

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan pustaka.

*Polymer* mulai banyak diminati oleh masyarakat, disebabkan faktor kebutuhan yang semakin banyak diproduksi plastik yang mana dapat menggantikan peran besi atau baja (Firdaus, *et al.*, 2003). *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, *et al.*, 2005).

*Polypropylene* merupakan *polymer* jenis termoplastik yang serba guna dan mudah ditemukan dalam pemakaian sehari-hari di rumah dan dalam bidang industri (Billmeyer Jr, *et al.*, 1984). Kalsium karbonat adalah bahan pengisi yang secara umum telah digunakan untuk *polymer* jenis termoplastik dan material komposit (Solomon *et al.*, 1983).

Material *Polypropylene* merupakan komponen terbesar dalam produk plastik modern, digunakan untuk dasbor mobil dan beberapa bagian mesin mobil. Penelitian ini melaporkan bahwa penggunaan kalsium karbonat sebagai *filler* pada matrik *polypropylene* merupakan pilihan tepat dan untuk memperbaiki sifat mekanis produk plastik yang digunakan pada bagian mobil modern (Thenepalli, *et al.*, 2015).

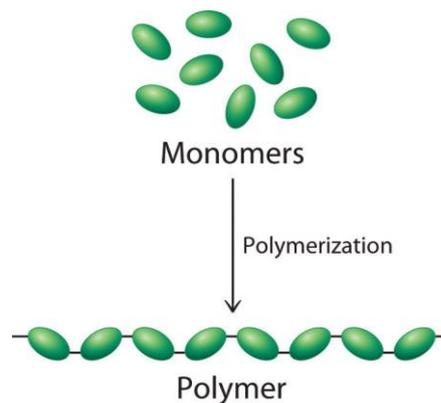
Adeosun, *et al.*, (2013) meneliti tentang sifat mekanis *polypropylene* dengan persentase kandungan *filler*  $\text{CaCO}_3$  0% - 40%, metode yang digunakan yaitu metode *hot press*, adanya peningkatan nilai tegangan tarik pada kandungan 20%- $\text{CaCO}_3$  mencapai 58% sebesar 4,75 Mpa dan pada kandungan 25%- $\text{CaCO}_3$  mengalami kenaikan nilai *Ultimate Tensile Stress* mencapai 84% sebesar 7,5 Mpa akan tetapi terjadi penurunan ketahanan impak pada masing-masing komposisi *polypropylene/CaCO<sub>3</sub>* sebesar 8 dan 12%.

Bernadeth, *et al.*, (2010) dalam penelitiannya tentang studi perbandingan sifat mekanis *polypropylene* murni dan daur ulang, mendapatkan hasil nilai kuat tarik *polypropylene* murni sebesar 33 MPa.

J. Z. Liang, *et al.*, (1998) telah melakukan penelitian sifat mekanis komposit *polypropylene*/CaCO<sub>3</sub> 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<sub>3</sub> dan kekerasan sebesar 70.50 (*Shore D*) dari komposit tersebut.

## 2.2 Dasar teori

### 2.2.1 Pengertian *Polymer*



**Gambar 2.1** *Polymer*

(<https://socratic.org/questions/what-is-the-relationship-between-a-polymer-and-a-monomer>)

*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-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.

### 2.2.2 Polypropylene

*Polypropylene* (PP) termasuk jenis termoplastik dan secara luas digunakan untuk aplikasi umum. *Polypropylene* termasuk *polymer* adisi yang terbuat dari propilena monomer. Memiliki sifat tahan terhadap pelarut kimia, basa dan asam.

*Polypropylene* dapat didaur-ulang dan simbol daur ulang nomor "5":  .

### 2.2.3 Keunggulan Polypropylene

*Polypropylene* memiliki keunggulan, mudah dalam pengolahan, sangat tahan terhadap penyerapan air dan ketahanan kimia yang baik sebagai pelarut. Namun untuk aplikasi bidang rekayasa termoplastik, masih terbatas penggunaannya karena tingkat susut yang tinggi dan temperturnya yang rendah (DeBoest JF, 1988).

