

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit bersifat heterogen dalam skala makroskopik. Bahan penyusun komposit tersebut masing-masing memiliki sifat yang berbeda dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan (Krevelen, 1994).

Komposit pada dunia industri merupakan campuran antara polimer (bahan makromolekul dengan ukuran besar yang diturunkan dari minyak bumi ataupun bahan alam lainnya seperti karet dan serat). Dapat dikatakan bahwa komposit adalah gabungan antara bahan matrik atau pengikat yang diperkuat. Bahan material terdiri dari dua bahan penyusun, yaitu bahan utama sebagai pengikat dan bahan pendukung sebagai penguat. Bahan penguat dapat dibentuk serat, partikel, serpihan atau dapat berbentuk yang lain (Surdia, 1992).

Bentuk (dimensi) dan struktur penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula jika terjadi interaksi antara penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit. Material komposit terdiri lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Dibanding dengan material konvensional, bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi, dan tahan terhadap keausan (Bishop dan Smallman, 2000).

Pada umumnya dalam proses pembuatannya melalui pencampuran yang homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan mengatur komposisi dari material pembentuknya.. Komposit merupakan gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat (Mehta, 1986).

2.1.1 Penguat (*Reinforcement*)

Reinforcement (penguat) adalah salah satu bagian utama dari komposit yang berperan untuk menahan beban yang diterima oleh material komposit sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan. Bahan penguat biasanya kaku dan tangguh. Bahan penguat yang umum digunakan adalah jenis partikel, serat serat alam, serat karbon, serat gelas dan keramik. Ilustrasi penguat (*reinforcement*) seperti **gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Ilustrasi *reinforcement* (Van Vlack,1985)

Jenis-jenis material komposit berdasarkan penguatnya dibagi menjadi 3 yaitu:

- a. Komposit serat merupakan komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang difabrikasi, misalnya serat dan resin sebagai perekat.
- b. Komposit berlapis (*laminated composite*) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Contohnya

polywood, laminated glass yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.

- c. Komposit partikel (particulate composite) merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan matriks seperti butiran (batu dan pasir). Partikel seharusnya berukuran kecil dan terdistribusi merata agar dapat menghasilkan kekuatan lebih seragam (Van Vlack, 1985).

2.1.2 Matriks

Matriks dalam struktur komposit berasal dari bahan polimer atau logam. Syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit adalah harus bisa meneruskan beban, sehingga serat bisa melekat pada matriks dan kompatibel antara serat dan matriks. Matriks dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar bekerja dengan baik. Matriks juga bergungsi sebagai pelapis serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan lunak dan liat. Pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan serat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi (Gibson, 1994). Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar. Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Mentransfer tegangan ke serat secara merata.
2. Melindungi serat dari gesekan mekanik.
3. Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
4. Melindungi dari lingkungan yang merugikan.
5. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Komposit matriks mempunyai kegunaan yaitu sebagai berikut:

1. Matriks memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
2. Pada pembebanan dapat merubah bentuk dan mendistribusikan tegangan ke unsur utamanya yaitu serat.
3. Memberikan sifat: *ductility, toughnes dan electrical*

insulation.

Klasifikasi matriks dalam struktur komposit dapat dibedakan menjadi:

1. Matriks polimer

Polimer merupakan bahan matriks yang paling sering digunakan.

Adapun jenis polimer yaitu:

- a. *Thermoset* adalah plastik atau resin yang tidak bisa berubah karena panas (tidak bisa didaur ulang). Misalnya: *epoxy, polyester, phenolic.*
- b. Termoplastik adalah plastik atau resin yang dapat dilunakkan terus menerus dengan pemanasan atau dikeraskan dengan pendinginan dan bisa berubah karena panas (bisa didaur ulang). Misalnya: *Polyamid, nylon, polysurface.*

2. Matriks keramik

Pembuatan komposit dengan bahan keramik yaitu keramik dituangkan pada serat yang telah diatur orientasinya dan merupakan matriks yang tahan pada temperatur tinggi. Misalnya SiC dan SiN yang sampai tahan pada temperatur 1650°C.

3. Matriks logam

Matriks cair dialirkan sekeliling sistem *fiber* yang telah diatur dengan perekatan difusi atau pemanasan.

4. Matriks karbon

Fiber direkatkan dengan karbon sehingga terjadi karbonisasi, pemilihan matriks harus didasarkan pada kemampuan *elongisasi* saat patah yang lebih besar dibandingkan dengan *filler*. Perlu diperhatikan berat jenis, *viskositas*, kemampuan membasahi *filler*.

Pada komposit semakin banyak *void* (kekosongan) maka komposit semakin rapuh dan apabila sedikit *void* komposit semakin kuat. *Void* yang terjadi pada matriks sangat berbahaya, karena pada bagian

tersebut *fiber* tidak didukung oleh matriks, sedangkan *fiber* selalu akan mentransfer tegangan ke matriks. Hal seperti ini menjadi penyebab munculnya *crack*, sehingga komposit akan gagal lebih awal.

Matriks berfungsi untuk mendistribusikan beban kedalam seluruh bagian penguat komposit dan sebagai pengikat bahan penguat dalam pembuatan sebuah komposit dan juga sebagai pelindung partikel dari kerusakan oleh faktor lingkungan. Matriks *polyester* paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan, selain itu harganya murah, resin ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. *Polyester* dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79°C atau lebih tergantung partikel resin dan keperluannya (Schwartz,1984).

Keuntungan matriks *polyester* adalah mudah dikombinasikan dengan serat dan dapat digunakan untuk semua bentuk penguatan plastik. Salah satu keunggulan material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Sifat material hasil penggabungan diharapkan saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada setiap material penyusunnya (Jones, 1975).

Sifat-sifat material yang dapat diperbaharui:

- a. Kekuatan.
- b. Ketahanan korosi.
- c. Ketahanan gesek atau aus.
- d. Berat.
- e. Ketahanan lelah.
- f. Meningkatkan konduktivitas panas.
- g. Tahan lama.

2.2 Klasifikasi Material Komposit

Material komposit terdiri dari unsur-unsur penyusun dan komponen dapat berupa unsur organik, anorganik ataupun metalik dalam bentuk serat, partikel serbuk dan lapisan. Secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu:

2.2.1. Komposit Serat (*Fiber composite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat atau komposit yang terdiri dari *fiber* dan matriks sebagai pengikat. Komposit yang terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau *fiber*. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Peningkatan kekuatan menjadi tujuan utama, komponen penguat harus mempunyai rasio aspek yang besar, yaitu rasio panjang terhadap diameter harus tinggi agar beban ditransfer melewati titik dimana mungkin terjadi perpatahan (Vlack L. H, 2004).

Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matriks 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 matriks penyusun komposit (Vlack L. H, 1985).

Serat dalam bahan komposit berperan sebagai bahan utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan atau diameter serat yang mendekati kristal, maka semakin kuat bahan tersebut karena minimnya cacat pada material.

Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang akan membentuk jaringan memanjang yang utuh. Berdasarkan jenisnya, serat penguat untuk komposit dapat dibedakan

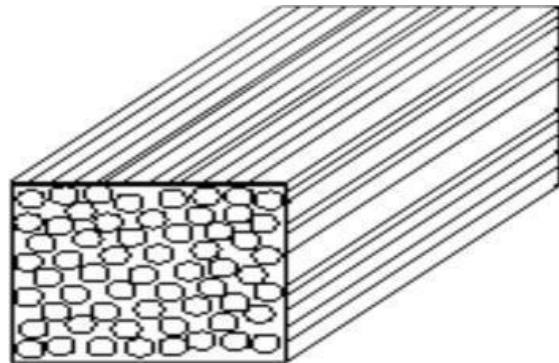
menjadi dua, yaitu:

- a. Serat buatan (*Sintetic fiber*), merupakan serat penguat untuk bahan komposit yang dibuat dari bahan-bahan kimia. Contohnya: serat gelas (*fiber glass*), serat optik (*fiber optic*), serat poliester (*polyester fiber*) dan lain-lain.
- b. Serat alami (*Natural fiber*), merupakan serat penguat untuk bahan komposit yang merupakan serat alami dari hasil alam. Serat alami dapat berasal dari hewani walaupun pada umumnya kebanyakan berasal dari tumbuh-tumbuhan. Contoh: bulu domba (hewani), serat bambu dan serat pisang (tumbuhan) dan lain-lain.

Penempatan serat dan arah serat yang tepat pada posisinya akan menjadikan komposit dapat menahan beban lebih baik. Serat dibedakan menjadi beberapa bagian seperti pada **gambar 2.2, 2.3, 2.4 dan 2.5**.

- a. *Continous fiber composite*

Continous fiber composite mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya dan mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan.

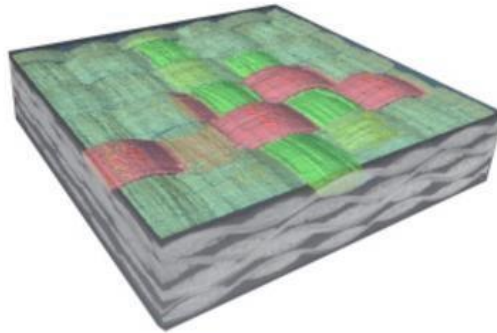


Gambar 2.2 *Continous fiber composite* (Gibson, 1994)

- b. *Woven fiber composite*

Woven fiber composite tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus

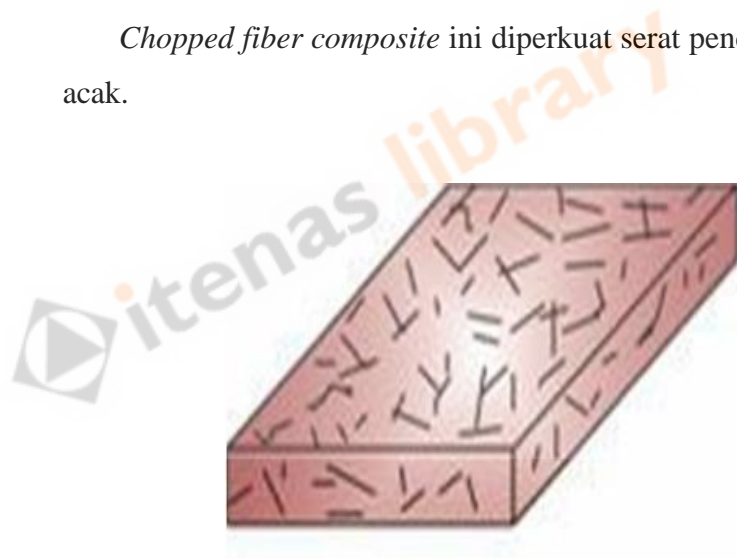
mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah. (komposit yang diperkuat dengan serat anyaman).



Gambar 2.3 *Woven fiber composite* (Gibson, 1994).

c. *Chopped fiber composite*

Chopped fiber composite ini diperkuat serat pendek dan serat acak.



Gambar 2.4 *Chopped fiber composite* (Gibson, 1994)

d. *Hybrid fiber composite*

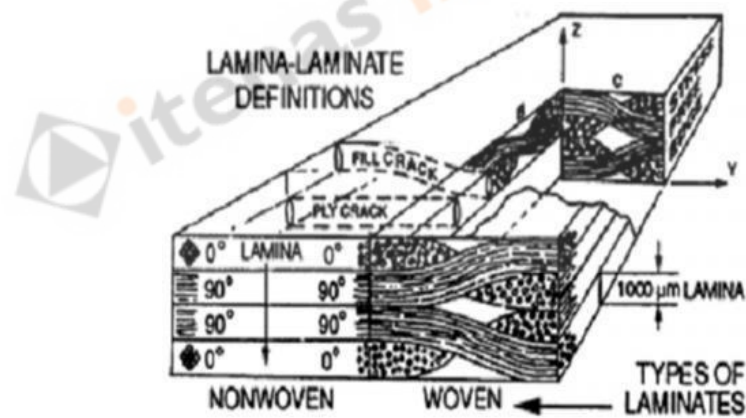
Hybrid fiber composite merupakan komposit gabungan antara serat lurus dengan serat acak. Tipe ini digunakan supaya dapat mengganti kekurangan sifat-sifat kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya.



Gambar 2.5 Hybrid composite (Gibson, 1994)

2.2.2. Struktural komposit (*Structute composite*)

Komposit struktural merupakan struktural yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Mikrostruktur lamina seperti pada **gambar 2.6**. (Zankert, 1999)

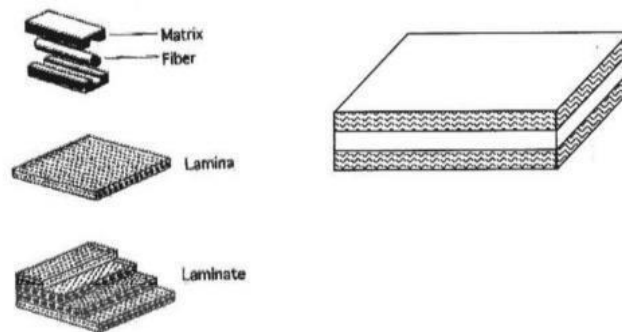


Gambar 2.6 Mikrostruktur lamina (Zankert, 1999)

1. Komposit *Laminate*

Laminate merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik sifat sendiri. Komposit laminat ini terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat hibrid. Komposit lamina yang serat penguatnya hanya searah pada umumnya tidak

menguntungkan karena memiliki sifat yang buruk. Untuk itulah struktur komposit dibuat dalam bentuk *laminata* yang terdiri dari beberapa macam lapisan yang diorientasikan dalam arah yang diinginkan dan digabungkan bersama sebagai sebuah unit struktur. *Laminata composite* seperti pada **gambar 2.7**. (Zankert, 1999)



Gambar 2.7 *Laminata composite* (Zankert, 1999)

