

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Perbedaan tegangan rata-rata dari komposit dapat disebabkan oleh beberapa sebab diantaranya adalah kekuatan komposit yang kurang merata disetiap tempat dan distribusi serat yang kurang merata sehingga energi yang diserap menjadi lebih kecil (Fahmi & Hermansyah, 2013).

Struktur sandwich adalah konstruksi integral yang terdiri dari dua kulit yang memiliki kekuatan tarik dan tekan yang tinggi, dipisahkan dengan inti yang ringan yang memberikan kekakuan geser. Namun, metode pembuatan konvensional, di mana kulit dan bahan inti diproduksi secara terpisah dan kemudian diikat menjadi satu, melibatkan proses ikatan yang rumit dan mahal. produk cetakan 3D saat ini digunakan terutama sebagai prototipe dan mainan, karena pembuatan struktur untuk aplikasi aerospace dan otomotif memerlukan produk berbentuk kekuatan yang lebih tinggi.

Baru-baru ini, penelitian tentang teknologi untuk pencetakan 3D dari resin yang diperkuat serat karbon terputus telah dilakukan dengan tujuan untuk menyelesaikan masalah ini. Namun, pencetakan 3D menggunakan resin yang diperkuat dengan nanopartikel memiliki masalah yang belum terselesaikan, termasuk kekasaran permukaan objek yang dicetak.

Untuk 3D Pencetakan struktur dan bahan dengan bahan lain, misalnya sarang lebah, kulit bagian atas terbentuk di atas ruang-ruang di inti; oleh karena itu, dukungan diperlukan dalam pencetakan 3D normal. Namun, ketika membuat struktur sandwich terintegrasi, bentuk inti menjadi ruang tertutup dan pendukung tidak dapat dihilangkan. Karena itu, kulit bagian atas harus dibentuk tanpa menggunakan penyangga (Sugiyama, Matsuzaki, Ueda, Todoroki, & Hirano, 2018).

2.1.1 Komposit

Suatu sistem material yang tersusun dari campuran/kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984). Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Jadi komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat dengan gabungan, yaitu gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat.

2.1.2 Klasifikasi Komposit

Secara umum klasifikasi komposit sering digunakan antara lain seperti :

1. Klasifikasi menurut kombinasi material utama, seperti *metal organic*.

Metal organic adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam

2. Klasifikasi menurut karakteristik bulkform, seperti sistem matrik atau *laminat*.

Laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

3. Klasifikasi menurut distribusi unsur pokok, seperti *continuous* dan *discontinuous*.

Continuous mempunyai serat panjang dan lurus, membentuk lamina di antara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya.

4. Klasifikasi menurut fungsinya, seperti elektrikal atau structural.

Fungsi *structural* yang mempunyai bentuk struktur dari komposisi komposit tersebut yang berbeda – beda baik dari segi letak dan urutan dalam penyusunan komposit.

2.1.3 Serat

Serat (fiber) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Contoh serat yang paling sering

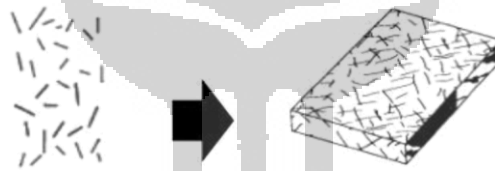
dijumpai adalah serat pada kain. Material ini sangat penting dalam ilmu Biologi baik hewan maupun tumbuhan sebagai pengikat dalam tubuh. Manusia menggunakan serat dalam banyak hal antara lain untuk membuat tali, kain, atau kertas. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat sintetis (serat buatan manusia). Serat sintetis dapat diproduksi secara murah dalam jumlah yang besar. Namun demikian, serat alami memiliki berbagai kelebihan khususnya dalam hal kenyamanan.

2.1.4 Orientasi Serat Pada Komposit

Komposit berdasarkan penempatannya, menurut (Gibson, 1994) terdapat 4 jenis tipe serat pada komposit, yaitu :

a. *Continuous Fiber Composite*

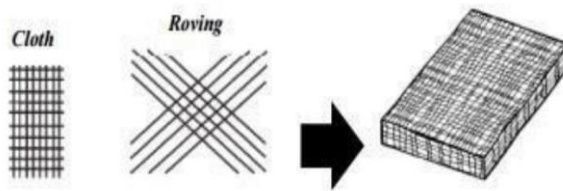
Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan



Gambar 2.1 *Continuous Fiber Composite*

b. *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

Woven Fiber Composite (bi-directional) adalah komposit yang tidak mudah oleh dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjang dan tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan menjadi melemah.

