

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 State of Art

Perkembangan material, dalam material komposit polimer, terus berkembang di banyak aplikasi seperti di otomotif, struktur, dan dirgantara. Awalnya, bahan komposit dikembangkan di industri kedirgantaraan, tetapi, seiring waktu, komposit serat alami juga dapat ditemukan dalam aplikasi otomotif dengan kinerja dan daya tahan tinggi. Komposit serat alam juga dapat diaplikasikan pada bahan bangunan, lambung kapal, dan produk militer dengan kriteria tertentu (Lee, 1993).

Material komposit umumnya dipahami sebagai sebuah material gabungan antara sebuah matrik dan satu atau beberapa penguat (*reinforced*), dengan sifat berbeda satu dengan yang lain. Yang akan menghasilkan material baru dengan sifat yang berbeda dari material awal. Sejauh ini pengembangan material komposit sudah mendapatkan berbagai jenis komposit dengan beberapa pengelompokan sesuai klasifikasi komposit. Salah satu jenis komposit yang diketahui adalah komposit dengan penguat berbahan serat (*fibre reinforced composites*). Pengembangan beberapa jenis bahan polimer untuk resin komposit juga mengakibatkan penelitian tentang komposit semakin bervariasi sebagai bahan matrik komposit. Selain fungsi utama dari resin sebagai pengikat persyaratan lain seperti mampu cetak, tahan terhadap air dan zat kimia, kuat dan ringan, serta murah. (Imra, 2009; Jacob, 1994).

Serat alam dapat menjadi *filler* dalam komposit karena kandungan selulosa beberapa serat alam yang memiliki selulosa antara lain kenaf, cantalu, tebu, jagung, abaca, padi, rami dan lain-lain. Tanaman rami (*Boehmeria Nivea*) adalah sumber bahan baku serat tekstil alam tumbuh-tumbuhan, sebagaimana halnya dengan serat kapas, linen (*flax*) dan sejenisnya. Sejak jaman dahulu rami digunakan untuk bahan pembuat pakaian dan juga sebagai baju perang karena keuletan rami mampu menahan sabetan

pedang, bahkan sekarang serat rami diteliti oleh pihak militer untuk bahan pembuatan baju anti peluru (Jamasri, 2008).

Serat mempunyai sifat sebagai isolator yang baik, memiliki kekuatan, suhu tinggi dan memiliki regangan yang rendah. Geopolimer merupakan salah satu material yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah. Geopolimer merupakan polimer anorganik yang memiliki kekuatan mekanik yang lebih baik, tahan terhadap suhu tinggi dan zat asam (Abdel-Ghani et al, 2016; Schmücker and MacKenzie, 2005). Geopolimer berperilaku seperti keramik yang keras tetapi dengan kuat lentur dan kuat tarik yang rendah. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan menambahkan material sisipan yang dapat berfungsi sebagai penguat (*agregat*) (Rustan dkk., 2015). Salah satu bahan sisipan yang dapat ditambahkan pada pasta Geopolimer adalah serat karbon.

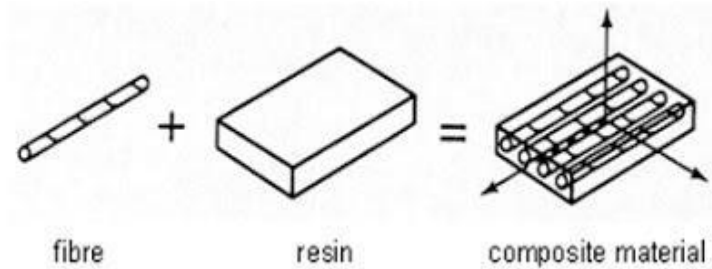
2.2 Komposit

Komposit merupakan perpaduan atau campuran antara kombinasi dua material atau lebih yang mempunyai sifat mekanis yang kuat dibandingkan dengan material pembentuknya. Komposit terdiri dari dua bagian antara lain matrik sebagai pengikat komposit, lalu *filler* sebagai pengisi komposit. Menurut Gibson tahun (1994) komposit adalah perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Komposit adalah salah satu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih dari skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat (Surdia dan Saito, 1999).