### 2.2.4 Aplikasi polypropylene

Aplikasi *polypropylene* HI10HO dalam bidang manufaktur misalnya : Material *polypropylene* diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti wadah susu, bagasi, pengemasan makanan, komponen *otomotif*, *loadspeaker*, penjilidan buku dan diaplikasi umum, seperti tali, pakaian, karpet, alat tulis dan berbagai tipe wadah.

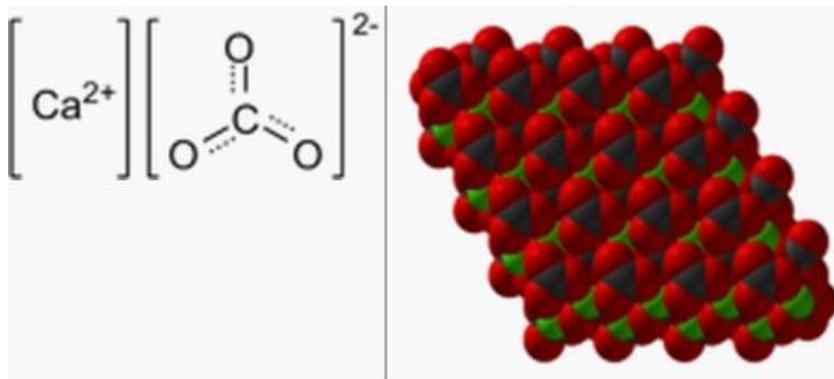
**Tabel 2. 1** Data *polypropylene* HI10HO  
(lides, 2012).

<i>Physical</i>	<i>Nominal</i>
<i>Specific gravity :</i>	0.903g/cm <sup>3</sup>
<i>Melt mass-flow rate</i>	(230°C/2 16kg) 10g/10 min
<b><i>Injection molding</i></b>	
<i>Processing (Melt) Temp</i>	220 to 250 <sup>0</sup> C
<i>Mold Temperature</i>	20.0 to 40.0 <sup>0</sup> C

## 2.3 Kalsium karbonat

### 2.3.1 Pengertian dan aplikasi kalsium karbonat

Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) merupakan mineral yang berlimpah, jumlahnya mencapai 5% dari hasil keseluruhan kerak bumi. Senyawa ini merupakan bahan yang umum dijumpai pada batu di semua belahan bumi. Merupakan komponen utama cangkang organisme laut, siput, bola arang, mutiara, dan kulit telur. Digunakan sebagai pengisi fungsional, pigmen pelapis untuk kertas, karet, plastik, perekat, dan cat. Kalsium karbonat dalam tiga bentuk polimorf: kalsit, aragonit, dan vaterite (Ji-Whan Ahn, 2015).



**Gambar 2.2** Ikatan kimia kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ).

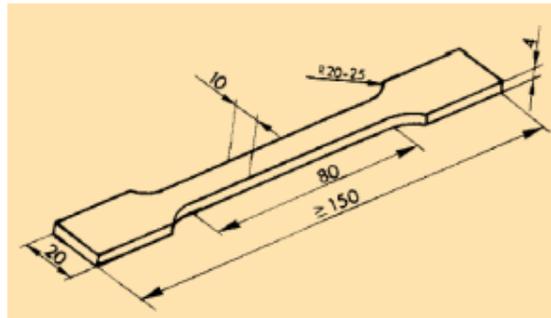
(<http://www.rumuskimia.net/2015/12/rumus-kimia-kalsium-karbonat.html>)

**Tabel 2.2** Data kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ).

(<http://www.rumuskimia.net/2015/12/rumus-kimia-kalsium-karbonat.html>)

Rumus molekul	$\text{CaCO}_3$
Massa molar	100.0869 g/mol
Penampilan	Serbuk putih halus; rasa kecapuran
Bau	tidak berbau
Densitas	2.711 g/cm <sup>3</sup> (kalsit) 2.83 g/cm <sup>3</sup> (aragonit)

