

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penggunaan komposit banyak digunakan dalam kehidupan manusia, seperti peralatan rumah tangga, furniture, biomedis, dan otomotif. Penggunaan produk yang berbahan kaca, besi, dan kayu mulai digantikan dengan yang berbahan dasar plastik, karena harga yang lebih terjangkau dan waktu pakai yang lebih lama (Firdaus, 2002). *Polymer* merupakan salah satu bahan yang paling umum digunakan. Bahan *polymer* secara bertahap mulai menggantikan gelas, kayu dan logam. Hal ini disebabkan bahan *polymer* mempunyai beberapa keunggulan, yaitu: ringan, kuat dan mudah dibentuk, anti karat dan tahan terhadap bahan kimia, mempunyai sifat isolasi listrik yang tinggi, dapat dibuat berwarna maupun transparan dan biaya proses yang lebih murah (Mujiarto, 2005).

Morales dkk (2015) telah melakukan penelitian sifat mekanis komposit *polypropylene/bentonite* dengan parameter sifat mekanis yang diteliti yaitu kuat tarik dan impact. Pada penelitian tersebut mendapatkan hasil bahwa penambahan filler bentonite mempengaruhi sifat mekanis komposit. Hasil tertinggi yang didapat untuk modulus elastisitas pada lapis ke 10 *bentonite* sebesar 1,356 GPa, sedangkan untuk kuat tarik dan impact hasil tertinggi pada lapis ke 5 bentonite sebesar 50,48 MPa dan 1,59 kJ/m².

Fikri dkk, (2017) telah melakukan penelitian sifat mekanis komposit *CaCO₃/polypropylene* dengan perbandingan 5, 15, dan 25% dan dilakukan uji kuat tarik dan impact. Penelitian yang dilakukan mendapatkan hasil bahwa penambahan filler *CaCO₃* mempengaruhi sifat mekanis komposit tersebut, semakin banyak penambahan filler *CaCO₃* membuat semakin getas. Hasil yang didapat untuk kuat tarik tertinggi pada penambahan 15% *CaCO₃* yaitu 24,59 MPa, modulus elastisitas dan *impact strength* tertinggi pada penambahan 5% yaitu 242,169 MPa dan 160,03 J/cm². Penelitian ini dilakukan untuk memenuhi standar pakai dalam bidang otomotif.

Adeosun dkk (2013) melakukan penelitian tentang *CaCO₃/polypropylene* dengan variasi kandungannya 0- 40 % menggunakan metode *hot press*, dalam penelitian yang dilakukan nilai tegangan tarik dari kandungan 25% *CaCO₃* mengalami kenaikan nilai *Ultimate Tensile Stress* mencapai 84% sebesar 7,5 MPa, tetapi semakin banyak kandungan *CaCO₃* membuat penurunan pada ketahanan impaknya, pada 25% *CaCO₃* penurunan ketahanan impak mencapai 12%.

Budiyantoro, Cahyo dkk (2018) melakukan penelitian tentang komposit *CaCO₃/polypropylene* dengan metode *injection molding* untuk mencari sifat mekanis uji tarik dan impak. Pada uji Tarik didapat hasil tertinggi pada kandungan *filler* 15% sebesar 24,9 MPa dan modulus elastisitas dan impak didapat hasil tertinggi pada kandungan *filler* 5% sebesar 0,968 GPa dan 168 j/cm².

Penelitian polypropylene dengan penambahan *filler CaCO₃* juga dilakukan oleh Bimantara, Alfian Kresna (2018) menggunakan metode *injection molding* untuk mencari sifat mekanis uji tarik, bending, dan kekerasan. Pengujian tarik didapat hasil tertinggi pada *polypropylene* murni sebesar 34,62 MPa dan modulus elastisitas pada kandungan *filler* 400 *mesh* sebesar 1,902 GPa. Kuat *bending* dan kekerasan didapat hasil tertinggi pada *filler* 400 *mesh* sebesar 48,08 MPa dan 69,7.

