

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan penggunaan material komposit banyak digunakan sebagai salah satu material yang banyak diteliti dan dikembangkan. Material komposit secara umum lebih ringan dari logam dan ketahanan korosinya menjadi alasan mengapa material komposit banyak digunakan di dunia industri. Alasan lain mengapa material komposit menjadi pilihan di dunia industri adalah karena proses pembuatan material komposit relatif lebih sederhana dibandingkan material logam [1].

Material komposit dengan matriks polimer saat ini sedang mengalami perkembangan baik dari segi penggunaan maupun dalam hal perkembangan teknologi. Perkembangan yang terjadi saat ini terjadi dalam berbagai aplikasi, material yang diinginkan memiliki kekuatan yang baik, ringan, dan mudah diproses. Peningkatan sifat mekanik dari material dapat dilakukan dengan cara pencampuran beberapa polimer. Beberapa tahun belakangan ini mulai banyak dilakukan penelitian mengenai material komposit dengan tambahan serat alam (*natural fiber reinforced polymer composite*) [2].

Serat tandan kelapa sawit adalah salah satu produk sampingan berupa padatan dari industri pengolahan kelapa sawit. Secara fisik tandan kosong kelapa sawit terdiri dari berbagai macam serat dengan komposisi antara lain selulosa sekitar 45,95%; hemiselulosa sekitar 16,49% dan lignin sekitar 22,84% [20]. Serat kelapa sawit memiliki sifat yang keras dan kuat. Pori-pori pada permukaan serat kelapa sawit memiliki rata-rata diameter sebesar 0,07 m. Morfologi permukaan pori ini sangat berguna untuk meningkatkan ikatan mekanik dengan resin matriks jika digunakan pada pembuatan komposit [21].

Komposit merupakan material yang dihasilkan dari dua atau lebih gabungan material, dimana karakteristik dari masing-masing material tersebut berbeda, satu material sebagai pengisi (*matriks*) dan yang lainnya sebagai penguat (*reinforcement*). Kemampuan material komposit dapat ditingkatkan sifatnya seperti sifat mekanik dan sifat termalnya [4]. Serat yang digunakan serat alam, karena serat alam merupakan serat yang ramah lingkungan dengan keunggulan mudah terurai, kekakuan yang tinggi, dan harga yang relatif rendah [2].

Matriks yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua jenis yaitu *polyester* dan *vinyl ester*. *Polyester* adalah polimer yang umum digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan material polimer. Sifat mekanik yang dimiliki oleh *polyester* tergolong baik dan jika ditinjau dari *reasonable costs* tergolong tidak mahal. Penggunaan *polyester* yang sederhana dan tidak membutuhkan perlakuan tekanan serta temperatur yang tinggi juga menjadi alasan penggunaan *polyester* umum digunakan [12]. *Vinyl ester* merupakan polimer *thermosetting* yang memiliki kinerja yang tinggi terhadap suatu unsur paduan. *Vinyl ester* memiliki sifat mekanik dan sifat termal yang lebih baik jika dibandingkan dengan polimer lainnya. Selain itu, *vinyl ester* memiliki potensi yang baik untuk meningkatkan sifat mekanik dan termal pada suatu unsur paduan, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik dan termal pada paduan *polyester* [13].

Pada penelitian ini, maka dilakukanlah pembuatan material komposit dari serat tandan kelapa sawit dengan campuran *matriks polyester* dan *vinyl ester*. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian uji kekuatan lentur (*bending test*) dengan menggunakan alat uji *bending*. Uji *bending* (uji lentur) adalah pengujian yang dapat menemukan kualitas suatu material karena dapat memberikan informasi mengenai kekuatan lenturnya. Selain itu, uji *bending* juga dapat memberikan informasi mengenai modulus elastisitas material. Pengujian dilakukan untuk menentukan mutu suatu material secara visual saat material diberi beban pada daerah elastis akan timbul regangan pada penampang melintang sebagai akibat dari momen lentur. Standar alat yang digunakan pada uji lentur ini yaitu SAE J 1528 dengan tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah mengetahui tingkat kekuatan lentur pada balok komposit.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh pengujian kelenturan terhadap matriks *polyester* dan *vinyl ester* dengan variasi *reinforcement* serat tandan kelapa sawit.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh penambahan serat tandan kelapa sawit pada matriks polimer (*polyester* dan *vinyl ester*) dalam pembuatan material komposit. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan lentur material komposit dengan variasi persentase serat tandan kelapa sawit (0%, 5%, 10%, dan 15%).

