

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Savetlana (2012) melakukan penelitian kekuatan bending dan tarik komposit serat TKKS-Polyester dengan variasi fraksi volume serat tandan kosong kelapa sawit yaitu 5%, 10%, dan 15% dengan susunan acak kemudian dilakukan proses *post-curing* selama 4 jam dalam suhu 62°C dan menghasilkan komposit dengan volume fraksi serat 5% mempunyai kekuatan bending sebesar 44,48 MPa, komposit dengan volume fraksi serat 10% yaitu 56,01 MPa, dan komposit dengan volume fraksi serat 15% memiliki kekuatan bending tertinggi yaitu 63,63 MPa.

Kekuatan tarik dan impak komposit dengan penguat serat TKKS dan matriks polimer epoxy dengan variasi volume serat 10%, 20%, 30%, dan 40%. Pada pengujian impak yang dilakukan di dapatkan hasil paling tinggi pada variasi fraksi volume serat TKKS 20% yaitu sebesar 24,5 KJ/m² (Husein dkk, 2015).

Haryanto (2009) melakukan penelitian uji mekanis tarik dan impak pada spesimen dengan variasi fraksi volume serat dengan persentase 10%, 15%, dan 20%. Komposit diperkuat dengan serat kenaf dan serat rayon dengan matriks poliester. Hasil dari pengujian impak didapatkan nilai tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi volume serat 20%. Pada komposit berpenguat serat kenaf menghasilkan kekuatan impak sebesar 0,014 J/mm², dan pada serat rayon kekuatan impak sebesar 0,031 J/mm².

Pada sebuah penelitian karakterisasi komposit serat kenaf terhadap sifat tarik, terlebih dahulu serat diberi perlakuan alkalisasi 6% NaOH dengan variasi waktu yang berbeda yaitu 0, 4, 10, 24, dan 36 jam. Hasil tertinggi ada pada perlakuan alkalisasi serat selama 36 jam. Peningkatan sifat tarik dipengaruhi oleh komponen lignin non-selulosa yang hilang secara bertahap karena meningkatnya waktu perlakuan alkali yang juga berpengaruh terhadap ikatan antara permukaan serat dengan matriks (Sosiati H, dkk 2019).

Jaafar dkk, (2018) yang meneliti karakterisasi komposit hibrid kenaf/epoksi menggunakan metode hand lay-up menunjukkan ketangguhan impact dan kekuatan bending tertinggi dengan metode alkalisasi. Hasil uji *scanning electron microscope* (SEM) menunjukkan bahwa alkalisasi dengan 6% NaOH mampu memurnikan permukaan serat dan meningkatkan interaksi antar permukaan antara serat dengan matriks.

Pada penelitian komposit serat TKKS/Epoxy dengan fraksi dengan perlakuan aquades untuk menghilangkan kontaminan (kotoran) dan pengeringan serat menggunakan oven 60°C selama 5 jam dengan melakukan fabrikasi vacuum bagging. Pengaruh dari variasi fraksi berat serat (Mf) TKKS 0-30% menghasilkan kekuatan bending maksimum pada variasi 27,3% sebesar 63,5 MPa dengan modulus lentur 3,2 GPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan penambahan serat TKKS dapat meningkatkan uji mekanis dibandingkan dengan komposit epoksi murni (Kim dkk, 2016).

Penelitian yang menganalisis kekuatan impact pada komposit serat daun nanas untuk bahan dasar pembuatan helm SNI menggunakan serat daun nanas dengan variasi volume serat. Sebelum fabrikasi, serat daun nanas terlebih dahulu dilakukan proses alkalisasi NaOH dengan kadar 5%. Hasil rata-rata yang didapatkan lebih tinggi di atas helm SNI. Volume serat 10% mendapatkan hasil uji impact tertinggi. Hasil energi serap dan kekuatan impact sebesar 0,5375 Joule dan 16,57 KJ/m², terpaut jauh di atas helm SNI yang sebesar 0,3125 Joule dan 9,72 KJ/m². (Bagus dan Heri, 2018)

