

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian komposit dengan menggunakan serat alam sebagai bahan utama untuk penguat dan matriks sebagai pengikat polimer telah banyak dilakukan contohnya, Nurhidayat (2014) meneliti pengaruh fraksi volume serat cantula terhadap ketangguhan impact komposit cantula-HDPE daur ulang sebagai bahan *core* lantai ramah lingkungan. Variasi fraksi volume yang digunakan yaitu fraksi volume serbuk HDPE dari 10 % - 90 %, dimana spesimen dicetak dengan *hot press* pada tekanan 30 bar, temperatur 120 °C dan dengan waktu 10 menit. Hasil penelitian komposit HDPE cantula menunjukkan bahwa untuk fraksi volume serat cantula 10%-90% nilai massa jenis mengalami kenaikan rata-rata 10,86%, sehingga semakin tinggi fraksi volume HDPE limbah-cantula akan menaikkan nilai massa jenisnya. Ketangguhan impact mengalami peningkatan pada fraksi volume HDPE limbah 10% sampai dengan 40% dan kekuatan menurun pada fraksi volume serat HDPE limbah 50% sampai dengan 90%. Ketangguhan impact tertinggi terjadi pada fraksi volume serat cantula pada 40% sebesar 4996 J/m².

Kekuatan mekanik yang terdapat pada suatu material komposit serat sangat dipengaruhi oleh fraksi volume, yang dimana semakin banyak fraksi volume serat yang terdapat pada komposit maka semakin tinggi nilai kekuatan komposit serat yang dimiliki (Gibson, 1994). Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Hariyanto (2009) yang melakukan penelitian tentang fraksi volume komposit serat kenaf dan serat rayon dengan matriks poliester terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impact dengan variasi fraksi volume serat yang digunakan sebesar 10%, 15%, dan 20%. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa variasi serat kenaf yang memiliki fraksi volume $V_f = 20\%$ memiliki nilai kekuatan impact yang tertinggi yaitu sebesar 0,014 J/mm², dengan ini

membuktikan bahwa semakin besar fraksi volume maka semakin besar juga kekuatannya.

Dairi dkk. (2015) juga telah melakukan penelitian dengan *double* matriks yaitu PP dan limbah r-PET (*polyethylene terephthalate*) dengan bahan penguat serbuk kayu. Dengan menggunakan perbandingan PP/r-PET/serbuk kayu yang masing –masing sebesar (70%, 20%, 10%), (60%, 20%, 20%) dan (50%, 20%, 30%). Pengujian mekanik yang digunakan adalah uji tarik dan uji bending, hasil pengujian didapatkan bahwa nilai kekuatan tarik dan kekuatan bending tertinggi terdapat pada perbandingan PP/r-PET/serbuk kayu (70%,20%,10%) yaitu kekuatan bending sebesar 35,5 MPa dan kekuatan tarik sebesar 25,2 MPa.

Joseph dkk (1993) meneliti pengaruh panjang dari potongan serat sisal terhadap kekuatan tarik yang bermatrik *polyethylene* (LDPE). Variasi panjang potongan serat sisal 2,1 mm, 5,8 mm dan 9,2 mm, dengan perbandingan volume 30% serat dan 70% matrik. Jenis orientasi penyusunan serat menggunakan metode serat acak. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan panjang potongan serat 5,8 mm memiliki kekuatan tarik paling tinggi, yaitu sebesar 31,12 MPa.

Putra, dkk (2017) meneliti tentang sifat impak dari sampah plastik jenis PP, PET, dan campuran (PP + PET) yang masing-masing terdiri dari 10 spesimen. Hasil dari pengujian didapatkan nilai energi serap dan ketangguhan impak spesimen adalah komposit plastik jenis polypropylene nilai *mean energy* impaknya = 1,31 Joule dan nilai *mean* ketangguhan impaknya = 0,0161 Joule/mm². Untuk komposit plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* nilai *mean energy* impaknya = 1,15 joule dan nilai *mean* ketangguhan impak = 0,0138 Joule/mm², sedangkan jenis komposit plastik campuran antara PP dan PET nilai *mean energy* impaknya = 1,18 Joule dan nilai *mean* ketangguhan impak = 0,0145 joule/mm². Hasil pengujian ini jenis komposit plastik yang menggunakan *polypropelin* mempunyai nilai harga impak tertinggi untuk plastik sampah daur ulang.

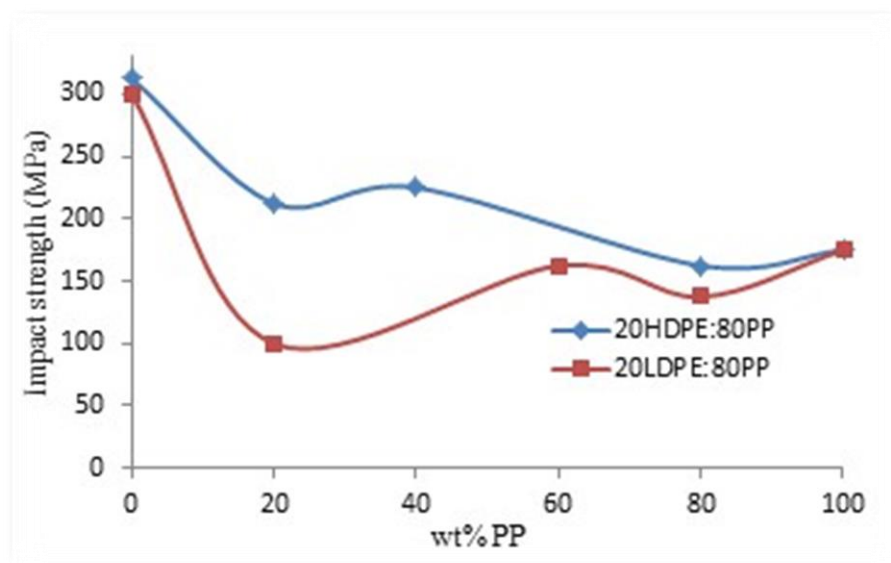
Hui, dkk. (2013) meneliti material komposit yang di perkuat menggunakan dua jenis matrik yang berbeda dengan serat sisal. Spesimen ini difabrikasi dengan cara mencetak spesimen menggunakan *injection molding* dengan perbandingan PLA : PP = 9:1, 4:1, 3:1, dan 1:1 dengan fraksi volume serat 10%, 15%, dan 20%. Hasil pengujian menunjukkan perbandingan 1:1 memiliki nilai ketangguhan impact paling tinggi dari pada perbandingan lainnya. Pada pengujian impact dengan menggunakan fraksi volume serat 20% dengan perbandingan 1:1 memiliki nilai paling tinggi yaitu sebesar 21,01 J/m², berbeda sedikit pada pengujian tarik dengan volume 20% dengan perbandingan 1:1 memiliki kekuatan tarik sebesar 38 MPa.