Fu S.F. dkk (2007) melakukan penelitian tentang efek ukuran partikel dan penambahan volume partikel pada sifat mekanis komposit. Penelitian yang dilakukan yaitu komposit *CaCO₃/polypropylene* dengan kandungan 10% dengan ukuran partikel 21 nm dan 39 nm. Semakin kecil partikel akan semakin tinggi nilai modulus elastisitasnya. Nilai modulus tertinggi pada ukuran partikel 21 nm sebesar 1,4 GPa.

Buasri A (2012) melakukan penelitian komposit *CaCO₃/polypropylene* untuk mencari sifat mekanis uji tarik dan kekerasan. Pengujian tarik didapat hasil tertinggi 33,26 MPa dan modulus elastisitas 1,12 GPa, sedangkan kekerasannya didapat hasil tertinggi 70,3.

J. Z. Liang, *et al.*, (1998) telah melakukan penelitian sifat mekanis komposit *CaCO₃/polypropylene* dengan parameter sifat mekanis yang diteliti yaitu kekerasan,

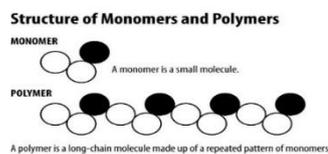
kuat tarik dan ketahanan impak. Penelitian tersebut mendapatkan hasil bahwa penambahan kalsium karbonat mempengaruhi sifat mekanis yaitu modulus sebesar 2.845 GPa dengan kandungan 30% CaCO_3 dan kekerasan sebesar 70.50 (*Shore D*) dari komposit tersebut.

2.2 Landasan Teori

Polymer berasal dari bahasa Yunani, yaitu *poly* dan *meros*. *Poly* berarti banyak dan *meros* berarti unit atau bagian. Maka, *polymer* dapat didefinisikan sebagai suatu makromolekul yang terdiri dari monomer-molekul terkecil. Yang termasuk polymer yaitu *polypropylene*, *Polypropylene* (PP) merupakan polimer hidrokarbon yang termasuk ke dalam polimer termoplastik yang dapat diolah pada suhu tinggi. Serbuk *coating* sepenuhnya merupakan proses finishing kering yang terdiri dari partikel-partikel yang dihaluskan, seperti pigmen, resin, dan bahan baku lainnya yang diberikan muatan elektrostatis dan disemprotkan ke objek yang akan dilapisi atau dicat.

2.2.1 Pengertian *Polymer*

Polymer berasal dari bahasa Yunani, yaitu *poly* dan *meros* yang artinya banyak dan unit atau bagian. Maka, *polymer* dapat didefinisikan sebagai suatu makromolekul yang terdiri dari *monomer* molekul-molekul terkecil, pengertian lain menjelaskan *polymer* merupakan senyawa kimia atau senyawa campuran yang terbentuk dari proses polimerisasi seperti Gambar 2.1



Gambar 2.1 Struktur dari monomer dan polymer

Polymer berasal dari bahasa Yunani, yaitu *poly* dan *meros*. *Poly* berarti banyak dan *meros* berarti unit atau bagian. Maka, *polymer* dapat didefinisikan sebagai suatu makromolekul yang terdiri dari monomer-molekul terkecil, pengertian lain

menjelaskan bahwa *polymer* merupakan senyawa kimia atau campuran senyawa yang dibentuk oleh proses polimerisasi (Meriam, 2017).

Polymer dibagi menjadi 2 yaitu : *polymer* alam dan *polymer* campuran atau senyawa kimia. Ada banyak *polymer* alam, termasuk selulosa, dan karet.

Polypropylene

Polypropylene (PP) merupakan 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. Data *sheet polypropylene* ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2 1 Data polypropylene HI10HO (lisodes, 2012)

<i>Physical</i>	<i>Nominal</i>
<i>Specific gravity</i>	0.903 g/cm ³
<i>Melt mass-flow rate</i>	(230° C/2 16kg) 10g/ 10 min
<i>Injection molding</i>	
<i>Processing (Melt) Temp</i>	220 to 250°C
<i>Mold Temperature</i>	22.0 to 40.0°C

Secara industri, polimerisasi *polypropylene* dilakukan dengan menggunakan katalis koordinasi. *Polypropylene* memiliki sifat tahan terhadap pelarut kimia, asam, dan basa, selain itu bahan *polypropylene* juga dapat di daur-ulang dan symbol daur ulang nomor “5” seperti terlampir pada Gambar 2.2.