Huda (2018) meneliti kekuatan mekanis komposit TKKS-epoksi dengan fraksi volume 40:60 dan variasi panjang serat yaitu 5mm, 10mm, dan 15mm. Serat TKKS terlebih dahulu diberi perlakuan perebusan yang bertujuan untuk membersihkan kotoran yang menempel pada permukaan serat. Pada penelitian tersebut didapatkan hasil kekuatan tarik dan impact tertinggi pada variasi serat 15mm yaitu 32,22MPa dan 32,10KJ/m². Semakin bertambah panjang serat yang digunakan maka akan semakin meningkatkan kekuatan mekanis pada komposit.

Obele dan Ishidi (2015), meneliti tentang kekuatan tarik, dampak, dan bending komposit sabut kelapa dengan perlakuan alkali 0,5% dan menggunakan matriks epoksi dengan variasi serat 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Fabrikasi dengan menggunakan metode *hand lay up* dengan beban tekanan cetakan sebesar 50kg. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan nilai kekuatan bending tertinggi 46,63MPa pada variasi serat 10%, sedangkan hasil kekuatan dampak tertinggi 26,43KJ/m² pada variasi serat 30%.

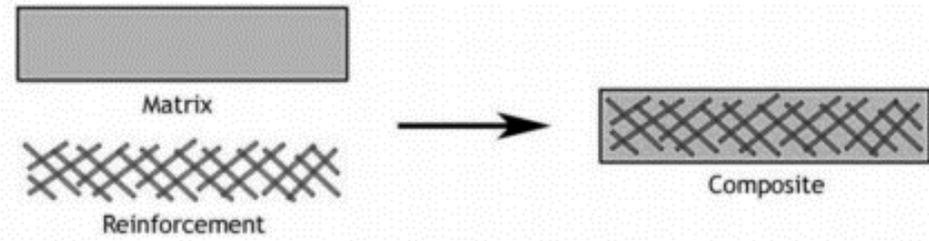
Berdasarkan beberapa penelitian di atas belum adanya penelitian yang membandingkan perlakuan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan variasi perebusan, pencucian menggunakan deterjen, dan alkalisasi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan nilai optimal uji mekanis dari perbedaan perlakuan serat TKKS. Penelitian ini akan menggunakan fraksi volume 20:80 dan panjang serat sebesar 15 mm menggunakan metode *cold press*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Komposit

Material komposit adalah kombinasi antara dua material atau lebih yang memiliki perbedaan sifat material, komposisi kimia, bentuk berbeda dan tidak saling melarutkan dimana material ada yang berperan sebagai penguat dan yang lainnya sebagai pengikat serta dapat dilihat perbedaannya secara makroskopis. Komposit disusun dari dua komponen yaitu penguat (*reinforcement*) bahan pengisi (*filler*) dan matriks/resin atau. Bahan pengisi ini akan berfungsi sebagai penguat berupa partikel atau serat yang menerima distribusi tegangan dari komposit.

Matriks dan *filler* memiliki fungsi yang berbeda, *filler* berfungsi sebagai penguat atau material rangka yang menyusun komposit, sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan serat dan meneruskan beban ketika material komposit memperoleh beban (Onny, 2017). Penyusunan matriks dan filler seperti pada Gambar 2.1



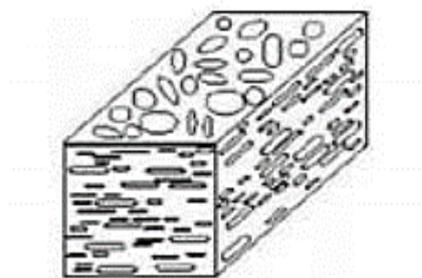
Gambar 2.1 Susunan komposit (Onny, 2017)

2.2.2 Klasifikasi Komposit

Berdasarkan bentuk struktur dari penyusunnya. Menurut Schwartz (1984), Material komposit diklasifikan berdasarkan bentuk struktur dan penyusunnya, yaitu :

