

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Jamasri, dkk (2006) melakukan studi perlakuan alkali dan tebal *core* terhadap sifat bending komposit *sandwich* berpenguat serat sawit dengan *core* kayu sawit. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh perlakuan alkali dan tebal *core* terhadap sifat *bending* komposit *sandwich* berpenguat serat sawit dengan *core* kayu sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit *skin* dan *sandwich* yang diperkuat serat perlakuan alkali (5% NaOH) memiliki kekuatan yang lebih tinggi. Kekuatan *bending* komposit *skin* yang diperkuat serat tanpa perlakuan pada $W_f = 18,2\%$ dan $W_f = 29,5\%$ adalah 21,67 Mpa dan 24,02 Mpa. Selanjutnya, kekuatan bending komposit *skin* yang diperkuat serat perlakuan alkali pada $W_f = 17,6\%$ dan $W_f = 34,9\%$ adalah 26,93 Mpa dan 36,04 Mpa. Kemampuan menahan momen komposit *sandwich* meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan *core*. Namun, penebalan *core* akan menurunkan kekuatan *bending* komposit *sandwich*. Kekuatan *bending* komposit *sandwich* yang diperkuat serat tanpa perlakuan dengan *core* 10 mm dan 25 mm adalah 20,05 Mpa dan 14,23 Mpa, sedangkan kekuatan bending komposit *sandwich* yang diperkuat serat perlakuan alkali pada ketebalan *core* 10 mm dan 25 mm adalah 22,33 Mpa dan 16,31 Mpa. Mekanisme kegagalan diindikasikan oleh lemahnya komposit *skin* yang tidak mampu menahan beban *bending*.

I Putu Lokantara, dkk (2009) melakukan studi tentang Efek Fraksi Volume Serat dan Penyerapan Air Tawar Terhadap Kekuatan *Bending* Komposit Tapis Kelapa/*Polyester*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat pada komposit serta waktu perendaman pada air tawar terhadap kekuatan *bending* dari komposit *Polyester*-Tapis kelapa. Hasil pengujian bending menunjukkan bahwa lama perendaman dan variasi fraksi volume serat, meningkatkan kekuatan lentur komposit. Tegangan maksimum dicapai oleh komposit dengan 10% fraksi volume serat pada perendaman selama 48 jam yaitu

sebesar 41.994 MPa. Sedangkan tegangan terendah dicapai oleh komposit dengan 0% fraksi volume serat yaitu sebesar 13.700 MPa. Modulus lentur yang terjadi menunjukkan peningkatan hingga waktu perendaman selama 24 jam. Modulus lentur maksimum dicapai oleh komposit dengan 10% fraksi volume serat sebesar 7.114 GPa sedangkan yang terendah dicapai oleh komposit dengan 0% fraksi volume serat sebesar 3.023 GPa.

Joni, dkk (2010) melakukan studi tentang Analisis Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Epoksi Yang Diperkuat Dengan Serat Kulit Kayu Khombouw. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh kekuatan tarik dan lentur dari material komposit epoksi yang diperkuat erat kulit kayu khombow dengan variasi arah serat dan perlakuan alkali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efek perlakuan alkali dan perubahan arah serat memberikan nilai kekuatan tarik dan lentur yang bervariasi. Nilai kekuatan tarik maksimum tanpa perlakuan alkali adalah 2.73 MPa, terjadi kenaikan 7.69%. Kekuatan tarik maksimum pada variasi waktu perendaman serat diperoleh sebesar 11.45 MPa dengan waktu perendaman selama 4 jam. Kekuatan lentur maksimum tanpa perlakuan alkali adalah 31.50 MPa, dengan perlakuan alkali selama 2 jam diperoleh 130.50 MPa. Perlakuan alkali dan orientasi arah serat memberi pengaruh yang berbeda dan interaksi antara keduanya sama. Pada uji lentur, perlakuan alkali dan orientasi arah serat serta interaksi keduanya menunjukkan pengaruh yang berbeda.

Berdasarkan hasil penelitian ketiga peneliti di atas dapat disimpulkan bahwa perlakuan alkali dapat meningkatkan kekuatan lentur komposit serta meningkatkan kekuatan tarik serat.