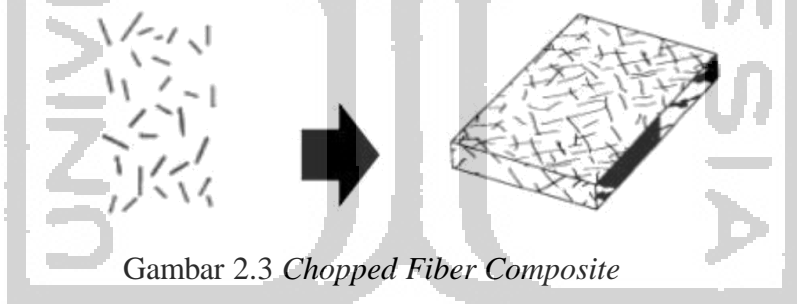


Gambar 2.2 Woven Fiber Composite

c. *Discontinuous Fiber Composite*

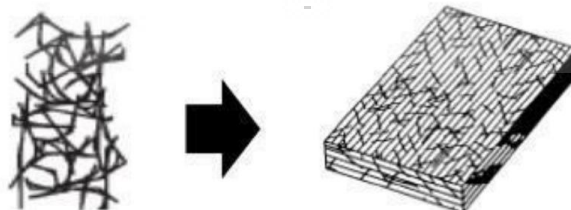
Discontinuous fiber composite merupakan tipe komposit dengan serat pendek. *Discontinuous fiber composite* dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

1. *Chopped fiber composite* memiliki serat pendek secara acak tersebar dalam matrik. Komposit serat cincang (*chopped*) digunakan secara ekstensif dalam aplikasi volume tinggi karena biaya produksi yang rendah, tetapi sifat mekanik jauh lebih rendah dari pada *continuous fiber composite*.



Gambar 2.3 Chopped Fiber Composite

2. *Hybrid Composite* dapat terdiri dari campuran cincang serat dan serat berkesinambungan atau jenis serat campuran seperti kaca atau grafit



Gambar 2.4 Hybrid Fiber Composite

2.1.5 Faktor Yang Mempengaruhi Matrik dan Serat

1. Faktor Serat

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

2. Letak Serat

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

3. Panjang serat

Dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang.

Serat alam jika dibandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah aspect ratio. Bila aspect ratio makin besar maka makin besar pula kekuatan tarik serat pada komposit tersebut. Serat

panjang (continuous fiber) lebih efisien dalam peletakannya dari pada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat.

4. Bentuk Serat

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

2.1.6 Pengikat (Matriks)

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Penggunaannya sebagai bahan pengikat partikel-

partikel atau media yang dipakai untuk mempertahankan partikel tersebut agar selalu berada pada tempatnya baik polimer, logam, dan keramik.

2.1.7 Resin

Resin komposit adalah suatu bahan matriks dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar atau dominan. Jenis resin yang biasa digunakan sebagai matrik pada komposit fiber carbon adalah : epoxy, tapi ada juga yang menggunakan polyester atau vinylester, yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin epoxy. (Widodo, 2008)

2.1.8 Katalis

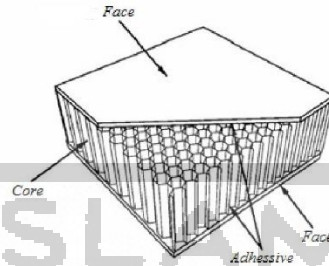
Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO) yaitu bahan kimia yang sering disebut dengan katalis. Katalis ini termasuk senyawa polimer dengan bentuk cair berwarna bening. Fungsi dari katalis ini adalah mempercepat proses pengeringan (curing) pada bahan matriks suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada matriks akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi akibat mencampurkan katalis terlalu banyak akan menyebabkan komposit menjadi getas. Penggunaan katalis di gunakan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

2.1.9 Serat Gelas

Material fiberglass adalah salah satu jenis bahan fiber komposit yang memiliki keunggulan yaitu kuat namun tetap ringan. Walaupun tidak sekaku dan seringan bahan carbon fiber, fiberglass lebih ulet dan relatif lebih murah dipasaran. Fiberglass biasa digunakan untuk bahan pembuatan pesawat terbang, perahu, bodi atau interior mobil, perlengkapan kamar mandi, kolam renang, septic tank, tangki air, atap, perpipaan, dinding isolator, papan selancar, tong sampah dan lain-lain. Material komposit itu sendiri adalah material yang terdiri dari dua komponen yaitu penguat (*reinforcement*) berupa serat dan pengikat (*matrix*) berupa plastik, sehingga menghasilkan kombinasi sifat yang kaku, kuat dan ringan.