1) Komposit Serpih

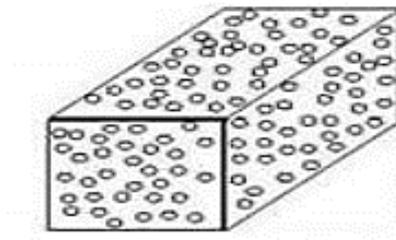
Komposit serpih adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih ke dalam matriks. Serihan dapat berupa glass, mika, dan metal. Contoh komposit serpih pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Komposit Serpih (Schwartz. 1984)

2) Komposit Partikel

Komposit dengan penambahan partikel/serbuk. Pada komposit partikel penambahan terdistribusi secara acak pada komposit serpih, sebagai contoh adalah beton. Contoh komposit partikel terdapat pada Gambar 2.3.



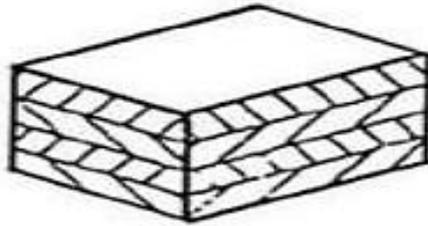
Gambar 2.3 Komposit Partikel (Schwartz, 1984)

3) Komposit Serat (Fiber Composite)

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari satu lapisan dan berpenguat serat. Serat dibagi menjadi 2 yaitu serat alam dan sintetis, disusun berdasarkan orientasi tertentu sesuai dengan kekuatan yang diinginkan (Schwartz, 1984)

4) Komposit Lamina

Komposit lamina adalah komposit dengan susunan lapisan dua atau lebih, dimana setiap lapisan dapat berbeda-beda tergantung jenis materialnya, Contoh komposit lamina terdapat pada gambar 2.4.

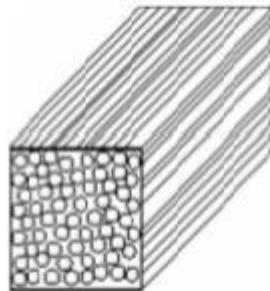


Gambar 2.4 Komposit Lamina (Schwartz, 1984)

Ada beberapa tipe serat komposit, antara lain yaitu :

a. *Continous Fiber Composites*

Komposit tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Komposit jenis ini paling banyak digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan kekuatan antar lapisan. Contoh continuous fibre composites dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini.

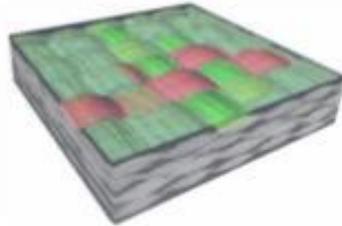


Gambar 2.5 *Continous Fiber Composites* (Gibson, 1994)

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

Komposit jenis ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan seratnya memanjang,

tidak begitu lurus sehingga mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah. Contoh woven fiber composites ditunjukkan pada Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 *Woven Fiber Composites* (Gibson, 1994)

c. Hybrid fiber composites

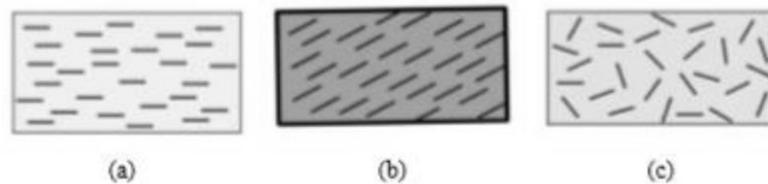
Komposit gabungan antara tipe serat lurus dan tipe serat acak merupakan Hybrid fiber composites. Hybrid fiber composites dapat digunakan untuk menutupi kekurangan sifat dari kedua tipe komposit tersebut dan dapat menggabungkan kelebihanannya agar dapat dimanfaatkan secara optimal. Contoh hybrid fiber composites seperti pada Gambar 2.7 di bawah ini



Gambar 2.7. *Hybrid fiber composites* (Gibson, 1994)

d. *Discontinuous Fiber Composites*

Discontinuous Fibre Composites adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe komposit ini dibedakan menjadi tiga macam seperti terlihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Tipe komposit serat pendek (Gibson, 1994) (a) *Aligned discontinuous fiber* (b) *Off-axis aligned discontinuous fiber* (c) *Random oriented discontinuous fiber*