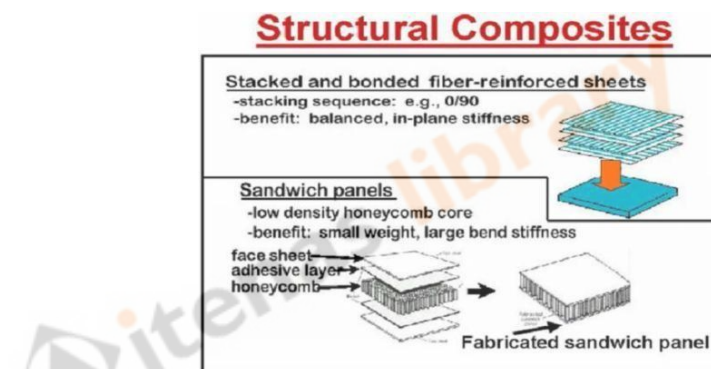
Komposit terdiri dari bermacam-macam lapisan material dalam satu matriks. Bentuk dari komposit laminat adalah:

- a. Bimetal adalah lapis dari dua buah logam yang mempunyai koefisien ekspansi termal yang berbeda. Bimetal akan melengkung seiring dengan berubahnya suhu sesuai dengan perancangan, sehingga jenis ini cocok untuk alat ukur suhu.
- b. Pelapisan logam yang satu dengan yang lain dilakukan untuk mendapatkan sifat terbaik dari keduanya.
- c. Kaca yang dilapisi konsep ini sama dengan pelapisan logam. kaca yang dilapisi akan lebih tahan terhadap cuaca.
- d. Komposit lapis serat dalam hal ini lapisan dibentuk dari komposit serat dan disusun dalam berbagai orientasi serat. Komposit jenis ini biasa digunakan untuk panel sayap pesawat dan badan pesawat.

2. Komposit *sandwich*

Sandwich merupakan komposit yang tersusun dari tiga lapisan yang terdiri dari flat komposit (*metal sheet*) sebagian kulit permukaannya (*skin*) serta material inti (*core*) dibagian

tengahnya. Bagian *skin* ini biasanya berupa lembaran *metals*, *wood*, atau *fiber composite*. Jenis *core* dapat berupa: *honeycombs*, *corrugated*, *balsa wood*, dan *cellular foams*. *sandwich* dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan tetapi mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Biasanya pemilihan bahan untuk komposit *sandwich*, syaratnya adalah ringan, tahan panas dan korosi, serta harga juga dipertimbangkan. Komposit *sandwich* merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk menahan beban lentur, dampak, meredam getaran dan suara. Komposit *sandwich* merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk struktur (Zenkert, 1999).



Gambar 2.8 Structural composite sandwich panels. (Zankert, 1999)

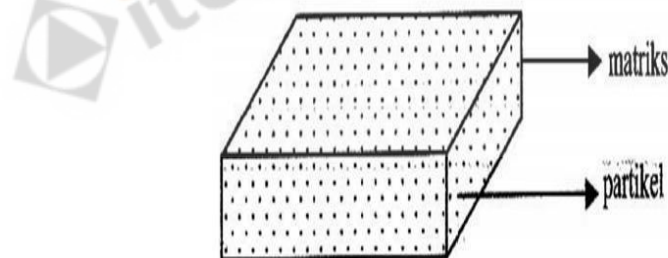
3. Komposit partikel (*Particulate composite*)

Komposit partikel yaitu komposit dengan penguat berupa partikel atau serbuk yang tersebar pada semua luasan dan segala arah dari komposit dan partikel yang tersuspensi di dalam matriks.

Komposit mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, alok, serta bentuk-bentuk lainnya memiliki sumbu hampir sama yang kerap disebut partikel. Komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel, dimana interaksi antara partikel dan matriks terjadi tidak dalam skala atomik atau molekular. Partikel seharusnya berukuran kecil dan terdistribusi merata agar dapat menghasilkan kekuatan lebih

seragam pada berbagai arah dan dapat meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material.

Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, katalisator dan lain-lain. Komposit partikel ini berbeda dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis. Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren antara fase partikel dan matriks yang menunjukkan sambungan yang baik. Partikelnya bisa logam atau non logam, seperti halnya matriks. Selain itu adapula polimer yang mengandung partikel yang hanya dimaksudkan untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat komposit (Jones, 1975). Komposit partikel (*Particulate composite*) seperti **gambar 2.9**.

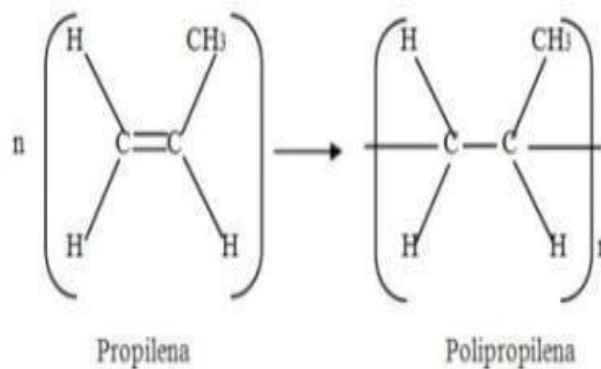


Gambar 2.9. *Particulate Composite* (Jones, 1975).

2.3 Polypropylene

Polypropylene atau Polipropilena merupakan polimer hidrokarbon yang termasuk ke dalam polimer termoplastik yang dapat diolah pada suhu tinggi. Polipropilena berasal dari monomer propilena yang diperoleh dari pemurnian minyak bumi. Struktur molekul propilena $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$. Secara industri, polimerisasi polipropilen dilakukan dengan menggunakan katalis

koordinasi. Proses polimerisasi ini akan menghasilkan suatu rantai linear yang berbentuk -A-A-A-A-A-, dengan A merupakan propilena. Reaksi polimerisasi dari propilena secara umum dapat dilihat pada **Gambar 2.10**. (Steven MP.,2001)



Gambar 2.10 Reaksi Polimerisasi dari Propilena Menjadi Polipropilena (Steven MP.,2001)

Polipropilena merupakan jenis bahan baku plastik ringan, densitas 0,90-0,92 kg/m², memiliki kekerasan dan kerapuhan yang tinggi dan bersifat kurang stabil terhadap panas dikarenakan adanya hidrogen tersier. Penggunaan bahan pengisi dan penguat memungkinkan polipropilena memiliki mutu kimia yang baik sebagai bahan polimer dan tahan terhadap pemecahan karena tekanan (*stress-cracking*) walaupun pada temperatur tinggi.

Kerapuhan polipropilena dibawah 0^oC dapat dihilangkan dengan penggunaan bahan pengisi dengan bantuan pengisi dan penguat akan terdapat adhesi yang baik (Gachter,1990).

Polimer yang memiliki konduktivitas panas rendah seperti polipropilena (konduktivitas = 0,12 W/m) kristalinitasnya sangat rentan terhadap laju pendinginan. Misalnya dalam suatu proses pencetakan termoplastik membentuk barang jadi yang tebal dan luas, bagian tengah akan menjadi dingin lebih lambat daripada bagian luar yang bersentuhan langsung dengan cetakan. Akibatnya akan terjadi perbedaan derajat kristalinitas pada permukaan dengan bagian tengahnya. Polipropilena mempunyai

tegangan (*tensile*) yang rendah, kekuatan benturan (*impact strength*) yang tinggi dan ketahan yang tinggi terhadap pelarut organik.

