

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

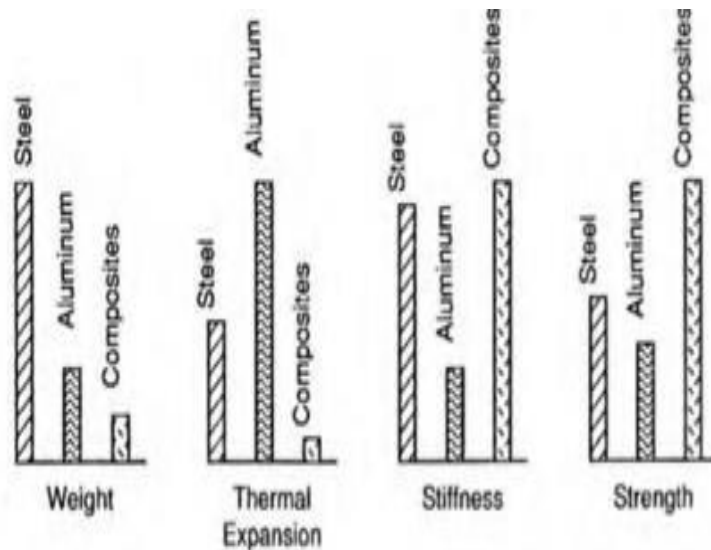
Kata komposit bersal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana material komposit adalah material gabungan dari dua atau lebih material yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari beberapa material pada skala mikroskopik untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Adapun sifat maupun karakteristik dari komposit ditentukan oleh: (Pramono, A, 1989).

1. Matriks, berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung *filler* (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan).
2. Penguat (*reinforce*) dalam teknologi komposit dapat didefinisikan sebagai suatu material yang berfungsi sebagi penguat yang memiliki sifat lebih kuat dari fase matriks dan merupakan suatu konstruksi/rangka tempat melekatnya matriks. Beberapa bentuk penguat (*reinforcement*) dari material komposit adalah serat (*fiber*), partikel, lamina, serpihan (*flakes*) dan rambut (*whiskers*).

Kedua bagian material ini saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya berdasarkan atas fungsi masing-masing bagian tersebut. Substrat ataupun bahan penguat berfungsi memperkuat matrik karena pada umumnya substrat jauh lebih kuat dari pada matrik dan nantinya akan memperkuat pembentukan bahan dengan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik bahan yang terbentuk. Sedangkan

matrik berfungsi sebagai pelindung substrat dari pada efek lingkungan dan kerusakan akibat adanya benturan ataupun beban.

Dewasa ini yang menjadi permasalahan dalam penggunaan komposit adalah proses pembuatan komposit yang tidak jarang membutuhkan biaya yang *relatif* besar, karena itu kebanyakan dari industri-industri hanya menggunakan material-material komposit pada bagian-bagian yang vital untuk memperkecil biaya produksi. Untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu dipikirkan untuk mencari suatu bahan ataupun material pembentukan komposit alternatif, yang tidak hanya berharga murah tetapi dapat memberikan kontribusi pada sifat-sifat material yang terbentuk dan terutama bersifat aman digunakan dan bersifat ramah terhadap lingkungan, sehingga nantinya tidak memberikan dampak terhadap kesehatan manusia pada khususnya dan lingkungan pada umumnya.



Gambar 2.1 Perbandingan komposit dengan metal yang lain

Sumber: (WahyuWijanarko, 2016)