2.2.3 Serat

Secara umum serat terdiri dari dua jenis, yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam adalah serat yang langsung diperoleh dari alam seperti dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak dimanfaatkan diantaranya adalah kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas, dan kenaf. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat disesuaikan dengan panjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, kevlar, nylon. (Schwartz, 1984)

2.2.4 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Penguat

Industri pengolahan kelapa sawit menghasilkan minyak kelapa sawit yang juga menyisakan limbah cair, gas dan padat. Salah satu limbah padat yang dihasilkan dari industri pengolahan kelapa sawit adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). setiap pengolahan 1 ton TBS (Tandan Buah Segar) akan

dihasilkan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) sebanyak 23% TKKS atau sebanyak 230 kg TKKS (Mandiri, 2012). Pabrik kelapa sawit (PKS) umumnya mengembalikan TKKS tersebut ke lahan perkebunan untuk dijadikan pupuk.

Potensi limbah kelapa sawit telah menjadi penelitian di berbagai negara di luar negeri tentang perannya sebagai salah satu bahan penguat komposit. Ada beberapa bagian dari kelapa sawit yang dapat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan penyusun komposit diantaranya serat buah kelapa sawit, daun kelapa dan serat tandan kosong kelapa sawit. Serat tandan kosong kelapa sawit dapat digunakan sebagai penguat komposit dan menunjukkan bahwa panjang serat tandan kelapa sawit berpengaruh terhadap sifat mekanis komposit. Dari penelitian ini diketahui bahwa semakin panjang serat tandan kelapa sawit, semakin baik sifat mekaniknya (Sunardi, 2016).

Perlakuan awal berupa perendaman serat dalam alkaline atau silane dapat menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada serat. Perlakuan ini dapat meningkatkan ikatan antar muka serat dan matriknya. Hal ini disebabkan oleh peningkatan kekasaran permukaan serat tandan kosong kelapa sawit (Sunardi, 2016).

2.2.5 Matriks

Matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Syarat pokok matrik yang digunakan dalam komposit adalah matrik harus bisa meneruskan beban, sehingga serat dapat melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik. Umumnya matrik dipilih karena mempunyai ketahanan panas yang tinggi. Bahan komposit matrik mempunyai kegunaan yaitu sebagai berikut :

- a) Pada matrik memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
- b) Pada saat pembebanan, merubah bentuk dan mendistribusikan tegangan tersebut ke unsur utamanya yaitu serat.

c) Memberikan sifat tertentu, misalnya ductility, toughness dan electrical insulation.

2.2.6 Resin Epoxy

Resin epoksi termasuk ke dalam golongan thermosetting, sehingga dalam pencetakan perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Memiliki penyusutan yang kecil pada pengawetan.
2. Dapat diukur dalam temperatur kamar dalam waktu yang optimal.
3. Mempunyai viskositas yang rendah disesuaikan dengan material penyangga.
4. Mempunyai kelengketan yang baik dengan material penyangga.

Resin epoksi mengandung struktur epoksi atau oxirene. Resin ini berbentuk cairan kental atau hampir padat, digunakan untuk material ketika hendak dikeraskan. Resin epoksi jika direaksikan dengan hardener yang akan membentuk polimer crosslink. Waktu Curing epoksi bergantung pada kereaktifan atom hidrogen dalam senyawa amina. Reaksi curing pada sistem resin ini nantinya akan melepaskan sejumlah kalor ketika proses curing berlangsung. Laju kecepatan proses curing bergantung pada temperatur ruang.

Menurut Kuntari (2009) menjelaskan bahwa epoksi terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda yaitu resin dan hardener, dimana bila dicampurkan keduanya dengan perbandingan yang tepat akan menghasilkan massa yang padat dan dapat melekat dengan baik pada logam, kayu, kulit maupun beton. Resin ini terdiri dari polimer atau monomer rantai pendek dengan kelompok epoxyda pada kedua ujungnya.