Susilawati, dkk (2017) melakukan penelitian ketangguhan impact terhadap komposit sabut kelapa – limbah plastik dengan variasi fraksi volume sabut kelapa sebagai bahan *core* ramah lingkungan. Bahan yang digunakan terdiri dari serbuk plastik PP-HDPE dengan perbandingan 50% : 50% dan sabut kelapa dengan perbandingan V_f serat 30% - 70%, serbuk plastik dan serat dicampur menggunakan mixer (250 rpm selama 60 menit). Data hasil pengujian ketangguhan impact komposit rata-rata berturut-turut fraksi volume 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% sebesar 4501,0 J/m², 4610,1 J/m², 4538.3 J/m², 4472,2 J/m² dan 4395,2 J/m². Ketangguhan impact fraksi volume serat 30% lebih rendah 2,4% dibanding fraksi volume serat 40%, sedang nilai paling tinggi pada fraksi volume serat 40% dan seterusnya hingga pada fraksi volume 70% nilai ketangguhan impact menurun rata-rata 1,6%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ketangguhan impact yang optimal terjadi pada fraksi volume sabut kelapa 40 %.

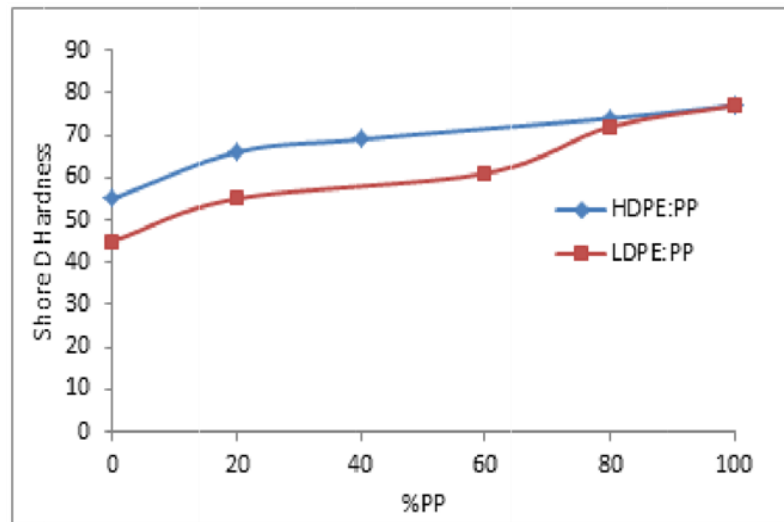
Husaini (2014) meneliti kekuatan impact komposit hibrid *unsaturated polyester/clay*/serat gelas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan *clay* terhadap kekuatan impact dari komposit. Pengujian ini menggunakan *Unsaturated polyester* yang dicampur *clay* dengan variasi clay 0, 2, 4 dan 6%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan impact tertinggi dari komposit hibrid *unsaturated polyester/clay*/serat gelas dicapai pada kandungan clay sampai dengan 4% fraksi berat *clay*. Persentase

kenaikan kekuatan impact yang terjadi pada kandungan 0% sampai dengan 2% berat *clay* sebesar 2,24% yaitu dari 27,68 kJ/m² menjadi 28,30 kJ/m². Pada kandungan 2% sampai dengan 4% berat *clay*, kekuatan impact 4% berat *clay* naik relatif lebih tajam dibandingkan 2% berat *clay*. Pada kandungan 4% berat *clay* terjadi kenaikan kekuatan impact sebesar 23,43% dari 28,3 kJ/m² menjadi 34,93 kJ/m². Pada kandungan 4% sampai dengan 6% berat *clay* terjadi penurunan tingkat kekuatan impact yang sangat signifikan sebesar 37,52% dari 34,93 kJ/m² menjadi 25,40 kJ/m². Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa kekuatan impact tertinggi dari komposit pada 4% berat *clay* dan untuk penambahan *clay* diatas 4% dapat mengurangi kekuatan impact.

Penelitian yang menggunakan matriks PP dan PE telah dilakukan oleh Sihama, dkk (2013) telah melakukan penelitian tentang perbandingan karakteristik campuran polimer matrik LDPE : PP dan HDPE : PP. Pada penelitian ini menggunakan rasio perbandingan HDPE : PP dan LDPE : PP yaitu 100 : 0, 80 : 20, 60 : 40, 20 : 80 dan 0 : 100. Uji mekanis yang digunakan adalah uji tarik (ASTM D638-87), uji impact (ASTM ISO 179), uji bending, uji *creep*, dan uji kekerasan (ASTM D570). Hasil pengujian sifat mekanik antara PP/HDPE dengan PP/LDPE dapat dilihat pada Gambar 2.1 di bawah.



Gambar 2.1 Grafik hasil pengujian impact PP/HDPE : PP/LDPE



Angka e 11. Shore DH Kekerasan (H dan d LDPE:PP) p campuran polimer ds

Gambar 2.2 Grafik hasil pengujian kekerasan PP/HDPE : PP/LDPE

Hasil uji impak menunjukkan bahwa jika meningkatnya jumlah matrik PP dapat menurunkan kekuatan impak dari polimer tersebut. Sedangkan untuk uji kekerasan menunjukkan bahwa dengan penambahan atau meningkatnya jumlah matrik PP dapat meningkatkan nilai kekerasan yang lebih tinggi, hal ini dikarenakan matrik PP lebih kuat dan lebih kaku dari kedua matrik HDPE dan LDPE (Shan, dkk 2007).

