

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Riaz dkk (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur dan tekanan injeksi molding terhadap produk polikarbonat. Dengan variasi temperatur 210⁰C, 230⁰C, 250⁰C, dan 270⁰C serta variasi tekanan 80 bar, 100 bar, 120 bar, dan 140 bar. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaturan yang optimal pada mesin injeksi molding yaitu dengan menggunakan temperatur 250⁰C, tekanan injeksi 140 bar.

Setiawan dkk (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh campuran ABS terhadap material *Styrene Acrylonitrile* (SAN). Dengan variasi campuran SAN/ABS 90/10, 80/20, dan 70/30. Pada variasi 90/10 menghasilkan nilai kuat tarik 67,47 N/mm², pada variasi 80/20 menghasilkan nilai kuat tarik 65,72 N/mm², dan pada variasi 70/30 menghasilkan nilai kuat tarik 62,56 N/mm². Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan nilai *tensile strength* yang paling tinggi di dapat 67,47 N/mm² pada material campuran plastik SAN 90% dan ABS 10%. Semakin tinggi kadar ABS maka nilai kekuatan tarik yang didapat akan semakin menurun.

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

Nurhajati dkk (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh *filler nano precipitated calcium carbonate* (NPCC) terhadap sifat fisik campuran material ABS/PC variasi 90/10, 80/20, dan 70/30 dengan jumlah (NPCC) 2,5 phr. Pada variasi 90/10 menghasilkan nilai impak 5 kJ/m², pada variasi 80/20 menghasilkan nilai impak 2,7 kJ/m², pada variasi 70/30 menghasilkan nilai impak 2 kJ/m². Dari

penelitian tersebut dapat disimpulkan hasil uji impact tertinggi didapat pada 5 kJ/m^2 pada material ABS/PC 90/10 dengan nanofiller NPCC 2,5 phr.

Krache dkk (2011) melakukan penelitian tentang sifat mekanis pada material campuran PC/ABS dengan variasi 90/10, 80/20, 70/30, dan 60/40. Pada variasi 90/10 menghasilkan nilai tegangan tarik 56 MPa, nilai *elongation* 7%, dan nilai modulus elastisitas 1780 MPa, pada variasi 80/20 menghasilkan nilai tegangan tarik 45 MPa, nilai *elongation* 6%, dan nilai modulus elastisitas 1760 MPa, pada variasi 70/30 menghasilkan nilai tegangan tarik 42 MPa, nilai *elongation* 3,5%, dan nilai modulus elastisitas 1730 MPa, dan pada variasi 60/40 menghasilkan nilai tegangan 40 MPa, nilai *elongation* 3%, dan nilai modulus elastisitas 1700 MPa. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan nilai *tensile strength* yang paling tinggi di dapat 56 MPa, nilai *elongation* di dapat 7%, dan nilai modulus elastisitas 1780 MPa. pada material campuran plastik PC 90% dan ABS 10%. Semakin banyak material polikarbonat pada campuran PC/ABS maka nilai kekuatan tarik yang didapat akan semakin tinggi.

Hassan dkk (2005) melakukan penelitian tentang uji tarik, dan uji impact pada material campuran PC/ABS variasi 80/20, 60/40, 40/60, dan 20/80. Pada variasi 80/20 menghasilkan nilai kuat tarik 58 MPa, dan nilai kekuatan impact 75 kJ/m^2 , pada variasi 60/40 menghasilkan nilai kuat tarik 54 MPa, dan nilai kekuatan impact 70 kJ/m^2 , pada variasi 40/60 menghasilkan nilai kuat tarik 49 MPa, dan nilai kekuatan impact 45 kJ/m^2 , pada variasi 20/80 menghasilkan nilai kuat tarik 45 MPa, dan nilai kekuatan impact 18 kJ/m^2 . Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan nilai uji tarik, dan uji impact yang paling tinggi didapat pada variasi 80/20 dengan nilai 58 MPa, dan 75 kJ/m^2 . Kekuatan tarik, dan impact menurun secara signifikan dengan penambahan material ABS dalam campuran PC/ABS