Polipropilena juga mempunyai sifat isolator yang baik mudah diproses dan sangat tahan terhadap air karena sedikit menyerap air dan sifat kekakuan yang tinggi. Seperti polyolefin lain, polipropilena juga mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap bahan kimia anorganik non pengoksidasi, deterjen, alkohol dan sebagainya. Tetapi polipropilena dapat terdegradasi oleh zat pengoksidasi seperti asam nitrat dan hidrogen peroksida. Sifat kristalinitasnya yang tinggi menyebabkan daya regangannya tinggi, kaku dan keras (Almaika S., 1983).

2.3.1 Sifat *Polypropylene*

Polypropylene (PP) memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

1. Tidak berwarna
2. Tahan panas
3. Dapat larut dalam senyawa organik
4. Mempunyai daya renggang tinggi
5. Tidak beracun
6. Tahan terhadap bahan kimia

2.3.2 Sifat Fisik dan Sifat Mekanik *Polypropylene*

1. Sifat Fisik *Polypropylene*

Polypropylene mempunyai sifat-sifat fisik meliputi:

- a. Memiliki massa jenis rendah
 - b. Memiliki sifat tembus cahaya
 - c. Dapat terbakar
 - d. Bersifat kenyal, tidak mudah robek, dan tahan terhadap kelembaban
 - e. Memiliki sifat isolator yang baik
2. Sifat Mekanik *Polypropylene*

a. Kekuatan (*strength*)

Bibandingkan dengan polimer lain polypropylene kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekakuannya lebih tinggi, tetapi ketahanan impaknya rendah terutama pada suhu rendah.

b. Kekenyalan (*elasticity*)

Kebanyakan polypropylene merupakan isotaktik dan memiliki kristalinitas tingkat menengah di antara polietilena berdensitas rendah dengan polietilena berdensitas tinggi, modulus youngnya juga menengah. Melalui penggabungan partikel karet, PP bisa dibuat menjadi liat serta fleksibel, bahkan di suhu yang rendah.

c. Ketangguhan (*toughness*)

Polipropilena mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (chemical resistance) yang tinggi tetapi ketahanan pukul (impact strength) nya rendah. Polipropilena dapat mengalami degradasi rantai saat terkena radiasi ultra violet dari sinar matahari.

d. Kekakuan (*stiffness*)

Apabila dibandingkan dengan PE (*polyethylene*), *Polypropylene* lebih kaku serta tidak mudah sobek.

Tabel 2.1 : Perbandingan *Spesific Gravity* dari berbagai Material Plastik (Mujiarto, 2015)

Resin	<i>Spesific Gravity</i>
PP	0,85 - 0,90
LDPE	0,91 - 0,93
HDPE	0,93 - 0,96
Polistirena	1,05 - 1,08
ABS	0,99 - 1,10
PVC	1,15 - 1,65
Asetil Selulosa	1,23 - 1,34
Nylon	1,09 - 1,14
Poli Karbonat	1,20
Poli Asetat	1,38

Tabel 2.2 : Temperatur leleh proses Termoplastik. (Mujiarto, 2015)

<i>Processing Temperature Rate</i>		
Material	°C	°F
ABS	180 - 240	356 - 464
Acetal	185 - 225	365 - 437
Acrylic	180 - 250	356 - 482
Nylon	260 - 290	500 - 554
Poly Carbonat	280 - 310	536 - 590
LDPE	160 - 240	320 - 464
PP	200 - 300	392 - 572
PS	180 - 260	356 - 500
PVC	160 - 180	320 - 365

2.3.3 Polypropylene High Impact

Polypropylene high impact (PPHI) merupakan salah satu polimer yang umum digunakan dalam industri otomotif Indonesia. Ketahanan terhadap beban impact yang tinggi. Karakteristik PPHI bisa dilihat di **gambar 2.11**

Sr. No.	Properties	Test Method	Units	Values*
Physical Properties				
1	Melt Flow Index (230°C & 2.16 kg)	ASTM D1238	g / 10 min	3.5
2	Density (23 °C)	ASTM D 1505	Gm/cm ³	0.90
Mechanical Properties				
3	Tensile Strength @ Yield (50mm / min)	ASTM D 638	MPa	28
4	Elongation @ Yield (50mm / min)	ASTM D 638	%	9
5	Flexural Modulus (1.3 mm/min)	ASTM D790A	MPa	1200
6	Notch Izod Impact Strength (@ 23°C)	ASTM D 256	J/m	150
Thermal Properties				
7	Vicat Softening Point (10N)	ASTM D1525	°C	150
8	Heat Deflection Temperature (0.46N/m ²)	ASTM D 648	°C	90
* Mechanical Properties tested on Injection molded specimen prepared in accordance with ASTM D 4101 and conditioned as per ASTM D 618				
* Typical Values and not to be taken as specifications, values may change without any prior notice.				

Gambar 2.11 Karakteristik *Polypropylene High Impact* (PPHI)

2.4 Serat Alam

Serat alam yaitu serat yang berasal dari alam (bukan buatan ataupun rekayasa manusia). Serat alam atau bisa dibidang sebagai serat alami ini yang biasanya didapat dari serat tumbuhan (pepohonan) seperti pohon bambu, pohon kelapa, pohon pisang serta tumbuhan lain yang terdapat serat pada batang maupun daunnya. Serat alam yang berasal dari binatang, antara lain sutera, ilama dan wool. Penelitian dan penggunaan serat alami berkembang dengan sangat pesat dewasa ini karena serat alami banyak memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat buatan (rekayasa), keunggulan dari serat alami seperti beban lebih ringan, bahan mudah didapat, harga relatif murah dan yang paling penting ramah lingkungan terlebih Indonesia memiliki kekayaan alam yang begitu melimpah. Penggunaan serat alami dewasa ini sudah merambah berbagai bidang kehidupan manusia, layaknya serat buatan, serat alami juga mampu digunakan sebagai modifikasi dari serat buatan.

Menurut Chandrabakty (2011) terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan serat alam sebagai penguat komposit sebagai berikut :

1. Kelebihan Serat Alam

Serat alam mendapat perhatian dari para ahli material komposisi karena :

- a. Lebih ramah lingkungan dan *biodegradable* dibandingkan dengan serat sintetis.
- b. Merupakan raw material terbaharui dan ketersediaannya berlimpah didaerah tertentu.
- c. Mempunyai sifat mekanik yang baik, terutama kuat Tarik.
- d. *Combustibility*, artinya serat alam yang dapat dibakar jika tidak digunakan lagi, dan energi pembakarannya dapat dimanfaatkan.
- e. Berat jenis serat alam lebih kecil.

- f. Aman bagi kesehatan karena merupakan bahan alam yang bebas dari bahan kimia sintetis, selain itu bila dibakar tidak menimbulkan racun.
- g. Serat alam lebih ekonomis dari serat glass dan serat karbon.