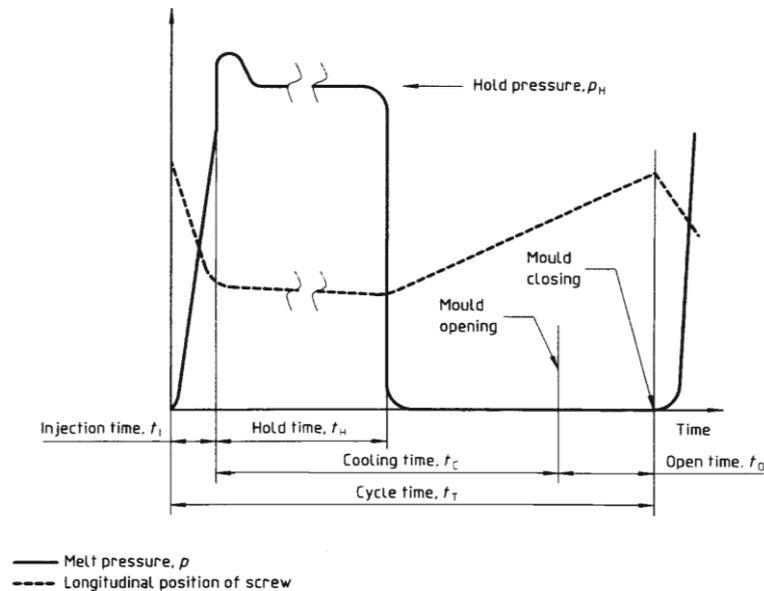
## 2.4 Spesimen *multipurpose*



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

Spesimen *multipurpose* yang umum digunakan dalam berbagai pengujian-pengujian bidang teknik. Penelitian ini menggunakan standart ISO 294-1 (2012), dimensi meliputi :

Panjang bentang	: 150 mm
Panjang <i>gauge</i>	: 80 mm
Lebar	: 20 mm
Tebal	: 4 mm



**Gambar 2. 4** Diagram waktu proses pembuatan spesimen *multipurpose* (Standart ISO 294, 2012).

Keterangan :

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

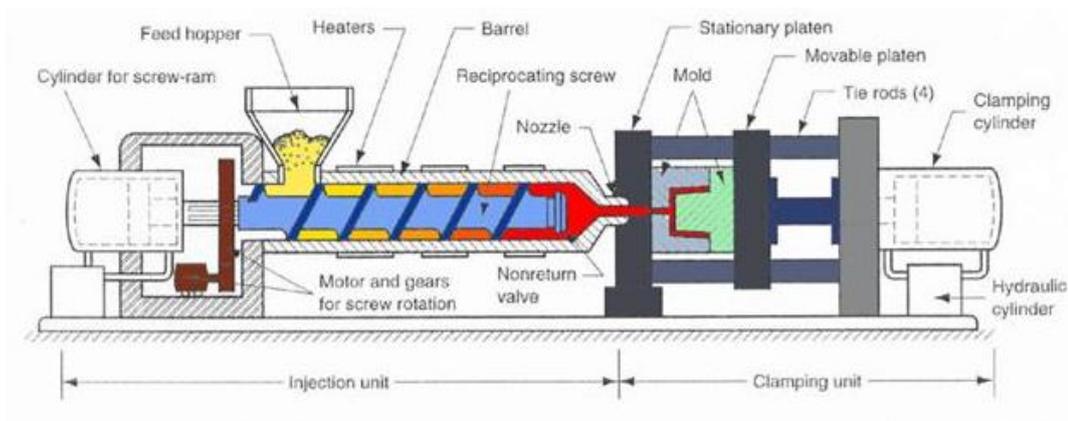
Saat proses *holding*, berlangsung juga proses *cooling* ( $t_c$ ) yang berada di cetakan. Proses *cooling* berguna untuk mendinginkan cetakan dan mengerasakan produk. Setelah proses *cooling* cetakan terbuka dan spesimen dapat diambil manual oleh operator atau dengan lengan robot. Kemudian cetakan tertutup memulai proses injeksi kembali. Penjelasan diatas merupakan siklus waktu ( $t_T$ ) yang terjadi dalam pembuatan spesimen *multipurpose* menggunakan mesin *injection molding* (*international standar* ISO 294, 2012)

## 2.5 Pengenalan mesin *injection molding*

*Injection molding* adalah suatu metode untuk membentuk material termoplastik sesuai dengan bentuk cetakan, menggunakan material plastik yang sudah meleleh karena pemanasan di *barrel* dengan temperatur tertentu sesuai (*material data sheet*) dan diinjeksikan oleh *nozzle* ke dalam cetakan yang didinginkan oleh air sehingga mengeras.