2.2. Pengertian Komposit

Material suatu *struktur* dapat dikelompokkan dalam empat kategori dasar, yaitu : logam, *polymer*, keramik dan komposit. Komposit merupakan suatu bahan hasil penggabungan dari dua atau lebih material penyusun yang berbeda secara *makroskopik* yang tidak larut satu dengan yang lainnya (Schwartz, 1984).

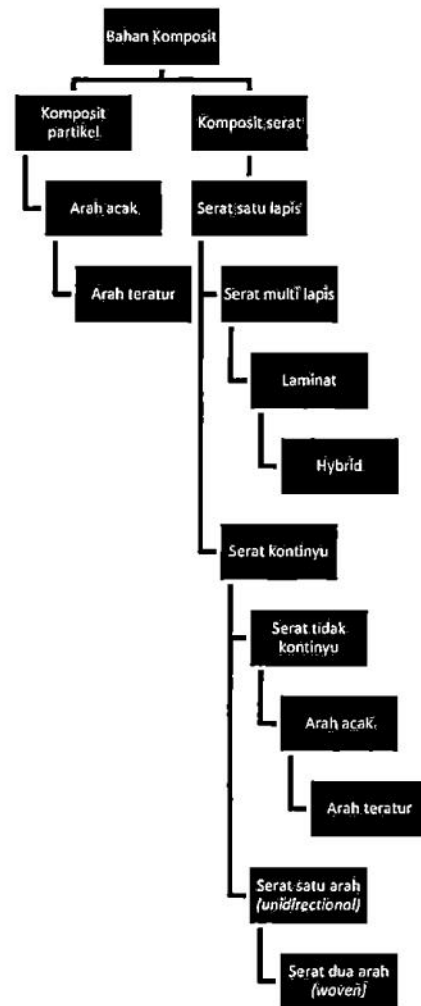
Komposit serat dibentuk dari serat dan material penyatu (*matriks*). Secara alami serat panjang memiliki kekuatan yang lebih dibandingkan material yang

sama dalam bentuk curah. Serat panjang memiliki struktur yang lebih sempurna, karena kristal yang tersusun sepanjang sumbu serat dan cacat internal pada serat lebih sedikit dari pada material dalam bentuk curah. Material penyatu dalam komposit berfungsi sebagai pendukung, pelindung, transfer beban dan lain-lain. Material ini biasanya disebut *matriks*. *Matriks* dapat berupa polimer, logam, karbon maupun keramik. Serat memiliki perbandingan panjang dengan diameter yang tinggi dan diameternya mendekati ukuran Kristal. Serat memiliki perbandingan kekuatan dan kekakuan terhadap densitas yang besar Joni, Leonard dan Syam (2010).

Secara umum serat berfungsi sebagai penguat bahan, untuk memperkuat komposit sehingga sifat-sifat mekaniknya lebih kaku, tangguh dan lebih kokoh bila dibandingkan dengan tanpa serat penguat, selain itu serat juga menghemat penggunaan *resin*. Kekakuan adalah kemampuan dari suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk jika dibebani dengan gaya tertentu di dalam daerah elastis (pada pengujian tarik), ketangguhan adalah kemampuan bahan menahan beban yang menyebabkan patah.

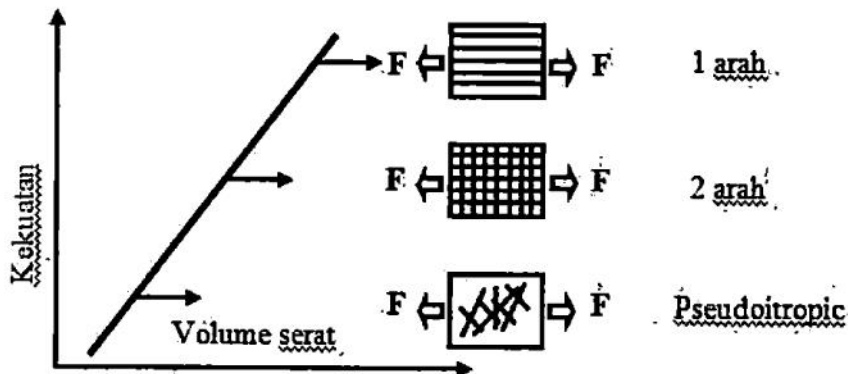
2.3. Klasifikasi Komposit

Bahan komposit dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis, bergantung pada geometri dan jenis seratnya (Barthelot, 1997). Hal ini dapat dimengerti, karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit tersebut. Sifat-sifat dari bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan, keliatan, dan ketahanan tergantung dari geometri dan sifat-sifat seratnya. Gambar bagan dibawah ini menunjukkan klasifikasi dari bermacam-macam bahan komposit.



