

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sumaryono (2012) melakukan penelitian tentang perilaku sifat mekanis bahan plastik polistiren dan polipropilen. Pada Penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian tarik material polistiren mendapatkan nilai $1,59 \text{ km/mm}^2$ dan material polipropilen nilai sebesar $19,53 \text{ km/mm}^2$. Perbedaan hasil tersebut dapat dipengaruhi oleh proses injeksi material yang tidak merata dan sifat dari material tersebut yaitu material polistiren lebih ulet sedangkan material polipropilen cenderung lebih getas (*brittle*).

Nurhajati dkk (2014) melakukan penelitian tentang pengujian kekerasan dari bahan campuran antara plastik ABS dengan PC. Pada Penelitian tersebut disimpulkan bahwa sifat kekerasan diuji mengacu pada ASTM D2240 yaitu penambahan *nanofiller* NPCC akan menurunkan kekerasan ketika nanokomposit hanya berisi ABS. Selain itu juga pengujian yang berhasil pada nanokomposit dari variasi ABS dan PC dengan perbandingan 90:10 dan variasi NPCC 2,5 phr memperoleh uji ketahanan 5030 J/m^2 , uji tarik sebesar $380,14 \text{ kg/cm}^2$, dan uji kekerasan sebesar 85 Shore D.

Herwandi dan Napitupulu (2015) melakukan penelitian tentang pengujian kekuatan tarik dan pengujian impak pada *dashbord* mobil dari bahan plastik ABS *High Impact* yang dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik menghasilkan nilai maksimum sebesar $30,750 \text{ MPa}$, nilai maksimum modulus elastisitas sebesar $9,4 \text{ Gpa}$ (9400 MPa), dan nilai maksimum regangan didapatkan sebesar $0,13 \%$. Artinya nilai – nilai tersebut sudah memenuhi standar *dashboard* mobil yaitu nilai kekutan tarik $20 - 40 \text{ MPa}$, nilai modulus elastisitas $1 - 2,5 \text{ Gpa}$ ($1000 - 2500 \text{ MPa}$), namun berbeda pada nilai regangan belum memenuhi nilai standar sebesar 2% . Sedangkan untuk hasil pengujian impak menghasilkan nilai maksimum sebesar $54,14 \text{ kJ/m}^2$ artinya sudah memenuhi standar *dashboard* dengan hasil nilai sebesar $13,48 \text{ kJ/m}^2$.

Lubis dkk (2016) melakukan penelitian tentang pengujian tarik bahan polimer PLA dan ABS. Pada penelitian ini didapatkan nilai pengujian kekuatan tegangan tarik pada material ABS sebesar 8,62 MPa dengan posisi orientasi objek vertikal dan nilai tebal layar sebesar 0,10 mm. Sedangkan untuk material PLA didapatkan sebesar 35,57 MPa dengan posisi objek horizontal dan nilai tebal layar sebesar 0,40 mm, sehingga material ABS dikatakan material yang mempunyai efisiensi waktu mencetak lebih baik dibandingkan dengan material PLA.

Setiawan dan Prasetyo (2016) melakukan penelitian tentang pengujian *tensile strength* dan *push pull* pada campuran material plastik antara SAN dan ABS. Hasil dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa pada kualitas produk *injection molding* yaitu tingginya ukuran bahan plastik ABS akan mengakibatkan angka *tensile strength* menjadi rendah tetapi angka *elongation* menjadi tinggi. Perbandingan campuran antara SAN dan ABS (90%:10%) menghasilkan angka *tensile strength* yang paling baik sebesar $67,47 \pm 1,48$ N/mm². Pada campuran ini juga mempunyai nilai terbaik dari nilai *pull test* sebesar 584 – 590 gramf dan *push test* sebesar 1411 – 1984 gramf.

Komarudin dan Neilinda N A (2015) melakukan penelitian tentang sifat mekanik pada material plastik daur ulang ABS LG Chem HI 100. Hasil penelitian tersebut dikatakan hasil pengujian tarik pada proses 0% sampai 100% dengan kecepatan 5 mm/min dan 50 mm/min bahwa material daur ulang ABS pertama tidak berpengaruh terhadap sifat mekanis ABS aslinya dan aman digunakan sebagai campuran material untuk diproses cetak sesuai produk yang diinginkan.