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang potensi serat tandan kelapa sawit sebagai penguat dalam material komposit, serta memberikan informasi tentang peningkatan kekuatan lentur dan karakteristik mekanik lainnya yang mungkin dicapai dengan menggunakan material komposit ini.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Polimer yang digunakan adalah *Unsaturated Polyester Yukalac 1560 BL-EX* dan *Vinyl Ester Ripoxy R-802* produk dari PT. Justus Kimiaraya.
2. Serat alam yang digunakan adalah tandan kelapa sawit (*Elaeisguineensis*).
3. Model pengujian yang dilakukan yaitu *uji bending*.
4. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *bending* dengan standar Pengujian SAE J 1528.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pada penulisan laporan penelitian ini adalah pada BAB I menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah serta sistematika penulisan laporan penelitian ini. Pada BAB II berisikan teori dasar yang melandasi penelitian ini. Pada BAB III mengenai tahapan penelitian, peralatan dan bahan, serta prosedur penelitian.

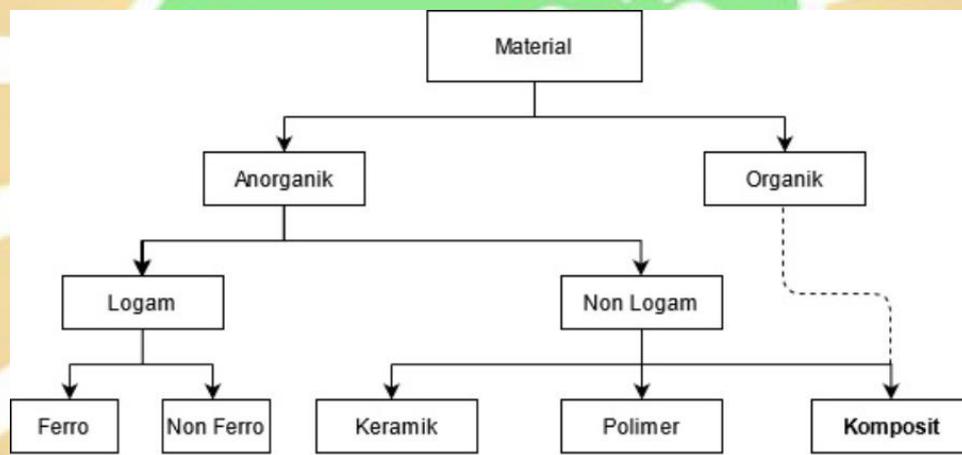


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit

Komposit adalah dua atau lebih material yang dikombinasikan menjadi satu dalam skala mikroskopik, sehingga menjadi satu kesatuan. Klasifikasi material secara dapat dilihat pada Gambar 2. 1. Dengan kata lain secara mikro, material komposit dalam dinyatakan sebagai material yang *heterogen*. Sedangkan dalam skala makro, material tersebut ditafsir sebagai *homogen* [6].

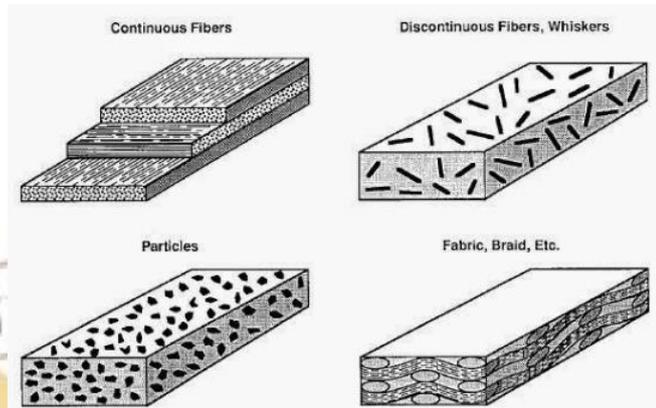


Gambar 2. 1 Klasifikasi material

Berdasarkan pengertian di atas didapatkan kesimpulan bahwa komposit adalah bahan yang di bentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu [5]:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai karakteristik kurang *ductile* tetapi lebih kaku serta kuat.
2. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah.