2.1.10 Sandwich Komposit

Sandwich adalah material komposit yang terdiri dari dua buah skin dimana diantara dua skin tersebut terdapat core.



Gambar 2.5 Komposit Sandwich (www.diabgroup.com)

1. Skin

Bagian ini berfungsi untuk menahan tensile dan compressive stress. Skin biasanya mempunyai rigidity atau tingkat kekakuan yang rendah. Material-material konvensional seperti aluminium, baja, juga stainless steel bisa digunakan untuk bagian ini. Material-material berbentuk plastik yang diperkuat dengan serat gelas dan fiber menjadi pilihan yang baik karena bahan-bahan ini memiliki keunggulan seperti mudah untuk digabungkan, desain dapat dirancang sesuai kebutuhan, serta bentuk permukaan yang baik (Hidayat, Yudo, Manik, & Perkapalan, 2016).

2. Core

Salah satu bagian terpenting dari *sandwich* adalah *core*, dimana bagian ini harus cukup kaku agar jarak antar permukaan terjaga. Dengan kekakuannya *core* harus mampu menahan geseran agar tidak terjadi slide antar permukaan. Bahan dengan tingkat kekakuan yang rendah tidak baik untuk *core*, karena kekakuan pada *sandwich* akan berkurang atau hilang. Tidak hanya kuat dan mempunyai densitas rendah, *core* biasanya mempunyai syarat lain, seperti tingkat kadar air, *buckling*, umur panjang dan lain sebagainya (Hidayat et al., 2016).

3. Adhesive

Adhesive adalah zat perekat yang digunakan untuk mengikat *skin* dan *core*. *Adhesive* juga dapat dikatakan sebagai matriks, karena berfungsi juga mengikat antara partikel-partikel dari serat penguat. Selain untuk menyatukan antara *skin* dan *core*, *adhesive* harus mampu mentransfer gaya geser antara *skin* dan *core* agar kekuatan dari sandwich komposit tetap terjaga.

2.1.11 Printer Tiga Dimensi

Pengertian

Printer 3 dimensi merupakan printer yang yang menampilkan data dalam bentuk cetakan. Dengan teknologi 3 dimensi printing sebuah perusahaan dapat membuat prototype tanpa harus menghabiskan bahan baku ataupun material. Karena setelah seseorang designer menggambar object 3D mereka akan bisa langsung mencetak hasil design mereka dengan printer tersebut dan langsung mengetahui apa saja kekurangan dari design yang telah dibuat.

Cara Kerja

Cara kerja mesin printer 3D secara umum dibagi pada 3 proses yaitu :

1. Disain produk 3D
2. Printing atau cetak, dan
3. Penghalusan

Design produk 3D dapat dibuat dengan bantuan design computer atau scanner 3D, proses ini menganalisa dan mengumpulkan data dari objek nyata untuk kemudian bentuk dan penampilannya dibuat digital sebagai model tiga dimensi.

Proses printing atau mencetak menggunakan prinsip dasar *additive Layer* dengan rangkaian proses mesin membaca rancangan tiga dimensi dan mulai menyusun lapisan secara berturut - turut untuk membangun model dalam serangkaian proses lengkap. Lapisan - lapisan ini yang dihubungkan oleh *model virtual* (3D model) digabungkan secara otomatis untuk membentuk susunan lengkap yang utuh. Keunggulan utamanya adalah mesin printer 3D dengan teknik ini dapat dibuat dalam bentuk apapun.