Jun dan Juwono (2010) melakukan penelitian tentang sifat mekanik dari perbandingan antara material plastik *polypropylene* murni dan daur ulang sebanyak dua kali diproses dengan *injection molding* yang diaplikasikan pada gantungan pakaian dan aplikasi non struktural. Hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil uji tarik dan modulus young yang dilakukan mengalami penurunan dari *polypropylene* daur ulang 1 dan *polypropylene* daur ulang 2. Selain itu hasil uji kekerasan pada material plastik *polypropylene* tidak ada perubahan yang signifikan kecuali pada sifat keliatan (*ductility*) berkurang sebesar 19,3% sehingga

polypropylene daur ulang dua kali masih layak untuk digunakan sesuai dengan produk yang dibutuhkan.

Nurhajati dkk (2017) melakukan penelitian tentang sifat fisik perpaduan antara PC dan ABS yang berpengaruh terhadap serat kaca sebagai material pengisi. Hasil penelitian pada uji MFI (*Melt Flow Index*) perpaduan antara PC dan ABS menyatakan bahwa angka MFI menjadi turun ketika serat kaca ditambahkan jumlahnya. Nilai MFI dari perpaduan PC dan ABS sebelum menggunakan serat kaca sebagai material pengisi menghasilkan 7 g/10 min. Namun setelah ditambahkan serat kaca sebesar 5, 10, dan 15 phr sebagai pengisi material nilai MFI menjadi turun sebesar 3, 3, dan 2, 5 g/10 min.

Dari penelitian yang sudah dilakukan dari beberapa tinjauan pustaka dapat disimpulkan bahwa pengujian sifat mekanis masih menggunakan material plastik daur ulang sampai dua kali dan kebanyakan peneliti tersebut dalam menguji belum semuanya seperti hanya uji tarik dan kekerasan saja. Penelitian bahan plastik daur ulang sebanyak 6 kali masih kurang dilakukan.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Plastik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS)

Plastik ABS merupakan salah satu jenis plastik yang terbentuk dari 3 jenis monomer yaitu *Acrylonitrile*, *Butadiene*, dan *Styrene*. ABS memiliki sifat stabil ketika terkena panas, tahan terhadap bahan kimia, tahan pukul, liat, kaku, dan mudah dibuat berbagai bentuk. Selain itu material plastik ABS dapat dicetak dengan berbagai proses yaitu cetak injeksi, cetak tiup, cetak kompresi, ekstruksi, *roto molding*, dan *thermoforming* (Mujiarto, 2015).

Material *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) banyak digunakan dalam berbagai produk dan fungsinya dalam kebutuhan hidup sehari – hari baik dari segi peralatan, otomotif, elektronik, barang – barang tahan lama, dan bangunan rumah. Karena memiliki ketahanan, daya tahan tinggi, dan dapat diproses dengan mudah. Seperti telepon, helm, bodi kulkas, bak air, tutup botol dan lain sebagainya. Logam Nikel memiliki sifat kelenturan dan keuletan yang baik sehingga sangat cocok untuk material plastik ABS sebagai lapisan (D. H. Kang dkk. 2010).

TOYOLAC® merupakan merek bahan termoplastik yang dikenal sebagai resin ABS dari perusahaan Toray Plastik (Malaysia) Sdn Bhd terbesar di Asia Tenggara. Bahan ini memiliki keuntungan seperti kuat, ringan, menarik, dan mudah diproses sambil memastikan sifat mekanik, kimia, elektrik, dan pewarnaan yang lebih baik. Data propertis dari resin ABS toyolac banyak digunakan untuk penelitian yang berhubungan dengan material plastik ABS (Toray Plastics Malaysia, 2012).

Material plastik ABS resin typical toyolac 700 314 memiliki sifat khusus yaitu warna yang konsisten dan stabil, *impact strength* yang baik, dan lain sebagainya. Material ini juga tidak korosi dan tidak memerlukan lapisan khusus yang digunakan dirumah sebagai alat listrik atau kapal sebagai bahan kimia. Serta diproses dengan kemampuan yang baik dan dapat dicetak baik secara injeksi maupun diekstrusi tentunya dengan menggunakan mesin cetak yang berstandar (Toray Plastics Malaysia, 2012).