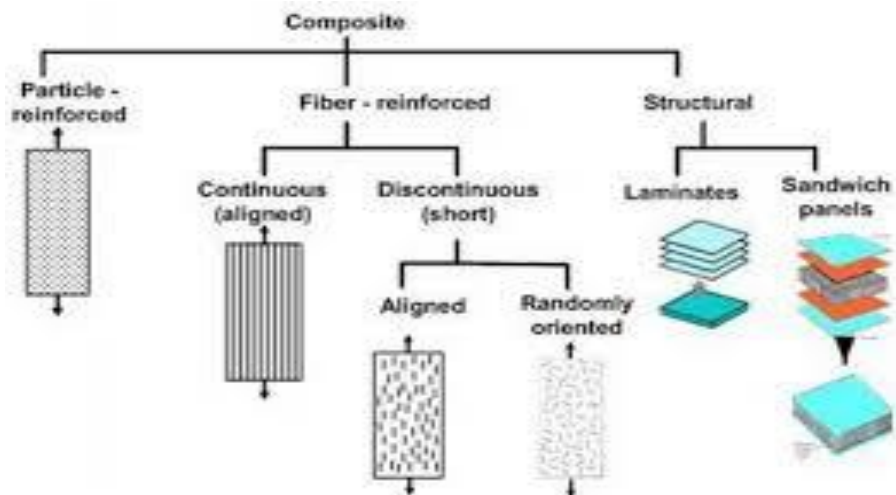
Pada gambar 2.1. menunjukkan material seperti baja dan aluminium dengan komposit. Alasan memilih aluminium dan besi karena material tersebut banyak digunakan di dunia industri, jadi hal itu menunjukkan bahwa berat komposit jauh lebih ringan daripada kedua material tersebut. Begitu pula perbandingan thermal expansion dari komposit yang rendah sehingga baik digunakan pada media kerja bertemperatur tinggi. Selain itu, kekuatan dan kekakuan komposit lebih tinggi daripada aluminium dan baja.

Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis (*modulus young/density*) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi. Dengan penggabungan material tersebut, maka akan didapatkan suatu material yang sifatnya lebih baik dari material penyusunnya, yang merupakan gabungan dari matriksnya dengan penguatnya.

2.2 Jenis Material Komposit

Komposit didefinisikan sebagai material yang terdiri dua atau lebih material penyusun yang berbeda, umumnya matriks dan penguat (*reinforcement*). Matriks dapat didefinisikan sebagai atau bagian dari komposit yang berfungsi sebagai pengikat penguat yang satu dengan yang lain serta mendistribusikan dengan baik beban yang diterima oleh komposit ke penguat. Sedangkan penguat adalah komponen yang dimasukkan kedalam matriks yang berfungsi sebagai

penerima atau penahan beban utama yang dialami oleh komposit dan memiliki sifat lebih kuat dari matriks serta sebagai tempat melekatnya matriks.

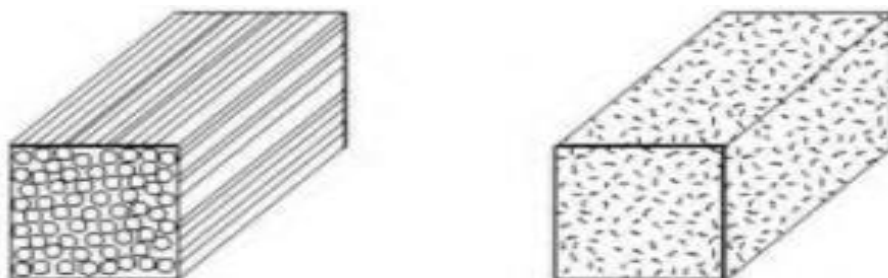


Gambar 2.2 klasifikasi komposit berdasarkan fiber
 Sumber: (Gibson, 1994)

Berdasarkan jenis penguatnya komposit dibagi menjadi :

A. Material komposit serat (*fibricus composite*)

Komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang diproduksi secara fabrikasi, misalnya serat + resin sebagai bahan perekat, sebagai contoh adalah FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) plastic diperkuat dengan serat dan banyak digunakan, yan sering disebut *fiber glass*.