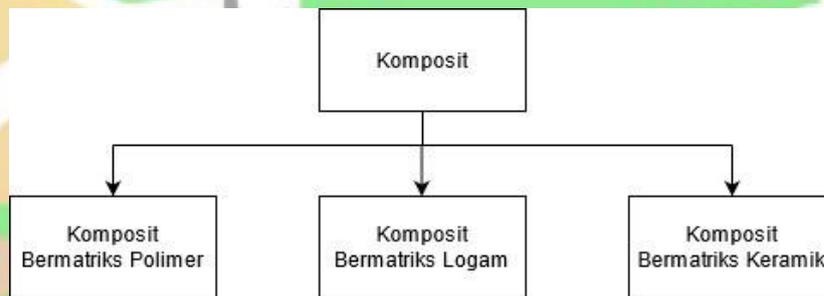
Komposit merupakan gabungan dari *polyester/ vinyl ester* sebagai matriks dengan penguat yang bisa berupa *continous fibers, discontinues fibers, particle*, dan *fabric*. Beberapa jenis komposit yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Jenis-jenis penguat pada komposit [6]

2.1.1 Komposit Berdasarkan Jenis Matriks

Komposit berdasarkan klasifikasi jenis matriks dibagi atas tiga kelompok yaitu komposit bermatriks polimer, komposit bermatriks logam, dan komposit bermatriks keramik. Dapat dilihat pada Gambar 2.3 merupakan klasifikasi komposit berdasarkan matriks, komposit bermatriks logam, komposit bermatriks.



Gambar 2. 3 Komposit berdasarkan jenis matriks [7]

a) **Komposit Bermatriks Polimer (*Polymer Matriks Composite-PMC*)**

Komposit bermatriks polimer merupakan paduan resin polimer sebagai matriks dengan serat sebagai media penguat, seperti kaca, karbon, aramidsegainya (*FRP–Fibre Reinforced Polymers of Plastics*) [9]. Bahan-bahan tersebut digunakan dalam berbagai aplikasi komposit dalam jumlah besar. Hal ini dikarenakan kemudahan dari proses fabrikasi, dan biaya operasional.

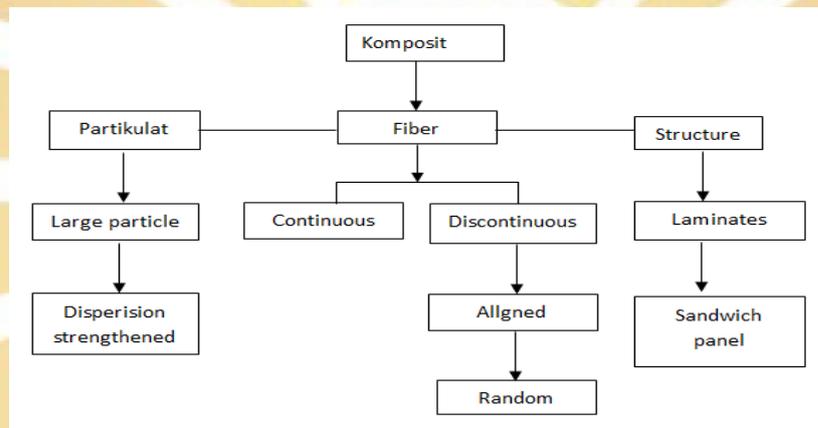
b) **Komposit Bermatriks Logam (*Metal Matriks Composite-MMC*)**

Metal matriks composite (MMC) merupakan komposit yang terbentuk dari unsur logam. Keunggulan dari jenis komposit ini yaitu memiliki kekuatan dan ketahanan terhadap pengikisan (aus), ketahanan mulur, konduktivitasermal, dan stabilitas dimensi [9].

- c) Komposit Bermatriks Keramik (Ceramic Matriks Composite-CMC)
Ceramic matriks composite (CMC) merupakan bahan komposit dengan matriks yang terbentuk dari unsur keramik dan diperkuat dengan serat.