Material plastik ABS dapat didaur ulang dan memiliki nomor 7 dengan simbol daur ulang seperti Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Simbol Daur Ulang Plastik ABS
(Sumber: <http://al-atsariyyah.com>)

Selain ABS material plastik yang dikategorikan jenis *other* pada Gambar 2.1 yaitu SAN (*Styrene Acrylonitrile*), PC (*Polycarbonate*), dan Nylon. Barang – barang yang termasuk dalam *other* seperti plastik kemasan, botol minuman, alat – alat rumah tangga, suku cadang mobil dan motor, dan alat – alat elektronik. Simbol daur ulang ini juga memiliki kelebihan antara lain resistansi yang baik terhadap suhu dan kimia yang bereaksi, kekakuan, kekuatan, dan kekerasan yang tinggi.

Tabel 2.1 Data Sheet Material ABS Produksi TORAY

TORAY
Innovation by Chemistry

ABS Resin
TOYOLAC

TYPICAL PROPERTIES OF TOYOLAC 700 314				
Typical Properties	Test Method	Test Conditions	SI Unit	Typical Value
Physical				
Specific Gravity	ASTM D792		-	1.05
Water Absorption	ASTM D670	23°C x 24 hours	%	0.3
Mould Shrinkage	ASTM D955		%	0.4 ~ 0.6
Rheological				
Melt Flow Rate	ISO 1133	220°C / 10 kg	g/10 min	25
Mechanical				
Tensile stress at yield	ASTM D638	at 5 mm/min	MPa	49
Tensile strain at break	ASTM D638	at 5 mm/min	%	35
Flexural Strength	ASTM D790	at 3 mm/min	MPa	76
Flexural Modulus	ASTM D790	at 3 mm/min	MPa	2450
Rockwell Hardness	ASTM D785	R scale	-	116
Impact				
Izod Impact Strength, notched	ASTM D256	12.7 x 62.5 x 12.7 [†] mm (23°C)	J/m	196
	ASTM D256	12.7 x 62.5 x 12.7 [†] mm (0°C)	J/m	108
	ASTM D256	12.7 x 62.5 x 12.7 [†] mm (-30°C)	J/m	80
Izod Impact Strength, notched	ASTM D256	12.7 x 62.5 x 3.2 [†] mm (23°C)	J/m	212
	ASTM D256	12.7 x 62.5 x 3.2 [†] mm (0°C)	J/m	157
	ASTM D256	12.7 x 62.5 x 3.2 [†] mm (-30°C)	J/m	118
Thermal				
HDT (Unannealed) 127 x 12.7 x 12.7 [†] mm	ASTM D648	1.82 MPa Loading, 18.56 kg/cm ²	°C	92
HDT (Unannealed) 127 x 12.7 x 6.4 [†] mm	ASTM D648	1.82 MPa Loading, 18.56 kg/cm ²	°C	87
Thermal Conductivity	ASTM C177		W/K.m	0.15
Coefficient of Linear Thermal Expansion	ASTM D696		mm/mm°C	7.1 x 10 ⁻⁵
Flammability				
Flammability	UL 94		-	HB
Electrical				
Specific Surface Resistivity	ASTM D257	at 23°C	ohm	>10 ¹⁶
Specific Volume Resistivity	ASTM D257	at 23°C	ohm.cm	>10 ¹⁶
Dielectric Strength	ASTM D149	Short Time	KV/mm	23
Dielectric Constant	ASTM D150	1000 Hz	-	3.1
Power Factor	ASTM D150	1000 Hz	-	6.1 x 10 ⁻³

Toray Plastics Malaysia Sdn. Bhd. (Head Office)
2628, MK1 SPT, Lorong Perusahaan 4 FZ, Prai, 13600, Penang, Malaysia
Tel: 604-3988088 Fax: 604-3908975
Email: sales.tpm@toray.com.my
www.torayplastics.com

