengan membandingkan antara nilai F_{hitung} dengan nilai F_{tabel} seperti yang telah ditunjukkan pada tabel 3.3 :

1. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ berarti H_0 ditolak, menyatakan bahwa ada pengaruh yang berarti ukuran mesh terhadap kekuatan tarik.
2. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ berarti H_0 di terima, menyatakan bahwa tidak ada pengaruh yang berarti ukuran mesh terhadap kekuatan tarik.

3.8 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tarik dari variasi ukuran serbuk pasir silika sebagai pengisi pada komposit *polyester* berpenguat serat pisang dengan standar ASTM D 638 yang dilaksanakan di VEDC Malang di dapatkan data pada tabel 4.1 untuk data pengujian tarik akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian kekuatan tarik didapatkan :

Perhitungan mencari kekuatan tarik *ultimate* komposit :

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

Keterangan :

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

P_{max} = Beban tarik maksimum (N)

A_u = Luas penampang saat patah (mm²)

Test Report Uji Tarik PPPPTK VEDC (lampiran 1)

Tabel 4.1 Data kekuatan tarik komposit

Pengulangan	Mesh (μ)				
	60	80	100	120	140
Kekuatan Tarik (N/mm ²)					
1	13,96	18,21	19,93	21,58	22,99
2	14,10	19,02	20,32	22,15	23,20
3	17,43	19,47	21,14	22,31	25,18
Jumlah	45,49	56,70	61,38	66,03	71,37
Rata-rata	15,16	18,90	20,46	22,01	23,79

Pada gambar 4.1 merupakan hasil spesimen uji tarik.



Gambar 4.1 Contoh Hasil Spesimen Uji Tarik

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 ukuran serbuk pasir silika sebagai pengisi pada komposit *polyester* berpenguat serat batang pisang terhadap kekuatan tarik.

- Jumlah kuadrat perlakuan

$$= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 = 6181,26$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \frac{Y_i^2}{N} = 6181,26 - \frac{300,98^2}{15} = 142,09$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKE)

$$JKE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} = 6181,26 - \frac{18506,28}{3} = 12,49$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = JKT - JKE = 142,09 - 12,49 = 129,59$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k-1} = \frac{129,59}{5-1} = 32,40$$

- Kuadrat tengah error (KTE)

$$KTE = \frac{JKE}{(N - k)} = \frac{12,49}{(15 - 5)} = 1,25$$

- Nilai F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTE} = \frac{32,40}{1,25} = 25,93$$

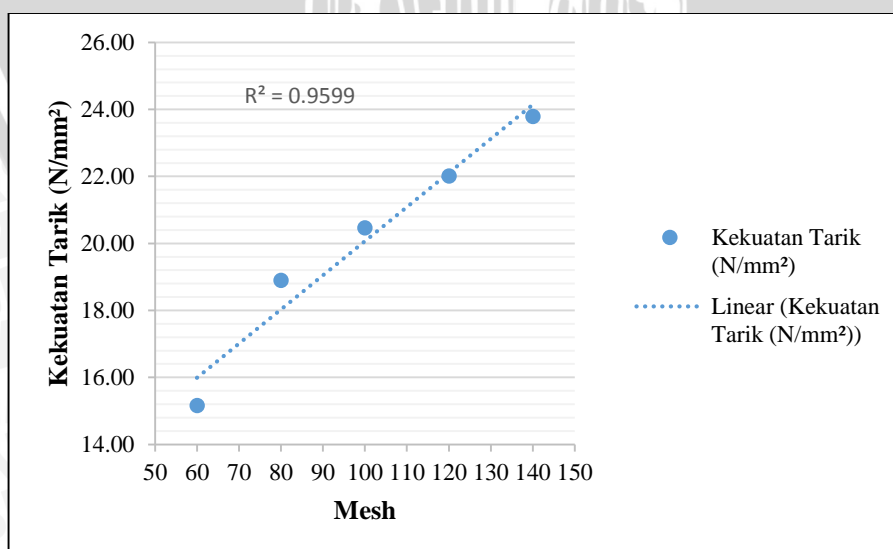
Tabel 4.2 Analisis varian satu arah

Sumber Varian	Jumlah kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	129,59	4	32,40	25,93	3,48
Galat	12,49	10	1,25		
Total	142,09	14			

Berdasarkan tabel 4.2 dengan menggunakan derajat bebas (db) perlakuan dengan nilai 4 dan derajat bebas (db) galat dengan nilai 10 didapatkan harga F teoritik dalam tabel nilai – nilai F sebesar 3,48 pada taraf $\alpha = 5\%$. Hasil perhitungan didapatkan harga untuk F_{hitung} sebesar 25,93. Terlihat $F_{hitung} > F_{tabel}$, berarti H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis dapat diterima yang berarti variasi ukuran serbuk pasir silica pada komposit *polyester* berpenguat serat batang pisang berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Hubungan Antara Mesh Terhadap Kekuatan Tarik (N/mm²)



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Variasi Ukuran Serbuk Pasir Silica pada Komposit *Polyester* Berpenguat Serat Batang Pisang Dengan Kekuatan Tarik.

Grafik hubungan antara variasi ukuran serbuk pasir silika dengan kekuatan tarik pada komposit polyester berpenguat serat batang pisang ditunjukkan pada gambar grafik 4.2 bahwa dengan ditamhkannya serbuk pasir silika yang diberikan pada komposit *polyester* berpenguat serat pisang dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit. Dapat dilihat pada mesh 60 (μ) memiliki nilai kekuatan tarik terendah yaitu 15,16 N/mm² sedangkan nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu 23,79 N/mm² terdapat pada ukuran mesh 140 (μ).

Hasil dari pengujian sesuai dengan hipotesa bahwa kekuatan tarik dari komposit *polyester* berpenguat serat batang pisang akan meningkat seiring meningkatnya *mesh fillers* yang diberikan. Hal ini karena semakin kecil ukuran butir pengisi komposit maka luas kontak permukaan antar butir semakin luas, yang berarti lebih banyak bidang kontak yang terbentuk diantara matrik dan penguat, sehingga distribusi perpindahan beban akan semakin baik.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Dari pengujian dan analisis data yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa ukuran serbuk pasir silika sebagai pengisi komposit *polyester* berpenguat serat batang pisang dengan variasi mesh 60, 80, 100, 120, dan 140 (μ) terhadap kekuatan tarik cenderung mengalami peningkatan. Hal ini dapat dilihat pada analisis varian satu arah ($F_{hitung} > F_{tabel}$) variasi ukuran serbuk pasir silika sebagai pengisi komposit *polyester* berpenguat serat batang pisang berpengaruh terhadap kekuatan tarik.
- Ukuran pengisi yang optimal untuk variasi ukuran mesh 60, 80, 100, 120, 140 (μ) pada spesimen uji tarik terletak pada ukuran mesh 140 (μ) dengan nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 23,79 N/mm².

5.2 Saran

1. Pada saat pengadukan campuran antara serat, pasir silika, resin, dan katalis di usahakan pelan-pelan untuk menghindari tidak ratanya serat dan pasir di dalam resin.
2. Pada saat proses pengadukkan campuran diusahakan pelan-pelan untuk menghindari adanya gelembung udara kecil.
3. Perlunya penelitian lebih lanjut menggunakan mikroskopik untuk mengetahui *mikro struktur* yang ada di material.