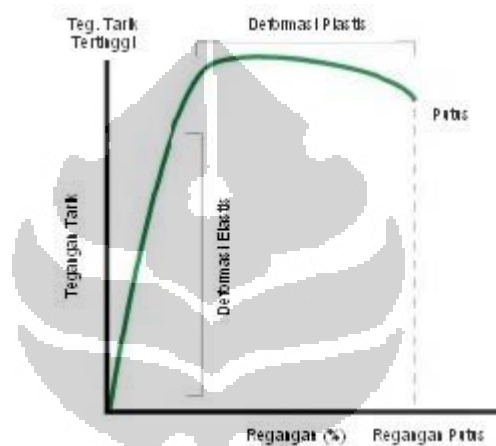
2.1.12 Pengujian Tarik

Pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan (stress strain test). Pengujian yang dilakukan pada suatu material padatan (logam dan non logam) dapat memberikan keterangan yang relatif lengkap mengenai perilaku material tersebut terhadap pembebanan mekanis.

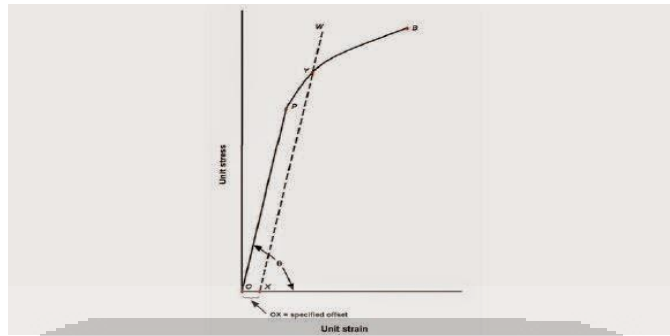
Perilaku mekanik material

- a. Batas proporsionalitas (*proportionality limit*) Merupakan daerah batas dimana tegangan dan regangan mempunyai hubungan proporsionalitas satu dengan lainnya. Setiap penambahan tegangan akan diikuti dengan penambahan regangan secara proporsional dalam hubungan linier $\sigma = E\epsilon$ (bandingkan dengan hubungan $y = mx$; dimana y mewakili tegangan; x mewakili regangan dan m mewakili slope kemiringan dari modulus kekakuan). Titik P pada Gambar 2.6 di bawah ini menunjukkan batas proporsionalitas dari kurva tegangan-regangan.



Gambar 2.6 Grafik Pengujian Tarik

- b. Batas elastis (*elastic limit*) Daerah elastis adalah daerah dimana bahan akan kembali kepada panjang semula bila tegangan luar dihilangkan. Daerah proporsionalitas merupakan bagian dari batas elastis ini.
- c. Titik luluh (*yield point*) dan kekuatan luluh (*yield strength*). Titik ini merupakan suatu batas dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Tegangan (stress) yang mengakibatkan bahan menunjukkan mekanisme luluh ini disebut tegangan luluh (yield stress). Titik luluh ditunjukkan oleh titik Y pada gambar 2.7. Gejala luluh umumnya hanya ditunjukkan oleh logam-logam ulet dengan struktur kristal yang membentuk *interstitial solid solution* dari atom - atom karbon, boron, hidrogen dan oksigen. Interaksi antara dislokasi dan atom-atom tersebut menyebabkan baja ulet seperti mild steel menunjukkan titik luluh bawah (*lower yield point*) dan titik luluh atas (*upper yield point*).

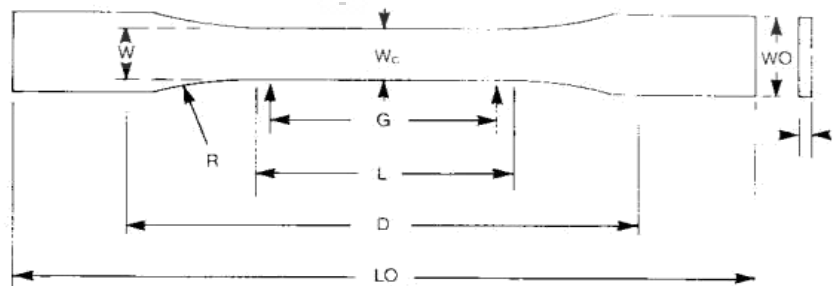


Gambar 2.7 Kurva Tegangan - Regangan

- d. Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (*fracture*). Nilai kekuatan tarik maksimum σ ditentukan dari beban maksimum F_{maks} dibagi luas penampang awal A_0 .
- e. Pengujian Tarik *ASTM D - 638*
 Pengujian Tarik yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan standar pengujian Tarik *ASTM D - 638*. Yang memiliki dimensi spesimen seperti gambar 2.8 dibawah ini :

