

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit merupakan material yang terbuat dari 2 bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal sehingga dihasilkan material komposit yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya”. Komposit bersifat heterogen dalam skala kecil. Bahan penyusun komposit tersebut masing” memiliki sifat yang berbeda kemudian ketika digabungkan dalam susunan tertentu, terbentuk sifat” baru yang disesuaikan dengan sifat mekanik penyusunnya (Krevelen, 1994).

Pada dunia industri komposit merupakan campuran antara polimer (bahan makromolekul dengan ukuran besar yang diperoleh dari minyak bumi atau bahan alami lainnya seperti karet atau serat). Komposit merupakan gabungan antara bahan matrik dan pengikat yang diperkuat. Bahan material terdiri dari dua bahan penyusun, ialah bahan utama sebagai pengikat dan bahan kedua atau pendukung sebagai penguat. Bahan penguat dapat berbentuk serat, partikel, serpihan atau dapat juga berbentuk yang lain (Surdia, 1992).

Adapun beberapa dimensi (bentuk) dan struktur penyusun komposit akan dapat mempengaruhi karakter daripada komposit, begitu juga jika terjadi interaksi antara penyusun, akan meningkatkan sifat dari komposit. Material komposit terdiri lebih dari satu jenis material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik yang diinginkan dari setiap komposisi penyusunnya. Jika disanding dengan material konvensional, bahan komposit memiliki lebih banyak keunggulan, antara lain mempunyai kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, berat yang lebih ringan, kekuatan yang dapat diatur, tahan terhadap keausan, dan tahan korosi (Bishop dan Smallman, 2000).

Pencampuran yang homogen merupakan salah satu proses dalam pembuatannya yang harus digaris bawahi, sehingga kita dapat merencanakan sifat

mekanik material komposit yang diinginkan yang nanti akan digabungkan dengan cara mengatur komposisi dari material pembentuknya (Mehta, 1986)

2.1.1 Penguat (*Reinforcement*)

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



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

Jenis” material komposit dibagi menjadi 3 berdasarkan penguatnya diantaranya:

- a. *Particulate composite* (komposit partikel) adalah komposit yang memakai partikel sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata didalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan matriks seperti butiran (batu dan pasir).
- b. *laminated composite* (Komposit berlapis) ialah komposit yang digabungkan menjadi satu yang terdiri dari 2 lapis atau lebih dan setiap lapisannya memiliki karakter khusus. Contohnya *laminated glass, polywood* yang sering kali digunakan sebagai bahan bangunan dan sejenisnya.

- c. Komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang difabrikasi, misalnya serat dan resin sebagai perekat merupakan komposit serat . (Van Vlack,1985).

2.1.2 Matriks

Dalam struktur komposit, matriks berasal dari bahan logam atau polimer. Yang digunakan dalam komposit sebagai syarat pokok matriks ialah bisa meneruskan beban, sehingga serat bisa melekat atau menempel pada matriks dan homogen antara matriks dan serat. Matriks dalam komposisi komposit berperan untuk mengikat dan melindungi serat agar dapat bekerja maksimal. Matriks disini juga berfungsi sebagai pelapis serat. Pada umumnya matriks terbuat dari bahan” liat dan lunak. Pemilihan bahan serat dan matriks memiliki peranan penting dalam menentukan sifat mekanik dari material komposit. Perpaduan serat dan matriks menghasilkan komposit yang mempunyai kekakuan dan kekuatan yang lebih tinggi menurut (Gibson, 1994) .

Matriks merupakan fasa yang ada didalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar. Komposit matriks mempunyai kegunaan sebagai berikut yaitu:

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

Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut

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

Adapun perbedaan klasifikasi matriks dalam struktur komposit sebagai berikut:

1. Matriks polimer

Polimer adalah bahan matriks yang sering kali digunakan.

Adapun jenis polimer yaitu:

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

2. Matriks keramik

Pembuatan komposit dengan bahan keramik yaitu dengan cara keramik dituangkan pada serat yang orientasinya telah diatur dan merupakan matriks yang tahan pada tinggi temperatur. Misalnya SiN dan SiC yang tahan s a m p a i pada temperatur 1650°C.

3. Matriks logam

Pembuatan komposit dengan bahan logam yaitu dengan cara matriks cair dialirkan pada sekeliling sistem *fiber* dengan perekatan yang telah diatur pemanasan atau difusi .