Gambar 2 2 Simbol daur ulang *polypropylene*

Keunggulan Polypropylene

Polypropylene memiliki keunggulan yaitu, fleksibel (dapat mengikuti bentuk produk), ringan, simpel, transparan (tembus pandang), tidak mudah pecah, dapat dikombinasikan dengan kemasan lain, tidak memerlukan perlakuan atau perawatan istimewa dalam penyimpanan dan pengangkutannya, serta murah. (Z. Fanani,2003)

Aplikasi Polypropylene

Aplikasi *polypropylene* HI10HO dalam bidang manufaktur misalnya: material *polypropylene* diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti wadah minuman botol, interior mobil, kotak makan, komponen otomotif, loudspeaker.

2. 2.2 Limbah Coating

Pengertian serbuk limbah *coating*

Serbuk *coating* sepenuhnya merupakan proses finishing kering yang terdiri dari partikel-partikel yang dihaluskan, seperti pigmen, resin, dan bahan baku lainnya yang diberikan muatan elektrostatis dan disemprotkan ke objek yang akan dilapisi atau dicat. Serbuk *coating* merupakan proses pelapisan pada permukaan logam dengan suatu lapisan film, kemudian dipanaskan untuk polimerisasi dan mengawetkan *coating*. Serbuk dilekatkan pada permukaan profil material dengan menggunakan alat electric spray gun. Partikel yang bermuatan negatif disemprotkan ke benda kerja. Pada saat *serbuk coating* disemprotkan arahnya tidak lurus ke benda kerja tetapi membentuk suatu *wrap round effect*.

Jenis-jenis pelapisan yang sering digunakan yaitu:

1. *Zinc phosphate coating*
2. *Iron phosphate coating*

Zinc phosphate coating lapisan berat berwarna abu-abu, sedangkan *iron phosphate coating* berwarna biru ke abu-abuan. Proses *zinc phosphating* memberikan ketahanan bagian yang dicat.

Serbuk *Coating* umumnya dipakai untuk melapisi permukaan logam seperti besi dan aluminium. Untuk mencapai daya rekat yang maksimal maka sebelum dilakukan pengecatan, bahan yang akan dicat dibersihkan dan diberikan treatment tertentu. Agar cat yang tadinya berupa serbuk bisa merekat dengan sempurna maka harus melalui oven dengan suhu 160 - 220 C°.

Kelebihan *powder coating* :

1. Serbuk pelapis cat dapat menghasilkan lapisan lebih tebal dari pada lapisan cair konvensional.
2. Serbuk pelapisan *overspray* dapat didaur ulang dan oleh karena itu mungkin untuk mencapai hampir 100% dari penggunaan lapisan.
3. Pelapisan *serbuk coating* menghasilkan limbah yang kurang berbahaya dibandingkan pelapisan menggunakan cat cair konvensional.
4. Benda kerja yang dilapisi dengan serbuk cat *serbuk coating* umumnya memiliki penampilan sedikit berbeda antara permukaan horisontal dan vertikal dibandingkan benda kerja dilapisi cat cairan.
5. Berbagai efek khusus yang dapat mudah ditambahkan dengan menggunakan pelapisan *serbuk coating*, yang sulit didapat dengan proses pelapisan lainnya

Tabel 2 2 Karakterisasi Phosphate coating (Sankara, 2005)

Characteristic	Type of Coating	
	Zinc Phosphate	Iron Phosphate
Coating weight types (g/cm ³)	41.4 – 4.0	0.16 – 0.80
Operationg Temp (°C)	70	70
Primary Use	Paint base for low corrosion environments	Paint base for high corrosion environments
Application method	Spray and immersion	Spray and Immersion

2. 2.3 Interior kendaraan

Interior mempunyai peranan penting dalam sebuah kendaraan terutama dashboard dan juga door trim, dashboard sebagai tempat menempelnya panel-panel instrument penting seperti audio kendaraan, AC, tempat menyimpan airbag, pengukur kecepatan, dan indikator mesin. Door trim juga sebagai tempat menempelnya panel-panel pendukung seperti tombol pembuka jendela, pengunci pintu, dan pembuka pintu. Pengaplikasian pada penelitian ini lebih fokus ke dashboard.