| Dimensions (see drawings) | 7 (0.28) or under | | Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl | 4 (0.16) or under | | Tolerances |
|--|-------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| | Type I | Type II | Type III | Type IV ^B | Type V ^{C,D} | |
| W—Width of narrow section ^{E,F} | 13 (0.50) | 6 (0.25) | 19 (0.75) | 6 (0.25) | 3.18 (0.125) | $\pm 0.5 (\pm 0.02)^{B,C}$ |
| L—Length of narrow section | 57 (2.25) | 57 (2.25) | 57 (2.25) | 33 (1.30) | 9.53 (0.375) | $\pm 0.5 (\pm 0.02)^C$ |
| WO—Width overall, min ^G | 19 (0.75) | 19 (0.75) | 29 (1.13) | 19 (0.75) | ... | + 6.4 (+ 0.25) |
| WO—Width overall, min ^G | ... | ... | ... | ... | 9.53 (0.375) | + 3.18 (+ 0.125) |
| LO—Length overall, min ^H | 165 (6.5) | 183 (7.2) | 246 (9.7) | 115 (4.5) | 63.5 (2.5) | no max (no max) |
| G—Gage length ^I | 50 (2.00) | 50 (2.00) | 50 (2.00) | ... | 7.62 (0.300) | $\pm 0.25 (\pm 0.010)^C$ |
| G—Gage length ^I | ... | ... | ... | 25 (1.00) | ... | $\pm 0.13 (\pm 0.005)$ |
| D—Distance between grips | 115 (4.5) | 135 (5.3) | 115 (4.5) | 65 (2.5) ^J | 25.4 (1.0) | $\pm 5 (\pm 0.2)$ |
| R—Radius of fillet | 76 (3.00) | 76 (3.00) | 76 (3.00) | 14 (0.56) | 12.7 (0.5) | $\pm 1 (\pm 0.04)^C$ |
| RO—Outer radius (Type IV) | ... | ... | ... | 25 (1.00) | ... | $\pm 1 (\pm 0.04)$ |

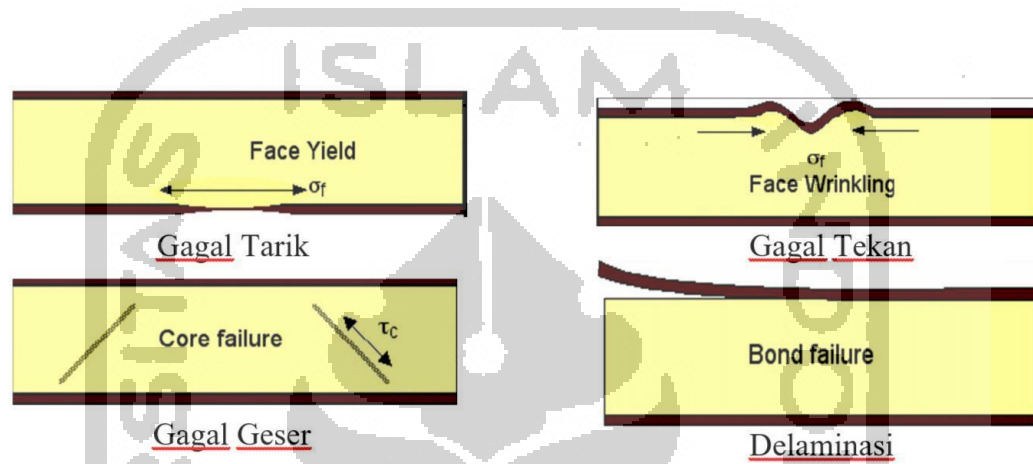
Gambar 2.8 Tabel Dimensi Sampel Uji Tarik *ASTM D-638*



Gambar 2.9 Keterangan Dimensi Pengujian Tarik *ASTM D-638*

2.1.13 Mode Kegagalan Komposit *Sandwich*

Mode kegagalan komposit *sandwich* ada 4 macam yaitu (1) kegagalan di bagian *skin* akibat beban tarik, (2) kegagalan bagian *skin* akibat beban *buckling*, (3) kegagalan geser pada bagian *core*, dan (4) kegagalan delaminasi antara komposit *skin* dan *core*. Mode kegagalan tersebut ditunjukkan seperti pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Kegagalan Komposit *Sandwich*