4. Matriks karbon

Pembuatan komposit dengan bahan *fiber* yaitu dengan cara *fiber* direkatkan dengan karbon sehingga terjadi karbonisasi atau gabungan *fiber* dengan karbon, pemilihan matriks harus didasarkan pada kemampuan *elongisasi* saat patah yang lebih besar jika dibandingkan dengan *filler*. Adapun yang perlu diperhatikan berat jenis, *viskositas*, kemampuan membasahi *filler*.

Apabila pada komposit semakin banyak kekosongan (*void*) maka komposit akan semakin rapuh dan apabila sedikit *void* yang terjadi, maka komposit semakin kuat. *Void* yang terdapat pada matriks sangat berbahaya, karena pada bagian tersebut *fiber* tidak ditopang oleh matriks, sedangkan *fiber* akan selalu memberikan tegangan pada matriks. Hal seperti ini akan menjadi penyebab munculnya *crack*, sehingga komposit akan gagal lebih awal.

Menurut Schwartz matriks berfungsi untuk memberikan beban kedalam

seluruh bagian penguat komposit, juga sebagai pelindung partikel dari kerusakan oleh faktor lingkungan dan sebagai pengikat bahan penguat dalam pembuatan sebuah komposit. Matriks *polyester* paling banyak digunakan terutama harganya murah, selain itu, untuk aplikasi konstruksi ringan. Resin ini mempunyai karakter khas yaitu transparan, dapat diwarnai, dapat dibuat kaku, 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* yaitu mudah digabungkan dengan serat dan dapat dipakai untuk semua bentuk penguatan plastik. Salah satu keunggulan material komposit bila disandingkan dengan material lainnya adalah perpaduan unsur” yang unggul dari masing” unsur penyusunnya tersebut. Sifat material hasil perpaduan diharapkan saling melengkapi kekurangan” yang ada pada material penyusunnya (Jones,1975).

Berikut merupakan Sifat” material yang bisa diperbaharui:

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

2.2 Klasifikasi Material Komposit

Material komposit tersusun dari unsur” penyusun dan komponen yang dapat berupa unsur organik, anorganik maupun metalik dalam bentuk lapisan, partikel serbuk dan serat. Komposit diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu:

2.2.1. Komposit Serat (*Fiber composite*)

Komposit serat adalah jenis komposit yang menjadikan serat sebagai penguat atau komposit yang terdiri dari matriks dan *fiber* sebagai pengikat. Komposit yang tersusun dari satu lapisan atau satu lamina yang menjadikan penguat berupa serat. Serat yang dipakai biasanya merupakan serat karbon, serat

gelas, serat aramid dan sejenisnya. Serat ini bisa dirangkai secara acak atau dengan susunan 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 didistribusikan melalui titik dimana mungkin terjadi patahan (Vlack L. H, 2004) .

Serat yang digunakan sangat mempengaruhi tinggi rendahnya kekuatan komposit, karena tegangan yang diterima oleh komposit mulanya diterima dahulu oleh matriks dan akan didistribusikan pada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh sebab itu serat harus memiliki modulus elastisitas dan tegangan tarik yang lebih tinggi dari pada matriks penyusun kompositnya (Vlack L. H, 2004).

Serat pada material komposit bekerja 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.

Fiber (serat) merupakan suatu macam bahan berupa potongan” komponen yang akan membentuk rangkaian memanjang yang utuh. Berdasarkan jenisnya, serat penguat untuk komposit dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

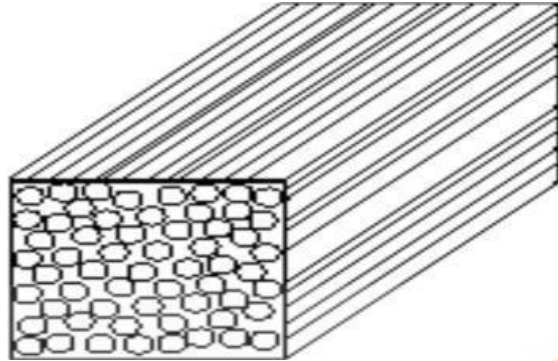
- a. *Natural fiber* (Serat alami), merupakan serat penguat untuk material komposit yang merupakan serat alami dari hasil alam. Serat alam dapat berasal dari hewan walaupun pada umumnya kebanyakan berasal dari tumbuh”. Contoh: bulu domba (hewan), serat rami dan serat nanas (tumbuhan) dan masih banyak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