Gambar 2.1. Klasifikasi bahan komposit yang umum dikenal (Sodik, 2007)

Serat merupakan material penguat pada komposit serat dan berfungsi sebagai penahan beban paling utama. Faktor penting untuk menentukan kekuatan komposit serat yaitu : jumlah serat, orientasi serat, panjang serat, model atau bentuk serat. Seperti dinyatakan oleh Schwartz (1984) bahwa semakin banyak serat yang dikandung dalam komposit, maka kekuatan mekanisnya (*strength*) semakin besar. Gambar 2.2 dibawah menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi volume serat maka kecenderungan kekuatan komposit semakin tinggi.



Gambar 2.2 Grafik hubungan antara kekuatan dan susunan serat pada komposit (Schwartz, 1984)

Secara garis besar bahan komposit sesuai dengan susunannya terdiri atas dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*).

2.3.1. Bahan Komposit Partikel (*particulate composite*)

Bahan komposit partikel yang terdiri atas partikel-partikel disebut bahan komposit partikel (Hadi, 2000). Definisi partikel adalah bukan serat, karena tidak mempunyai ukuran panjang. Ukuran penguat menentukan kemampuan bahan komposit dalam menahan gaya-gaya luar. Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dan keliatannya lebih rendah dibanding bahan komposit serat panjang. Tetapi dari segi lain, bahan ini sering lebih unggul, seperti ketahanan terhadap aus. Bentuk partikel ini dapat bermacam-macam, seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan bentuk-bentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi rata-rata berdimensi sama. Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi.

2.3.2. Bahan Komposit Serat (*fiber composite*)

Komposit serat (*fibrous composite*) merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Hal ini disebabkan karena komposit serat lebih kuat daripada komposit partikel. Komposit serat terdiri dari serat sebagai bahan penguat dan matrik sebagai bahan pengikat, pengisi volume dan pelindung serat-serat untuk mendistribusikan gaya atau beban antar serat (Schwartz, 1984).

Serat merupakan material penguat pada komposit. Serat berfungsi sebagai penahan beban paling utama. Schwartz (1984) menyatakan bahwa, semakin banyak serat yang dikandung dalam komposit, maka kekuatan mekanisnya (*strength*) semakin besar.

Secara umum, serat terdiri dari dua jenis, yaitu : serat alami dan serat sintetis. Serat alami atau serat lokal adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam, biasanya berupa serat organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia, diantaranya adalah : kapas, wol, sutra, pelepah pisang, serabut kelapa, ijuk dan sebagainya. Serat alam yang telah digunakan mempunyai kelemahan yaitu ukuran yang tidak seragam, dan kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia.

2.4. Matrik

Matrik dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik dan *matrik* juga harus bisa meneruskan beban dari luar ke serat. *Matrik* yang sering digunakan untuk memproduksi komposit FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) berwujud resin.

Salah satu jenis resin yang banyak digunakan adalah resin termoset. Termoset tersusun atas molekul-molekul berbentuk jala yang besar. Bila dipanaskan, molekul-molekul bergerak disekitar kedudukan seimbang. Tetapi molekul-molekul tersebut tidak dapat bergerak keluar dari kedudukan seimbangannya dan tidak berpindah tempat satu sama lain. Karena rangkaian tersebut bersenyawa satu dengan yang lain secara langsung. Jadi, resin termoset adalah bahan yang tidak menjadi plastis karena pemanasan dan tidak mencair. Resin termoset bila dipanaskan akan mengurangi sifat kekakuannya pada

temperatur *distorsi* (temperatur batas efektif untuk penggunaan komponen struktur) (Hull, 1981). Jenis resin termoset antara lain : *phenolit*, *epoxy*, *polyester*, *melamine* dan yang paling sering digunakan pada komposit serat gelas dan serat alam adalah resin *polyester* dan resin *epoxy* (Gibson, 1994).