Gambar 2.3 Komposit Berpenguat Serat
 Sumber: (Gibson1994)

Komposit berpenguat serat dibedakan menjadi beberapa bagian antara lain:

1. *Continuous Fiber Composites*

Komposit yang diperkuat dengan serat secara berurutan (*Continuous*) memiliki susunan serat panjang dan lurus membentuk lamina diantara matriksnya

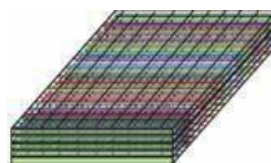


Gambar 2.4 *Continuous Fiber Composites*

Sumber: (Gibson, 1994)

2. *Woven Fiber Composites*

Komposit yang diperkuat dengan serat anyaman dan komposit ini tidak terpengaruh pemisahan antar lapisan, akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan serta kekauannya tidak sebaik tipe *Continuous Fiber*.

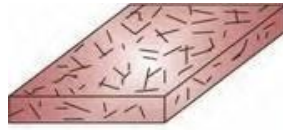


Gambar 2.5 *Woven Fiber Composite.*

Sumber: (Gibson, 1994)

3. *Chopped Fiber Composites*

Komposit yang diperkuat dengan serat yang dipotong pendek atau disusun secara acak.



Gambar 2.6 *Chopped Fiber Composites*

Sumber: (Gibson, 1994)

4. *Hybrid Composites*

Komposit yang diperkuat dengan beberapa gabungan serat yaitu, serat secara *continuous* dengan serat secara acak pertimbangannya agar dapat meminimalisir kekurangan sifat dari kedua tipe dan menggabungkannya menjadi satu .

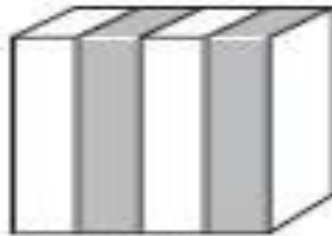


Gambar 2.7 *Hybrid Composites*

Sumber ; (Gibson, 1994)

B. Komposit lapis (*laminated composite*)

Komposit yang terdiri dari lapisan dan bahan penguat, contohnya *polywood*, *laminated glass* yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.

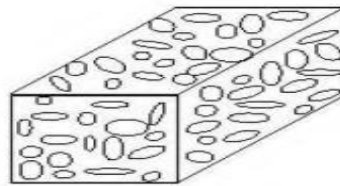


Gambar 2.8 Komposit Berpenguat Lamina

Sumber:(Gibson, 1994)

C. Komposit partikel (*particulate composite*)

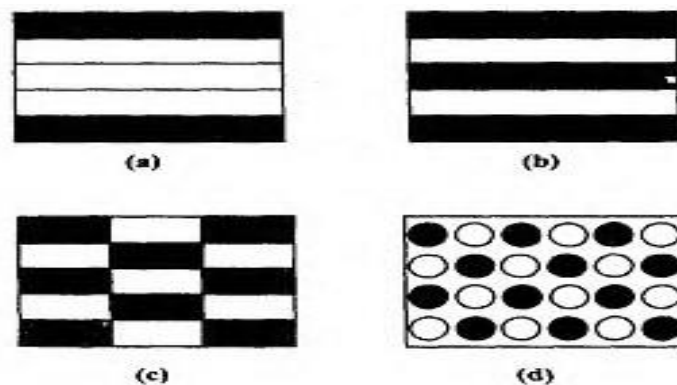
Komposit yang terdiri dari partikel dan bahan penguat seperti butiran (batu dan pasir) yang diperkuat dengan semen yang sering kita jumpai sebagai beton. Komposit partikel ditunjukkan pada gambar 2.9 sebagai berikut:



Gambar 2.9 Komposit Berpenguat Partikel
Sumber: (Gibson, 1994)