### 2.5.1 Bagian-bagian mesin *injection molding*

Mesin *injection molding* terdiri dari 2 bagian besar yaitu bagian *clamping* dan bagian *inject*, pada bagian *clamping* terdiri dari *mold* (cetakan) *operation door*, *clamp*. Sedangkan bagian *inject* terdiri dari *barrel*, *hopper*, *mold (cavity)* dan *nozzle screw*.



**Gambar 2. 5** Bagian-bagian mesin *injection molding*.

(<https://gadabinausaha.files.wordpress.com/detail-plastic-injection-machine.jpg>)

### 2.5.2 Fungsi bagian-bagian mesin *injection molding*

Adapun fungsi dari bagian-bagian mesin *injection molding* yang umum dikenal yaitu :

a. Motor dan *Transamission Gear Unit*

Bagian ini berfungsi untuk menghasilkan daya yang digunakan untuk memutar *screw* di bagian *barrel*, sedangkan transmisi unit berfungsi untuk memindahkan daya dari putaran motor ke dalam *screw*, selain itu *transmission* unit juga berfungsi untuk mengatur tenaga yang di salurkan sehingga tidak terjadi pembebanan yang terlalu besar.

b. *Cylinder Screw Ram*

Bagian ini berfungsi untuk mempermudah gerakan *screw* dengan menggunakan momen enersia sekaligus menjaga putaran *screw* agar tetap konstan, sehingga didapat dihasilkan kecepatan dan tekanan yang konstan saat proses injeksi plastik dilakukan.

c. *Hopper*

*Hopper* adalah tempat untuk menampung material plastik sebelum masuk ke *barrel*. Biasanya untuk menjaga kelembaban material plastik, digunakan tempat penyimpanan khusus yang dapat mengatur kelembaban, sebab apabila kandungan air terlalu besar pada udara, dapat menyebabkan hasil injeksi yang cacat.

d. *Barrel*

*Barrel* adalah tempat *screw* dan selubung yang menjaga aliran plastik ketika di panasi oleh *heater*. Pada bagian ini juga terdapat *heater* untuk memanaskan plastik sebelum masuk ke *nozzle*.

e. *Screw*

*Reciprocating screw* berfungsi untuk mengalirkan plastik dari *hopper* ke *nozzle*. Ketika *screw* berputar, material dari *hopper* akan tertarik mengisi *screw* yang selanjutnya di panasi lalu didorong kearah *nozzle*.

f. *Nonreturn Valve*

*Valve* ini berfungsi untuk menjaga aliran plastik yang telah meleleh agar tidak kembali saat *screw* berhenti berputar.

g. *Mold Unit*

*Mold unit* adalah bagian terpenting untuk mencetak plastik, bentuk spesimen plastik sangat tergantung dari bentuk *mold*, karena setelah plastik masuk ke dalam *mold*, kemudian didinginkan maka terbentuklah spesimen plastik sesuai dengan bentuk *mold*, ada berbagai tipe *mold*, di sesuaikan dengan bentuk benda yang akan dibuat, untuk mengenal lebih jauh tentang *mold* perlu pembahasan tersendiri. *Mold* yang paling *simple* atau biasa disebut dengan *standard mold*, secara umum terdiri dari :

a. *Sprue dan runner system*

Bagian ini yang menerima plastik dari *nozzle* lalu oleh *runner* akan dimasukkan ke dalam *cavity mold*.

b. *Cavity side*

Bagian ini merupakan salah satu sisi yang membentuk bentuk plastik, *cavity side* terletak pada *stationary plate*, yaitu *plate* yang tidak bergerak saat proses *injecting* produk plastik.

c. *Core side*

Bagian ini juga merupakan bagian yang ikut andil memberikan bentuk produk plastik yang dicetak, bedanya *core side* berada pada *moving plate*, dan bagian ini selalu di hubungkan dengan *ejector*. Secara umum dua bagian inilah yang membentuk produk plastik.