Komposit dan alloy memiliki perbedaan dari cara penggabungannya yaitu apabila komposit digabung secara makroskopis sehingga masih kelihatan serat maupun matriknya (komposit serat) sedangkan pada *alloy* paduan digabung secara mikroskopis sehingga tidak lagi kelihatan unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975).

Komposit dibentuk terdiri dari dua jenis bagian material yang berbeda antara lain:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih rigid serta lebih kuat.
2. Matrik, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.



Gambar 2.1 Material Pembentuk Komposit

Selain itu, material komposit dapat dibedakan menjadi 2 klasifikasi. Antara lain:

- a. Klasifikasi berdasarkan matrik
 1. MMC : *Metal Matriks Composite* (menggunakan matriks logam).
 2. CMC : *Ceramic Matriks Composite* (menggunakan matriks keramik).
 3. PMC : *Polymer Matriks Composites* (menggunakan matriks *polymer*).
- b. Klasifikasi berdasarkan struktur
 1. *Particulate Composite Materials* (komposit partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai *filler*.
 2. *Fibrous Composites Material* (komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat.
 3. *Structural Composites Materials* (komposit berlapis) terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan

dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna.

2.2.1 Faktor yang mempengaruhi kekuatan komposit serat

Komposit Serat merupakan komposit yang diperkuat serat dimana bahan yang berbentuk serat diikat dalam bahan lain yang disebut matrik. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi sifat bahan komposit yang diperkuat dengan serat adalah orientasi, panjang, bentuk, komposisi serat, dan sifat mekanik dari matriks, serta ikatan dalam campuran antara serat dan matriks (*interface* atau *bounding*) (Schwartz, M., 1984).

1. Jenis Serat

Dilihat susunannya, serat dibedakan menjadi dua jenis yaitu serat panjang (*continue*) dan serat pendek (*discontinue*). Secara teori serat panjang lebih efektif dalam transfer beban dibanding serat pendek. Hal itu sulit untuk diwujudkan prakteknya, akibat faktor manufaktur yang tidak mungkin menghasilkan kekuatan optimum sepanjang fiber, karena pemakaian serat panjang akan terjadi ketimpangan dalam penerimaan beban antara serat, sebagian serat mengalami tegangan sedangkan yang lain dalam posisi bebas dari tegangan. Sehingga jika komposit dibebani sampai mendekati kekuatan patahnya, sebagian serat akan patah mendahului serat lainnya.

2. Orientasi Serat

Orientasi serat sangat berpengaruh dalam menentukan kekuatan suatu bahan komposit, secara umum penyusunan serat pada komposit dapat dibedakan sebagai berikut.

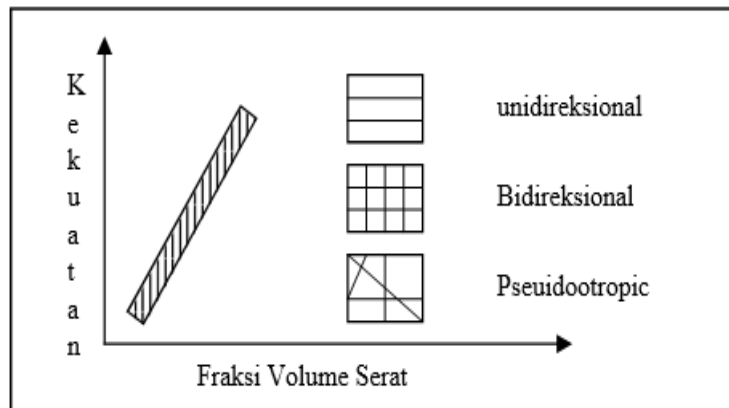
- a. *Unidirectional*: serat disusun secara searah paralel satu sama lain, sehingga didapat kekakuan dan kekuatan optimal pada arah serat, sedangkan kekuatan paling kecil terjadi pada arah tegak lurus serat.
- b. *Bidirectional*: serat disusun secara tegak lurus satu sama lain (*ortogonal*). Pada susunan ini kekuatan tertinggi terdapat pada

arah pemasangan serat.

c. *Pseudoisotropic*: penyusunan serat dilakukan secara acak, sifat dari susunan ini adalah isotropik yaitu kekuatan pada satu titik pengujian mempunyai kekuatan yang sama.