Berdasarkan beberapa tinjauan pustaka diatas dapat disimpulkan bahwa pengujian sifat mekanis dan sifat alir dalam satu penelitian belum banyak dilakukan. Dari para peneliti tersebut dalam melakukan pengujian belum semuanya seperti hanya uji tarik, dan impact saja.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Polikarbonat (PC)

Polikarbonat merupakan suatu kelompok polimer termoplastik amorf yang mudah di bentuk dengan menggunakan temperatur panas yang tinggi. Plastik jenis ini banyak digunakan dalam industri kimia untuk saat ini. Polikarbonat memiliki sifat *impact strength* yang tinggi, ketahanan termal, tahan terhadap benturan, mudah diproses, dan sangat bening. Dalam identifikasi plastik, polikarbonat berada pada nomor 7 (other).

Material polikarbonat terdiri dari polimer dengan gugus karbonat (-O-(C=O)-O-) dalam rantai molekuler yang panjang. Polikarbonat terbuat dari reaksi kondensasi *bisphenol A* dengan *fosgen* dalam alkali. Polikarbonat dapat diolah melalui proses cetak injeksi, cetak tiup, ekstruksi dan *structural forming*. Polikarbonat juga dapat digunakan sebagai proses *finishing* yang meliputi *printing*, pengecatan, *hot-stamping*, pelarut dan *adhesive bonding*. Penggunaan bahan material polikarbonat dapat digunakan di industri makanan sebagai tempat makanan, minuman, microwave, tempat makanan, dan lain-lain. Di bidang otomotif dapat digunakan sebagai lensa lampu depan motor maupun mobil, grill dan komponen elektronik, dan di bidang medis biasanya digunakan sebagai *tubing connector*, dan *filter housing*.

WONDERLITE® merupakan merek bahan termoplastik dari perusahaan Chi Mei Corporation (Taiwan) yang memproduksi resin PC terbesar di asia tenggara. Material plastik resin PC *type wonderlite 110* (Tabel 2.1) memiliki sifat tahan terhadap panas yang tinggi, *impact strength* tinggi. Material ini dapat diaplikasikan sebagai produk listrik, elektronik, komponen otomotif, barang olahraga, dan produk kebersihan sanitasi (Chi Mei Corporation Taiwan, 2012).

Tabel 2.1 Data Sheet Material PC Produksi CHIMEI

Properties	ISO Test Method	Test Condition	Unit	PC-110
Melt Flow Index	1133	300°C × 1.2KG	ml/10 min	10
Mass Density	1183	23 °C	g/cm ³	1.2
Tensile Strength	527	50 mm/min, yield	MPa	65
		50 mm/min, break	MPa	75
Tensile Elongation	527	50 mm/min	%	120
Flexural Strength	178	2 mm/min	MPa	90
Flexural Modulus		2 mm/min	GPa	2.4
Izod Impact Strength	180/4A	23 °C Notched	KJ/m ²	75
		-30 °C Notched	KJ/m ²	-
Charpy Impact Strength	179	23 °C Notched	KJ/m ²	75
		-30 °C Notched	KJ/m ²	-
Vicat Softening Temp.	306	1 Kg,50 °C/hr	°C	150
		5 Kg,50 °C/hr	°C	145
Heat Distortion Temp.	75/A	1.8 MPa Unannealed	°C	128
		1.8 MPa Annealed	°C	143
Coefficient of Linear Thermal Expansion	11359	-	-	6.0~8.0x10 ⁻⁵
Flammability	-	UL-94	-	2.5mm V-2
Mold Shrinkage	294-4	-	%	0.5~0.7
Symbol	1043	-	-	>PC<

January 16, 2017

2.2.2 Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)