2.1.2 Komposit Berdasarkan Unsur Penguat

Berdasarkan unsur penguatnya komposit terbagi atas tiga macam, yaitu seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Jenis komposit berdasarkan penguat [7].

a) *Particulate Composite*

Menggunakan penguat berbentuk partikel. Peran partikel dalam komposit partikel adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastik matriks yang ada di sela-sela partikel.

b) *Fiber Composite*

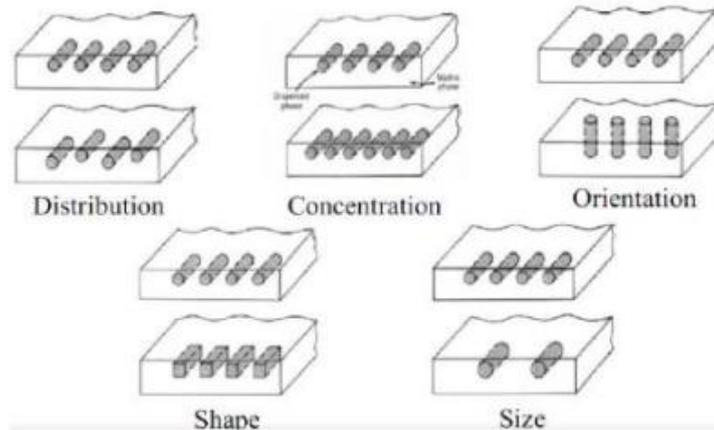
Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit.

Parameter serat pada komposit, yaitu:

1. Distribusi
2. Konsentrasi
3. Orientasi

4. Bentuk
5. Ukuran

Parameter serat pada komposit dapat digambarkan seperti Gambar 2.5 sebagai berikut:



Gambar 2. 5 Parameter fiber pada komposit

c) *Structural Composite*

Komposit jenis ini biasanya terdiri dari material homogen, dimana sifatnya tak hanya bergantung pada konstituen materianya saja, namun juga bergantung pada desain geometrinya dari struktur elemen. Jenis ini dapat dibagi lagi menjadi:

1. *Laminar Composite*

Terdiri dari *two-dimensional sheet* yang memiliki arah *high-strength* seperti yang ditemukan pada kayu. Lapisan ditumpuk dan kemudian ditempel secara bersamaan sehingga orientasi arah *high-strength* bervariasi.

2. *Sandwich Panels*



Gambar 2. 6 a. *Laminate* **b.** *Sandwich panels*

Pada Gambar 2.6 *sandwich panels* terdiri dari dua lembar luar yang kuat, atau wajah, dipisahkan oleh lapisan bahan yang kurang padat, atau inti, yang memiliki kekakuan yang lebih rendah dan kekuatan yang lebih rendah. Bagian wajah menanggung sebagian besar *in-plane loading*, dan juga *bending stress* yang melintang [19].

2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan Material Komposit

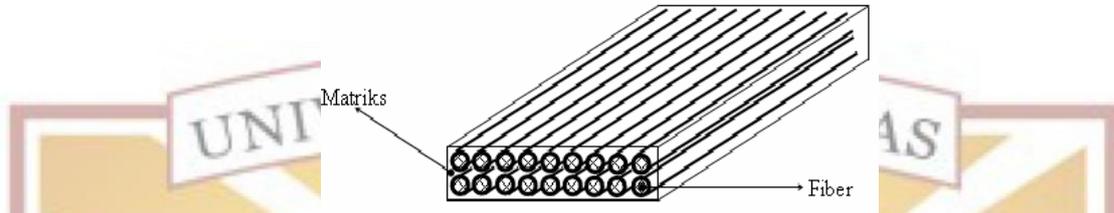
Material berbahan komposit mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan dibandingkan dengan bahan konvensional seperti logam, yaitu:

- a) Kelebihan bahan komposit
 - 1) Dapat menggabungkan dua atau lebih material sehingga dihasilkan material baru dengan sifat mekanik yang diinginkan.
 - 2) Memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kelakuan jenis (*modulus young/density*) yang lebih tinggi daripada logam.
 - 3) Mampu menjadi isolator panas, suara dan listrik yang baik.
 - 4) Perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan.
 - 5) Tahan terhadap korosi.
 - 6) Harga lebih murah.
 - 7) Mudah diproses (*machineability* tinggi)
- b) Kekurangan bahan komposit
 - 1) Tidak tahan terhadap beban *shock* (kejut) dibandingkan dengan logam.
 - 2) Tidak tahan terhadap *crash* (tabrak) dibandingkan dengan logam.