#### d. Ejector system

Setiap jenis  *mold*  selalu mempunyai sistem untuk melepas produk yang selesai di cetak dari  *cavity mold* , bagian inilah yang disebut dengan  *ejector* , walau jenis  *ejector*  bermacam–macam ([injeksi plastik.blogspot.co.id//2010/02.html](http://injeksi.plastik.blogspot.co.id//2010/02.html)).

## 2.6 Pengujian kuat tarik

Pengujian kuat tarik dimaksudkan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik suatu bahan terhadap gaya tarik. Pengujian kuat tarik mengacu standar ISO 527-1a-2012 yang mana sesuai dengan jenis material dan dimensi spesimen  *multipurpose* . Untuk pelaksanaan pengujian, spesimen uji dijepit pada mesin uji. Pembebanan dilakukan mulai dari nol, kemudian bertambah perlahan-lahan hingga diperoleh beban maksimum dan akhirnya benda uji patah. Hasil pengujian tarik dapat dibuat dalam grafik untuk menggambarkan gaya yang bekerja terhadap pertambahan panjang akibat pembebanan.

### 2.6.1 Tegangan tarik ( $\sigma$ )

Besarnya tegangan tarik dari material PP/CaCO<sub>3</sub> dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.1 :

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{2.1}$$

keterangan :

$\sigma$  = Tegangan tarik (MPa)

F = Beban tarik maksimum (N)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

### 2.6.2 Modulus Elastisitas (E)

Besarnya modulus elastisitas dari material PP/CaCO<sub>3</sub> dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3 :

$$E = \frac{\Delta F}{A} \Delta \varepsilon \quad (2.2)$$

$$E = \frac{\Delta F}{\left(\frac{L_2 - L_1}{L_0}\right) * A} \quad (2.3)$$

Keterangan :

E = Modulus elastisitas (MPa)

$\Delta F$  = Perubahan gaya (N)

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

$\Delta L_1$  = Perubahan panjang awal (mm)

$\Delta L_2$  = Perubahan panjang akhir (mm)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

### 2.6.3 Regangan

Besarnya nilai regangan dari material PP *filler* CaCO<sub>3</sub> dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.4. (Tim Laboratorium Material Teknik, 2015) sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad (2.4)$$

Keterangan :

$\varepsilon$  = Regangan

$\Delta L_0$  = Perubahan panjang total (mm)

$L_0$  = Panjang awal (mm)

### 2.6.4 Parameter kecepatan pengujian kuat tarik.

Sesuai dengan standar ISO 527-1a, bahwa pengaturan kecepatan saat pengujian kuat tarik perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap waktu dan besaran regangannya. Adapun kecepatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 mm/min karena tingkat ketelitiannya tinggi dan sesuai ketentuan standar ISO 527-1a. Perbedaan kecepatan pada pengujian kuat tarik berpengaruh pada besaran regangan yang dihasilkan, kecepatan 1 mm/min menunjukkan nilai regangan mencapai 64,29 mm sedangkan dengan kecepatan 50 mm/min menunjukkan nilai regangan sebesar 17,41 mm. Berikut tabel kecepatan uji kuat tarik standar ISO 527-1a :

**Tabel 2.3** Kecepatan uji kuat tarik (Standar ISO 527-1a)

<b>Speed</b> mm/min	<b>Tolerance</b> %
1	$\pm 20$ <sup>1)</sup>
2	$\pm 20$ <sup>1)</sup>
5	$\pm 20$
10	$\pm 20$
20	$\pm 10$
50	$\pm 10$
100	$\pm 10$
200	$\pm 10$
500	$\pm 10$

1) These tolerances are smaller than those indicated in ISO 5893.