2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Pengertian Komposit

Material komposit merupakan suatu material didalam dunia teknik yang terdiri dari penggabungan dua jenis bahan yang mempunyai sifat berbeda sehingga menghasilkan sebuah material yang baru dengan sifat yang berbeda. Sedangkan menurut Matthews dkk, (1993), komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari penggabungan dua atau lebih jenis bahan yang memiliki sifat fisis dan mekanik berbeda atau tidak homogen, dimana pembuatannya dengan cara mencampurkan bahan tersebut. Tujuan dari pembuatan material komposit ini adalah untuk menggabungkan kedua jenis bahan berbeda yang masing-

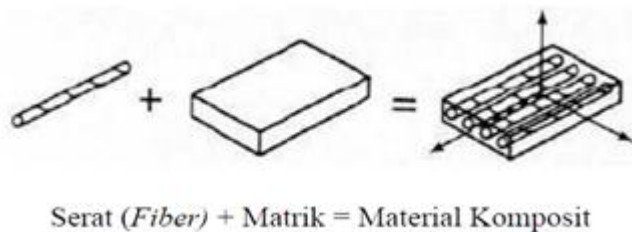
masing memiliki kelebihan dan kekurangan untuk memperoleh suatu material yang lebih baik. Penyusun material komposit terdiri dari 2 jenis material, yaitu :

1. Matriks

Berfungsi sebagai pengikat dan mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar dan melindungi penguat atau *filler* dari kerusakan.

2. Penguat (*filler*)

Berfungsi sebagai bahan utama dari komposit yang menopang dan penanggung beban utama.



Gambar 2.3 Ilustrasi Ikatan Komposisi Komposit (Jones, 1999)

2.2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Komposit

Dalam material komposit memiliki faktor yang mempengaruhi performa komposit, diantaranya yaitu :

1. Faktor Serat

Serat merupakan bahan utama pada komposit yang memiliki pengaruh besar dan digunakan agar mampu memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan dapat menjadi bahan penguat matrik untuk menahan gaya yang akan terjadi. Menurut Nahyudin (2016), bahan penguat serat memiliki beberapa faktor yang dapat mempengaruhinya, diantaranya :

- a. Panjang ukuran serat

Dalam campuran komposit ada dua jenis panjang serat yang digunakan yaitu serat panjang dan serat pendek. Serat panjang memiliki keuntungan yaitu dapat mengalirkan beban maupun tegangan sehingga

mempunyai tegangan yang sama besar, menghasilkan penguatan yang lebih besar atau tinggi, penyusutan serat yang rendah, dan lebih stabil dalam dimensinya. Sedangkan keuntungan serat pendek adalah dalam orientasi yang benar mampu menghasilkan kekuatan yang lebih besar dibandingkan *continous fiber*, mudah dalam proses pembuatan dan tidak memerlukan waktu yang lama dalam pembuatannya.

b. Orientasi serat

Pada orientasi serat akan menentukan besarnya kekuatan mekanik dari komposit, orientasi serat dengan satu arah akan menghasilkan kekuatan dan kekakuan yang sangat tinggi dikarenakan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut. Pada pencampuran dan arah serat mempunyai keunggulan yaitu jika orientasi serat semakin acak (*random*) maka sifat mekanik pada serat satu arahnya akan melemah dan jika arah tiap serat menyebar atau acak maka kekuatannya juga akan menyebar kesegala arah maka kekuatannya akan meningkat.

c. Bentuk serat

Bentuk serat yang digunakan untuk pembuatan komposit pada umumnya adalah diameternya berbentuk lingkaran, tetapi semakin kecil ukuran diameter seratnya akan menghasilkan kekuatan komposit yang tinggi.

d. Material serat

Material serat merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan besar kekuatan mekanik komposit. Granit, serat gelas, dan aramid adalah contoh material serat yang kuat daripada serat alam.

2. Faktor Matriks

Matriks dalam komposit berfungsi sebagai bahan untuk mengikat serat menjadi unit yang terstruktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik sehingga saling berhubungan. Sifat matrik ini harus diperhatikan dalam proses fabrikasi komposit, seperti tahan panas dan tahan terhadap guncangan.

3. Faktor Ikatan

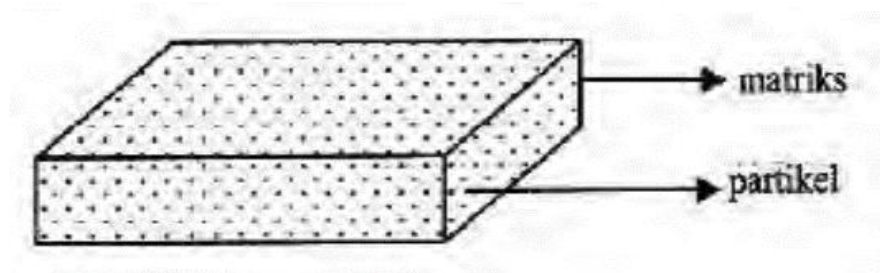
Dalam ikatan ada hal yang mempengaruhi antara serat dan matrik yaitu *void*. *Void* timbul karena adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna menyebabkan matrik tidak mampu mengisi ruang kosong yang tersedia sehingga udara terjebak didalam komposit pada saat proses pembuatan komposit. Adanya *void* yang terdapat pada komposit ini menyebabkan komposit yang menerima beban maka tegangan akan berpindah ke daerah *void* dan kekuatan komposit akan menurun (Schwartz, 1984).

2.2.3 Klasifikasi Material Komposit

Berdasarkan dari jenis bentuk material dan penyusunnya, komposit dibedakan menjadi 3 jenis yaitu : komposit partikel, komposit serat dan komposit laminat (Jones,1975)

1. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Komposit partikel merupakan komposit yang bahan pengisinya atau penguatnya menggunakan serbuk yang terdistribusi secara merata didalam matriknya.



Gambar 2.4 Partikel komposit (Gibson, 1994)

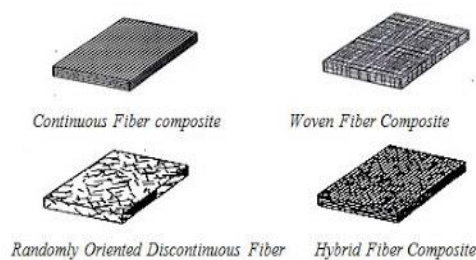
Komposit ini biasanya memiliki bahan penguat yang ukurannya kurang lebih sama, seperti bentuk bulat serpih, bentuk balok, serta bentuk yang memiliki sumbu hampir sama, yang biasanya disebut partikel atau serbuk dan terbuat dari satu atau lebih material yang didistribusikan dalam suatu matriks yang berbeda. Partikel atau serbuk ini dapat berupa logam atau non logam.