Tabel 2.2 Iso Typical Properties of Toyolac 700 314_Page_1

TORAY
Innovation by Chemistry

ABS Resin
TOYOLAC

TYPICAL PROPERTIES OF TOYOLAC 700 314				
Typical Properties	Test Method	Test Conditions	Unit	Typical Value
Melt Flow Rate	ISO 1133	220 °C/ 10kg	g/10min	23
Charpy Impact, notched	ISO 179 / 1eA	23°C	kJ/m ²	17
Deflection Temperature Under Load	ISO 75	120°C/hr, 1.8MPa	°C	82
Tensile Yield Stress	ISO 527	50 mm/min	MPa	54
Tensile Elongation	ISO 527	50 mm/min	%	>10
Tensile Modulus	ISO 527	1 mm/min	MPa	2700
Flexural Stress	ISO 178	2 mm/min	MPa	81
Flexural Modulus	ISO 178	2 mm/min	MPa	2460
Glossiness	Toray Method	Incident Angle 60°	%	94
Density	ISO 1183		kg/m ³	1040

Toray Plastics Malaysia Sdn Bhd. (Head Office)
2628, MK1 SPT, Lorang Perusahaan 4 FIZ, Prai, 13600, Penang, Malaysia
Tel: 604-3988088 Fax: 604-3908975
Email : sales.tom@toray.com.my
www.torayplastics.com

Tabel 2.3 Recycle Properties of "TOYOLAC" 700 -314

	Units	"TOYOLAC" 700 -314				Test Method
		0%	10%	30%	50%	
Blend ratio of recycle material		0%	10%	30%	50%	
Tensile Strength at Yield	MPa Kg/cm ²	50 510	50 510	50 510	51 520	ASTM D 638
Tensile Elongation at Break	%	35	33	32	28	
Flexural Strength	MPa Kg/cm ²	76 770	76 770	76 770	77 780	ASTM D 790
Flexural Modulus	MPa Kg/cm ²	2,450 25,000	2,450 25,000	2,480 25,300	2,520 25,800	
Izod Impact Strength						ASTM D 256
12.7mmt, V-notched, 23°C	J/m Kgcm/cm	186 19	186 19	186 19	176 18	
3.2mmt, V-notched, 23°C	J/m Kgcm/cm	196 20	196 20	196 20	186 19	
Distortion Temp. under Load 6.4mmt, 1.82MPa Loading	°C	87	87	87	86	ASTM D 648
Melt Flow Rate 220°C , 98N	g/10m.	23	23	24	24	ISO 1133
Specific Gravity	-	1.05	1.05	1.05	1.05	ASTM D 792

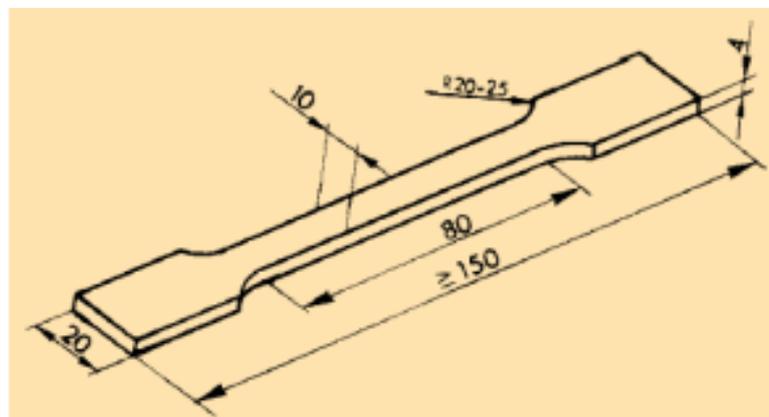
2.2.2 Daur Ulang

Daur ulang adalah teknik pembentukan kembali dari material yang sudah diproduksi sebelumnya karena mengalami gagal produk (*reject*) atau tidak sesuai (*NG*) dengan standar produk dengan tujuan mengurangi pembelian material baru, mengurangi polusi, dan mengurangi tenaga. Daur ulang dapat diolah dengan tiga proses yaitu perajangan (*Crusher*), peleburan (*melting*), dan pembentukan (*formation*) kembali.