ABS merupakan kelompok *engineering* termoplastik yang terdiri dari 3 monomer pembentuk. *Acrylonitrile* memiliki sifat tahan terhadap bahan kimia dan stabil terhadap panas. *Butadiene* mempunyai sifat ketahanan pukul dan sifat *toughness*, dan *styrene* memiliki sifat kaku dan mudah diproses. Proporsi dapat bervariasi mulai dari 15-35% *acrylonitrile*, 5-30% *butadiene*, dan 40-60% *styrene*. ABS memiliki sifat karakteristik yang bervariasi, mulai dari kilap tinggi sampai kilap rendah dan dari *impact resistance* tinggi sampai yang lebih rendah. ABS dapat digunakan melalui proses cetak injeksi, *thermoforming*, *ekstrusi*, cetak tiup dan cetak kompresi. ABS bersifat *higroskopis*, oleh sebab itu harus melalui proses pengeringan dahulu sebelum dilakukan proses pelelehan material.

ABS memiliki sifat liat, keras, kaku, tahan terhadap kimia, tahan korosi, dapat direkatkan, dapat di *elektroplating*, biaya proses rendah, dan dapat di desain menjadi berbagai bentuk. Penggunaan material ABS dapat digunakan di industri otomotif sebagai rumah lampu, radiator grill, *emblem*, horn grill, dan tempat kaca spion. Di bidang elektronik dapat digunakan sebagai telepon, intercom, mesin ketik elektronik, komponen kipas, dan dudukan kipas angin meja. Di bidang peralatan rumah tangga ABS dapat dipakai untuk pembuatan bak air, dudukan kloset, frame kaca, gantungan baju, dan kran air.

Maulana (2017) material ABS memiliki beberapa grade dengan karakteristik yang bervariasi, mulai dari kilap rendah sampai kilap tinggi, *impact resistance* rendah sampai yang tinggi, dan beberapa sifat lanjutan bila material ABS diberikan penambahan zat adiktif seperti tahan korosi, tahan bahan kimia, tahan sinar UV, menghambat nyala api, transparan, dan tahan terhadap panas yang tinggi.

TOYOLAC® merupakan merek bahan termoplastik dari perusahaan Toray Plastik (Malaysia) yang memproduksi resin ABS terbesar di Asia tenggara. Material plastik resin ABS type toyolac 700 314 (Tabel 2.2) memiliki sifat *impact strength* yang baik, mudah di proses, warna konsisten, dan stabil. Material ini tahan terhadap korosi dan dapat diproses melalui cetak injeksi maupun ekstrusi dengan menggunakan mesin cetak yang berstandar (Toray Plastik Malaysia, 2012).

Tabel 2.2 Iso Typical Properties of Toyolac 700 314

TORAY
Innovation by Chemistry

ABS Resin
TOYOLAC

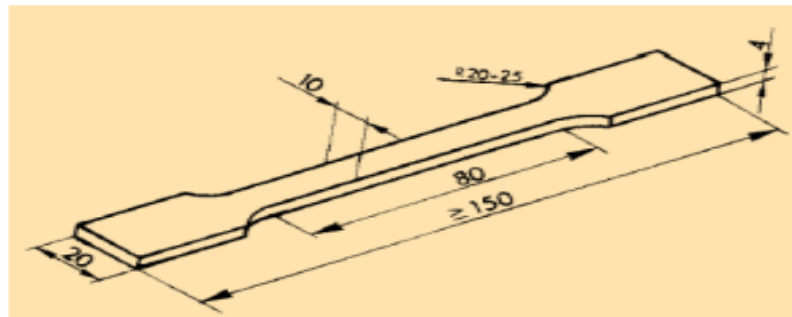
TYPICAL PROPERTIES OF TOYOLAC 700 314				
Typical Properties	Test Method	Test Conditions	Unit	Typical Value
Melt Flow Rate	ISO 1133	220 °C/ 10kg	g/10min	23
Charpy Impact, notched	ISO 179 / 1eA	23°C	kJ/m ²	17
Deflection Temperature Under Load	ISO 75	120°C/hr, 1.8MPa	°C	82
Tensile Yield Stress	ISO 527	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, Lintang Perusahaan 4 FIZ, Prai, 13600, Penang, Malaysia
Tel: 604-3988088 Fax: 604-3908975
Email : sales.tom@toray.com.my
www.torayplastics.com