2. Kekurangan Serat Alam

Selain kelebihan, serat alam juga memiliki kekurangan yang perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengurangi kekurangan tersebut. Kekurangan serat alam yaitu :

- a. Kualitas bervariasi tergantung pada cuaca, jika cuaca cerah atau tidak hujan, maka serat yang didapat memiliki kelembaban yang rendah yang berguna dalam proses pembuatan komposit. Serat yang lembab menyebabkan matrik mengembang dan timbul void (kekosongan)
- b. Temperatur prosesnya terbatas. Hal ini disebabkan karena sifat serat alam mudah terbakar, sehingga jika temperature prosesnya terlalu tinggi maka serat akan terbakar.
- c. Kemampuan rekatnya rendah. Hal ini dikarenakan kandungan lignin dan minyak yang mana mengurangi kekuatan rekat serat dengan matrik.
- d. Dimensinya bervariasi antara serat yang satu dengan yang lain walau satu jenis serat. Hal ini dikarenakan sifat serat alam higroskopik, dimana antara serat yang satu dengan lain memiliki kadar penyerapan air yang berbeda-beda. Jika daya serapnya tinggi, maka dimensi serat menjadi lebih besar dibandingkan serat yang daya serapnya rendah.

Kualitas dan sifat dari serat tergantung dari beberapa factor seperti ukuran, kematangan (umur) dan proses atau metode yang digunakan untuk mengekstrak serat. Sifat-sifat seperti densitas, electrical resistivity, kekuatan Tarik dan intial modulus sangat berkaitan dengan struktur internal dan kandungan kimia dari serat. (Mohanty dkk, 2011).

Tabel 2.3 Perbandingan beberapa sifat dari serat alam dan sintetis (Surdia,1995)

Jenis Serat	Density (g/cm ³)	Diameter (μm)	Tensile Strength (MPa)	Young's Modulus (GPa)	Elongation at Break (%)
Jute	1,3-1,45	20-200	393-773	13-26,5	7-8
Flax	1,5	-	345-1100	27,6	2,7-3,2
Hemp	-	-	690	-	1,6
Rami	1,5	-	400-938	61,4-128	1,2-3,8
Nanas	1,45	50-200	468-649	9,4-22	3-7
PALF	-	20-80	413-1627	34,5-82,51	1,6
Cotton	1,5-1,6	-	287-800	5,5-12,6	7-8
Coir	1,15	100-450	131-175	4-6	15-40
E-Glass	2,5	-	2000-3500	70	2,5
S-Glass	2,5	-	4570	86	2,8
Aramid	1,4	-	3000-3150	63-67	3,3-3,7
Carbon	1,7	-	4000	230-240	1,4-1,8

Perbedaan antara serat alam dan serat sintetis antara lain :

1. Kehomogenan Serat sintetis memiliki sifat yang lebih homogen dibandingkan dengan serat alam, karena serat sintetis ini memang sengaja dibuat dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya, sedangkan serat alam adalah serat yang terdapat di alam, maka hasil yang didapat yang sesuai dengan yang tersedia dari alam.
2. Kekuatan Serat sintetis pada umumnya memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan serat alam, karena serat sintetis ini memang telah direncanakan memiliki kekuatan tertentu setelah dilakukan proses produksi, sedangkan serat alam kekuatannya hanya tergantung dari yang tersedia di alam, sehingga kita harus menyesuaikan untuk menggunakannya pada kepentingan tertentu.
3. Kemampuan untuk di proses Serat sintetis memiliki kemampuan untuk diproses yang lebih tinggi dibandingkan serat alam, karena serat sintetis ini memang dibuat di pabrik, sehingga dirancang agar dapat diproses kembali untuk keperluan pembuatan material tertentu.

4. Harga Serat alam memiliki harga yang murah dibandingkan dengan serat sintetis, dikarenakan serat alam dapat dengan mudah ditemukan di alam. Sedangkan serat sintetis memiliki harga yang mahal, karena serat ini harus melewati proses produksi yang memerlukan biaya.

2.4.1 Serat Nanas

Serat daun nanas (pineapple-leaf fibres) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (vegetable fibre) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu *Ananas Cosmosus*, (termasuk dalam family Bromeliaceae), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim. Menurut sejarah, tanaman ini berasal dari Brazilia dan dibawa ke Indonesia oleh para pelaut Spanyol dan Portugis sekitar tahun 1599.

Di Indonesia tanaman tersebut sudah banyak dibudidayakan, terutama di pulau Jawa dan Sumatera yang antara lain terdapat di daerah Subang, Majalengka, Purwakarta, Purbalingga, Bengkulu, Lampung dan Palembang, yang merupakan salah satu sumber daya alam yang cukup berpotensi. Tanaman nanas akan dibongkar setelah dua atau tiga kali panen untuk diganti tanaman baru, oleh karena itu limbah daun nanas terus berkesinambungan sehingga cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai produk tekstil yang dapat memberikan nilai tambah.

Daun nanas mempunyai lapisan luar yang terdiri dari lapisan atas dan bawah. Diantara lapisan tersebut terdapat banyak ikatan atau helai-helai serat (*bundles of fibre*) yang terikat satu dengan yang lain oleh sejenis zat perekat (*gummy substances*) yang terdapat dalam daun. Karena daun nanas tidak mempunyai tulang daun, adanya serat-serat dalam daun nanas tersebut akan memperkuat daun nanas saat pertumbuhannya. Dari berat daun nanas hijau yang masih segar akan dihasilkan kurang lebih sebanyak 2,5 sampai 3,5% serat daun nanas.

Bentuk daun nanas menyerupai pedang yang meruncing diujungnya dengan warna hijau kehitaman dan pada tepi daun terdapat duri yang tajam. Tergantung dari species atau varietas tanaman, panjang daun nanas berkisar antara 55 sampai 75 cm dengan lebar 3,1 sampai 5,3 cm dan tebal daun antara 0,18 sampai 0,27 cm. Di samping species atau varietas nanas, jarak tanam dan intensitas sinar matahari akan mempengaruhi terhadap pertumbuhan panjang daun dan sifat atau characteristic dari serat yang dihasilkan. Intensitas sinar matahari yang tidak terlalu banyak (sebagian terlindung) pada umumnya akan menghasilkan serat yang kuat, halus, dan mirip sutera (strong, fine and silky fibre) [Kirby, 1963, Doraiswamy et al., 1993]. Terdapat lebih dari 50 varietas tanaman nanas didunia, beberapa varietas tanaman nanas yang telah dibudidayakan di Indonesia antara lain Cayenne, Spanish/Spanyol, Abacaxi dan Queen. Pada **Tabel 2.4** memperlihatkan sifat fisik beberapa jenis varietas lain tanaman nanas yang sudah banyak dikembangkan [Doraiswamy et al., 1993].