Menurut Towaha (2011), Epoxy resin merupakan kopolimer yang terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda, yaitu resin dan hardener. Sifat mekanis epoxy cenderung keras dan getas. Akan tetapi dalam penggunaannya,

epoksi sering dicampur dengan bahan lain untuk mendapatkan sifat mekanis yang diinginkan. Sifat mekanis epoksi dapat

Epoksi merupakan salah satu polimer termoset dengan sifat adhesi yang baik, sifat mekanik tinggi, kadar air rendah, serta kemudahan dalam pembentukannya (Faruk dkk, 2012). Aplikasi untuk epoxy resin sangat luas dan mencakup pelapis, perekat dan material komposit seperti yang menggunakan serat karbon maupun *fiberglass*. Epoxy resin memiliki perlindungan korosi yang tinggi, dengan stabilitas termal dan kekuatan mekanik yang baik, serta isolator listrik yang baik sehingga terutama dipergunakan sebagai pelapis untuk sejumlah industri, seperti pada kaleng makanan dan minuman kaleng.

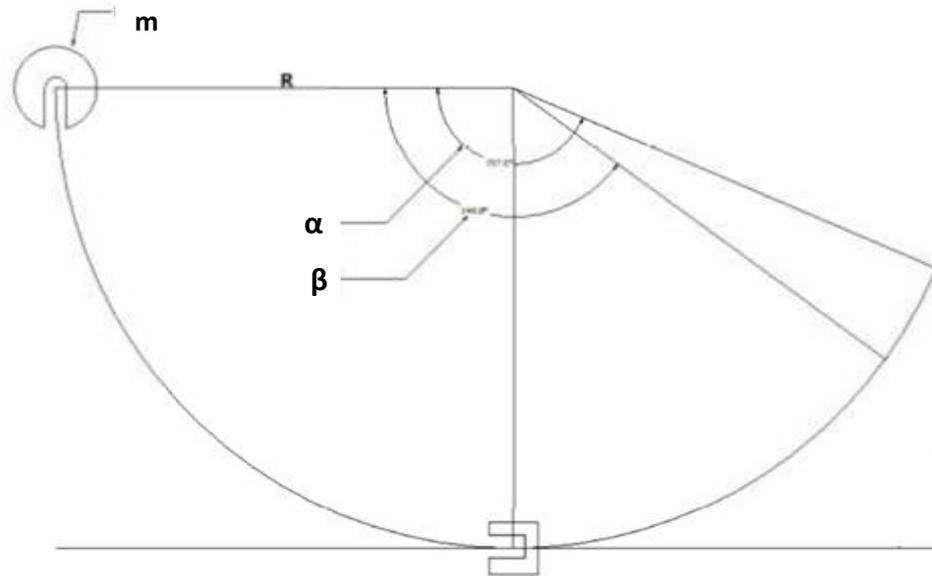
2.3. Pengujian Sifat Mekanik Material Komposit

2.3.1. Pengujian Impak

Pengujian impak merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut dengan menumbukkan benda kerja menggunakan sebuah pendulum yang diayunkan dari suatu ketinggian tertentu sehingga benda terjadi patahan. Pengujian ini merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasional material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban uji mengalami deformasi. Tujuan dilakukannya pengujian impak ini sebagai pemeriksaan kualitas benda secara cepat dan mudah dalam menentukan sifat impak secara spesifik ataupun secara umum suatu material (Husaini, 2014)

Dalam pengujian impak terdapat dua teknik pengujian standar yaitu Charpy dan Izod. Pada pengujian charpy yaitu meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi mendatar dengan arah pembebanan yang berlawanan terhadap arah takikkan sedangkan pada pengujian izod yaitu meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah terhadap arah takikkan. Pengujian ini nantinya untuk mencari energi serap dan ketangguhan impak material komposit.