Penempatan arah serat dan serat yang bagus pada posisinya akan berpengaruh pada komposit yang dapat menahan beban lebih tinggi. Serat dapat dibedakan

menjadi 4 bagian seperti pada **gambar 2.2, 2.3, 2.4 dan 2.5.**

a. *Continous fiber composite*

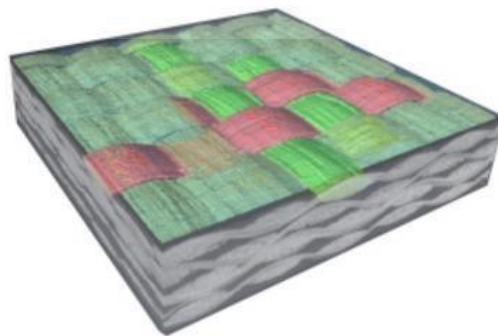
Continous fiber composite memiliki komposisi serat lurus dan panjang, membentuk lamina diantara matriks dan mempunyai kekurangan pemisahan antar lapisan.



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

b. *Woven fiber composite*

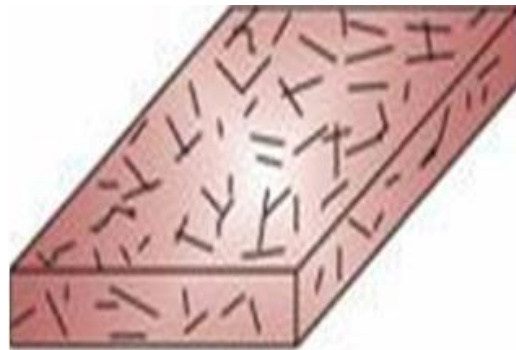
Woven fiber composite sulit dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena komposisi seratnya mengikat antar lapisan. Komposisi serat yang memanjang naik turun mengakibatkan kekakuan dan kekuatan melemah. (komposit yang dirangkai dengan serat anyaman).



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

c. *Chopped fiber composite*

Chopped fiber composite komposit ini disusun oleh serat pendek dan serat acak.



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

d. *Hybrid fiber composite*

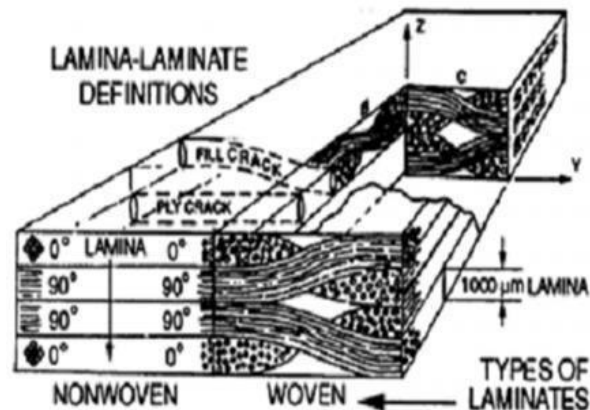
Hybrid fiber composite adalah komposit paduan antara serat acak dengan serat lurus. Tipe ini digunakan supaya dapat mengganti kelemahan sifat” kedua jenis material dan dapat menyatukan kelebihanannya.



Gambar 2.5. *Hybrid composite* (Gibson, 1994)

2.2.2. Struktural komposit (*Structute composite*)

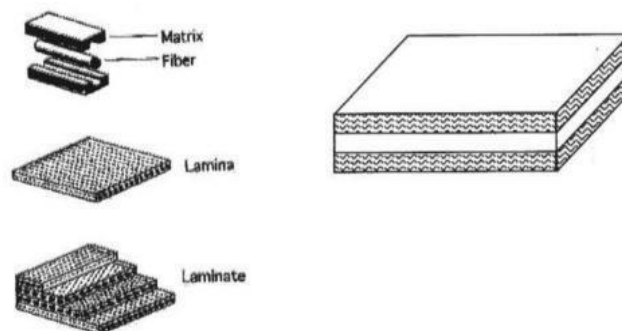
Komposit struktural (*Structute composite*) adalah srtuktur yang tersusun dari 2 material atau lebih dengan sifat yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Mikrostruktur lamina seperti pada **gambar 2.6.** (Zankert, 1999).



Gambar 2.6 Mikrostruktur lamina (Zankert, 1999)

1. Komposit *Laminate*

Komposit *laminate* adalah salah satu macam komposit yang tersusun dari 2 lapis atau lebih yang disatukan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakter sifat yang berbeda. Komposit laminar ini tersusun atas 4 jenis yaitu komposit komposit serat acak, serat kontinu, komposit serat anyam, dan komposit serat hibrid. Komposit laminar yang serat penguatnya hanya searah, pada umumnya tidak merubah menjadi lebih baik karena memiliki sifat yang kurang baik. Untuk itulah struktur komposit dibuat dalam bentuk *laminate* yang tersusun dari beberapa macam lapisan yang dimasukkan dalam arah yang diinginkan dan disatukan bersama sebagai sebuah unit struktur. *Laminate composite* seperti pada gambar 2.7. (Zankert, 1999).