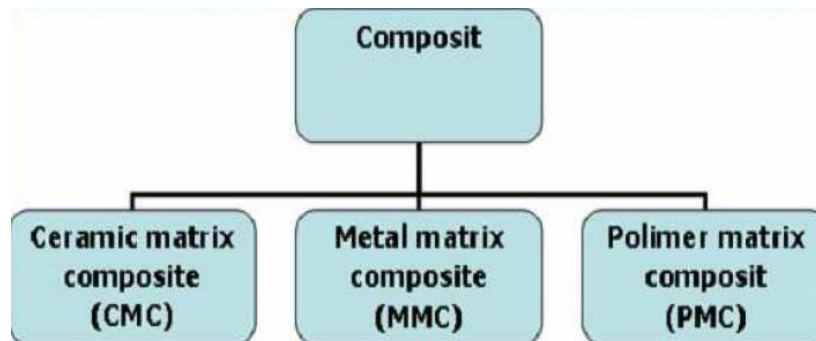
D. *Hybrid Composite*

Merupakan suatu jenis komposit yang penguatnya terdiri atas lebih dari satu jenis penguat kedalam satu matriks. Tingkat pencampuran dapat dalam skala kecil (serat) ataupun dalam skala besar (*layer*). Tujuan dari hibridisasi adalah untuk menyusun suatu material baru yang mengandung keunggulan dari penyusunnya. Gambar 2.10 merupakan bentukbentuk susunan komposit hibrida.



Gambar 2.10 Jenis Komposit Hibrida Berdasarkan Penyusunnya :
 (a) *Sandwich*, (b) *interply*, (c) *intraply*, dan (d) *intimately mixed*
Sumber : (Gibson, 1994)

Komposit Berdasarkan matriksnya komposit dibagi menjadi :



Gambar 2.11 Klasifikasi komposit berdasarkan matriksnya
Sumber: (hendriawan, 2016)

Seperti dilihat pada Gambar 2.11 matriks yang digunakan dibedakan menjadi:

A. *Polimer Matrix Composite (PMC)*

Material komposit yang terdiri dari matriks polimer sebagai bahan *dasar (kontinu)*, dan penguat (*reinforcement*) seperti serat atau partikel sebagai bahan penguat. Komposit Matriks Polimer adalah material yang terdiri atas matriks polimer (termoset atau termoplastik) yang diperkuat dengan serat seperti kaca, karbon, atau aramid, (*Mallick, P.K. (2007)*).

B. *Metal Matrix Composite (MMC)*

Metal matriks komposit adalah material komposit yang terdiri dari matriks logam dan bahan penguat (biasanya keramik atau logam lain). MMC dirancang untuk memiliki kekuatan tinggi, ketahanan aus, dan ketahanan suhu tinggi yang melebihi kemampuan logam murni. *Callister, (2007)* MMC adalah material komposit yang terdiri dari matriks logam (logam, aluminium, magnesium, atau titanium) yang diperkuat dengan serat atau partikel keramik

(SiC atau Al_2O_3). Matriks logam memberikan ketangguhan dan keuletan sedangkan penguat meningkatkan kekuatan dan ketahanan aus.

C. *Ceramic Matrix Composite (CMC)*

Keramik matriks komposit adalah jenis material komposit yang terdiri dari matriks keramik dan penguat (serat) yang juga dapat berupa keramik atau material lain yang tahan suhu tinggi. Naslain, (2004) CMC merupakan material kunci sistem propulsi canggih karena stabilitas termal, ketahanan lelah dan bobot ringan.

Komposit berbahan matriks logam umumnya sering digunakan dalam bidang kedirgantaraan dan komponen-komponen otomotif. CMC digunakan untuk keperluan perlindungan panas seperti pada pesawat luar angkasa. Komposit berbahan matriks polimer jauh lebih populer karena dapat digunakan pada berbagai aplikasi seperti peralatan rumah tangga hingga ke peralatan elektronik.

2.3 Jenis jenis resin

Di dalam pembuatan komposit tentunya dibutuhkan bahan-bahan yang akan digunakan untuk pembuatan komposit di antaranya adalah serat yang akan digunakan sebagai matriks atau pengikat dari serat tersebut, berikut ini berbagai resin yang biasa digunakan untuk pembuatan komposit:

2.3.1 Resin Fenol

Resin fenol yaitu polimer sintetik yang diperoleh dari reaksi fenol atau fenol tersubstitusi dengan *formaldehida*. Biasanya digunakan untuk dasar Bakelite Resin. Resin (PF) adalah resin sintesis komersial pertama (plastik). Resin ini telah

banyak di gunakan untuk produk cetakan seperti bola bilyard, meja labolatorium, dan sebagai alat pelapis dan perekat, seperti yang di tunjuk pada gambar 2.7 berikut ini:



Gambar 2.12 Resin Phenol

Sumber : (Hubber J. Fabris dan Wolfgang G. Knaus, 1989)

2.3.2 Resin Amino

Terdapat dua jenis resim amino yang terkenal penting yaitu, (*formaldehida melamin*) dan (*formaldehida urea*) resin yang berikut ini juga banyak di jumpai di pasaran dalam bentuk serbuk, yang kemudian di cetak kembali, sedangkan yang berbentuk cair atau larutan biasa di gunakan sebagai perekat.

Resin amino juga biasanya digunakan dalam panel kayu, pelepisa, perekat, dan industry lainnya. Resin amino ini biasanya di gunakan sebagai perekat dalam panel kayu seperti papan partikel, kayu lapis dan lain sebagainya.

2.3.3 Resin Epok-sida.

Resin epok-sida banyak digunakan di dalam keperluan seperti pengecoran dan juga digunakan sebagai protector alat alat listrik, kemudian dapat juga di gunakan sebagai campuran cat da adhesive (perekat). Resin epok-sida sangat

tahan terhadap beban kejutan dan aus. Maka dari itu banyak digunakan sebagai pembuatan cetakan tekan atau metalurgi serbuk.



Gambar 2.13 Resin Epoxy

Sumber : (Callister, W.D. dan Rethwisch, D.G., 2018)

2.3.4 Resin Polyester

Resin polyester Meski terlihat bening, namun tingkat bening yang diberikan oleh resin jenis polyester ini masih kalah dengan jenis epoxy. Selain itu resin jenis polyester juga mengeluarkan bau yang cukup menyengat. Sehingga para pekerja yang menggunakan resin jenis ini sangat disarankan memakai sebuah masker. Lalu agar lebih cepat kering ketika digunakan, ternyata resin jenis polyester membutuhkan bantuan hardener



Gambar 2.14 Resin Polyester

Sumber : (Icsa, 2023)

2.3.5 Resin Akrilik

Resin akrilik adalah resin yang memiliki sifat daya tembus cahaya yang sangat baik, dan juga resin akrilik ini sangat tahan terhadap kelembapan.



Gambar 2.15 resin akrilik

Sumber: (Callister, W.D. dan Rethwisch, D.G., 2018)

2.4 Serat Sisal (*Agave Sisalana*)

Tanaman sisal merupakan salah satu serat alam yang paling banyak digunakan dan paling mudah dibudidayakan. Sisal tumbuh liar sebagai pagar dan di sepanjang rel kereta api di India (Murherjee Dkk, 1984). Tanzania dan Brazil merupakan negara penghasil sisal terbesar (Chand *et.al*, 1988). Serat sisal merupakan serat kertas yang dihasilkan dari proses ekstraksi daun tanaman sisal (*Agave Sisalana*). Meskipun tanaman ini berasal dari Amerika Utara dan Selatan, sisal dapat tumbuh dengan baik hingga di Afrika, Hindia Barat, dan Timur Jauh. Di Indonesia produksi tanaman sisal mencapai hampir 4,5 juta ton tiap tahunnya. Tanaman sisal dapat menghasilkan 200-250 daun, dimana masing-masing daun terdiri dari 1000-1200 bundel serat yang mengandung 4% serat, 0,75% kutikula,

8% material kering, dan 87,25% air. Normalnya selebar daun sisal mempunyai berat sekitar 600gram yang dapat menghasilkan 3% berat serat atau 1000 helai serat.

Sisal (*Agave Sisalana*) merupakan tanaman penghasil serat alam yang sangat potensial dengan keunggulan serat kuat, tahan terhadap kadar garam tinggi, dapat diperbaharui serta ramah lingkungan. Daun *agave* dapat diproses untuk diambil seratnya setelah tanaman berumur 2 tahun. Serat yang dihasilkan dari daun *Agave Sisalana* dikenal juga dengan sebutan serat sisal. Serat sisal pada awalnya hanya dimanfaatkan sebagai bahan baku tali-temali seperti tali pengikat daun tembakau di Madura dan karung goni untuk kemasan produk-produk pertanian.