## 2.7 Pengujian impak

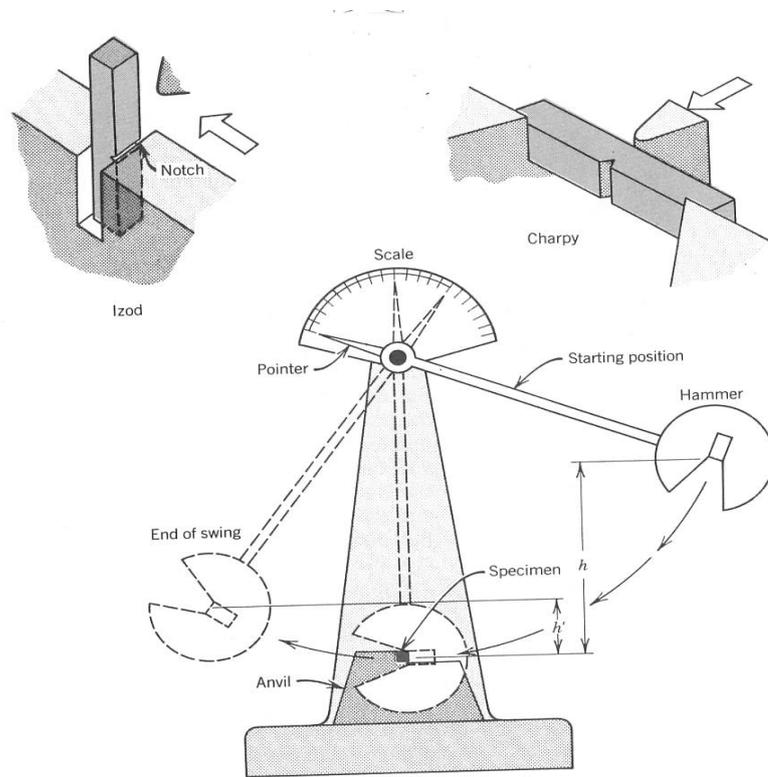
Pengujian impak atau ketangguhan bahan dapat dilakukan dengan *Impact test*. Pengujian impak mengacu standar ISO 179. Pengujian menggunakan batang uji yang bertakik (*notch*) dipukul dengan sebuah bandul. Ada dua cara pengujian yang dapat digunakan yaitu :

a. Metode *charpy*, batang uji diletakkan mendatar dan ujung-ujungnya ditahan kearah mendatar penahan yang berjarak 40 mm. Bandul yang berayun akan memukul batang uji tepat alat dimana suatu batang uji tepat dibelakang takikan. Untuk pengujian ini digunakan sebuah alat uji dimana suatu batang dapat berayun dengan bebas. Ujung batang ini dipasang pemukul yang diberi pemberat. Batang uji diletakkan pada bagian bawah alat dan takikan tepat berada pada bidang lintasan pemukul.

b. Metode *Izod*, batang uji diletakkan di bagian bawah mesin, pada posisi *vertical* dengan salah satu ujung dijepit oleh anvil. Takikan yang berjarak 28 mm dari ujung bebas sebidang dengan permukaan anvil dan menghadap ke bandul. Bandul yang berayun akan memukul batang uji pada titik yang berjarak 6 mm dari ujung bebas.

Bandul pemukul dinaikkan sampai ketinggian tertentu sebesar  $H_0$ . Pada posisi ini pemukul memiliki energi potensial sebesar  $WH_0$ , kemudian dilepaskan dan berayun bebas. Bandul memukul batang uji hingga patah, dan masih terus berayun sampai ketinggian  $H_1$ . Pada posisi ini sisa energi potensial adalah  $WH_1$ .

*Impact toughness* (ketangguhan impak) dinyatakan dengan banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan batang uji: dengan notasi IS atau Cv. Satuannya kg.m atau ft.lb atau joule. Jadi *impact toughness* adalah ketangguhan terhadap beban kejut pada batang uji yang bertakik (*notch toughness*) (Tim Laboratorium Material Teknik, 2015).