Gambar 2.7. *Laminate composite* (Zankert, 1999)

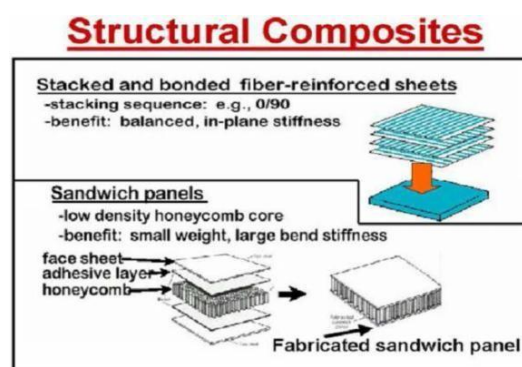
Komposit tersusun dari bermacam” lapisan bahan dalam satu matriks. Bentuk dari komposit laminar adalah:

- a. “Kaca yang dilapisi” hal ini sama dengan pelapisan logam. kaca yang dilapisi lebih tahan pada perubahan temperature (cuaca).

- b. “Komposit lapis serat” dalam konsep ini lapisan dirangkai dari komposit serat dan disusun dalam berbagai bentuk serat. Komposit jenis dapat juga digunakan untuk badan pesawat dan panel sayap pesawat.
- c. Bimetal merupakan lapis dari 2 buah logam yang memiliki koefisien ekspansi termal sendiri. Bimetal akan melengkung bersamaan dengan bertambahnya suhu sesuai dengan perancangan, sehingga hal ini bagus untuk alat ukur suhu.
- d. Penggabungan logam yang satu dengan yang lain dimaksudkan untuk mendapatkan sifat terbaik dari perpaduan keduanya..

2. Komposit *sandwich*

Komposit *sandwich* adalah material yang tersusun dari 3 lapisan yang tersusun dari *metal sheet* (flat komposit), *skin* (sebagian kulit permukaannya), serta *core* (material inti) dibagian tengahnya. Bagian *skin* ini biasanya merupakan lembaran *metals*, *fiber composite*, atau *wood*. Jenis *core* dapat berupa *cellular foams*, *corrugated*, albasiah *wood*, dan *honeycombs*. *sandwich* dibuat untuk menghasilkan struktur yang mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi tetapi ringan. Pada umumnya pemilihan bahan untuk komposit *sandwich* ini, syaratnya adalah harga yang murah, tahan panas dan korosi, serta ringan. Komposit *sandwich* adalah jenis komposit yang baik untuk menahan beban impact, lentur, meredam suara dan getaran. Komposit *sandwich* merupakan jenis komposit yang sangat baik untuk struktur (Zenkert, 1999).



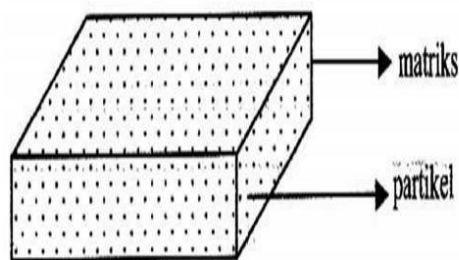
Gambar 2.8. *Structural composite sandwich panels.* (Zankert, 1999)

3. Komposit partikel (*Particulate composite*)

Particulate composite adalah komposit dengan penguat berupa serbuk atau partikel yang terdapat pada semua lapisan dan semua arah dari komposit dan partikel yang terkandung di dalam matriks.

Komposit memiliki material penguat yang ukurannya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, alok, serta bentuk” lainnya yang memiliki sumbu hampir sama, yang sering disebut partikel. Komposit yang tersusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel, dimana hubungan antara matriks dan partikel terjadi diluar skala molekular atau atomik. Partikel seharusnya berdimensi kecil dan tersebar merata agar dapat menghasilkan kekuatan lebih seragam pada berbagai arah dan dapat meningkatkan kekerasan material dan meningkatkan kekuatan.

Komposit partikel adalah produk yang dihasilkan dengan cara menempatkan partikel” dan langsung mengikatnya dengan suatu matriks bersamaan dengan satu atau lebih unsur” perlakuan seperti tekanan, panas, kelembaban, katalisator dan lain sebagainya. Komposit partikel ini akan berbeda jika dibandingkan dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis. Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren antara fase matriks dan partikel yang menunjukkan hubungan yang baik. Partikelnya bisa logam atau non logam, seperti halnya matriks. Selain itu ada juga polimer yang mengandung partikel yang hanya digunakan untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat komposit (Jones,1975). *Particulate composite* (komposit partikel) seperti **gambar 2.9**.