2. Komposit serat (*Fibrous Composite*)

Komposit serat merupakan komposit yang terdiri dari serat dengan matriks. Secara alami serat memiliki kekuatan yang lebih dibandingkan matriksnya, maka dari itu serat memiliki peran sebagai penopang kekuatan dari komposit. Komposit ini memiliki komposisi yang terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat. Serat yang biasanya digunakan yaitu *fiber glass*, *carbon fibers* dan sebagainya.

Komposit serat dibedakan berdasarkan penempatan atau orientasi seratnya, yaitu :

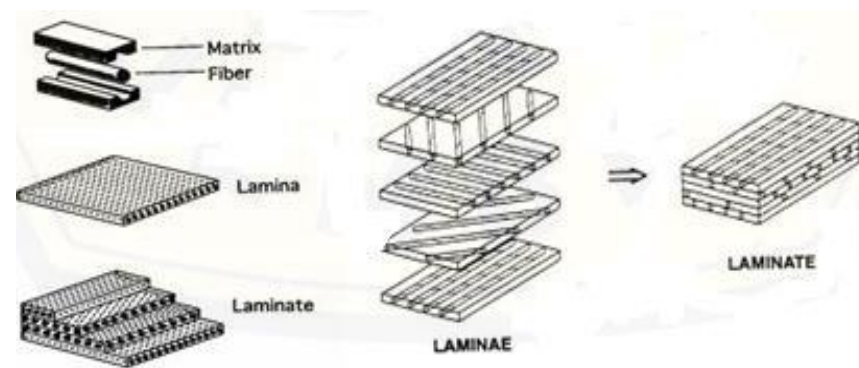
- a. *Continous fiber composite* (komposit serat yang susunannya secara kontinu), mempunyai susunan serat yang relatif panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya yang tersusun secara teratur. Jenis ini memiliki kelemahan pada pemisahan antar lapisan, hal ini terjadi karena kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.
- b. *Woven fiber composite* (komposit serat yang susunannya secara anyam), merupakan komposit yang menggunakan serat yang dianyam. Komposit ini tidak terpengaruh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya yang mengikat antar lapisan.
- c. *Randomly Oriented Discontinuous Fiber* (komposit serat yang susunannya secara pendek atau acak).
- d. *Hybrid Fiber composite* (komposit serat yang susunannya secara kontinyu dan serat acak). *Hybrid fiber composite* merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Pertimbangannya supaya dapat mengeliminir kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan..



Gambar 2.5 Jenis orientasi komposit serat (Gibson, 1994)

3. Komposit Laminat (*Laminate Composite*)

Komposit laminat atau lapisan merupakan komposit yang terdiri dari matrik dan bahan penguatnya tersusun secara berlapis-lapis yang setiap lapisannya memiliki sifat karakteristik berbeda yang terikat bersama.



Gambar 2.6 Komposisi Komposit Serat (Gibson, 1994)

Menurut Mathews dkk, (1993) dilihat berdasarkan dari jenis bahan matriks yang digunakan komposit dibagi menjadi 3, yaitu :

a. Komposit matriks logam (*Metal Matrix Composites/MMC*).

MMC adalah material komposit yang menggunakan logam sebagai bahan matriksnya dan banyak digunakan pada industri otomotif. Keunggulan MMC dibandingkan komposit polimer yaitu transfer regangan dan tegangannya yang sangat baik, kekuatan geser serta tekan yang baik, dan mempunyai pemuaian thermal dan ketahanan aus yang baik. Sifat matrik pada MMC adalah mempunyai keuletan yang besar dan densitas serta titik lebur yang sangat rendah.

b. Komposit matriks keramik (*Ceramic Matrix Composites/CMC*).

Komposit CMC menggunakan keramik sebagai bahan yang digunakan sebagai matriks. Keunggulan CMC adalah mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus, memiliki dimensi dan temperaturnya tinggi unsur kimianya yang stabil, dan memiliki ketangguhan dan kekuatan tinggi.

c. Komposit matriks polimer (*Polymer Matrix Composites/PMC*).

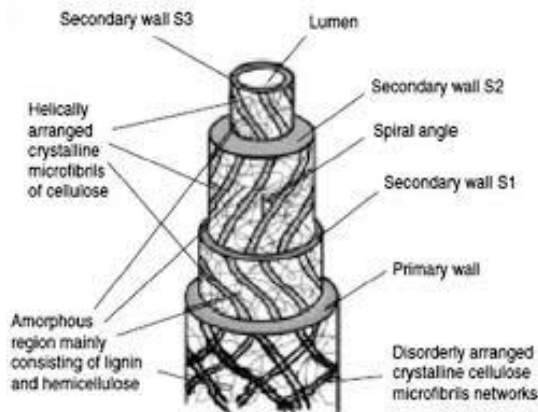
PMC merupakan komposit yang menggunakan bahan polimer sebagai matriksnya. Keuntungan PMC yaitu pembuatannya dapat diproduksi secara massal atau dalam jumlah banyak, biayanya murah, pemakaiannya jangka lama (awet), memiliki ketangguhan yang baik, ringan dan proses pembuatannya dapat dipersingkat.

d. Komposit karbon – karbon (*Carbon-carbon composites/CCCs*)

CCC merupakan komposit yang menggunakan serat karbon; baik kontinu maupun pendek, dan dalam bentuk anyaman, *mat* maupun *bundle*; dibenamkan dalam matrik serbuk karbon, lalu dilakukan proses sintering untuk memperoleh komposit karbon/karbon

2.2.4 Serat Alam

Serat alam adalah serat yang dapat diperoleh langsung dari alam atau jenis serat yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Serat alam memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat sintetis yaitu massa jenisnya yang rendah, murah, ramah lingkungan, dan tidak berbahaya atau beracun. Serat alam sekarang banyak digunakan dan dikembangkan diberbagai bidang industri, misalnya industri otomotif, farmasi, dan industri kertas. Serat alam yang sering digunakan yaitu, serat rami, kenaf, sisal, nanas, pelepah kurma, bambu dan serabut kelapa. Secara umum, serat yang berasal dari tumbuhan tersusun dari beberapa komponen penyusun yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin, lilin dan komponen yang dapat larut dalam air. Struktur serat alam yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 terdiri dari dua bagian utama, yang pertama yaitu dinding sel yang didalamnya terdapat beberapa lapisan yaitu lamella tengah, dinding primer yang sangat tipis, dan dinding sekunder dengan kandungan *amorf* yang meliputi dari komponen lignin dan hemiselulosa dan tersusun oleh dinding sekunder (S1), dinding sekunder tengah (S2), dan dinding sekunder internal (S3). Bagian utama yang kedua dari struktur serat yaitu inti sentral yang biasanya sering disebut lumen, dimana lumen ini berfungsi sebagai yang membawa air dan nutrisi.