Gambar 2.16 serat sisal
Sumber: (Dokumentasi, 2025)

2.4.1 Manfaat Tanaman Sisal

Tanaman sisal pasti masih terdengar asing khususnya bagi masyarakat Indonesia sesuai namanya sisal adalah serat alami yang diperoleh dari daun tanaman sisal (*Agave Sisalana*) atau biasa disebut dengan daun *henequen*. Seratnya panjang dan cukup keras, diperoleh dengan cara memukul daun agar menyisakan serat yang kuat. Serat ini memiliki tekstur yang kasar dengan warna putih krem yang mengkilap. Ini merupakan tanaman asli dari negara Amerika namun dapat tumbuh di daerah yang memiliki iklim tropis. Serat sisal dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan produk tekstil ataupun produk rumah tangga. Berikut ini contoh pemanfaatan daun henequen atau serat sisal:

a. Pembuatan Komposit polimer

Serat sisal merupakan salah satu jenis serat alam yang banyak digunakan sebagai penguat dalam pembuatan komposit polimer. Serat sisal menawarkan keunggulan seperti biaya rendah, kepadatan rendah, kekuatan spesifik tinggi, dan modulus yang tinggi, menjadikannya bahan penguat yang menjanjikan untuk komposit polimer,

b. Geotekstil

Serat sisal bisa digunakan dalam pembuatan geotekstil karena memiliki sifat-sifat yang menguntungkan seperti kekuatan, ketahanan, dan mudah diakses. Serat sisal dapat dijadikan komposit dengan bahan lain seperti polimer, sehingga menghasilkan bahan yang lebih kuat dan tahan lama untuk aplikasi geotekstil. Serat sisal dapat digunakan dalam geotekstil untuk menguatkan tanah dan mencegah erosi.

c. Pembuatan interior pesawat terbang

Serat sisal (sisal fiber) memiliki potensi untuk digunakan sebagai material ramah lingkungan dalam pembuatan pesawat terbang, terutama untuk interiornya. Serat sisal ringan, tahan korosi, dan fleksibel, sehingga cocok untuk struktur dan interior pesawat.

d. Pembuatan kap mobil

Serat sisal, dengan kekuatan dan ketahanan yang baik, dapat digunakan dalam pembuatan kap mobil sebagai bagian dari komposit. Serat sisal dapat digunakan sebagai penguat dalam matriks polimer untuk menghasilkan panel mobil yang ringan, kuat, dan ramah lingkungan. Komposit serat sisal dapat digunakan untuk membuat panel mobil, termasuk bagian kap.

2.5 Uji Bending

Uji bending adalah suatu proses pengujian material dengan cara di tekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung suatu material yang di uji. Proses pengujian bending memiliki 2 macam pengujian, yaitu tiga point bending dan empat point bending.

Dalam dunia rekayasa material, pengujian mekanik sangat penting untuk mengetahui sejauh mana suatu bahan mampu menahan beban sebelum mengalami kegagalan. Salah satu jenis pengujian mekanik yang umum digunakan adalah uji bending (uji lentur). Uji ini memiliki peran penting dalam mengevaluasi kemampuan material untuk menahan pembengkokan, terutama pada aplikasi yang melibatkan beban transversal, seperti balok struktural, papan komposit, dan komponen otomotif.