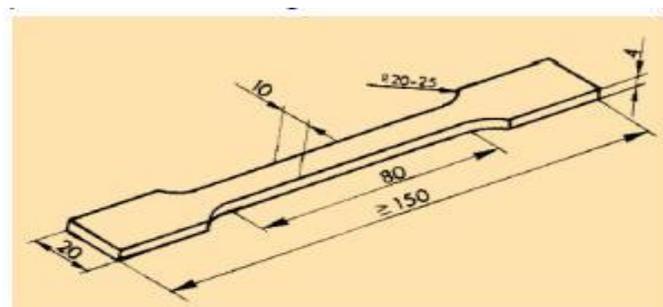
2. 2.4 Definisi *mesh*

Mesh adalah ukuran dari jumlah lubang suatu jaring atau kasa pada luasan 1 inch persegi jaring atau kasa yang bisa dilalui oleh material padat. *Mesh 200* memiliki arti terdapat 200 lubang pada bidang jaring atau kasa seluas 1 *inch*, demikian seterusnya. Ukuran *mesh* banyak digunakan pada proses penepungan atau penghalusan suatu bahan padatan, yang sebelum dihaluskan memiliki ukuran yang lebih besar

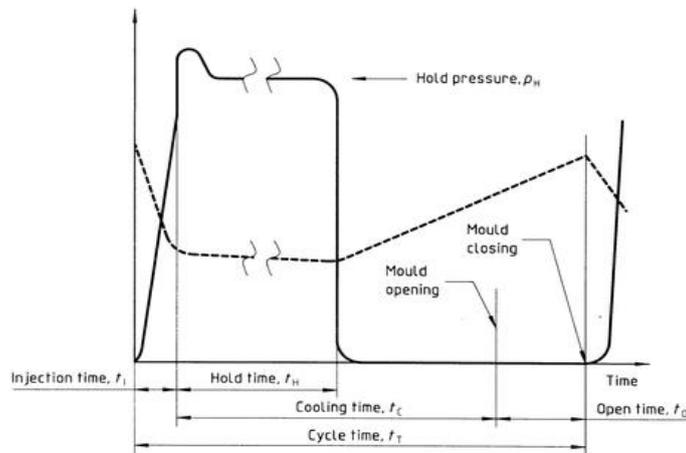
2. 2.5 Spesimen *multipurpose*

Spesimen *multipurpose* yang umum digunakan dalam berbagai pengujian-pengujian bidang teknik. Penelitian yang dilakukan menggunakan standar ISO 294-1 (2012) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3, dimensi meliputi:

Panjang bentang	: 150 mm	Panjang gauge	: 80 mm
Lebar	: 20 mm	Tebal	: 4 mm



Gambar 2 3 Bentuk dan ukuran spesimen *multipurpose* (standart ISO 294,. 2012)



Gambar 2 4 Diagram waktu proses pembuatan spesimen multipurpose
(standar ISO 294, 2012)

Keterangan :

(*t_i*) menunjukkan waktu mulai *injection* ditunjukkan pada Gambar 2.4, mesin sudah mulai beroperasi dan terjadi proses injeksi dari material yang sudah leleh ke cetakan. (*t_H*) menunjukkan waktu holding, dimana pada *cavity* dan *core* diberi tekanan untuk menahan setelah proses injeksi terjadi. Tekanan saat *holding* mempengaruhi kondisi spesimen, apabila tekanannya rendah maka spesimen cenderung terjadi *flashing* atau material plastik keluar dalam parting line dalam jumlah sedikit.