3. Komposisi dan Bentuk Serat

Kemampuan mekanik dari pemasangan serat dua arah ini adalah jenis yang paling proposional, karena pada pemasangan dua arah serat ini dapat memberikan kontribusi pemakaian serat paling banyak. Hal tersebut disebabkan karena pemasangan serat yang semakin acak, kontribusi serat yang dipasang akan semakin sedikit (fraksi volume kecil) mengakibatkan kekuatan komposit semakin menurun, seperti dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Hubungan antara Kekuatan, Fraksi volume dan Susunan serat.

(Sumber: Adji Widjayarto, 2007)

Jumlah serat bahan komposit serat sering dinyatakan dalam bentuk fraksi volume serat (f) yaitu perbandingan volume serat (V_f) terhadap volume bahan komposit (V_c). Semakin besar kandungan volume serat dalam komposit maka akan meningkatkan kekuatan dari komposit tersebut.

Jika dilihat dari bentuk, serat penguat mempunyai penampang lingkaran dan bentuk lain misalnya bujur sangkar. Kekuatan serat dapat juga dilihat dari diameter serat, perbandingan antara panjang dan diameter serat harus cukup besar. Hal ini dianjurkan agar tegangan geser yang terjadi pada

permukaan antar serat dan matriks kecil. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran Kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material (Surdia, 1999). Berdasarkan komposisinya serat yang digunakan sebagai bahan penguat komposit dibedakan atas:

- a. Serat organik: yaitu serat yang berasal dari bahan alam, misalnya wol, sutera, kapas dan rami.
- b. Serat anorganik: yaitu serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik, misalnya gelas dan serat karbon. Adapun serat yang mempunyai kekuatan tinggi dan tahan panas (*hybrid fibre*).

4. Faktor Matriks

Dalam pembuatan bahan komposit, fungsi dari matriks adalah:

- a. Sebagai transfer dari beban, yaitu mendistribusikan beban ke serat sebagai bahan yang mempunyai modulus kekuatan tinggi.
- b. Sebagai pengikat fase serat di posisinya, proses pembuatan bahan komposit diperkuat serat dan diikat matriks harus mempunyai sifat adhesi yang baik terhadap serat untuk menghasilkan struktur komposit yang sempurna karena hal ini berhubungan erat dengan transfer beban. Jika matriks mempunyai sifat adhesi yang kurang baik maka transfer beban tidak sempurna dan menyebabkan kegagalan berupa lepasnya ikatan antara matriks dengan serat (*debonding failur*). Secara garis besar kualitas matriks ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kemampuan membasahi serat, banyaknya rongga (*void*) saat dituang, temperatur atau tekanan curing dan viskositas
- c. Melindungi permukaan serat dari abrasi yang diakibatkan oleh perlakuan secara mekanik misalnya gesekan antar serat.

5. Fase Ikatan

Kemampuan ikatan antara fiber dan matriks dapat ditingkatkan dengan memberikan aplikasi perlakuan permukaan yang disebut dengan *coupling agent*, yang meningkatkan sifat adhesi antara matriks dan fiber. *Coupling agent* diterapkan pada serat sebagai perlakuan secara kimiawi dalam bentuk *sizing* (perlakuan permukaan ketika serat sedang dibentuk) dan *finishing* (perlakuan yang diterapkan setelah serat diproduksi dalam bentuk benang atau *woven fabric*). Proses *finishing* juga dapat melindungi dan mencegah kerusakan akibat gesekan antar serat sebelum dibuat menjadi struktur komposit.