Gambar 2.7 Struktur Serat Alam (Rouison D dkk, 2004)

Serat memiliki selulosa yang dimana merupakan komponen utama penyusun dinding sel pada serat alam dan sering ditemui dalam keadaan yang tidak murni, melainkan selalu berkaitan dengan lignin, dan hemiselulosa yang membentuk lignin selulosa. Kandungan selulosa pada serat alam sangat tinggi yaitu mencapai hingga 35% – 50% dari berat kering tanaman tersebut (Lee R. Lynd dkk, 2002).

2.2.5 Serat Kenaf (*Hibiscus Cannabinus L.*)

Tanaman kenaf merupakan salah satu tanaman tropis yang memiliki batang tunggal bercabang yang dikembangkan di Indonesia sejak sekitar tahun 1979/1980 bersama tanaman rosela (*Hibiscus sabdariffa L.*), dan tanaman yute (*Corchorus capsularis L.*) yang dikenal dalam program ISKARA (Intesifikasi Serat Karung Rakyat).. Tanaman kenaf ini terdapat di Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, Lampung, dan Kalimantan Selatan. Tanaman kenaf dapat dipanen ketika berumur 4 bulan dengan tinggi batang mencapai 2,5 – 4,2 meter dan memiliki diameter 2,7 cm (Fauziah, 2009). Di Indonesia awalnya kenaf digunakan untuk bahan baku industri goni, namun saat ini tanaman kenaf yang dikembangkan dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri otomotif seperti interior mobil.

Serat kenaf berpotensi sebagai penguat komposit yang mempunyai keunggulan yang mudah diperbaharui (*renewable*), dapat terbiodegradasi,

ringan, murah, ramah lingkungan, tidak beracun, sifat mekanik tinggi, dan tidak beracun, non abrasif, dan berlimpah di Indonesia (Peijs, 2002). Serat kenaf diperoleh dari kulit pohon kenaf yang terikat dengan serat *lignocellulosic* dengan melalui proses. Ukuran ikatan serat yang akan digunakan tergantung dari sel utama disetiap ikatan, yang biasanya ditunjukkan dengan adanya kandungan *lignin* didalamnya. Kandungan *lignin* yang terdapat didalam serat kenaf mempresentasikan jumlah sel utama disetiap ikatan serat. Serat kenaf tersusun dari 44-62 % selulosa, 14-20 % hemiselulosa, 6-19% *lignin*, 4-5% *pectin* dan 0-3% abu.. *Lignin* harus dilakukan pengekstraksian untuk memisahkan serat yang ingin dihasilkan (Kaldor, 1989).

2.2.6 Matriks

Matriks adalah suatu elemen yang memiliki fraksi volume terbesar (dominan) didalam material komposit yang berfungsi sebagai bahan pengikat serat agar menjadi satu unit yang terstruktur, mampu meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matriks sehingga matriks dan serat saling berhubungan, serta untuk melindungi komposit dari kerusakan eksternal. Matriks juga bisa berasal dari polimer, logam, maupun keramik (Gibson, 1994). Secara umum, matriks yang paling banyak digunakan untuk material komposit dalam industri dan bidang transportasi adalah *Polymer*. Bahan *polymer* yang sering digunakan ada dua macam, yaitu :

a. Thermoplastik

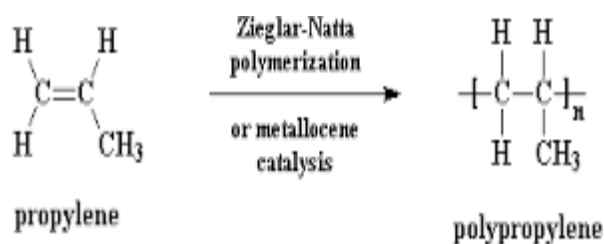
Thermoplastik adalah bahan yang dapat berubah sifat menjadi lunak jika dipanaskan dan akan kembali ke bentuk semula bila didinginkan karena molekul yang terdapat pada thermoplastik tidak mengalami proses ikat silang (*cross linking*). Contoh dari thermoplastik adalah PP (*Poly Propylene*), Nylon, PE (*Poly Ethylene*), PVC (*Poly Vinyl Chlorida*), PS (*Poly Streme*), dan sebagainya.

b. Thermosetting

Thermosetting adalah salah satu bahan yang tidak dapat didaur ulang karena molekul pada thermosetting mengalami dan telah membentuk ikatan silang (*cross linking*). Contoh dari thermosetting adalah *Epoxy*, *Phenolic*, *Plenol*, urea, dan lain-lain.

2.2.7 PP (*Polypropylene*)

Polypropylene adalah salah satu jenis polimer termoplastik yang paling banyak sering digunakan karena merupakan jenis polimer termoplastik dan prosesnya sangat mudah misalnya dengan menggunakan proses cetakan, ekstrusi, dan lain-lain. Polimer jenis ini memiliki sifat tidak beraroma, tahan terhadap bahan kimia anorganik non pengoksidasi, deterjen, alkohol, dan lain-lain. Tetapi *polypropylene* ini dapat terdegradasi oleh bahan kimia seperti zat pengoksidasi (asam nitrat dan hidrogen peroksida). Sifat-sifat *polypropylene* hampir sama dengan sifat *polyethylene*, diantara bahan polimer *polypropylene* memiliki sifat cetak yang baik, massa jenisnya rendah 0,9 – 0,92 g/cm³, dan memiliki titik lebur yang tinggi dibanding *polyethylene*.