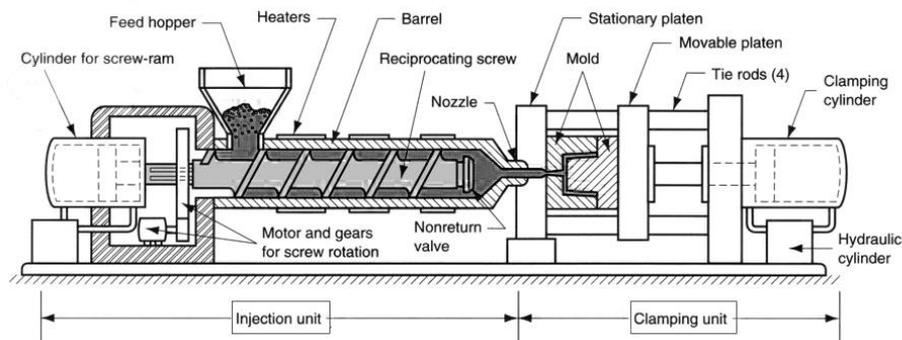
Saat proses *holding*, berlangsung juga proses *cooling* yang berada di dalam cetakan, pada proses ini berfungsi sebagai pendingin cetakan dan mengeraskan spesimen pada saat cetakan dialiri material, setelah proses *cooling* selesai cetakan akan terbuka dan spesimen bisa diambil secara manual atau otomatis dengan bantuan lengan robot, setelah itu cetakan kembali tertutup untuk proses injeksi kembali. Pada penjelasan diatas merupakan siklus waktu yang terjadi pada pembuatan spesimen *multipurpose* menggunakan mesin *injection molding* (international standar ISO 294, 2012).

2. 2.6 Injection molding

Injection molding adalah metode pembentukan material termoplastik dimana material yang meleleh karena pemanasan diinjeksikan oleh plunger kedalam cetakan kemudian pada cetakan terjadi proses cooling yang membuat material mengeras. Secara umum injection molding adalah proses pembentukan benda atau produk dari bahan plastik yang dipanaskan lalu setelah meleleh diinjeksikan kedalam cetakan atau *mold*.

2. 2.7 Bagian – bagian mesin injection molding

Pada mesin *injection molding* terdiri dari dua bagian besar yaitu *clamping* dan bagian *inject*, pada bagian *clamping* terdapat komponen yang terdiri dari *mold* (cetakan, *operation door*, dan *clam*, pada bagian *inject* terdapat juga komponen lain terdiri dari *barrel*, *hopper*, *mold (cavity)* dan *nozzle*, *screw*. Seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2 5 Bagian- bagian mesin *injection molding*

2. 2.8 Fungsi bagian- bagian mesin injection molding

Adapun fungsi dari bagian –bagian dari mesin injection molding adalah :

a. Motor dan *Transmission Gear Unit*

Bagian ini berfungsi sebagai penghasil daya untuk memutar *screw*, sedangkan transmisi unit berfungsi sebagai pemindah daya dari putaran motor ke putaran screw, dan sebagai pengatur tenaga yang disalurkan supaya tidak terjadi pembebanan terlalu besar.

b. *Cylinder for Screw Ram*

Pada bagian ini berfungsi untuk menjaga putaran *screw* agar tetap konstan pada saat proses *injection* berlangsung

c. *Hopper*

Hopper adalah tempat penampungan material plastik sebelum masuk kedalam barrel, selain itu *hopper* juga berfungsi untuk menjaga kelembapan material plastik, sehingga saat produk plastik diinjeksikan tidak terdapat kandungan air pada udara karena dapat menyebabkan cacat pada produk plastik saat diinjeksikan.

d. *Barrel*

Barrel adalah tempat dimana material plastik cair ditampung sebelum diinjeksikan, didalam *cylinder barrel* terdapat heater sebagai pemanas dan juga *screw*, temperature pada *barrel* dapat diubah sesuai material plastik yang akan digunakan pada saat proses *injection molding*.