2.3 Serat (*Fiber*)

Serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Salah satu unsur penyusun bahan komposit adalah serat. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan, serta sifat-sifat mekanik lainnya. Serat inilah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja pada bahan komposit.

Serat (*Fiber*) dapat dibedakan menjadi 2 yaitu serat alami dan serat sintetis (serat buatan), yaitu:

1. Serat alami adalah serat yang langsung diperoleh dari alam. Selain itu, dilihat dari namanya serat alami dibedakan lagi menjadi beberapa klasifikasi serat yang berasal dari alam, yaitu:
 - a. Serat dari tumbuhan: serat yang mengandung unsur berupa selulosa. Bagian tumbuhan yang dapat dijadikan serat adalah biji yang biasanya dibuat menjadi kapas dan kapuk, bagian batang yang biasanya dijadikan sebagai jute dan rami, bagian daun yang dijadikan serat seperti tumbuhan abaca, sisal, dan daun nanas.



Gambar 2.2 Serat Tumbuhan

- b. Serat dari hewan: serat yang mengandung unsur berupa protein. Bagian hewan yang dapat dijadikan menjadi serat adalah rambut domba yang biasanya dibuat menjadi serat wol, selain itu ulat sutra saat menjadi kepompong akan menghasilkan serat sutra, selain itu laba-laba juga dapat menghasilkan serat yang dihasilkan dari jaring yang dibentuk.



Gambar 2.3 Serat Hewan

- c. Serat dari bahan tambang: bahan tambang yang menghasilkan serat merupakan mineral. Salah satu hasil serat yang dihasilkan dari bahan tambang adalah asbes yang bahan galiannya berupa mineral jenis aktinolit dan krisatil yang menghasilkan serabut.



Gambar 2.4 Serat Bahan Tambang

Tabel 2.1 Tabel Sifat Mekanis Serat Alam (Muller dan Krobjilowski, 2003)

<i>fiber</i>	properti					
	Kekuatan Tarik (Mpa)	Modulus Young (Gpa)	Pemanjangan (%)	Densitas (gr/cm^3)	Diameter (μm)	Panjang (mm)
<i>Ramie bast</i>	1050	61,5	3,6-3,8	1,5-1,6	40-80	60-26
<i>Kenaf Bast</i>	930	53	1,6	1,4	200	2-6
<i>Coco Shell</i>	175	4-6	25	1,2	100-400	-
<i>Sisal Leaf</i>	835	9,4-2,2	2-4	1,16-1,5	50-200	1-5
<i>Banana Bast</i>	540	-	3	1,3	50-250	-
<i>Pineapple Bast</i>	740	-	2,4	-	-	-
<i>E-Glass</i>	1800	69-73	2-3	2,5	5-25	-

2. Serat sintetis (serat buatan) adalah serat yang bagian-bagiannya dibentuk secara sengaja oleh manusia. Contoh hasil serat sintetis adalah rayon, *polyester*, dakron, dan nilon. Ciri-ciri serat sintetis atau serat buatan ini dapat dilihat menggunakan metode pembakaran seperti serat nilon yang mudah meleleh serta meninggalkan bentuk pinggiran yang keras serta berwarna coklat. Begitupula dengan serat *polyester* ciri-cirinya sama dengan serat nilon tetapi serat *polyester* saat terbakar apinya akan lebih cepat padam.



Gambar 2.5 Serat Sintetis (serat buatan)

2.4 Matrik

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan. Matriks adalah fasa dalam material komposit, yang memiliki bagian dominan utama atau fraksi volume. Matriks cenderung memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih kecil, tetapi lebih ulet. Matrik harus dapat mentransfer beban ke serat agar serat menempel pada matriks, serat dan matriks juga harus kompatibel tanpa mengganggu reaksi, ini adalah persyaratan dasar untuk menggunakan matriks pada komposit. Umumnya matrik yang dipilih adalah matrik yang memiliki ketahanan panas yang tinggi (Diharjo & Triyono, 2000).