Gambar 2.8 Reaksi Polimerisasi *Polypropylene*

Polypropylene memiliki sifat ulet, kaku dan kemampuan mekanis yang tahan terhadap kelelahan dan keretakan yang baik dibandingkan *polyethylene* sehingga matriks ini banyak digunakan dan dikembangkan oleh PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia sebagai komponen dan interior pada mobil (Fauziah, 2009).

Tabel 2.1 Karakteristik *Polypropylene* (Parlin, 2004)

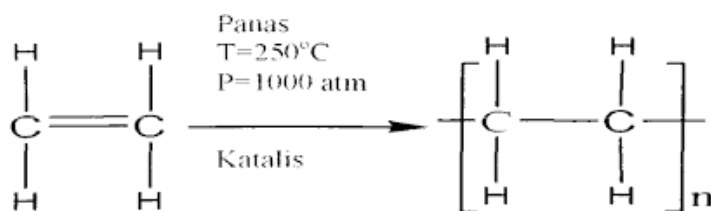
Deskriptif	<i>Polypropylene</i>
Densitas pada suhu 20°C (gr/cmm ³)	0,90
Suhu melunak (°C)	149
Titik lebur (°C)	170
Kristalinitas (%)	60-70
Indeks fluiditas	0,2-2,5
<i>Modulus of elaciticity</i> (kgg/cm ³)	11000-13000
Tahanan Volumertrik (Ohm cm ²)	1017
Konstanta dielektrik (60-108 cycle)	2,3
Permeabilitas gas-Nitrogen	4,4
Oksigen	23
Gas karbon	92
Uap air	600

Tabel 2.2 Sifat Kekerasan Polimer (Groover, 2010)

TABLE 3.8 Hardness of selected polymers.			
Polymer	Brinell Hardness, HB	Polymer	Brinell Hardness, HB
Nylon	12	Polypropylene	7
Phenol formaldehyde	50	Polystyrene	20
Polyethylene, low density	2	Polyvinyl-chloride	10
Polyethylene, high density	4		

2.2.8 PE (*Polyethylene*)

Polyethylene merupakan salah satu jenis polimer yang terbentuk melalui proses polimerisasi monomer *ethylene*. *Polyethylene* disebut juga polietena atau politena yang merupakan etena homopolimer memiliki berat molekul 1500 – 100.000 dengan perbandingan C (85,7%) dan H (14,3%), dapat dibuat melalui proses polimerisasi etilena cair pada suhu dan tekanan tinggi atau rendah. Polimer ini memiliki sifat ulet, lentur, tahan terhadap bahan kimia, serapan uap air rendah, serta mudah diproses. *Polyethylene* dibagi 4 jenis berdasarkan densitasnya, yaitu LDPE, LLDPE, HDPE, dan MDPE (Marpaung, 2011).



Gambar 2.9 Reaksi Polimerisasi *Polyethylene*

1. LDPE

LDPE (*Low Density Polyethylene*) dibuat dengan cara melakukan polimerisasi dengan tekanan yang tinggi. Kekakuan dan kuat tarik yang dimiliki LDPE lebih rendah dibandingkan dengan HDPE (*modulus young* 20.000 – 30.000 psi dan kuat tarik 1200 – 2000 psi), tetapi LDPE ini memiliki derajat elongasi yang tinggi (400 – 800%), maka jenis polimer ini mempunyai ketahanan untuk putus yang tinggi. Titik leleh LDPE berkisar pada suhu 105 °C – 115 °C. LDPE dalam dunia perdagangan lebih dikenal dengan nama sebutan *alathon*, *dylan* dan *fortiflex*.

2. LLDPE

LLDPE (*Linier Low Density Polyethylene*) merupakan kopolimer etilen dengan beberapa sedikit jumlah kandungan heksana, butan, atau oktan sehingga memiliki percabangan yang banyak pada rantai utama dengan jarak yang teratur. LLDPE lebih kuat dibandingkan dengan LDPE.

3. HDPE

HDPE (*High Density Polyethylene*) adalah jenis bahan yang memiliki berat jenis sekitar 0,935 – 0,965 gr/cm³, dibuat dengan cara melakukan polimerisasi dengan menggunakan tekanan dan suhu yang rendah sekitar (50 – 70°C). HDPE memiliki sifat yang lebih kaku dibandingkan dengan LDPE dan MDPE, dan mempunyai ketahanan terhadap suhu tinggi sehingga dapat digunakan untuk produk yang akan disterilkan.

4. MDPE

MDPE (*Medium Density Polyethylene*) memiliki sifat lebih kaku dari LDPE dan titik lelehnya lebih tinggi dari LDPE yang suhunya berkisar 115 °C – 125 °C.

Polimer *polyethylene* adalah bahan polimer yang mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi dan baik, dapat tahan terhadap bahan kimia kecuali oksida kuat dan halida, mampu larut dalam hidrokarbon aromatik dan larutan hidrokarbon yang terklorinasi diatas suhu 70 °C. Sifat - sifat yang dimiliki *polyethylene* sangat dipengaruhi oleh struktur rantai dan kerapatannya. LDPE yang mempunyai sifat lebih lentur, kedap air, ketahanan terhadap listrik yang baik, dan memiliki tembus cahaya yang kurang baik dibandingkan HDPE. Kristalinitas yang dimiliki HDPE sangat rendah yang disebabkan oleh cabang dari rantai polimer, hal ini yang menyebabkan LDPE lebih elastis dibandingkan dengan HDPE. Sedangkan sifat HDPE yang mempunyai sifat kristalinitas yang lebih kaku dan lebih kaku karena termasuk polimer linier. Bentuk rantai dan kerapatan yang dimiliki ini sangat berbeda menyebabkan polimer ini mempunyai sifat yang berbeda. Menurut Cowd, (1991) ada dua cara yang dapat dilakukan dalam proses pembuatan rantai panjang dari polimer termoplastik *polyethylene* secara umum yaitu :

- a. Proses dengan kondisi pada tekanan tinggi yang dapat menghasilkan LDPE.
- b. Proses dengan kondisi pada tekanan rendah yang dapat menghasilkan HDPE.