2.2 Komposit Serat Alam

Setelah ditemukan berbagai macam serat sintetis yang dibuat secara kimiawi, kini para ilmuwan berlomba-lomba beralih melakukan penelitian pada serat alam. Para ilmuwan mulai meneliti sifat-sifat alami dan melakukan uji mekanis terhadap serat-serat alam yang ada. Penelitian dilakukan setelah diketahui kelemahan-kelemahan yang terdapat pada serat sintetis diantaranya: harganya yang relatif mahal, tidak dapat terdegradasi secara alami, beracun dan jumlahnya yang terbatas. Oleh karena itu, para ilmuwan berusaha meneliti dan menemukan serat alam pengganti serat sintetis yang memiliki sifat antara lain: mudah didapatkan, dapat terurai secara alami, harganya yang murah dan tidak

beracun, namun memiliki kekuatan mekanis yang sama atau lebih baik dari serat sintetis. Gambar 2.7 menunjukkan material komposit yang dimana *fibernya* berasal dari serat alam [8].



Gambar 2.7 Material komposit [8]

2.3 Serat Tandan Kelapa Sawit

Berdasarkan neraca massa bahan, setiap tandan buah segar (TBS) sawit yang diolah di pabrik kelapa sawit selain akan menghasilkan minyak sawit juga akan menghasilkan sekitar 25–26% tandan kosong kelapa sawit. Secara visual, tandan kelapa sawit merupakan sekumpulan serat yang tebal berwarna coklat yang sengaja disisihkan setelah proses perebusan buah proses melalui *rotary drum thresher* di pabrik pengolahan kelapa sawit. TKS berbentuk tidak teratur dengan bobot kira-kira 3,5 kg dan memiliki ketebalan 130 mm dengan panjang bervariasi 170-300 mm dan lebar 250-350 mm [10]. Hasil perhitungan dari 200 sampel TKS di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), diperoleh bobot rata-rata 5,1 kg, panjang tandan 44,8 cm, lebar 35 cm dan ketebalan 19,4 cm. Tandan kosong kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Tandan kelapa sawit

Penelitian ini menggunakan pengisi komposit berbentuk serattandan kosong kelapa sawit seperti pada Gambar 2.9. Tandan kosong kelapa sawit adalah salah satu produk sampingan berupa padatan dari industri pengolahan kelapa sawit. Secara fisik

tandan kosong kelapa sawit terdiri dari berbagai macam serat dengan komposisi antara lain *sellulosa* sekitar 45.95%, *hemisellulosa* sekitar 16.49% dan *lignin* sekitar 22.84% [20].



Gambar 2. 9 Serat tandan kelapa sawit

Dengan demikian pada penelitian ini mengkaji mengenai potensi TKS sebagai material serat alam yang bisa dimanfaatkan untuk produk yang tidak hanya sekedar menjadi produk hasil cacahan tetapi juga dapat digunakan sebagai bahan penguat komposit.

2.4 Polyester

Polyester merupakan polimer sintesis yang digunakan pada penelitian ini. Jenis polimer yang umum digunakan dalam dunia industri seperti *polyvinyl alcohol*, *epoxy resin*, *polyester*, *vinyl ester*, dan *phenolic resin*. Penggunaan jenis polimer akan disesuaikan dengan output dari produk dan sifat mekanik yang diinginkan nantinya.

Polyester merupakan polimer yang umum digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan material polimer. Sifat mekanik yang dimiliki oleh *polyester* tergolong baik dan jika ditinjau dari *reasonable costs* tergolong tidak mahal. Penggunaan *polyester* yang sederhana dan tidak membutuhkan perlakuan tekanan serta temperatur yang tinggi juga menjadi alasan penggunaan *polyester* umum digunakan.

Polyester merupakan zat yang berwarna bening, sedikit berbau, dan memiliki viskositas yang tinggi. Penurunan viskositas atau pengenceran *polyester* ini dibutuhkan zat pengencer. Penurunan viskositas ini bertujuan untuk meningkatkan

tingkat kelarutan dari *polyester* sehingga menghasilkan ikatan yang kuat terhadap unsur paduannya. Contoh zat pengencer yang umum digunakan pada polimer adalah aseton dan *styrene monomer* [12].

Jenis *polyester* yang digunakan di sini adalah *unsaturated polyester* dengan produk Yukalac 1560 BL-EX. *Unsaturated polyester* atau sering disebut dengan *polyester* saja merupakan jenis resin bening yang umum digunakan dalam pembuatan polimer *thermosetting*. Sifat mekanik dari *unsaturated polyester* yang terbilang baik dan harga yang relatif murah menjadi pertimbangan dalam pemilihan resin yang digunakan [12].