Jenis polimer merupakan matriks yang banyak digunakan dalam bidang industri, dan jenis polimer yang tersedia adalah sebagai berikut.

1. Resin *Polyester*, merupakan resin yang sering digunakan dalam proses *manufacturing*, dan katalis digunakan dalam pelapisan untuk mempercepat pengerasan resin.
2. Resin *Epoxy*, merupakan pengkondisian antar epokloridrin dengan senyawa polihidroksi.
3. Resin *Silicon*, merupakan senyawa organik yang merupakan ikatan antar silikon dengan atom oksigen.
4. Resin *Furin*, merupakan resin yang diperoleh dengan proses kondensasi *filfuril alcohol* dengan *fulfural*.
5. Resin *Felonix*, merupakan resin yang diperoleh dengan proses kondensasi *fhenolphenol* dengan *aldehid*.

Berikut merupakan sifat mekanis dari beberapa jenis resin.

Tabel 2.2 Perbandingan Nilai Sifat Mekanis Resin

Jenis Resin	Massa Jenis (gr/cm^3)	Modulus Young (Gpa)	Angka Possion	Kekuatan Tarik (Mpa)
<i>Polyester</i>	1,2	3,2	0,33	65
<i>Epoxy</i>	1,19	3,65	0,35	76
<i>Silicon</i>	1,2	3,2	0,37	85
<i>Furin</i>	1,12	3,4	-	85
<i>Felonix</i>	1,15	3,0	-	50

Matrik atau pengikat yang digunakan pada penelitian kali ini adalah jenis resin *polyester* karena proses dalam pembentukan komposit sangat cepat dan sederhana dengan harga yang murah jika dibandingkan dengan matrik anorganik seperti matrik logam dan matrik keramik.

2.5 Serat Rami

Serat rami merupakan serat yang berasal dari alam yaitu serat yang dihasilkan dari batang pohon *Boehmeria Nivea* atau disebut tumbuhan rami. Tumbuhan Rami (*Boehmeria nivea*) adalah tanaman tahunan yang berbentuk rumput mudah tumbuh dan dikembangkan di daerah tropis, tahan terhadap penyakit dan hama, serta dapat mendukung pelestarian alam dan lingkungan. Serat rami (*Boehmeria nivea*) yang sumber tersedianya tidak terbatas dan diyakini merupakan serat alam berbasis selulosa paling kuat dari merupakan alternatif untuk menghasilkan panel komposit tahan peluru (Marsyahyo dkk, 2005). Rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan seluruh jenis serat baik serat alam maupun sintesis sehingga mudah untuk dicampur dengan jenis serat apapun.

Jika dibandingkan dengan kapas, *flax* dan *hemp*, maka rami memiliki kekuatan yang paling tinggi. Marsyahyo, dkk memanfaatkan keunggulan kekuatan serat rami untuk membuat panel tahan peluru dari komposit serat rami. Dimensi serat rami tidak berubah pada kenaikan kelembaban hingga 25%. Daya serap terhadap airnya (*moisture regain*) terbilang tinggi yaitu 12%

sedangkan daya serap kapas hanya 8%. Daya serap yang lebih tinggi ini menjadikan rami lebih mampu menyerap cairan tubuh seperti keringat.