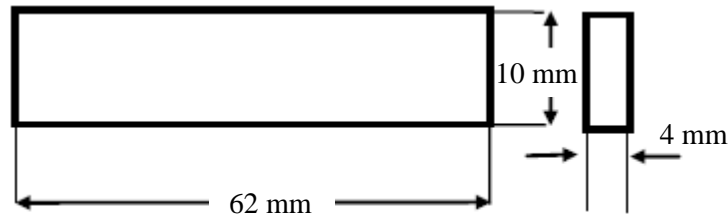
Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik *Polyethylene* dan *Polypropylene*
(Joseph P. Greene, 2013)

Mechanical Properties of Polypropylene			
	Polypropylene	LDPE (For Comparison)	HDPE (For Comparison)
Density	0.90	0.91- 0.925	0.959-0.965
Crystallinity	30% to 50%	30% to 50%	80% to 91%
Molecular Weight	200K to 600K	10K to 30K	250K to 1.5M
Molecular Weight Dispersity MWD (Mw/Mn)	Range of MWD for processing	Range of MWD for processing	Range of MWD for processing
Tensile Strength, psi	4,500 – 5,500	600 - 2,300	5,000 – 6,000
Tensile Modulus, psi	165K – 225K	25K – 41K	150K – 158 K
Tensile Elongation, %	100% - 600%	100% - 650%	10% - 1300%
Impact Strength ft-lb/in	0.4 – 1.2	No break	0.4 – 4.0
Hardness, Shore	R80 - 102	D44 – D50	D66 – D73

2.2.9 Pengujian Impak

Uji impak adalah uji yang dilakukan untuk mengukur kekuatan material terhadap benturan dengan menumbuk benda kerja menggunakan sebuah pendulum yang diayunkan. Impak dinyatakan sebagai energi kinetik yang dibutuhkan untuk memulai keretakan dan meneruskan hingga material benar-benar patah. Tujuan dari dilakukannya pengujian impak ini sebagai pemeriksaan kualitas secara cepat dan mudah dalam menentukan sifat impak spesifik maupun secara umum suatu material.

Pengujian impak merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban impak). Dalam pengujian impak terdiri dari dua teknik pengujian standar yaitu Charpy dan Izod (Callister, 2007). Berikut ini adalah spesimen uji impak *charpy* yang digunakan sesuai dengan standar ASTM D 5942 yang digunakan pada komposit polimer.



Gambar 2. 10 Spesimen Uji Impak (ASTM D 5942)

Dalam pengujian impak terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi besar kecilnya ketangguhan impak pada komposit diantaranya berat pendulum, jarak pendulum ke pusat rotasi sudut sebelum dan sesudah spesimen di tabrak. Dari beberapa faktor tersebut dapat ditemukan energi yang diserap oleh spesimen dan melalui persamaan berikut :

$$W = G \times R (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

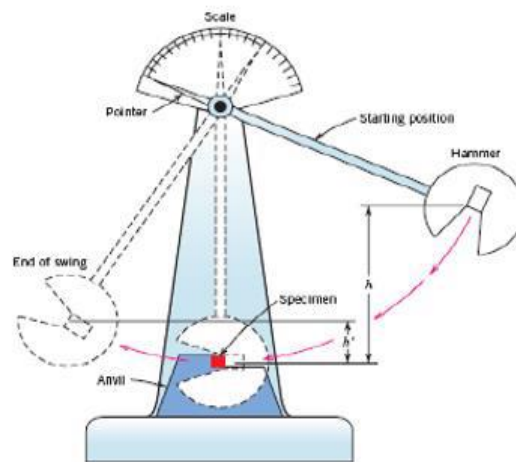
- W = Energi yang diserap benda uji (J)
- G = berat pendulum (N)
- R = jarak pendulum ke pusat rotasi (m)
- β = sudut pendulum setelah menabrak benda uji (o)
- α = sudut pendulum tanpa benda uji (o)

Setelah mendapatkan energi yang diserap maka langkah selanjutnya adalah mencari ketangguhan impaknya melalui persamaan berikut :

$$I_s = \frac{W}{l \times t} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- I_s = Ketangguhan impak (J/mm²)
- l = lebar spesimen (mm)
- t = tebal spesimen (mm)



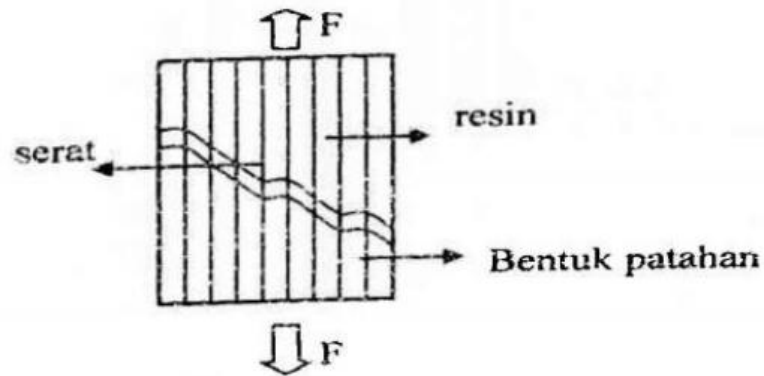
Gambar 2. 11 Skematik Peralatan Uji Impak (Callister, 2007)

2.2.10 Karakteristik Patahan Pada Material Komposit

Kegagalan pada suatu bahan material harus dihindari karena akan mengakibatkan nilai jual produk menurun. Kegagalan pada material komposit khususnya akan terjadi apabila salah satu tegangan utama pada sistem koordinat material melebihi besar kekuatannya secara matematis. Ada dua jenis patahan pada material komposit yaitu model patah liat (*ductile fracture*) dan patah getas (*brittle fracture*). Pada patahan yang bersifat liat (*ductile*) material menyerap energi yang cukup besar sebelum patah dengan dapat diperlihatkan oleh terjadinya deformasi plastik, sedangkan pada patahan material yang memiliki sifat getas hanya memperlihatkan deformasi kecil atau bahkan tidak ada. Berikut adalah beberapa jenis patahan pada material komposit :

a. Patah banyak

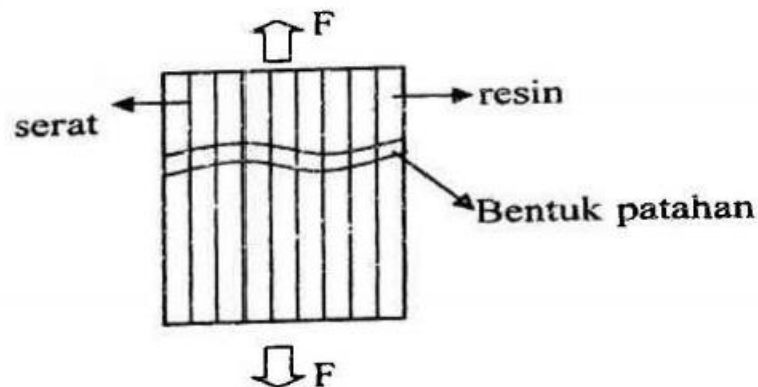
Chawla (1987) mengatakan bahwa ketika jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan interface masih baik, resin mampu mendukung beban yang diterima dengan mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Apabila resin mampu menahan gaya geser dan meneruskan beban keserat yang lain maka jumlah serat yang putus semakin banyak. Patahan terjadi lebih dari satu bidang.