Polyester didapatkan dari suatu asam basa bereaksi secara kondensasi dengan alkohol dihidrat. *Unsaturated polyester* terbentuk dari asam yang menyebabkan terjadinya ikatan tak jenuh dalam rantai utama suatu polimer. *Unsaturated polyester* memiliki ikatan ganda antara karbon dengan karbon pada rantai utamanya. Pada penggunaan *unsaturated polyester*, digunakan *catalyst* sebanyak 4% yang berfungsi sebagai *hardener* dan mempercepat reaksi antar ikatannya [12].

2.5 Vinyl Ester

Vinyl ester merupakan polimer *thermosetting* yang memiliki kinerja yang tinggi terhadap suatu unsur paduan. *Vinyl ester* memiliki sifat mekanik dan sifat termal yang lebih baik jika dibandingkan dengan polimer lainnya. Selain itu, *vinyl ester* memiliki potensi yang baik untuk dapat meningkatkan sifat mekanik dan termal pada suatu unsur paduan, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik dan termal pada paduan *polyester*. Pada dasarnya *vinyl ester* merupakan paduan dari *polyester* dan resin *epoxy*. Secara umum, *vinyl ester* dapat dikatakan sebagai jenis resin yang memiliki kombinasi sifat kimia, sifat mekanik, dan sifat termal yang lebih baik dibandingkan resin *epoxy* dengan kemurnian yang lebih bagus dari resin *polyester* [13]. Perbandingan sifat mekanik dari beberapa polimer dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbandingan sifat mekanik beberapa polimer [12]

<i>Properties</i>	<i>Epoxy resin</i>	<i>Polyester resin</i>	<i>Vinyl ester resin</i>	<i>Phenolic resin</i>
<i>Density (g/cm³)</i>	1,1-1,4	1,2-1,5	1,2-1,4	1,3
<i>Tensile strength (MPa)</i>	35-100	40-90	69-83	10
<i>Young's modulus (GPa)</i>	3-6	2-4,5	3,1-3,8	0,375
<i>Elongation at break (%)</i>	1-6	2	4-7	2
<i>Compressive strength (MPa)</i>	100-200	90-250	86	49
<i>Cure shrinkage (%)</i>	1-2	4-8	7,14	0,002
<i>Water absorption (wt.%)</i>	0,1-0,4	0,1-0,3	0,2	0,11-1,39

2.6 *Methyl Methacrylate*

Methyl methacrylate atau sering disebut dengan MMA merupakan bahan polimer yang memiliki sifat *biocompatible*, dimana menjadikan MMA sebagai bahan penelitian dalam studi literatur material biomedis [11]. Molekul MMA yang tergabung dalam rantai ikatan mengarah pada jarak antar ikatan pada ikatan polyester, sehingga kekakuan dari struktur jaringan polyester berkurang [14]. MMA bisa meningkatkan gugus fungsi OH dan CH sehingga memungkinkan *vinylester* untuk tersebar di seluruh *polyester* secara homogen [12].

Keuntungan penambahan MMA terhadap suatu paduan adalah menghasilkan material yang bersifat *non-toxicity*, biaya yang relatif lebih rendah, kemudahan dalam proses, kompatibilitas, dan dapat digunakan untuk pengolahan material yang memiliki resistansi *fracture* yang besar [13]. Penambahan MMA di sini diharapkan bisa membuat struktur jaringan dari polyester menjadi homogen [15]. Pada penelitian sebelumnya, didapatkan peningkatan harga impak pada penambahan 10% MMA [16]. Oleh karena itu, penggunaan MMA yang digunakan adalah 10% MMA.

2.7 Perlakuan Alkali (NaOH)

NaOH atau sering disebut alkali digunakan untuk menghilangkan kotoran atau lignin pada serat dengan sifat alami serat adalah *hyrophilic*, yaitu suka terhadap air. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hyrophilic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal.



Alkaline treatment adalah perlakuan kimia yang paling sering digunakan untuk serat alami. Tujuan dari alkalisasi adalah mengacaukan ikatan *hydrogen* di stuktur serat, sehingga menambah kekasaran serat tersebut. Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, *wettability* serat oleh matriks akan semakin baik, sehingga kekuatan antarmuka pun akan meningkat. Selain itu, pengurangan hemiselulosa, lignin atau pektin, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan *mechanical interlocking* yang baik [18].