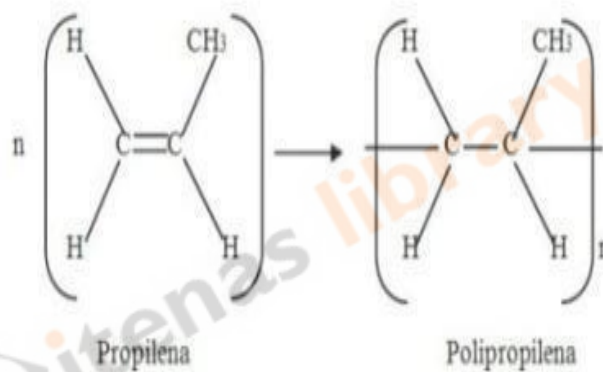


Gambar 2.9. *Particulate Composite* (Jones, 1975).

2.3 Polypropylene

Polypropylene atau Polipropilena adalah polimer hidrokarbon yang termasuk ke dalam polimer termoplastik yang dapat diolah pada suhu tinggi. *Polypropylene* berasal dari monomer propilena yang diperoleh dari pemurnian minyak bumi. Struktur atau rangkaian molekul propilena $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$.

Secara industrial, polimerisasi polipropilena dilakukan dengan menggunakan katalis koordinasi. Proses polimerisasi ini akan menghasilkan suatu rantai linear yang berbentuk $-\text{A}-\text{A}-\text{A}-\text{A}-$, 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 material plastik ringan, densitas 0,90-0,92 kg/m^2 , 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°C 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 ketahanan 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, 201

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 Polypropelene High Impact (PPHI)

Polypropylene high impact (PPHI) merupakan salah satu polimer yang umum digunakan dalam industri otomotif Indonesia. Ketahanan terhadap beban impak 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.

Adapun beberapa kelebihan dan kekurangan serat alam sebagai penguat komposit menurut Chandrabakty (2011) 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

Sedangkan serat alam juga mempunyai kekurangan yang perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meminimalisir kekurangan tersebut.

Kekurangan serat alam yaitu :

- a) Kualitas tergantung pada cuaca atau bervariasi, jika cuaca tidak hujan atau cerah, maka serat yang didapat memiliki kelembaban yang rendah yang berguna dalam proses pembuatan komposit. Serat yang lembab menyebabkan matrik mengembang dan timbul kekosongan (*void*).
- 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) Ukurannya 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 faktor seperti dimensi, umur (kematangan) dan metode atau proses yang digunakan untuk mengekstrak serat. Sifat” seperti kekuatan Tarik, densitas, electrical resistivity, dan intial modulus sangat berpengaruh dengan struktur internal dan kandungan kimia dari serat. (Mohanty , 2011).

Tabel 2.3 Perbandingan beberapa sifat dari serat alam dan sintetik (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 Rami

Serat rami berasal dari tanaman rami yang tumbuh tahunan berumpun menghasilkan serat dari kulit kayunya. Tanaman rami ini berasal dari Cina dikenal dengan nama *Boehmeria nivea*. Di Indonesia khususnya di Jawa Barat dikenal dengan nama haramay dan begitu pula dalam perdagangan internasional tanaman ini dikenal dengan sebutan ramie. Adapun sistematika botani tanaman rami dan gambar pohon rami adalah sebagai berikut :

Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnoliosida*

Subkelas : *Hammamelidae*

Ordo : *Urticales*

Famili : *Urticaceae*

Genus : *Boehmeria*

Spesies : *Boehmeria nivea* (Musaddad, 2007).



Gambar 2.12 Tanaman Rami (Musaddad, 2007)

Rami bukan sekedar tanaman penghasil serat, tetapi mempunyai manfaat lain. Bahkan, rami bisa digolongkan sebagai komunitas *zero*

waste. Artinya, limbah hasil olahan yang berupa serat dapat diolah menjadi berbagai produk alternatif. Tidak hanya limbah olahan, seluruh bagian tanaman rami yang tidak diolah bisa dijadikan produk dengan nilai ekonomi tinggi. Pemanfaatan bagian lain dari tanaman rami selain sebagai penghasil serat karena memiliki kandungan seperti dipaparkan dalam **Tabel 2.4**

Tabel 2.4 Bagian Tanaman Rami dan Kandungannya (Musaddad, M.A 2007)