2.2.3 Spesimen *Multipurpose*

Spesimen multipurpose merupakan spesimen yang telah digunakan sebagai penelitian dibidang teknik. Penelitian menggunakan ISO 294-1 (2012) (Gambar 2.1) yang memakai ukuran sebagai berikut:

- Panjang keseluruhan : 150 mm
- Panjang gauge : 80 mm
- Tebal : 4 mm
- Lebar : 20 mm



Gambar 2.1 Model dan dimensi ukuran spesimen *multipurpose* (ISO 294-1)

(Sumber: Standar ISO 294-1)

2.2.4 Injection Molding Machine

Injection molding merupakan teknik plastik kedalam cetakan (*Mold*). Material yang digunakan pada *injection molding* berupa bijih-bijih plastik, cacahan plastik atau bisa juga plastik dicampur dengan serat. Sebelum masuk kedalam proses, material harus dipanaskan terlebih dahulu dalam wadah yang disebut *hopper*. Pemanasan material ini dilakukan untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada bijih plastik dan mengeringkan material dari uap air yang diserap. *Injection molding* memiliki bagian – bagian yang penting dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Mark, 2005).

Oktem (2007) menyatakan bahwa plastik injeksi molding merupakan salah satu mesin berat yang digunakan sebagai pembuatan produk dengan material plastik dalam dunia industri. Mesin injeksi molding ini memiliki keunggulan yaitu siklus produk pendek, bagian permukaan berkualitas tinggi, bobot yang ringan, sifat mekanik yang baik, dan biaya yang sangat terjangkau sehingga memiliki peran penting dalam perusahaan industri plastik untuk sekarang ini. Plastik injeksi molding juga harus selalu diperbarui baik dalam proses maupun desain mengikuti kemajuan teknologi supaya membantu mencukupi kebutuhan pelanggan sesuai dengan fungsi dan kualitasnya.

Maulana (2017) menyatakan bahwa Injeksi molding merupakan mesin yang digunakan untuk membuat produk sesuai dengan cetakan (*mold*) tertentu dengan menggunakan material jenis plastik. Mesin ini bekerja mulai dari suntikan (*injection*), tekanan tahan (*holding pressure*), pelelehan (*melting*), tekanan kembali (*back pressure*), dan profil suhu (*temperature profile*). Injeksi molding adalah salah satu mesin yang mengurangi tenaga manusia secara manual dimana proses operasinya sudah dikontrol dan diatur oleh perangkat elektronik (komputer). Sehingga membantu menghitung jumlah biaya yang diperlukan dan dapat memproduksi produk dengan tingkat kerusakan yang sangat kecil.

Terdapat 3 bagian utama dalam mesin *Injection molding* yaitu:

1. *Clamping Unit*

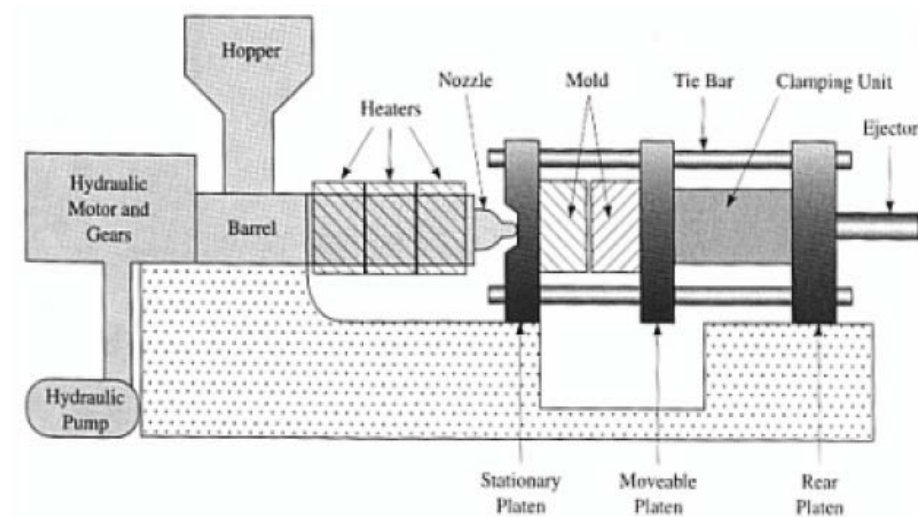
Clamping Unit merupakan sarana untuk menyatukan *molding* yang didalamnya terdapat cetakan, *dwelling* berfungsi untuk memastikan *molding* terisi penuh oleh resin, *injection* untuk memasukan resin ke cetakan melalui *sprue ejection* yang berfungsi untuk mengeluarkan hasil dari cetakan

2. *Plasticizing Unit*

Plasticizing Unit merupakan tempat untuk memasukan resin dan adanya pemanasan. Bagian-bagiannya terdapat *hopper* yang berfungsi sebagai masuknya material plastik, ada *screw* untuk mencampurkan material supaya dapat merata ke *Barrel*, *Heater*, dan *Nozzle*.

3. *Drive Unit*

Drive Unit merupakan bagian yang berfungsi untuk melakukan kontrol kerja pada mesin *Injection Molding*. Bagian-bagiannya berupa motor dan hidrolis system.



Gambar 2.2 Skema *Injection Molding Machine*
(Sumber : Mark, 2005)

Injection molding mempunyai beberapa komponen berikut adalah komponen-komponen dari mesin *injection molding*:

- a. *Hydraulic Pump*, berfungsi memompa oli pada tekanan tertentu.
- b. *Hydraulic motor and gear*, berfungsi menghasilkan daya yang digunakan untuk memutar screw pada barrel sedangkan gear berfungsi untuk memindahkan daya dari putaran motor ke dalam screw.
- c. *Hopper*, berfungsi sebagai tempat penampung material plastik sebelum masuk ke barrel
- d. *Barrel*, berfungsi memanaskan material plastik hingga mencair.
- e. *Screw*, berada di dalam barrel berfungsi mengaduk material yang telah mencair dan mendorong material ke dalam mold.
- f. *Heaters*, berfungsi sebagai pemanas material, Temperatur pemanas ini dapat diatur sesuai melting point material yang akan digunakan.
- g. *Nozzle*, merupakan jalan keluar material plastik yang sudah meleleh ke dalam cetakan.
- h. *Stationary platen*, tempat diikatnya mold mounting plate dari sisi cavity.
- i. *Moveable platen*, tempat diikatnya mold mounting plate dari sisi core.
- j. *Mold*, merupakan rongga tempat material plastik meleleh menjadi bentuk cetakan.
- k. *Tie bar*, merupakan rel dari moving plat supaya mold tetap simetris
- l. *Clamping unit*, berfungsi membuka dan menutup mold dalam proses produksi.
- m. *Ejector*, berfungsi mengeluarkan produk dengan cara menekan keluar dari mold.
- n. *Rear platen*, merupakan plat penyangga bagian belakang.