Banyaknya energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran ketahanan impact atau ketangguhan bahan tersebut. Skematik pengujian impact ada pada Gambar 2.9



Gambar 2.9. Skematik pengujian impact

Bila bahan tersebut tangguh yaitu makin mampu menyerap energi lebih besar maka makin rendah posisi . Suatu material dikatakan tangguh bila memiliki kemampuan menyerap suatu beban kejut yang besar tanpa terjadinya retak atau deformasi dengan mudah. (Callister, 2007)

Rumusan yang digunakan untuk menghitung besar energy yang terserap oleh specimen komposit pada pengujian impact charpy adalah.

$$\text{Energi serap} = m \cdot g \cdot R [\cos\beta - \cos\alpha] \dots \dots \dots (2.1)$$

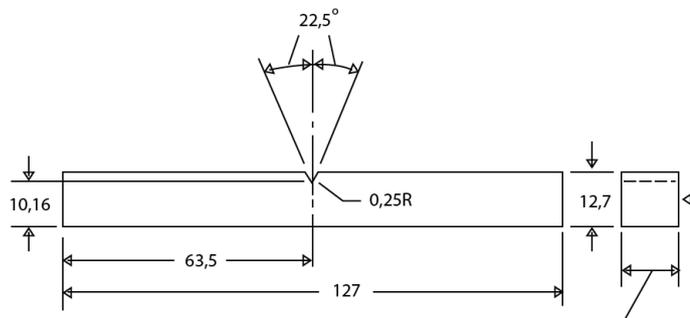
- Dengan :
- m = Massa pendulum (kg)
 - g = Percepatan Gravitasi (m/s²)
 - R = Panjang lengan pendulum (m)
 - β = Sudut ayun pendulum setelah menabrak spesmen (°)
 - α = Sudut ayun bebas pendulum (°)

Dari hasil perhitungan energy terserap diatas, kekuatan impact dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Harga impact (HI)} = \frac{\text{Energi Serap}}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

- Dengan :
- HI = Ketangguhan impact (kJ/mm²)
 - Energi Serap = Energi serap specimen (kilo Joule)
 - A = Luas penampang specimen (mm²)

Setelah mengetahui mekanisme serta rumus pengujian impact, perlu adanya penambahan *v-notch* (takikan berbentuk v) pada specimen..*Notch* menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada takikan sehingga material mudah patah dan terjadi *triaxial stress*. *Triaxial stress* menyebabkan tidak terjadinya deformasi plastis dan specimen cenderung getas, sehingga tidak ada kegagalan pada specimen. Berikut ini ketentuan ukuran specimen dan *v-notch* menurut ASTM D6110-04 seperti Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Ukuran Spesimen Uji Impact ASTM D6110-04

2.3.2. Pengujian Bending

Pengujian bending merupakan pengujian sifat mekanik specimen, digunakan pada konstruksi atau komponen yang menerima beban lentur maupun fabrikasi pelengkungan. Pelengkungan (bending) merupakan pembebanan satu titik ditengah-tengah dari bahan yang ditahan pada tumpuan.

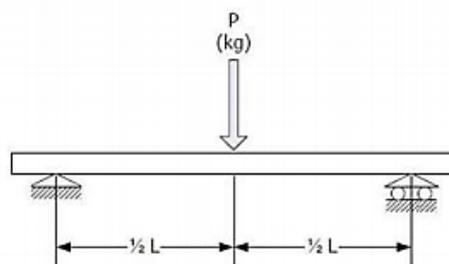
Pengujian lengkung beban bertujuan untuk mengetahui berbagai aspek yaitu:

1. Kekuatan dan tegangan bending (σ)
2. Defleksi sudut yang terbentuk oleh lenturan (δ)
3. Elastisitas (E)

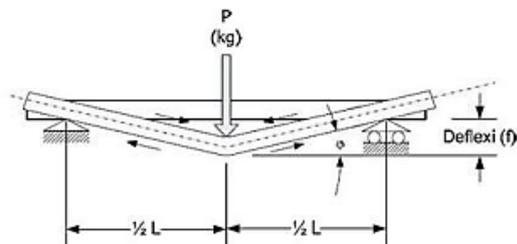
Pengujian bending dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu *Three Point Bending* atau *Four Point Bending* menurut kondisi dari specimen uji. Untuk benda uji dengan kerataan kurang sempurna dilakukan metode *Three Point Bending*.