Bagian Tanaman	Kandungan
Daun	Berat kering (19,56%), protein kering (26,38%), serat kasar (16,24%), lemak kering (3,04%), kalori (4659,13 kalori/gram), N (2,94%), C organik (27,61%), C/N ratio (9), bahan organik (47,76%), P (0,3%), K (2,2%), Mg (0,45%), S (0,19%), Cu (7,95 ppm), Zn (10,68 ppm), Mo (1,43 ppm)
Pucuk Daun	Protein (9,46%), lemak (0,96%), tanin (1,68%), vitamin C (1904,6 ppm), total asam (1,25 %), total gula (0,15%).
Batang dan Akar	N (0,84%), C organik (37,88%), C/N ratio (45), bahan organik (65,53%), P (80%), K (1,06%), Mg (0,51%), S (20 ppm), Zn (4,77 ppm)

2.4.2 Susunan Kimia Serat Rami

Analisa kimia memperlihatkan bahwa selulosa merupakan komponen utama dari serat rami. Komposisi kimia serat rami dapat dilihat pada **Tabel 2.3** berikut :

Tabel 2.5 Sifat fisik dan kimia serat rami (Purwati, D.R 2012)

Karakter	Nilai
Selulosa (% berat)	68,6-76,2
Lignin (% berat)	0,6-0,7
Hemiselulosa (% berat)	13,1-16,7
Pektin (% berat)	1,9
Lilin (% berat)	0,3
Sudut Mikrofibril (°)	7,5
Kadar Air (% berat)	8,0
Kerapatan (mg/m ³)	1,5

2.4.3 Bentuk Serat Rami

Bentuk serat rami terdiri dari membujur dan melintang, jika membujur bentuk memanjang seperti silinder dengan permukaan bergaris – garis dan berkerut-kerut membentuk benjolan-benjolan kecil dan jika melintang bentuk lonjong memanjang dengan dinding sel yang tebal dan lumen yang pipih. Ujung sel tumpul dan tidak berlumen (Evgust, 2011). Gambar serat rami membujur dan melintang dapat dilihat pada **Gambar 2.13** dan **Gambar 2.14** berikut.



Gambar 2.13 Bentuk Serat Rami Membujur



Gambar 2.14 Bentuk Serat Rami Melintang

2.5 Proses Pembuatan komposit

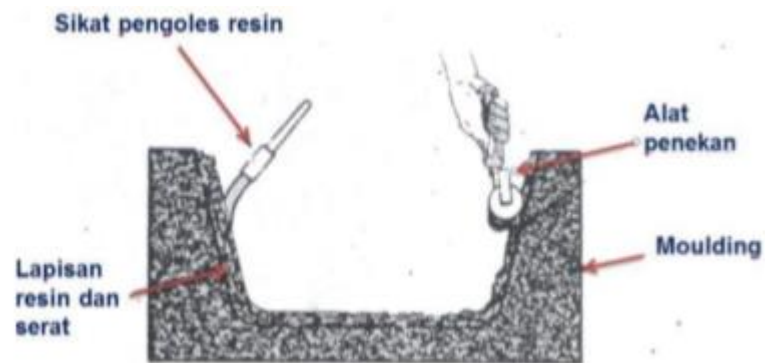
3. Adapun proses yang akan di bahas pada kesempatan kali ini hanya proses manual yang terdiri atas metode hand lay-up dan metode spray-up agar lebih jelas berikut paparan nya :

- a) Hand lay-up

Metode hand lay-up ini lebih banyak dipakai untuk bahan dengan serat penguat. Kelebihan utamanya yaitu proses yang sangat sederhana sehingga dibutuhkan sedikit peralatan dan cetakan dapat dibuat dari lembaran plat, kayu, gips. Adapun langkah pertamanya adalah melapisi cetakan dengan pelapis (lapisan lilin atau wax) lapisan ini berfungsi untuk mencegah cetakan supaya tidak lengket. Kemudian setelah itu diikuti lapisan tipis ($\pm 0,3-0,4\text{mm}$) resin murni sering disebut lapisan jel yang mempunyai beberapa fungsi. Pertama, menghaluskan permukaan cetakan, kedua menutup lubang yang tidak teratur pada permukaan cetakan dan yang terpenting adalah meningkatkan kekuatan dan melindungi dari serangan embun.