2.2.3 Spesimen *Multipurpose*

Spesimen *Multipurpose* adalah spesimen yang biasa digunakan sebagai standar peneliti dibidang teknik. Penelitian tersebut menggunakan spesimen ISO 294-1 (2012) yang berukuran sebagai berikut:

Panjang Keseluruhan	:	150	mm
Panjang <i>Gauge</i>	:	80	mm
Tebal	:	4	mm
Lebar	:	20	mm



Gambar 2.2 Bentuk dan Ukuran spesimen *Multipurpose*
(Sumber: Standar ISO 294-1)

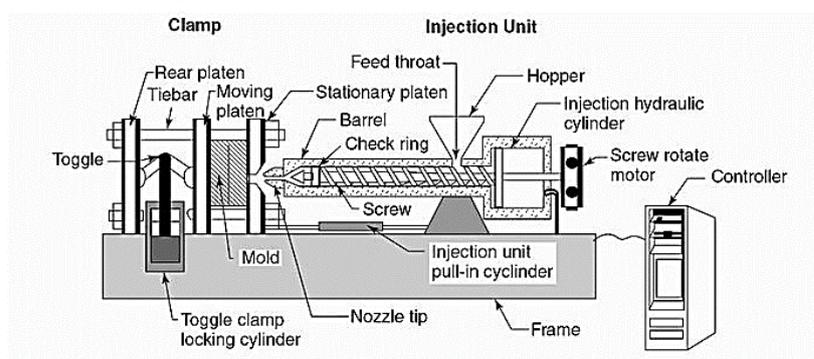
2.2.4 *Injection Molding Machine*

Injection Molding adalah salah satu metode dalam pengolahan plastik dengan kuantitas besar sesuai pada bagian – bagian yang identik. Produk yang dibentuk secara bersamaan dengan cetakan yang didesain khusus, sehingga lebih efisiensi dalam proses produksi dan merubah kehidupan orang Amerika seperti rumah

tangga yang memiliki pendapatan rendah. Pada bagian cetakan mempunyai perbedaan dengan bahan dasar karena disesuaikan pada sifat logam atau plastik tersebut. *Injection molding* memiliki bagian – bagian yang penting dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Mark H F, 2005).

Huang MC, Tai CC (H, Oktem dkk. 2007) menyatakan bahwa *Plastic Injection Molding* (PIM) merupakan salah satu mesin berat yang digunakan sebagai pembentukan produk dengan material plastik dalam dunia industri. Mesin PIM ini memiliki kelebihan yaitu bagian permukaan berkualitas tinggi, siklus produk pendek, bobot yang ringan, sifat mekanik yang baik, dan biaya yang relatif terjangkau sehingga sangat berperan penting dalam perusahaan industri plastik sekarang ini. PIM juga harus selalu *update* baik dalam proses maupun *design* mengikuti kemajuan teknologi agar membantu mencukupi kebutuhan pelanggan sesuai dengan fungsi dan kualitas.

Ajis (Maulana M dkk, 2017) menyatakan bahwa *Injection Molding* adalah salah satu mesin yang digunakan sebagai metode untuk membentuk produk sesuai cetakan (*mold*) tertentu dengan menggunakan material plastik. Mesin ini bekerja mulai dari suntikan (*injection*), tekanan tahan (*holding pressure*), pelelehan (*melting*), tekanan kembali (*back pressure*), dan profil suhu (*temperature profile*). *Injection Molding* merupakan salah satu mesin yang mengurangi tenaga manusia secara manual dimana proses operasinya sudah dikontrol dan diatur oleh komputer, sehingga membantu biaya yang diperlukan dan dapat memproduksi produk dengan tingkat kerusakan yang kecil.



Gambar 2.3 Skema *Injection Molding Machine*
(Sumber : Mark, 2005)

Pada *injection molding machine* ada 2 bagian utama yang penting dalam proses pencetakan plastik. Adapun bagian – bagian tersebut antara lain sebagai berikut:

1. *Clamping Unit*

Hasto (2015) *Clamping unit* merupakan salah satu bagian dari mesin injeksi yang berfungsi untuk membuka dan menutup cetakan pada waktu proses injeksi material dengan siklus pencetakan tepat waktu.