Metode *Three Point Bending* yaitu metode dengan pembebanan satu titik pada specimen tepat pada bagian tengah ($\frac{1}{2} L$). Pada metode ini material harus tepat berada di titik tengah, agar mendapatkan momen maksimum kekuatan dan tegangan bending (σ).

Berikut ini ilustrasi pengujian kekuatan bending menggunakan metode *Three Point Bending* seperti pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Pembebanan lengkung *Three Point Bending*.



Gambar 2.12 Pengaruh pembebanan lengkung menyebabkan defleksi

Penambahan beban secara terus menerus akan menyebabkan deformasi elastis menuju plastis akhirnya mengalami kerusakan. Gambar 2.12 menunjukkan adanya defleksi yaitu sudut yang terbentuk oleh lenturan. Setelah dilakukan uji bending, untuk mendapatkan kekuatan bending dilakuakn perhitungan sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{3PL}{(2bd^2)} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\sigma_b = \frac{3PL}{(2bd^2)} \left[1 + 6 \left(\frac{D}{L} \right)^2 - 4 \left(\frac{d}{L} \right) \left(\frac{D}{L} \right) \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan: σ_b = tegangan bending (MPa)

P = gaya pembebanan (N)

L = jarak antar tumpuan/span (mm)

b = lebar specimen (mm)

d = tebal specimen (mm)

D = defleksi maksimum (mm)

Persamaan 2.3 digunakan apabila perbandingan $L/d \leq 16$ dimana L adalah *support span* dan d adalah tebal specimen. Persamaan 2.4 digunakan jika nilai perbandingan $L/d > 16$. Untuk mendapatkan nilai regangan bending digunakan persamaan berikut :

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

Dengan: ϵ_b = regangan (mm/mm)

D = defleksi maksimum (mm)

L = panjang span (mm)

d = tebal (mm)

Untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas menggunakan persamaan berikut

$$E_B = \frac{L^3 m}{4bd^3} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan: E_B = modulus elastisitas bending (MPa)

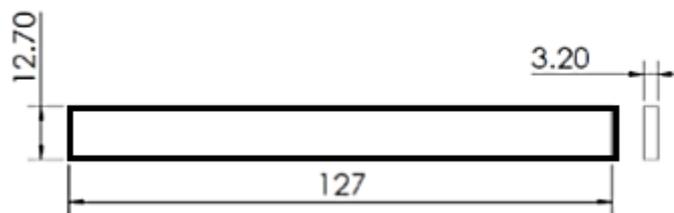
L = Panjang span (mm)

b = lebar specimen (mm)

d = tebal specimen (mm)

m = slope tangent pada kurva beban defleksi (N/mm)

Berikut ini adalah ukuran specimen uji bending dengan ASTM D790-02 yang akan digunakan pada penelitian ini seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Ukuran spesimen uji bending ASTM D790-03

2.3.3. Mikroskop Optik Digital

Mikroskop digital umumnya merupakan mikroskop optik biasa yang dilengkapi dengan kamera digital. Mikroskop digital merupakan variasi dari mikroskop optik yang menggunakan optik dan charge coupled device (CCD) kamera ke output berbentuk gambar digital yang dapat terhubung dengan perangkat monitor. Pengamatan sampel secara langsung melalui sebuah lensa mata adalah suatu ketentuan dari mikroskop optik dikarenakan gambar dapat diproyeksikan langsung pada kamera CCD.



Gambar 2.14. Mikroskop Digital USB

Bagian-bagian mikroskop digital USB yang terlihat pada Gambar 2.14 adalah sebagai berikut:

- a. LED Switch, untuk mengatur pencahayaan terang dan redup.
- b. LED light, lampu mikroskop.
- c. Zoom Button, untuk mengatur perbesaran penglihatan atau gambar pada mikroskop.
- d. Snap Button, untuk mengambil gambar.
- e. Focus Wheel, untuk mengatur focus gambar.