e. *Screw*

Screw berfungsi untuk mencampur dan membawa material polimer dari *hopper* menuju ke *nozzle*, *screw* pada *barrel* dibagi menjadi tiga bagian yaitu, bagian pengisi (metering), bagian kompresi dan bagian pengumpan (*feeding*).

f. *Non return valve*

Valve berfungsi sebagai penghambat cairan plastik kembali ke *barrel* saat *screw* berhenti, *valve* akan terbuka saat pengisian material terjadi untuk proses injeksi selanjutnya.

g. *Nozzle*

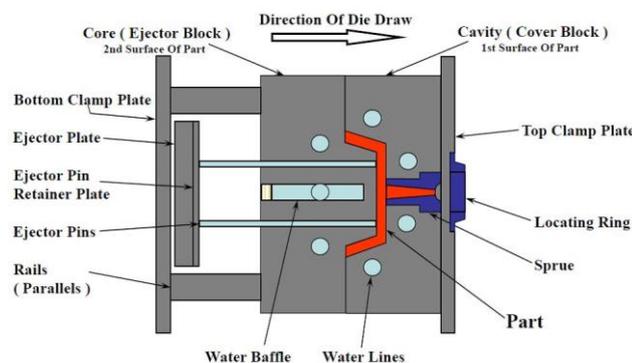
Nozzle berfungsi sebagai penahan kebocoran atau sealing cairan plastik dan juga sebagai penghubung antara *nozzle* dengan injeksi unit.

h. *Mold unit*

Mold unit merupakan bagian yang terpenting pada mesin injeksi, *mold* merupakan cetakan yang digunakan untuk membuat sebuah produk, bentuk dari sebuah produk dan ukuran yang akan dibuat tergantung dari cetakan atau *mold* pada proses injeksi. untuk *mold* dengan bentuk

sederhana memiliki standar *mold* yang ditunjukkan seperti pada Gambar 2.6, meliputi :

- *Sprue dan runner system*
Bagian ini berfungsi sebagai penerima plastik dari *nozzle* , setelah itu oleh *runner* akan dimasukkan ke dalam *cavity mold* .
- *Cavity side*
 Cavity side adalah bagian dari salah satu sisi yang merupakan cetakan dari bentuk plastik, *cavity side* terletak pada *stationary plate* .
- *Core side*
Bagian ini juga berfungsi sebagai pencetak produk plastik, bedanya letak *core side* berada pada *moving plate* , dan pada bagian ini yang dihubungkan dengan *ejector* untuk melepas produk plastik.
- *Ejector system*
 Ejector system merupakan alat untuk melepas sebuah produk plastik pada *mold* .



Gambar 2 6 Mold unit

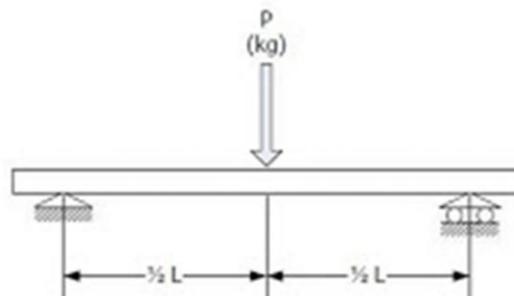
2. 2.9 Pengujian Bending

Pengujian lengkung (*bending*) merupakan salah satu uji mekanik bahan, pengujian *bending* atau proses pelengkungan merupakan uji pembebanan dari suatu bahan yang di bebani pada titik tengahnya membentuk lengkungan (*bending*) dan ditahan diatas dua tumpuan. Penggunaan metode 3 *point bending* seperti pada Gambar 2.7 karena mengacu pada standar uji *bending* ISO 178:2010.