Diketahui bahwa untuk mengetahui perilaku perubahan sifat fisis dan mekanis bahan komposit menggunakan serat alami yaitu tapis kelapa sebagai penguat dan *epoxy 7120* dengan *versamid 140* sebagai matriks [17]. Perlakuan terhadap serat dilakukan dengan NaOH dan KMnO_4 dengan persentase masing-masing 0,5%, 1%, dan 2% berat. Perbandingan *epoxy* dan *hardener* yaitu 7:3 dan 6:4, serta orientasi serat tapis 0° , 45° dan 90° . Hasil dari penelitian didapatkan variasi persentase 0,5%, 1%, and 2% berat NaOH dan KMnO_4 memberi pengaruh dimana semakin besar persentasenya permukaan serat menjadi semakin bersih, kadar *wax* berkurang dan lebih kasar sehingga ikatan serat dengan matrik semakin kuat sehingga meningkatkan kekuatan tarik.

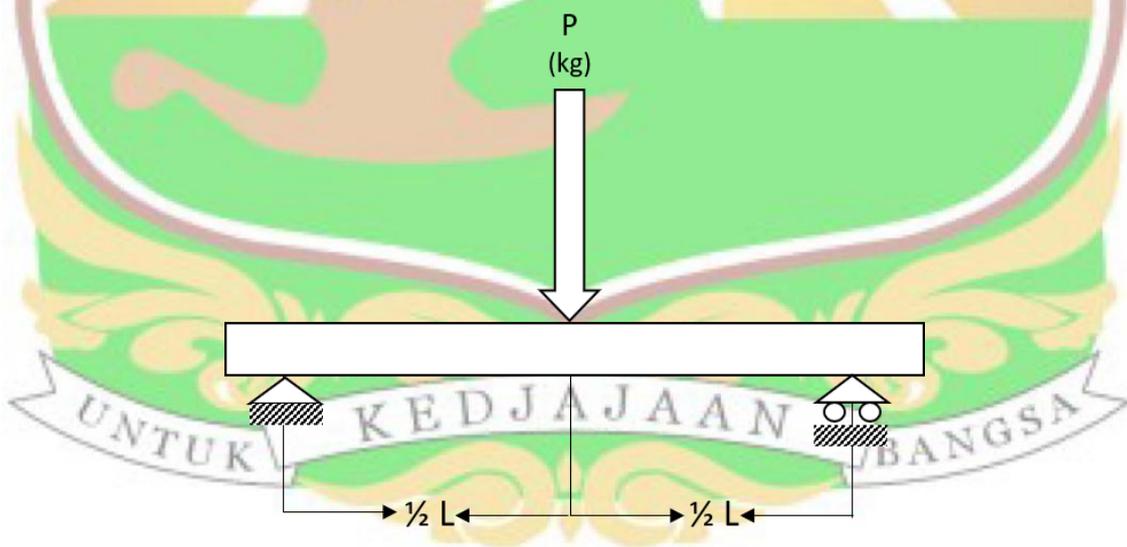
Pada penelitiannya menyatakan bahwa perlakuan alkali (5% NaOH) serat kenaf dapat membersihkan lapisan lilin (lignin dan kotoran) pada permukaan serat sehingga menghasilkan *mechanical interlocking* antara serat dengan matrik polister. Pada perlakuan serat selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam, kekuatan tarik bahan komposit kenaf acak-*unsaturated polyeter* memiliki kekuatan tertinggi pada

perlakuan serat selama 2 jam sedangkan untuk kekuatan *bending* mempunyai nilai tertinggi pada perlakuan serat selama 1 jam.