Ada 7 komponen – komponen pada *clamping unit*:

- a. *Mold*, yaitu bagian terpenting yang berfungsi sebagai pembentuk sebuah produk pada mesin injeksi.
- b. *Stationery Plate*, yaitu Sebuah plat tempat *cavity* yang diam dan terdapat lubang sebagai dudukan (*location ring*) untuk masuknya material panas.
- c. *Moving plate*, yaitu sebuah plat tempat *core* terpasang yang bergerak dan terdapat lubang pin sebagai pendorong produk (*ejector rod*).
- d. *Cylinder Hydraulic Clamping*, yaitu bagian yang bekerja sebagai penggerak batang *toggle* dimana bertugas untuk membuka dan menutup *mold* atau penggerak *moving plate* (jika tidak ada batang *toggle*).
- e. Batang *Toggle*, yaitu bagian yang ada pada mesin injeksi untuk membantu membuka dan menutup.
- f. *Cylinder Hydraulic Ejection*, yaitu bagian yang bekerja sebagai pendorong produk untuk keluar dari cetakan (*mold*).
- g. *Tie Bar*, yaitu landasan yang menyatu pada *moving plat* agar *mold* tetap simetris.

2. *Injection Unit*

Injection Unit merupakan salah satu bagian dari mesin injeksi yang berfungsi sebagai proses pemasukan bahan material plastik, proses pelelehan (*melting*), dan proses injeksi ke rongga cetakan.

Ada 5 komponen – komponen pada *injection unit*:

- a. *Hopper dryer*, yaitu bagian yang berfungsi sebagai tempat penampung material plastik dalam bentuk butiran yang akan diproduksi. Selain itu komponen ini juga

- bekerja sebagai pemanasan awal (*pre heating*) untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam material plastik tersebut.
- b. *Barrel*, yaitu bagian yang berfungsi untuk melelehkan (*melting*) material plastik yang disesuaikan dengan pengaturan suhu dari material plastik tersebut.
 - c. *Screw*, yaitu bagian ini bekerja sebagai pendorong (*pressure*) material plastik yang sudah cair ke dalam rongga cetakan dengan tekanan tertentu dan sebagai isi ulang material plastik dari *hopper*.
 - d. *Valve unit*, yaitu bagian yang berfungsi sebagai penutup pada ujung *screw* sehingga material plastik yang sudah cair dapat ditekan keluar untuk proses pengisian dan menghambat agar tidak kembali ke *barrel*.
 - e. *Nozzle*, yaitu bagian yang berfungsi sebagai tempat ujung aliran material plastik yang sudah mencair menuju rongga cetakan.

2.2.5 Sifat Mekanis Material

Sifat mekanis material adalah ukuran dalam kemampuan spesimen untuk memperoleh hasil yang disesuaikan dengan standar tertentu dan material yang diuji. Hasil yang dicapai yaitu mendapatkan ketepatan dan ketelitian dalam pengujian spesimen sebagai acuan baik dari segi kuantitas maupun kualitas dalam proses produksi masal. Adapun yang termasuk dalam pengujian mekanis terhadap material adalah sebagai berikut:

a. Uji Tarik (*Tensile Test*)

Uji tarik merupakan pengujian material yang mendasar untuk mengetahui sifat – sifat mekanis yaitu seberapa besar spesimen bekerja terhadap kekuatan tarik dan seberapa besar spesimen menjadi panjang setelah menerima pembebanan sama besar pada sumbu kedua spesimen tersebut.

Berdasarkan Hukum Hooke (Hooke's laws) bahwa pada uji tarik dikatakan daerah linier yaitu hubungan perbandingan lurus antara besarnya gaya yang diperoleh dengan perbedaan panjang spesimen setelah ditarik. Perbandingan nilai tegangan dengan nilai regangan menghasilkan nilai yang tetap. Rumus – rumus dari pengujian tarik adalah sebagai berikut:

1. Tegangan tarik

Tegangan tarik dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

- σ = Tegangan tarik (MPa)
- F = Beban tarik maksimum (N)
- A = Luas penampang (mm²)

2. Regangan

Besarnya regangan tarik diperoleh dari pembagian perpanjangan (*gauge length*) dengan panjang awal. Besar regangan dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

- ε = Regangan (mm)
- ΔL_0 = Perubahan panjang keseluruhan (mm)
- L_0 = Panjang awal (mm)

3. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{\Delta F}{\Delta \varepsilon * A} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$E = \frac{\Delta F}{(L_0 - \Delta L_0) * A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