Tabel 2.4 Sifat Fisik Serat Daun Nanas (Doraiswamy et al, 1993)

<i>Varietas Nanas</i>	<i>Physical Characteristics</i>		
	<i>Length (cm)</i>	<i>Width (cm)</i>	<i>Thickness (cm)</i>
<i>Assam local</i>	75	4.7	0.21
<i>Cayenalisa</i>	55	4.0	0.21
<i>Kallara Local</i>	56	3.3	0.22
<i>Kew</i>	73	5.2	0.25
<i>Mauritius</i>	55	5.3	0.18
<i>Pulimath Local</i>	68	3.4	0.27
<i>Smooth Cayenne</i>	58	4.7	0.21
<i>Valera Moranda</i>	65	3.9	0.23



Gambar 2.12 : Serat Nanas (Almasshabur,2018)

2.5 Proses Pembuatan komposit

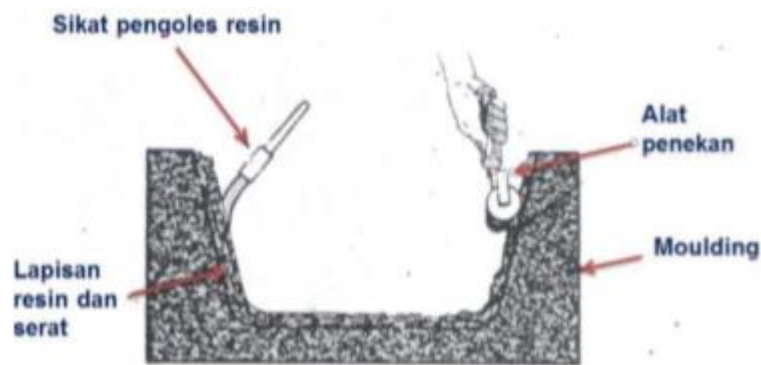
Proses manual terdiri dari hand lay-up dan spray-up yaitu :

a. Hand lay-up

Metode ini lebih banyak digunakan untuk material dengan serat penguat. Keuntungan utamanya adalah proses yang sangat simple sehingga dibutuhkan sedikit peralatan dan cetakan dapat dibuat dari gips, kayu, lembaran plat atau lembaran. Langkah pertama adalah melapisi cetakan dengan pelapis (wax atau lapisan lilin) untuk mencegah cetakan lengket.

Kemudian diikuti lapisan tipis ($\pm 0,3-0,4\text{mm}$) resin murni disebut lapisan jel yang mempunyai beberapa fungsi. Pertama menutup lubang yang tidak teratur pada permukaan cetakan, kedua dan yang terpenting adalah meningkatkan kekuatan dan melindungi dari serangan embun .

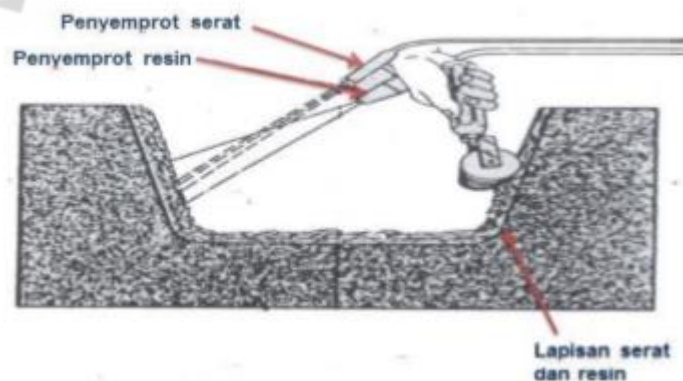
Dimana cenderung mengurangi kekuatan serat atau resin. Lembaran tissue dapat digunakan untuk menjaga kebersihan lapisan jel. Ini menciptakan ketahanan impact pada permukaan dan juga menyembunyikan tekstur kasar dari serat penguat (pengisi) ketika lapisan jel mulai kering penguat utama diletakan. Pertama kali dioleskan dan diikuti lapisan serat gelas dengan menggunakan tangan. Rol digunakan untuk melekatkan serat dan membuang udara yang terperangkap.



Gambar 2.13 : Proses *Hand Lay-Up* (Aden, 2008)

b. Spray-up

Dalam proses ini, langkah persiapan mirip dengan metode sebelumnya tetapi pemakaian lembaran serat penguat diganti menggunakan semprotan. Benang disalurkan ke unit penyemprot dan helai benang disemprotkan ke cetakan terus menerus dengan resin. Ketebalan cetakan dapat dengan mudah dibuat per bagian sehingga menjadi berkekuatan tinggi. Bagaimanapun juga keberhasilan metode ini tergantung pada kemampuan operator dalam pengontrolan ketebalan komposit dan juga perbandingan serat dan resin.

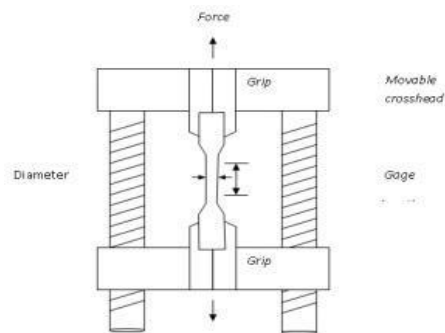


Gambar 2.14 : Proses *Spray* (Aden, 2008)

2.6 Uji Tarik

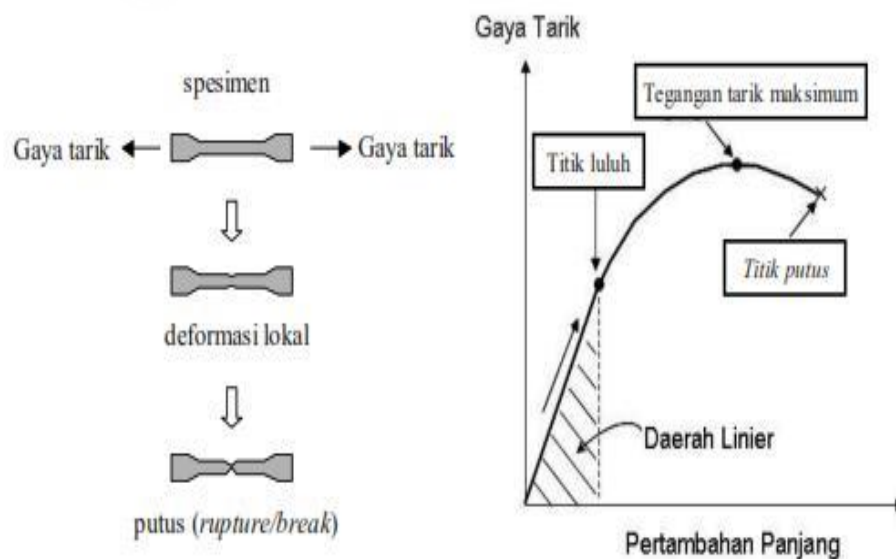
Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu

(Askeland, 1985). Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat.



Gambar 2.15 Mesin Uji Tarik (Askeland, 1985).