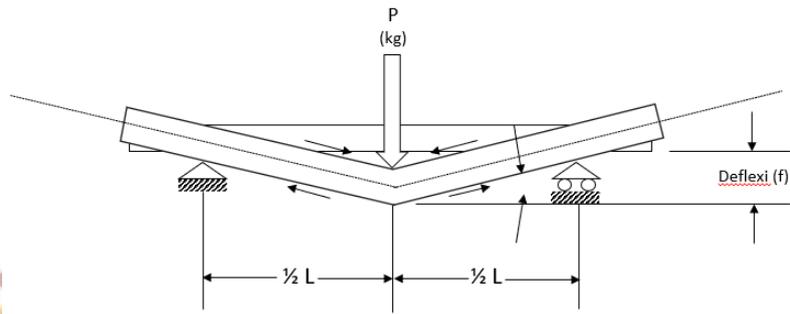
2.8 Pengujian Lentur

Uji *bending* (uji lentur) adalah pengujian yang dapat menemukan kualitas suatu material karena dapat memberikan informasi mengenai kekuatan lenturnya. Selain itu, uji *bending* juga dapat memberikan informasi mengenai modulus elastisitas material. Modulus Elastisitas (E) adalah harga kekakuan suatu material pada daerah elastis. Modulus elastis juga berarti perbandingan tegangan dengan regangan pada daerah elastis. Material yang lentur (tidak kaku) adalah material yang dapat mengalami regangan bila diberi tegangan atau beban tertentu. Kekakuan adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi elastis. Tegangan atau beban yang diberikan pada spesimen uji haruslah dibawah harga beban maksimum agar spesimen tidak mengalami deformasi plastis.[21]

Uji lentur (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Saat material diberi beban pada daerah elastis, maka akan timbul regangan pada penampang melintang sebagai akibat dari momen lentur.



Gambar 2. 10 Pembebanan dalam pengujian lentur



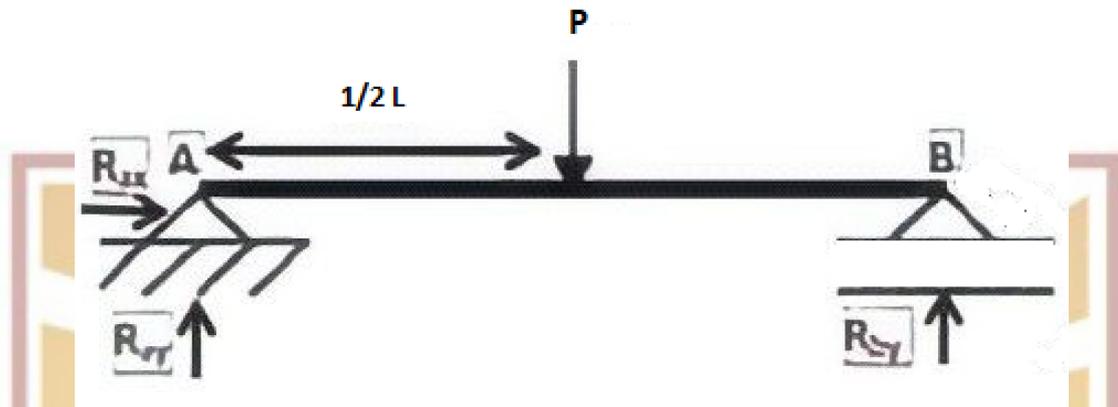
Gambar 2.1 11 Pengaruh pembebanan terhadap spesimen

Uji lentur merupakan proses pengujian material dengan cara di tekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lentur (*bending*) suatu material yang di uji. Proses pengujian *bending* memiliki 2 macam pengujian, yaitu *three point bending* dan *four point bending*.

Tabel 2. 2 Kelebihan dan kekurangan metode uji *three point bending* [19].

<i>Three Point Bending</i>
Kelebihan
+ Kemudahan persiapan spesimen dan pengujian
+ Pembuatan point lebih mudah
Kekurangan
- Kesulitan menentukan titik tengah persis, karena jika posisi tidak di tengah persis penggunaan rumus berubah
- Kemungkinan terjadi pergeseran, sehingga benda yang diuji pecah/patah tidak tepat di tengah maka rumus yang digunakan kombinasi tegangan lengkung dengan tegangan geser

three point bending



Gambar 2. 12 Variasi beban uji lentur

Perhitungan kekuatan *bending* didasarkan pada pembebanan arah transversal pada material uji sampai saat terjadinya patah pada material uji. Dengan mengacu pada kondisi pembebanan yang terpusat ditengah-tengah material uji, yang sering disebut “*Three Point Bending*”. Persamaan yang digunakan sebagai berikut [2]:

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

Keterangan:

σ = Kekuatan *bending* (N/mm²)

P = Beban *bending* maksimum (N)

L = Jarak tumpuan (mm)

b = Lebar material uji (mm)

h = Tebal material uji (mm)