- E = Modulus elastisitas (MPa)
- ΔF = Perubahan beban (N)
- $\Delta \varepsilon$ = Perubahan panjang (mm)
- L_0 = Perubahan panjang awal (mm)
- ΔL_0 = Perubahan panjang akhir (mm)
- A = Luas penampang (mm²)

b. Uji Impak (*Impact Test*)

Uji impak merupakan pengujian material untuk mendapatkan kualitas ketahanan terhadap beban kejutan, mengetahui sifat liat, dan mengetahui energi yang dibutuhkan pada saat mematahkan batang spesimen dalam sekali pukul. Metode pengujian impak ada dua model yaitu metode *charpy* dan metode *Izod* dengan takikan maupun tanpa takikan pada spesimen yang disesuaikan dengan standar pengujian bahan tersebut.

1. Luas Penampang

Luas Penampang adalah bagian spesimen yang diukur setelah pengujian. Persamaannya sebagai berikut :

$$A = L \times T \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

A = Luas patahan (mm²)

L = Lebar spesimen (mm)

T = Tebal spesimen (mm)

2. Energi yang di serap

Selain itu juga pengujian impak ini juga dapat mengetahui berapa energi yang diserap oleh spesimen. Persamaannya sebagai berikut :

$$E = M \cdot g \cdot (h-h') \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

E = Energi (joule)

M = Massa pendulum (kg)

h = Tinggi jatuh (m)

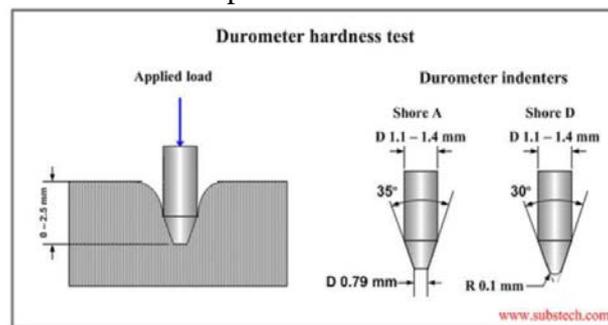
h' = Tinggi ayun (m)

c. Uji Kekerasan (*Hardness Test*)

Uji kekerasan merupakan pengujian material yang paling efektif untuk mengetahui kemampuan ketahanan terhadap perubahan bentuk (*deformation*) saat menahan beban identasi atau penekanan. *Shore Hardness Tester* adalah salah satu alat yang dirancang untuk mengukur kekerasan pada material karet, plastik, pipa, dan lain sebagainya. Dalam pengujian kekerasan *Shore Hardness Tester* pada bahan lunak dibagi menjadi dua sesuai metode yaitu bahan sangat lunak dan bahan lunak.

Metode Shore A (konus terpancung) digunakan pada material sangat lunak agar skala kekerasannya masih dapat terdeteksi karena adanya perlawanan permukaan sedangkan metode Shore D (konus runcing) digunakan pada material lunak agar data pengukurannya valid. Perbedaan Shore A dan Shore D dapat dilihat pada Gambar 2.4 sebagai berikut.

Gambar 2.4 Spesifikasi Shore A dan Shore D



(Sumber : Shore Durometer - Wikipedia)

2.2.6 Sifat Alir Material

Sifat Alir material adalah langkah – langkah sederhana untuk menghasilkan karakteristik alir dari material plastik yang dinyatakan dalam satuan g/10 menit dan disesuaikan dengan jenis plastik dalam pengaturan suhunya, sehingga menghasilkan nilai analisis untuk menentukan dari kegagalan produk tersebut.

a. Uji MFI (*Melt Flow Index*)

Uji MFI merupakan pengujian material plastik yang disesuaikan jenis material untuk mengetahui karakteristik laju aliran dari plastik tersebut dengan alat *extrusion plastometers*. Hasil dari uji tersebut yaitu massa polimer yang meleleh dalam satuan gram selama 10 menit dari setiap *cut-off time* untuk memperoleh berat ekstrudat yang memotong. Menurut ISO 1133 rumus besar *Melt Flow Index* (MFI) atau *Melt Flow Rate* (MFR) adalah sebagai berikut:

$$MFI = \frac{10 W}{T} \times 60 \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

- MFI = *Melt Flow Index* (g/10 min)
- W = *Weight* atau berat (gram)
- T = Waktu (detik)