Pengujian tarik adalah dasar dari pengujian mekanik yang dipergunakan pada material. Dimana spesimen uji yang telah distandarisasi, dilakukan pembebanan *uniaxial* sehingga spesimen uji mengalami peregangan dan bertambah panjang hingga akhirnya patah. Dari uji Tarik di dapat kurva yang menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Kurva tersebut bisa dilihat di **Gambar 2.13**



Gambar 2.16 Kurva Uji Tarik (Azhari Sastranegara. 2016)

Tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang spesimen uji.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

σ = Tegangan Tarik / Kekuatan Tarik (MPa)

F = Beban Saat Spesimen Putus (N)

A = Luas Penampang (m²)

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan rekayas adalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang awan dengan panjang sesaat ukur benda uji.

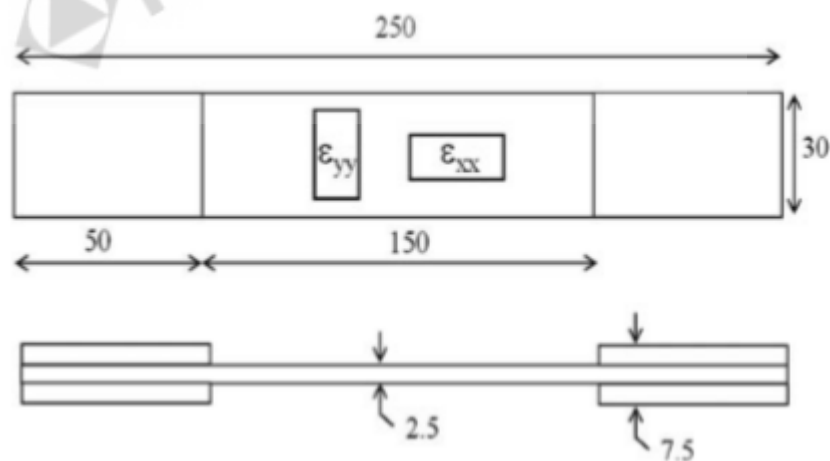
$$\varepsilon = \frac{L_i}{L_o} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

ε = Regangan

L_i = Panjang Awal

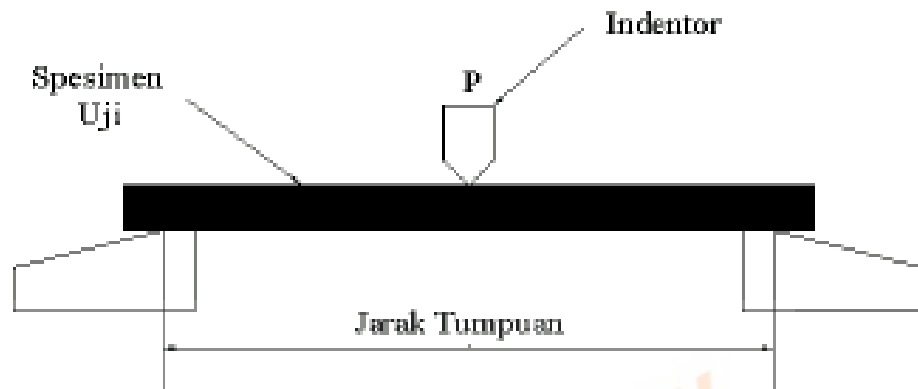
L_o = Panjang Akhir Saat Spesimen Akan Putus



Gambar 2.17 Geometri Spesimen Uji Tarik ASTM D3039

2.7 Uji Bending

Uji *bending* adalah suatu proses pengujian material dengan cara di tekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (*bending*) suatu material yang di uji.



Gambar 2.18 Uji Bending (Askeland, 1985).

Pengukuran tegangan yang terjadi pada specimen uji bending dapat dilakukan melalui perhitungan berikut :

$$\sigma = \frac{M.c}{I} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

σ = Kekuatan Bending (MPa)

M = Momen Lentur di Penampang Spesimen

c = Jarak dari sumbu ke elemen yang dituju

I = Inersia Penampang

Untuk melakukan uji *bending* ada factor dan aspek yang harus dipertimbangkan dan dimengerti yaitu :

1. Tekanan

Tekanan adalah perbandingan antara gaya yang terjadi dengan luasan benda yang dikenai gaya. Besarnya tekanan yang terjadi dipengaruhi oleh dimensi benda yang di uji. (Sularso & Tahara, 1983)

2. Benda Uji

Benda uji adalah suatu benda yang di uji kekuatan lengkungnya dengan menggunakan alat uji *bending*. Jenis material benda uji yang digunakan sebagai benda uji sangatlah berpengaruh dalam pengujian *bending*.

3. Point Bending

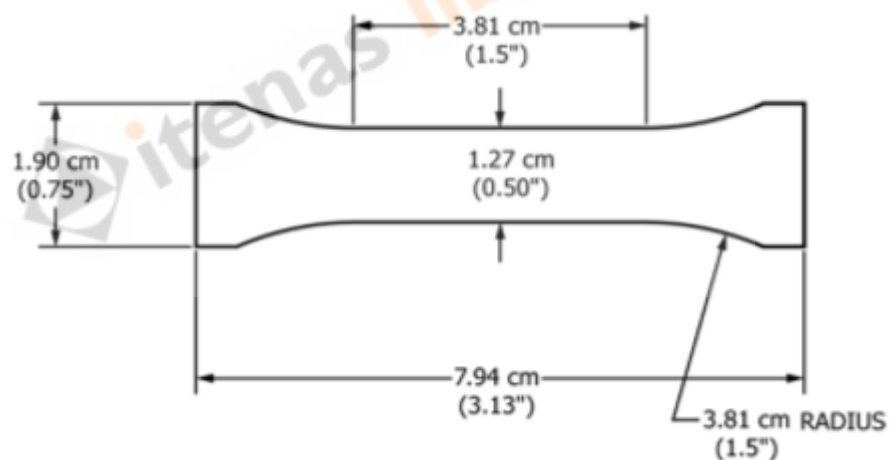
Point bending adalah suatu sistem atau cara dalam melakukan pengujian lengkung (*bending*).

4. Rangka

Rangka berfungsi sebagai penahan kekuatan balik dari gaya tekan yang dihasilkan oleh alat penekan pada saat proses pengujian.

5. Alat ukur

Alat ukur berfungsi sebagai pembaca data hasil pengukuran pada saat pengujian berlangsung.



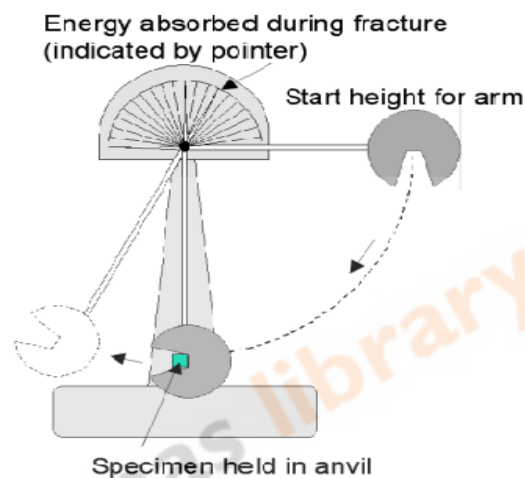
Gambar 2.19 Geometri Spesimen Uji Bending ASTM D 695

2.8 Uji Impak

Uji impak merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk menguji ketangguhan suatu spesimen bila diberikan beban secara tiba-tiba melalui tumbukan. Suatu bahan mungkin memiliki kekuatan tarik yang tinggi tetapi tidak memenuhi syarat untuk kondisi pembebanan kejut. Suatu paduan memiliki parameter ketangguhan terhadap perpatahan yang didefinisikan

sebagai kombinasi tegangan kritis dan panjang retak. (Rusnoto,2013).