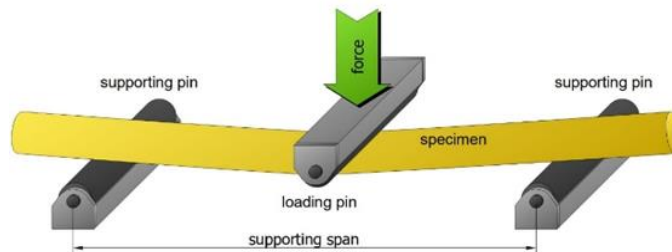
Berbeda dengan pengujian tarik atau tekan yang mengukur kekuatan linier material, uji bending menggabungkan sifat tarik dan tekan secara bersamaan. Dalam pengujian ini, bagian atas spesimen mengalami tegangan tekan, sementara bagian bawahnya mengalami tegangan tarik. Hal ini mencerminkan kondisi nyata yang sering terjadi pada berbagai struktur teknik, seperti jembatan, rangka kendaraan, sayap pesawat, serta pelat-pelat penopang beban.

Standar yang biasa digunakan dalam uji bending antara lain ASTM D790 untuk plastik dan komposit, serta ISO 178. Pengujian dapat dilakukan dengan metode tiga titik (three-point bending) maupun empat titik (four-point bending), di mana masing-masing memiliki karakteristik dan aplikasi tersendiri. Melalui uji ini, sifat-sifat penting seperti kekuatan lentur (flexural strength) dan modulus elastisitas lentur (flexural modulus) dapat dihitung dan dianalisis.

Uji bending juga sangat relevan dalam penelitian material komposit, termasuk komposit berbasis serat alam. Misalnya, dalam pengembangan material komposit serat sisal atau serat kaca, uji lentur digunakan untuk mengetahui seberapa baik interaksi antara serat dan matriks dalam menahan beban lentur. Hasil uji ini menjadi dasar dalam menentukan kelayakan suatu material untuk digunakan dalam komponen struktural yang mengalami beban lengkung.

Dengan demikian, pemahaman mendalam mengenai uji bending sangat penting untuk pengembangan dan aplikasi material teknik yang andal dan efisien. Uji ini tidak hanya memberikan gambaran tentang kekuatan material, tetapi juga

menjadi indikator penting terhadap perilaku deformasi dan ketangguhan struktural suatu bahan dalam aplikasi nyata.



Gambar 2.17 uji bending
Sumber : (Teknologi-sains, 2018)

Persamaanya sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bd} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

σ = Kekuatan bending(kgf/m²)

d = Tebal balok (mm)

b = lebar balok (mm)

P = Beban maksimum (kgf)

L = panjang spesimen (mm)

Modulus elastis bending dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{L^3.m}{4 b d^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

E = Modulus elastis bending (Gpa)

L = Panjang spesimen (mm)

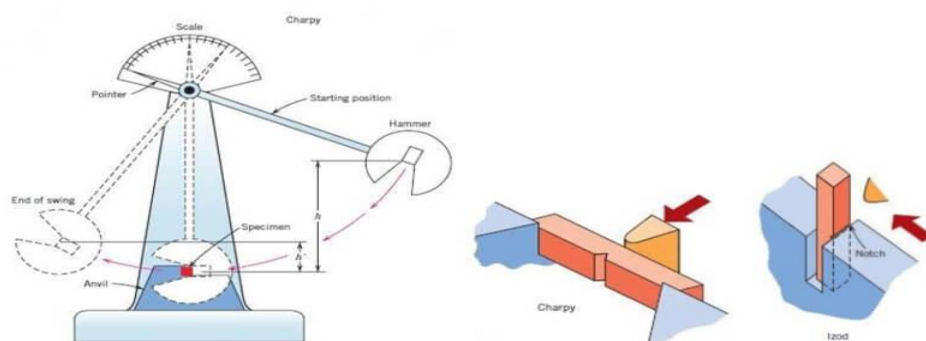
m = beban atau gaya maksimum (kgf)

d = Tebal balok (mm)

b = lebar balok (mm)

2.6 Uji Ketangguhan (Impak)

Uji impak adalah pengujian dengan menggunakan pembeban yang cepat. Pengujian impak ini merupakan pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Pengujian impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan dimana kondisi operasi materil, yang di temui dalam perlengkapan transportasi atau kontstruksi, dimana beban tidak secara perlahan lahan melakukan secara tiba tiba.