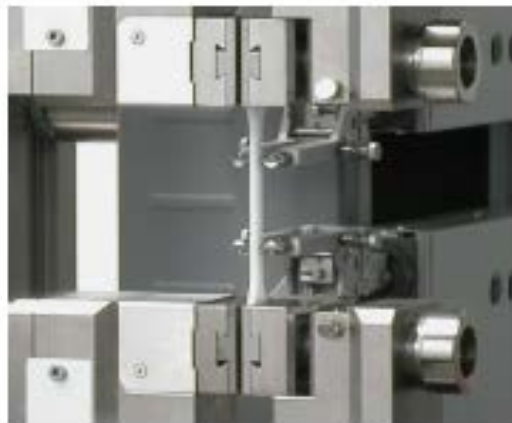
2.2.5 Sifat Mekanis Material

Sifat mekanis material merupakan kemampuan suatu bahan untuk menerima beban atau energi atau gaya tanpa menimbulkan kerusakan, ketelitian dan memperoleh hasil yang sesuai dengan standar tertentu. Sehingga dapat menghasilkan kualitas serta kuantitas yang baik untuk dijadikan acuan pada penelitian selanjutnya serta dapat dijadikan produk massal. berikut yang termasuk dalam pengujian mekanis terhadap material adalah sebagai berikut:

a. Uji Tarik (*Tensile Test*)

Uji tarik adalah pengujian material 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 kedua sumbu spesimen tersebut. Dalam pengujian ini penulis menggunakan standar ISO 527-1 (Gambar 2.3).

Berdasarkan Hukum Hooke 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 dalam pengujian tarik adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Pengujian Tarik ISO 527-1 (Injeksi Molding)
(Sumber: Standar ISO 527)

1. Tegangan tarik

Tegangan tarik dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

σ = Tegangan tarik (MPa)

F = Beban tarik maksimum (N)

A = Luas penampang (mm²)

2. Regangan

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

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0}$$

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:

$$E = \frac{\Delta F}{\Delta \varepsilon * A}$$

$$E = \frac{\Delta F}{(\Delta L_1 - \Delta L_2) * A}$$

Keterangan:

E = Modulus elastisitas (MPa)

ΔF = Perubahan beban (N)

$\Delta \varepsilon$ = Perubahan panjang (mm)

ΔL_1 = Perubahan panjang awal (mm)

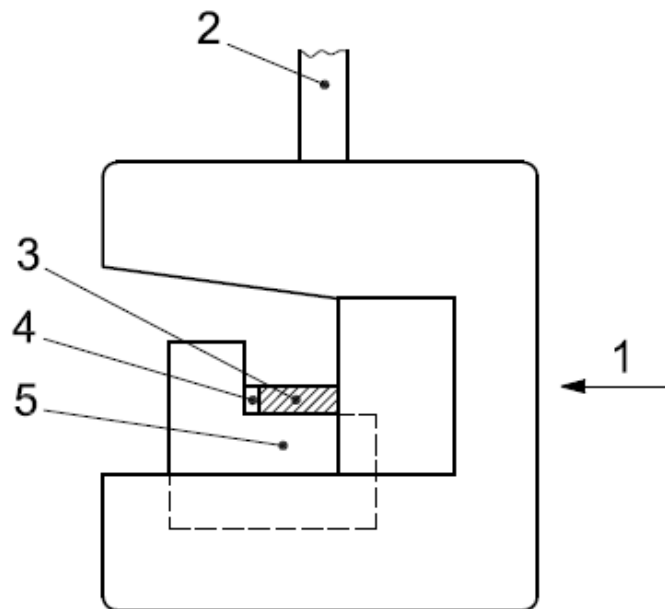
ΔL_2 = Perubahan panjang akhir (mm)

A = Luas penampang (mm²)

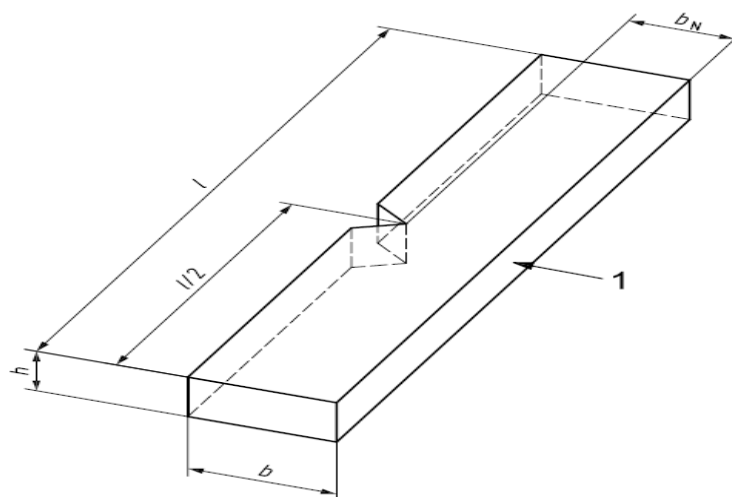
b. Uji Impak (*Impact Test*)