Gambar 2. 12 Patah Banyak (Schwartz, 1984)

b. Patah tunggal

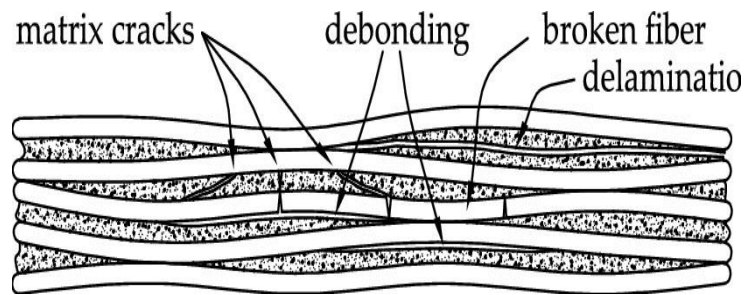
Patah tunggal adalah patah yang disebabkan ketika serat putus akibat beban tarik, matriks tidak mampu menerima lagi beban tambahan. Patah terjadi pada satu bidang kontak secara linier



Gambar 2. 13 Patah Tunggal (Schwartz, 1984)

c. Delaminasi

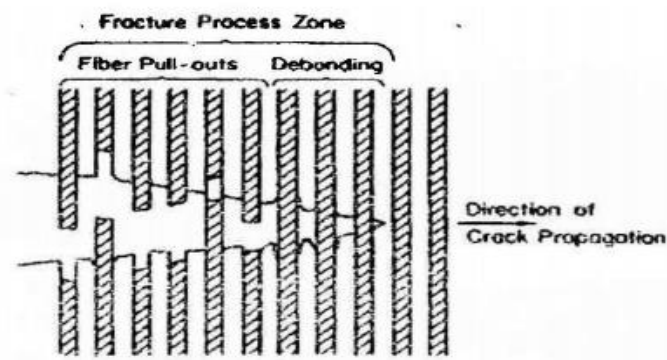
Delaminasi (*interlaminar*) adalah perpatahan yang terjadi akibat terlepasnya ikatan antar lapisan penguat. Penyebab utama perpatahan ini adalah gaya adhesi antara penguat dan matriks yang lemah. Selain itu kemampuan matriks untuk mengisi ruang antara serat juga menjadi pengaruhnya.



Gambar 2. 14 Delaminasi (Schwartz, 1984)

d. *Fiber Pull Out*

Fiber pull out adalah tercabutnya serat dari resin yang disebabkan ketika resin retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang. Komposit masih mampu menahan beban walau beban yang ditahan relatif kecil dari beban maksimal. Saat resin retak, beban akan ditransfer dari resin keserat di tempat persinggungan retak. Kemampuan untuk mendukung beban berasal dari serat. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari resin (akibat *debonding* dan patahnya serat).



Gambar 2. 15 Fiber pull out (Schwartz, 1984)

2.2.11 Pengujian Kekerasan *Brinell*

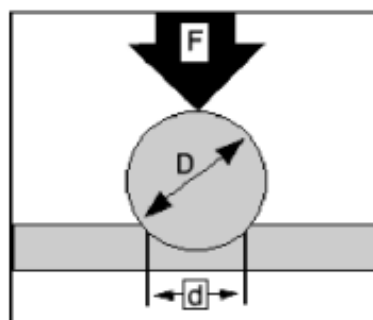
Kekerasan adalah ukuran ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis lokal. Nilai kekerasan tersebut dihitung hanya pada tempat dilakukannya pengujian tersebut (lokal), sedangkan pada tempat lain bisa jadi kekerasan suatu material berbeda dengan tempat yang lainnya. Tetapi nilai kekerasan suatu material adalah homogen secara teoritik akan sama untuk tiap-tiap titik.

Pengujian kekerasan *Brinell* menggunakan penumbuk (penetrator) yang terbuat dari bola baja yang diperkeras (*tungsten carbide*). Diameter bola adalah 2,5 mm, pembebanan 15,652 kg, selama pembebanan beban ditahan 10 sampai 15 detik. Pemilihan beban tergantung dari kekerasan material, semakin keras material maka beban yang diterapkan juga semakin besar. Pengujian kekerasan dengan metode *Brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (*identor*) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Besar pemberian pembebanan bergantung kepada *ball indentor* yang digunakan, menurut ASTM E10 pemberian pembebanan seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Gaya yang diterapkan menurut ASTM E10

	Force-diameter ratio (F/D²)				
D (mm)	30	10	5	2,5	1
10	3000	1000	500	250	100
5	750	250	125	62,5	25
2,5	187,5	62,5	31,25	15,625	6,25
1	30	10	5	2,5	1
	A	B	C	D	E

A: Steels and iron alloys; B: Heat treated Cu/Al light alloys; C: No heat treated Cu/AL light alloys; D-E : soft metallic materials



Gambar 2. 16 Bentuk indentor brinell (ASTM E10)

$$HB = \frac{2F}{\pi D} (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

HB = *Brinell hardness number* BHN (kg/mm²)

F = Beban yang diberikan (kg)

D = Diameter indentor (mm)

d = Diameter lekukan rata-rata hasil indentasi (mm)

Pengujian kekerasan dalam penelitian ini menggunakan standar ASTM E10 dikarenakan jurnal yang digunakan sebagai acuan menggunakan standar ASTM E10. Sebenarnya standar ASTM E10 ini merupakan standar uji kekerasan untuk material berbahan metal. Material yang digunakan dalam penelitian ini berbahan polimer, oleh karena itu standar pengujian kekerasan dianjurkan adalah *Shore Hardness* (ASTM D570).