Prinsip pengujian impact ini adalah menghitung energi yang diberikan oleh beban (pendulum) dan menghitung energi yang diserap oleh spesimen. Pada saat beban dinaikkan pada ketinggian tertentu, beban memiliki energi potensial maksimum, kemudian saat akan menumbuk spesimen energi kinetik mencapai maksimum. Energi kinetik maksimum tersebut akan diserap sebagian oleh spesimen hingga specimen tersebut patah.



Gambar 2.20 Skematis Pengujian Impact (Callister, 2003)

Nilai harga *impact* pada suatu spesimen adalah energi yang diserap tiap satuan luas penampang lintang spesimen uji. Persamaannya sebagai berikut (Callister, 2003):

$$HI = \frac{E}{A} = \frac{W \times R \times (\cos \beta - \cos \alpha)}{A}$$

Dimana :

$$HI = \text{Harga Impact } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{m}^2} \right)$$

E = Energi Impact (J)

A = Luas Penampang (m^2)

g = Percepatan Gravitasi $9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

β = Sudut Naik

α = Sudut Turun

Secara umum benda uji dikelompokkan kedalam dua golongan standar ,

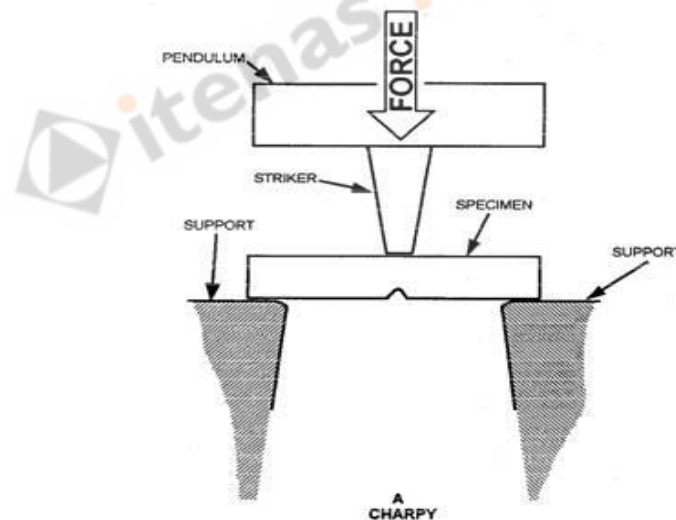
Antara lain :

1. Metoda *Charpy*

Pengujian *impact Charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat. Benda uji *Charpy* mempunyai luas penampang lintang bujursangkar (10 x 10 mm) dan mempunyai takik V-45°, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm. Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang tak bertakik diberi beban *impact* dengan ayunan bandul. Benda uji akan melengkung dan patah pada laju regangan yang tinggi, kira-kira 10^3 detik^{-1} [Avner, 1964]. Ada beberapa nomor standar uji metode *Charpy* sesuai dengan

ASTM, yaitu :

- a. ASTM D 6110-02
- b. ASTM D 6110-04



Gambar 2.21 Skematis Pengujian Impak *Charpy* (Callister, 2003)

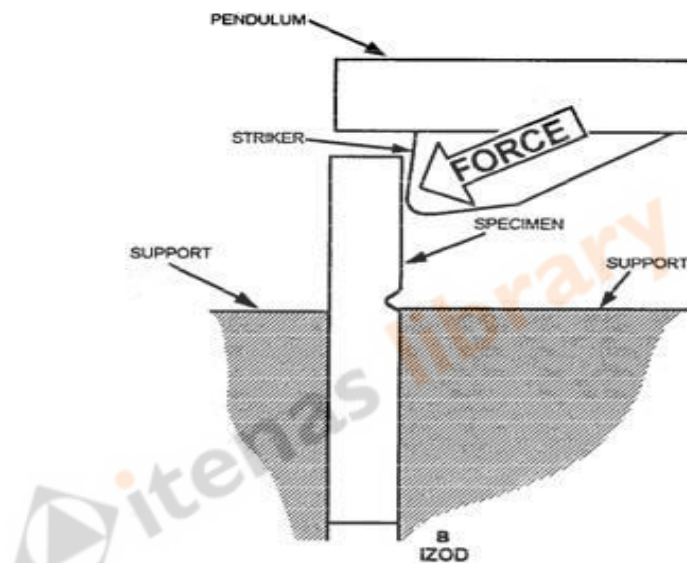
2. Metode Izod

Benda uji *Izod* lazim digunakan di Inggris, namun saat ini jarang digunakan. Benda uji *Izod* mempunyai penampang lintang bujursangkar atau lingkaran dan bertakik V di dekat ujung yang dijepit

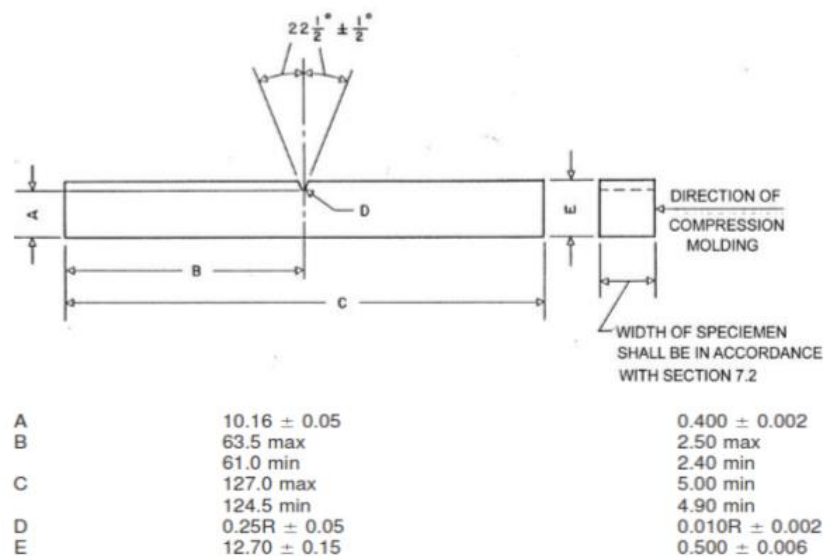
[Avner, 1964].

Ada nomor standar uji metode *Izod* sesuai dengan ASTM, yaitu:

- a. ASTM D 256-00
- b. ASTM D 256-01
- c. ASTM D 256-02
- d. ASTM D 256-03
- e. ASTM D 256-04



Gambar 2.22 Skematis Pengujian Impak *Izod* (Callister, 2003)



Gambar 2.23 Geometri Spesimen Uji Impak ASTM D 6110