Resin *polyester* banyak digunakan pada komposit terutama untuk aplikasi performa rendah (tidak memerlukan sifat mekanis yang sangat baik). Resin *polyester* mempunyai sifat-sifat yang sangat khas, yaitu : transparan, dapat dibuat kaku atau fleksibel dan dapat diwarnai. Selain itu, resin ini juga tahan terhadap air, cuaca, usia, berbagai bahan kimia dan penyusutannya berkisar 4-8 %. Resin *polyester* dapat dipakai sampai temperatur 157° F (79° C). pembekuan *polyester* dilakukan dengan menambahkan katalis. Kecepatan proses pembekuan (*curing*) ditentukan oleh jumlah katalis yang ditambahkan (Schwartz, 1984).

2.5.Larutan Alkali

Sodium hydroxide (NaOH) dikenal sebagai soda *kaustik*, adalah sebuah *kaustik* (bahan pembakar/pengikat berbahan dasar logam). Alkali soda *kaustik* banyak digunakan pada dunia industri terutama sebagai bahan dasar kimia yang kuat dalam pembuatan pulp dan kertas, tekstil, air minum dan zat pembersih (*detergents*). *Sodium hydroxide* juga banyak digunakan dalam laboratorium-laboratorium kimia.

Sodium hydroxide murni berwarna putih, tersedia dalam bentuk bola, serpihan, butiran, dan juga 50% dalam bentuk larutan jenuh. NaOH sangat mudah lumer dan juga mudah mengikat karbondioksida dari udara bebas. Jadi bahan ini harus disimpan dalam wadah yang kedap udara.



Gambar 2.3. Kristal NaOH (http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_hydroxide)

2.6. Hardener

Bahan tambahan utama adalah katalis (*hardener*). Katalis berfungsi memulai dan mempersingkat reaksi *curing* (mengeraskan cairan resin) pada temperatur terelevasi (*elevated temperature*) tanpa ikut bereaksi. Semakin banyak katalis, reaksi *curing* akan semakin cepat. Tetapi kelebihan katalis juga akan menimbulkan panas yang tinggi pada saat *curing* sehingga bisa merusak produk yang dibuat. Produk tersebut dapat menjadikan bahan komposit lebih getas atau rapuh. Oleh karena itu, pemberian katalis dibatasi kira-kira sebesar 1 - 2 % dari berat resin. Salah satu katalis yang sering digunakan adalah MEKPO (*Methyl Ethil Keton Peroksida*).

2.7. Karakteristik material komposit

Karakteristik material komposit adalah berupa hitungan mengenai :

2.7.1. Volume komposit (v_c)

Persamaan untuk mengetahui volume komposit (*Berthelot, 1997*) menjelaskan bahwa volume komposit adalah perpaduan antara volume serat dan volume matrik dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

$$v_c = v_f + v_m = \frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- v_c = Volume komposit (cm^3)
- v_f = Volume serat (cm^3)
- v_m = Volume matrik (cm^3)
- m_f = Massa serat nanas-nanasan acak (gr)
- ρ_f = Berat jenis serat nanas-nanasan (gr/cm^3)
- m_m = Massa matrik (gr)
- ρ_m = Berat jenis matrik (gr/cm^3)

2.7.2. Fraksi volume (V_f)

Setelah diketahui volume komposit (Berthelot, 1997) maka dapat diketahui pula fraksi volume serat sebagai bahan kontrol dalam penelitian dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} \dots\dots\dots(2.2)$$

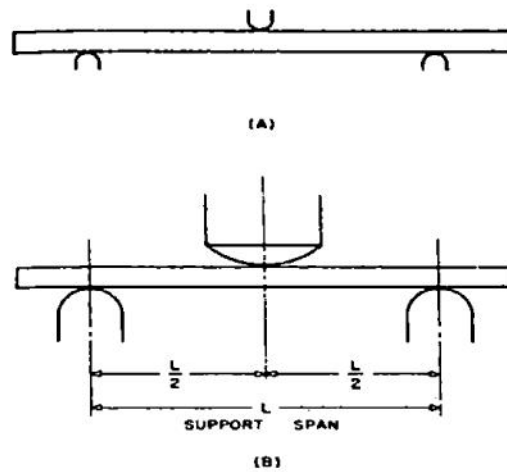
V_f = Fraksi volume serat (%)

2.8. Kekuatan Bending

Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu material dapat dilakukan pengujian *bending* terhadap material tersebut. Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami *deformasi* yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan.