Uji impak merupakan pengujian material untuk mendapatkan kualitas ketahanan terhadap beban kejutan, mengetahui energi yang dibutuhkan pada saat mematahkan batang spesimen dalam sekali pukul, dan mengetahui sifat liat. Pada pengujian ini penulis menggunakan standar ISO 179. Tipe pengujian menggunakan *edgewise* (Gambar 2.4), dan spesimen diberi takikan di bagian tengah sedalam 0,25 mm atau menggunakan tipe A, karena pengujian yang dilakukan menggunakan ISO 179-1/1eA^b sesuai dengan data sheet material (Gambar 2.6) sebagai standar dalam

pengujian. Pada uji impak spesimen ini menggunakan metode *charpy* dengan bentuk takikan V (*V-notch*) (Gambar 2.5) dan tanpa takikan.



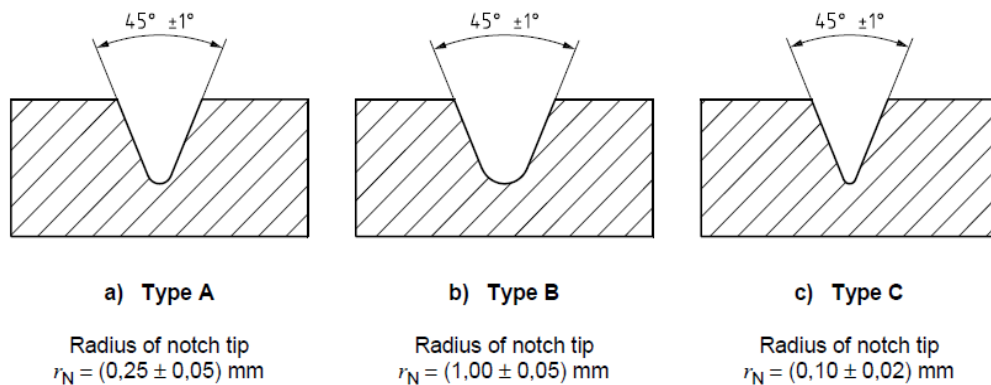
Gambar 2.4 Pengujian impak tipe edgewise
(Sumber: Standar ISO 179)



Gambar 2.5 Bentuk takikan V notch (Sumber: Standar ISO 179)

Keterangan gambar :

- | | |
|--------------------|------------|
| 1. Arah pukulan | 4. Takikan |
| 2. Batang pendulum | 5. Tumpuan |
| 3. Letak spesimen | |



Gambar 2.6 kedalaman takikan (Sumber: Standar ISO 179)

1. Luas Penampang

Luas Penampang adalah bagian spesimen yang diukur setelah pengujian.

Persamaannya sebagai berikut :

$$A = L \times T$$

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. Persamaan nya sebagai berikut :

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

Keterangan :

E = Energi (joule)

M = Massa hummer (kg)

h = Tinggi jatuh (m)

h' = Tinggi ayun (m)

2.2.6 Sifat Alir Material

Sifat alir material adalah langkah – langkah yang dilakukan untuk menghasilkan karakteristik lelehan dari material plastik yang dinyatakan dalam satuan g/10 menit dan disesuaikan dengan jenis plastik dalam pengaturan suhunya. Sehingga dapat menghasilkan nilai analisis untuk menentukan kegagalan pada produk tersebut.

a. Uji MFI (*Melt Flow Index*)