Gambar 2.6 Tanaman Rami

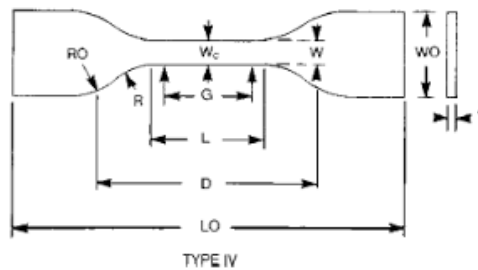


Gambar 2.7 Serat Rami

2.6 Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui keuletan dan ketangguhan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta pertambahan panjang yang dialami oleh bahan tersebut. Pengujian tarik adalah metode paling dasar untuk menguji bahan. Tes ini sangat sederhana, murah, dan telah distandarisasi di seluruh dunia. Misalnya, ASTM E8 digunakan di Amerika Serikat dan JIS 2241 digunakan di Jepang. Dengan menarik material, maka akan cepat memahami respon material terhadap tegangan dan memahami kekuatan tarik material. Panjang bahan bertambah. Peralatan percobaan untuk uji tarik ini harus memiliki daya cengkram yang kuat dan kekakuan yang tinggi (Pujiati, 2017).

Pada uji tarik (*Tensile Test*) kedua ujung benda uji dijepit, salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat penegang. Regangan diterapkan melalui kepala silang yang digerakkan motor dan alongasi benda uji, dengan pergerakan relatif dari benda uji. Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut “*Ultimate Tensile Strength*” disingkat dengan UTS, dalam bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum. Dalam pelaksanaan uji Tarik, *specimen* uji Tarik harus memiliki standar spesifikasi khusus. Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan standar ASTM D638 tipe 1 yang dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



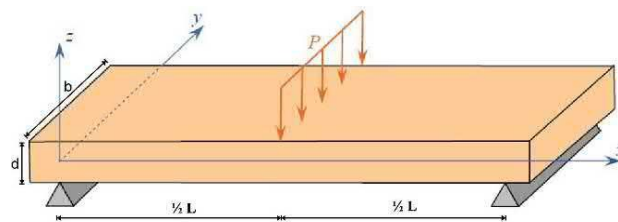
Gambar 2.8 *Specimen* uji Tarik ASTM D638 tipe 1

2.7 Pengujian *Bending*

Uji lentur (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan dari spesimen. Salah satu pengujian sifat mekanik bahan yang diletakkan terhadap spesimen dan bahan, baik bahan yang akan digunakan pada konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan terhadap suatu bahan pada satu titik tengah dari bahan yang ditahan diatas dua tumpuan adalah pengujian *bending*. Pada perlakuan uji *bending* spesimen, bagian atas spesimen terjadi proses tekan dan bagian bawah terjadi proses tarik sehingga kegagalan yang terjadi akibat uji *bending* yaitu mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik.

Pengujian *bending* memiliki 2 macam pengujian, yaitu *three point bending* dan *four point bending* (Berthelot, 1999). Perbedaan dari kedua pengujian yaitu terletak pada bentuk dan jumlah *point* yang digunakan. *Three*

point bending menggunakan dua *point* pada bagian bawah sebagai tumpuan dan satu *point* pada bagian atas sebagai penekan. *Four point bending* menggunakan dua *point* sebagai tumpuan dan dua *point* sebagai penekan. Dalam pelaksanaan uji *bending*, *specimen uji bending* harus memiliki standar spesifikasi khusus. Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan standar ASTM D790 tipe *three point bending*. Metode ini digunakan karena permukaan dari spesimen yang terbentuk tidak rata. Jika menggunakan metode *four point bending* pada saat diberikan tekanan pada kedua titik akan terjadi perbedaan waktu (Khamid, 2011).



Gambar 2.9 *Specimen uji Bending ASTM D790 Three Point Bending* (Berthelot, 1999)

2.8 Bumper Mobil

Bumper mobil adalah salah satu material *part* mobil yang berfungsi sebagai pengaman jika terjadi benturan. Dilihat dari fungsinya bumper mobil dibedakan menjadi 2 jenisnya yaitu bumper depan dan bumper belakang. Material part bumper depan dan belakang terdiri dari bumper sub, bumper arm, bumper side, dan bumper side extension. Dalam memilih sistem bumper ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan yakni kemampuan sistem bumper untuk menyerap energi yang cukup untuk memenuhi *original equipment manufactures* (OEMs) internal sebagai bumper mobil.



Gambar 2.10 Bumper Mobil