Dimana embun ini cenderung mengurangi kekuatan resin atau serat. Lembaran tissue dapat dipakai untuk menjaga kebersihan dari lapisan jel. Ini menciptakan menyembunyikan tekstur kasar dari serat penguat (pengisi) ketika lapisan jel mulai kering penguat utama diletakan dan juga ketahanan impact pada permukaan. Pertama kali dioleskan dan diikuti lapisan *fiber*

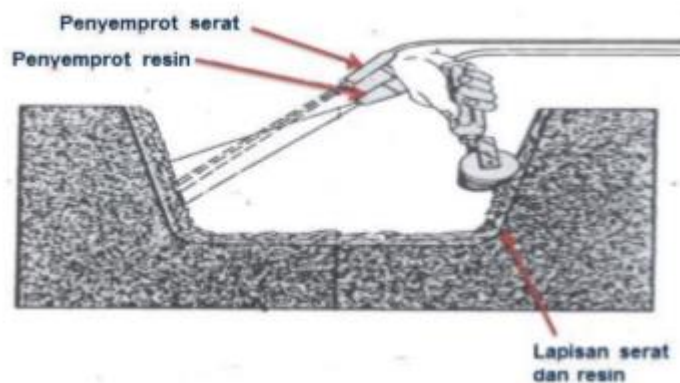
glass dengan tangan. Rol digunakan untuk melekatkan serat dan membuang udara yang terperangkap didalam cetakan.



Gambar 2.15 : Proses *Hand Lay-Up* (Aden, 2008)

b) Spray-up

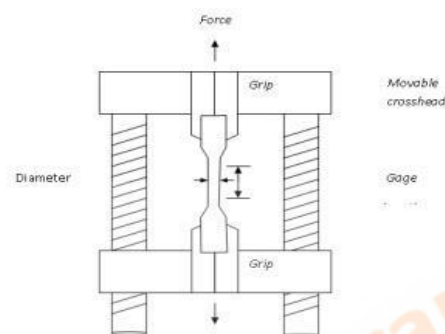
Dalam proses ini, langkah persiapan mirip dengan metode sebelumnya tetapi pemakaian lembaran serat penguat diganti menggunakan semprotan. Benang disalurkan ke unit penyemprot dan helai benang disemprotkan ke cetakan terus menerus dengan resin. Ketebalan cetakan dapat dengan mudah dibuat per bagian sehingga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



Gambar 2.16 : Proses *Spray* (Aden, 2008)

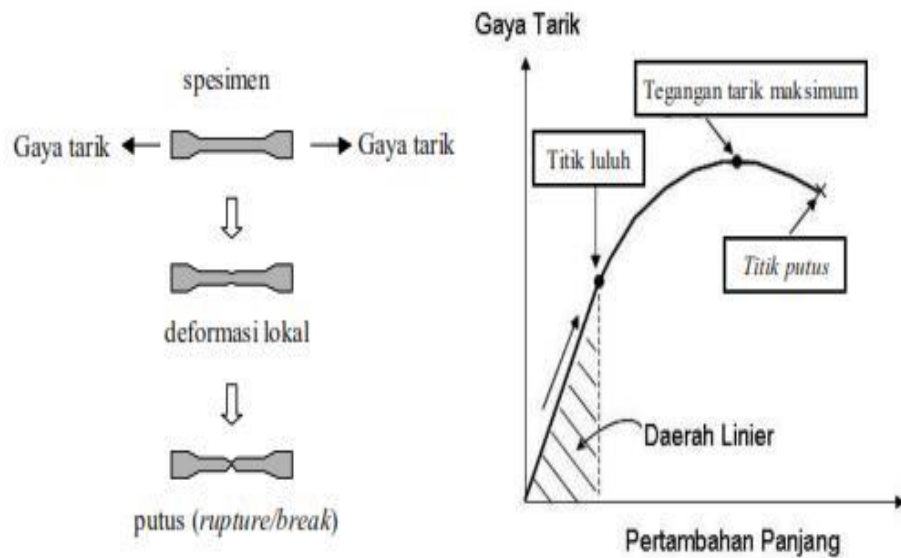
2.6 Uji Tarik

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 2.17 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 2.18**



Gambar 2.18 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 :