Uji MFI adalah pengujian material plastik yang disesuaikan dengan jenis bahannya untuk mengetahui karakteristik laju aliran (lelehan) dari material tersebut. Hasil dari uji MFI yaitu massa polimer meleleh dalam satuan gram selama 10 menit dari setiap *cut-off time* untuk memperoleh ekstrudat yang memotong. Dalam pengujian ini penulis menggunakan standar ISO 1133 (Gambar 2.7), untuk menghitung laju aliran MFI dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

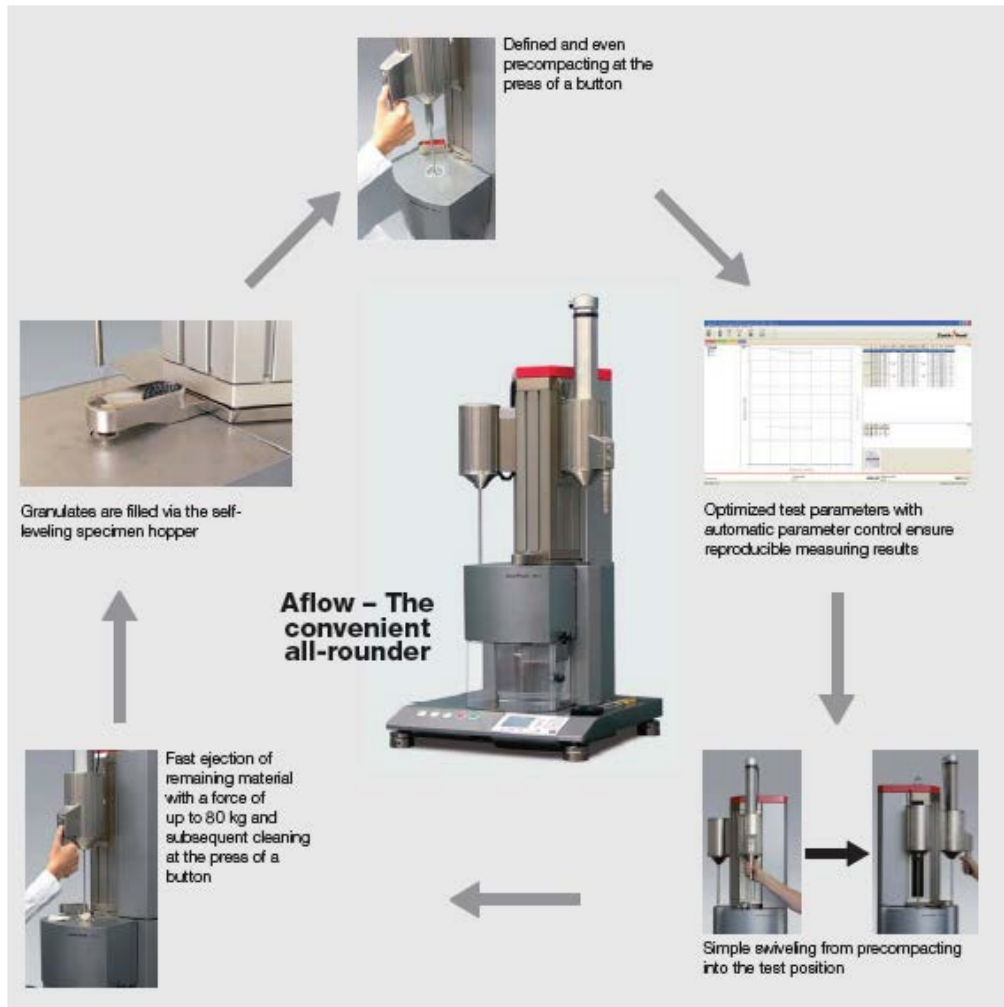
$$\text{MFI} = \frac{10 W}{T} \times 60$$

Keterangan :

MFI = *Melt Flow Index* (g/10 min)

W = Weight (gram)

T = Waktu (*second*)



Gambar 2.7 Proses pengujian MFI (Sumber: Standar ISO 1133)