**Gambar 2.6** Skema alat uji impact, prinsip kerja metode *izod* dan metode *charpy*.  
(Tim Laboratorium Material Teknik, 2015)



**Gambar 2.7** Bentuk spesimen uji impact dengan takikan  
Sesuai standar ISO 179. (Standar ISO 179, 2000)

Dimensi spesimen :

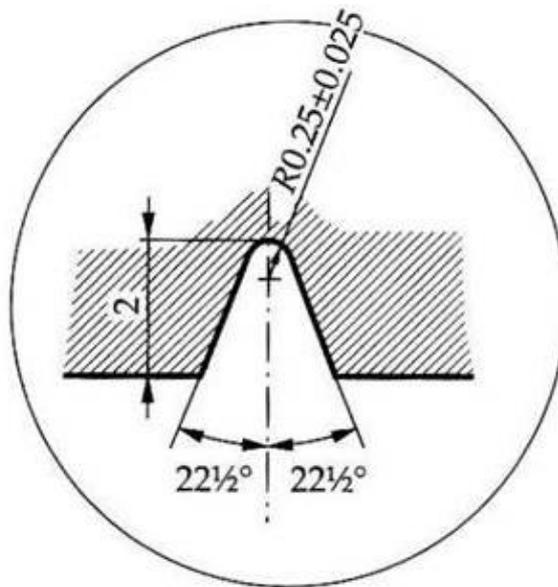
Panjang = 80 mm

Lebar = 10 mm

Tebal = 4 mm

Kedalaman takikan = 2 mm

Takikan = 45°



**Gambar 2.9** Bentuk dan ukuran takikakan impak  
(Standar ISO 2818 type A).

Takikan digunakan untuk memberikan titik fokus patah dan menjadikan spesimen lebih sensitif untuk patah.

### 2.7.1 Luas penampang

Luas penampang adalah luasan bagian spesimen yang diukur setelah pengujian impak. Dapat ditentukan dengan persamaan 2.4 berikut :

$$A = L \times T \text{ (mm}^2\text{)} \quad (2.4)$$

Keterangan :

A = Luas penampang patah (mm<sup>2</sup>)

L = Lebar spesimen (mm)

T = Tebal spesimen (mm)

### 2.7.2 Sudut $\alpha$ (alfa) dan $\beta$ (beta)

Pada saat pendulum diayunkan dari ketinggian tertentu sebesar  $H_0$  tanpa hambatan (spesimen uji) maka didapatkan sudut  $\alpha$  (alfa). Sedangkan Sudut  $\beta$  beta dapat ditentukan setelah benturan antara pendulu dengan spesimen uji.

$\alpha$  = Sudut alfa didapatkan ketika pendulum tanpa hambatan sebesar  $157^\circ$ .

$\beta$  = Sudut beta didapatkan setelah benturan dengan spesimen ( $^\circ$ ).

### 2.7.3 Energi yang diserap spesimen

Dapat diketahui besaran jumlah energi yang diserap oleh spesimen ditentukan dengan persamaan berikut :

$$E = W.H_0 - W.H_1 = W.R. (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (\text{Joule}) \quad (2.5)$$

$$\text{Ketangguhan Impak} = \frac{E}{\text{Luas penampang}} \quad (\text{Joule/cm}^2) \quad (2.6)$$

Dimana :

W = Berat bandul pemukul (N).

H = Ketinggian bandul pemukul (m).

R = Jari - jari bandul ayunan (m).

$\alpha$  = Sudut bandul pada posisi awal ( $^\circ$ ).

$\beta$  = Sudut bandul setelah mengenai spesimen uji ( $^\circ$ ).

## 2.7.4 Pengujian Optik

Gambar 2.10 merupakan mikroskop optik OLYMPUS-SZ61TR yang berada di Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



**Gambar 2.10** Mikroskop optik OLYMPUS-SZ61TR

Mikroskop merupakan salah satu alat yang biasa digunakan untuk mengamati objek berukuran kecil dengan cara memperbesar bayangan objek hingga berkali-kali lipat, bayangan objek yang diamati dapat diperbesar 40 kali, 100 kali, 400 kali, bahkan 1000 kali. Perbesaran yang mampu dijangkau semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi. Bagian-bagian dari mikroskop optik secara lebih lengkap terdapat pada Gambar 2.11. Berikut bagian-bagian utama mikroskop optik :



**Gambar 2.11** Bagian-bagian mikroskop optik.

([http://www.microscope.com//stereo\\_components.jpg](http://www.microscope.com//stereo_components.jpg))