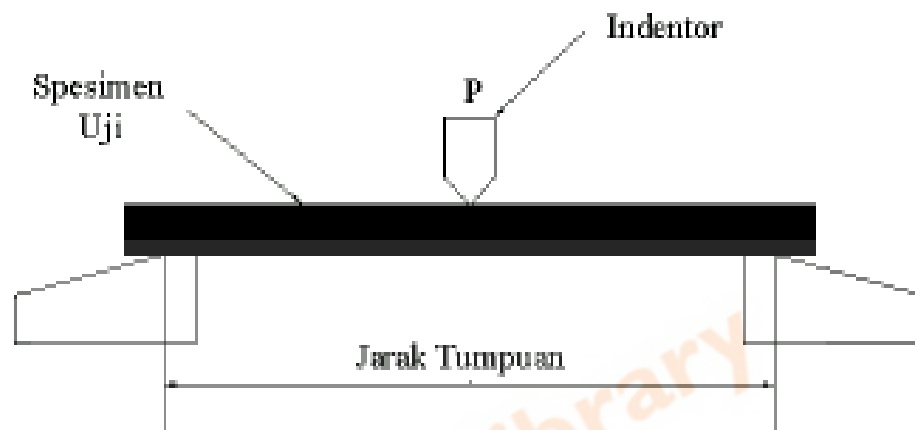
ε = Regangan

L_i = Panjang Awal

L_o = Panjang Akhir Saat Spesimen Akan Putus

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 2.19 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.

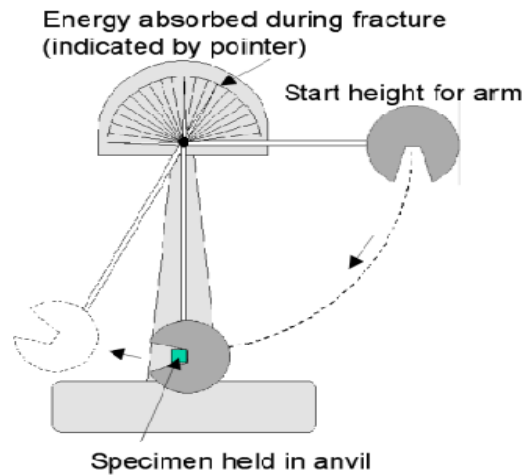
5. Alat ukur

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

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 impak 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 spesimen tersebut patah.



Gambar 2.20 Skematis Pengujian Impak (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 :

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

E = Energi Impak (J)

A = Luas Penampang (m^2)

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

β = Sudut Naik

α = Sudut Turun

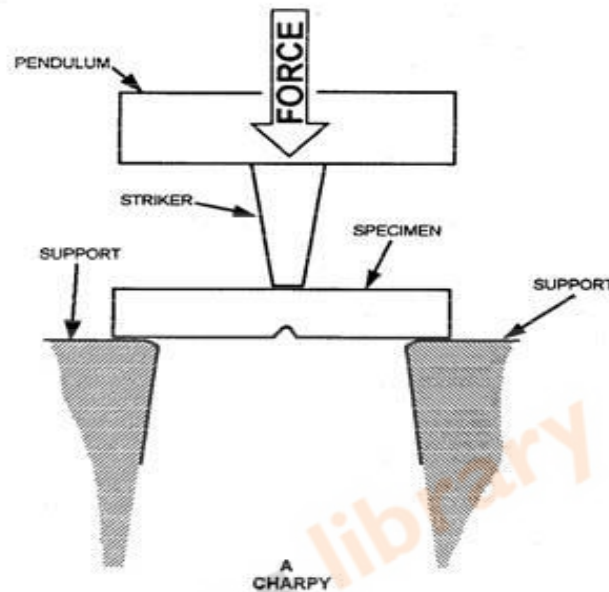
Secara umum benda uji dikelompokkan kedalam dua golongan standar ,
Antara lain :

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



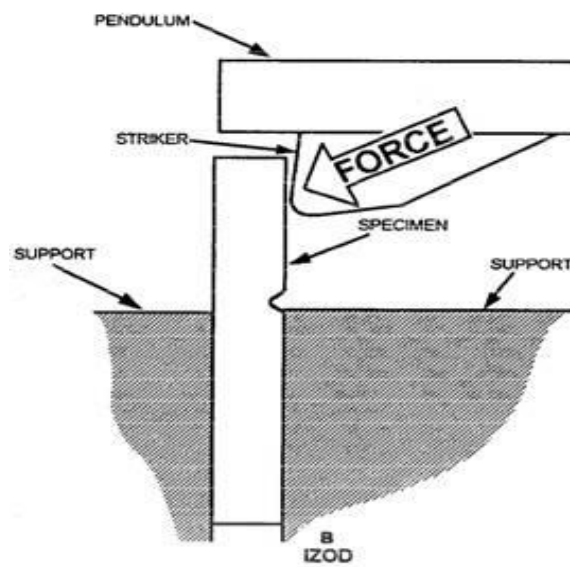
Gambar 2.21 Skematis Pengujian Impak *Charpy* (Callister, 2003)

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 beberapa 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)

itenas library