Gambar 2.18 Skematik Pengujian Impak
Sumber: (callister, 2003)

Pada *uji impact* terjadi proses penyerapan energy yang sangat besar ketika beban penghantam specimen proses penyerapan energy ini akan di ubah dalam berbagai respon pada material seperti deformasi plastic, efek insyerisi, gesekan dan efek inersi.

Nilai harga impact pada suatu spesimen adalah energi yang diserap tiap satuan luas penampang lintang spesimen uji. Persamaanya sebagai berikut:

$$HI = \frac{E}{A} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

HI= Harga Impak (J/mm²)

E= Energi Serap (J)

A= Luas Penampang (N)

2.7 Jurnal rujukan

Menurut penelitian yang dilakukan Sementara penelitian yang dilakukan (*Muhammad Budi Nur Rahman dan Harini Sosianti, 2020*), Serat sisal diberi perlakuan sebelum dicetak menjadi komposit dengan dicuci aquades, deterjen, dan direbus sampai mendidih dilanjutkan perlakuan alkali (6% NaOH) selama 12 jam. Variasi waktu alkalisasi adalah 4, 12, 24, dan 40 jam dengan pencucian aquades. Komposit dicetak menggunakan metode cold press dengan fraksi volume serat 20% dan tekanan 125 kg/cm² ditahan selama 1 jam. Pengujian tarik dengan ASTM D3379-75, uji bending dengan ASTM D790-03 dan analisa morfologi serat menggunakan mikroskop optik dilakukan dalam penelitian ini. Pencucian serat sisal dengan aquades menghasilkan kekuatan tarik serat tunggal sebesar 4,87 MPa sedangkan pencucian serat menggunakan deterjen sebesar 4,38 MPa dan serat yang direbus sebesar 4,00 MPa. Komposit dengan serat dicuci aquades memiliki kekuatan dan modulus bending tertinggi sebesar 136,602 MPa, dan 341,810 MPa sedangkan nilai regangannya terendah sebesar 0,11. Semakin lama perlakuan alkali akan menurunkan nilai kekuatan dan modulus elastisitas sedangkan regangannya naik. Perlakuan 4 jam alkali, memiliki kekuatan sebesar 132,534 MPa, modulus bending 356,941 MPa, dan regangan 0,117. Struktur serat yang dicuci aquades tetap utuh sedangkan yang dicuci deterjen dan direbus terjadi kerusakan. Semakin lama perlakuan alkali menyebabkan lignin terkikis sehingga ikatan serat menjadi lemah.

Sementara penelitian yang dilakukan (*I Made Mandala Putra Utama Dkk, 2021*) menggunakan serat sisal yang diekstraksi dengan metode dekortikasi dan

menggunakan matriks polyester jenis Yukalac 157 BQTN dengan penambahan katalis 1%, Selanjutnya diberikan perlakuan NaOH dengan variasi 2,5%, 5%, dan 7,5% selama 2 jam. Dari hasil kekuatan tarik serat tunggal diperoleh nilai tertinggi pada perlakuan NaOH 5% selama 2 jam sebesar 639,80 MPa. Selanjutnya digunakan mencetakan komposit dengan teknik hand lay-up dengan variasi fraksi berat serat 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% orientasi serat acak dengan panjang serat 3 cm. Komposit dipotong sesuai dengan standar ASTM D638 untuk uji tarik dan ASTM D790-02 untuk uji lentur. Kekuatan tarik komposit polyester berpenguat serat sisal yang diekstraksi dengan metode dekortikasi tertinggi ada pada fraksi berat serat 10% dengan nilai sebesar 34,73 MPa dan terendah 11,81 MPa pada fraksi berat serat 0%. Sedangkam untuk kekuatan lentur komposit tertinggi 91,30 MPa terjadi pada fraksi berat serat 0% dan menurun 64,25 MPa. Pada fraksi berat serat 2,5% meningkat dan puncaknya pada fraksi berat serat 10% dengan nilai sebesar 87,58 Mpa.