Pada pengujian *bending*, bagian atas spesimen akan mengalami tegangan tekan dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi daripada kekuatan tariknya, sehingga kegagalan yang terjadi pada pengujian komposit akan mengalami patah pada bagian bawah yang disebabkan karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima. Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu material maka perlu dilakukan pengujian terhadap material tersebut.

Pengujian dilakukan dengan metode pembebanan tiga titik (*three point bending*). Dimana spesimen diletakan diatas dua penumpu (*supports*) berbentuk silinder dengan diameter maksimum $\pm 1,6$ x tebal spesimen dan sebagai penekan (*loading nose*) dengan diameter maksimum ± 4 x tebal spesimen (ASTM D790). Dalam pengujian bending yang dilakukan menggunakan mesin uji *bending Torsion*.



Gambar 2.4. Pembebanan tiga titik (*three point bending*)

(A) Diameter minimum = 3,2 mm;

(B) Diameter maksimum penunpu atau penahan = 1,6x tebal spesimen; Dimeter maksimum penekan 4x tebal spesimen (ASTM D790)

2.8.1. Karakteristik Kekuatan Bending

Pada material simetris pusat sumbu utama ada dibagian tengah, kekuatan *bending* pada sisi bagian atas = kekuatan *bending* pada sisi bawah. Pada perhitungan kekuatan *bending* ini, digunakan persamaan yang ada pada standar ASTM D790, yaitu :

$$S = \frac{3PL}{2b.d^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

- S = Tegangan *bending* (MPa)
- P = Beban atau *Load* (N)
- L = Panjang *Span* atau *Support span* (mm)
- b = Lebar atau *Width* (mm)
- d = Tebal atau *Depth* (mm)

Elastisitas adalah sifat material yang memungkinkan untuk kembali ke bentuk semula, panjangnya tidak terdeteksi setelah beban dihilangkan. Modulus elastisitas *bending* komposit serat nanas-nanasan kontinyu dapat dianalisa dengan menggunakan persamaan sesuai standar yaitu pada ASTM D790 sebagai berikut

$$E_H = \frac{L^3 m}{4bd^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

- E_H = Modulus Elastisitas *Bending* (GPa)
- L = Panjang Span atau *Support span* (mm)
- b = Lebar atau *Width* (mm)
- d = Tebal atau *Depth* (mm)
- m = *Slope Tangent* pada kurva beban defleksi (N/mm).

Regangan *bending* adalah perubahan bagian nilai panjang sebuah elemen pada permukaan terluar dari spesimen di tengah-tengah *span* dimana tegangan maksimum terjadi. Regangan *bending* komposit serat nanas-nanasan *polyester* dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan sesuai standar yaitu pada ASTM D790 sebagai berikut :

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

- ε_f = Regangan pada permukaan terluar, mm/mm (in/in)
- D = Defleksi maksimum pada tengah-tengah batang spesimen, mm (in)
- L = Panjang *span*, mm (in)
- d = Tebal spesimen, mm (in)

2.9. Karakteristik Penampang Patahan Material Komposit

a. *Fiber Pull Out*

Fiber pull out adalah tercabutnya serat dari *matrik* yang terjadi ketika *matrik* retak akibat beban tarik. Kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang. Namun komposit masih mampu menahan walaupun beban yang mampu ditahan lebih kecil daripada beban maksimum. Saat *matrik* retak, beban

akan ditransfer dari *matrik* ke serat ditempat persinggungan retak. Selanjutnya, kemampuan untuk mendukung beban berasal dari serat. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari *matrik* akibat *debonding* dan patahnya serat (Schwartz, 1984).

b. Patah banyak

Ketika jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan *interface* masih baik, *matrik* mampu mendukung beban yang diterima dengan cara mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Apabila *matrik* mampu menahan gaya geser dan meneruskan beban ke serat yang lain maka jumlah serat yang putus semakin banyak. Patahan terjadi lebih dari satu bidang (Schwartz, 1984).

c. Patah tunggal

Patah yang disebabkan ketika serat putus akibat beban tarik, *matrik* tidak mampu lagi menahan beban tambahan. Patahan terjadi pada satu bidang (Schwartz, 1984).