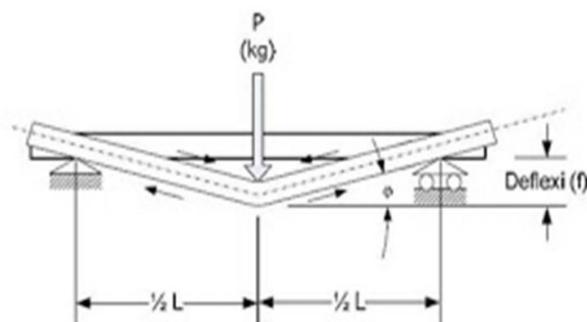
Pengujian *bending* dilakukan untuk mengetahui kemampuan bahan uji dalam menerima pembebanan lengkung, yaitu:

1. Kekuatan atau tegangan lengkung (σ)
2. Lentur atau defleksi (δ) sudut yang terbentuk dari lenturan atau defleksi
3. Elastisitas (E)

Pada pengujian pada bagian atas mengalami proses penekanan pada spesimen dan bagian bawah mengalami proses tarik sehingga akibatnya spesimen mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik.



Gambar 2 7 Penampang uji bending (Isdiyanto S., 2017)



Gambar 2 8 Pengaruh pembebanan lengkung terhadap bahan uji (Isdiyanto S., 2017)

Semua bahan yang dilakukan pengujian akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) secara bertahap dari elastis menjadi plastis dan akhirnya rusak atau patah. Dalam proses uji *bending* dilakukan pembebanan lengkung dimana dua gaya bekerja dengan jarak tertentu ($L/2$) serta arah yang berlawanan berkerja secara

bersamaan dan membuat spesimen uji mendapatkan beban kearah bawah (lihat gambar 2.8). Untuk mendapatkan nilai regangan *bending* digunakan persamaan berikut :

$$\epsilon_b = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- ϵ_b = regangan (mm/mm)
- D = defleksi maksimum (mm)
- L = panjang span (mm)
- d = tebal (mm)

untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas *bending* digunakan persamaan seperti berikut :

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bd^3} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- E_b = modulus elastisitas *bending* (MPa)
- L = panjang span (mm)
- b = lebar spesimen (mm)
- d = tebal spesimen (mm)
- m = slope tangent pada kurva beban defleksi (N/mm)

Untuk mendapatkan angka kekuatan dari pengujian *bending* digunakan persamaan berikut :

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \left[1 + 6 \left(\frac{D}{L} \right)^2 - 4 \left(\frac{d}{L} \right) \left(\frac{D}{L} \right) \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- σ_b = tegangan *bending* (MPa)

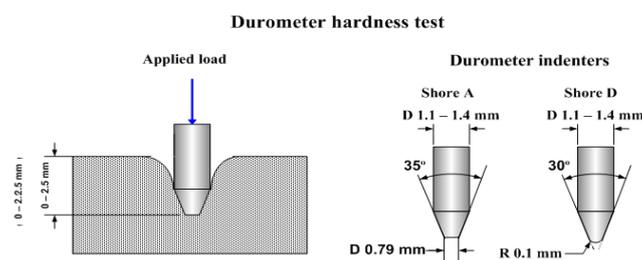
- P = gaya pembebanan (N)
- L = jarak antar tumpuan (mm)
- b = lebar spesimen (mm)
- d = tebal spesimen (mm)
- D = defleksi maksimum (mm)

Keterangan :

Pada persamaan 2.5 digunakan jika perbandingan $L/d \leq 16$, dimana L adalah *support span* dan (d) adalah tebal spesimen. Pada persamaan 2.6 digunakan jika nilai perbandingan $L/d > 16$.

2. 2.10 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan merupakan pengujian material untuk mengetahui ketahanan terhadap perubahan bentuk (*deformasi*) plastis yang terlokalisasi. *Shore Hardness Tester* merupakan alat yang dirancang untuk mengukur kekerasan pada material plastik, pipa, dan karet. Pada pengujian kekerasan dengan alat *Shore Hardness Tester* dibagi menjadi dua metode tergantung bahan yang digunakan yaitu sangat lunak dan lunak. Metode *Shore A* (konus terpancung) digunakan untuk material yang sangat lunak sedangkan *Shore D* (konus runcing) digunakan untuk material yang lebih keras (lihat Gambar 2.9 dibawah).



Gambar 2 9 Durometer hardness test Shore D dan Shore A