

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Parodi, E. (2017) melakukan penelitian pengaruh suhu dan kelembaban relatif pada plastisitas terkontrol kegagalan *polyamide 6*. Pengujian tarik uniaksial dilakukan pada beberapa suhu, tingkat regangan dan kelembaban relative tes *creep* di bawah beban konstan dilakukan pada kelembaban relatif yang berbeda dan beban yang diterapkan. Untuk menggambarkan dan memprediksi hasil kinetika, persamaan *Ree-Eyring* digunakan dan dimodifikasi untuk memasukkan efek relative kelembaban. Selanjutnya, dengan diperkenalkannya konsep jumlah kritis akumulasi *strain* plastik, kinetika hasil berhasil diterjemahkan ke prediksi waktu ke kegagalan. Kesepakatan yang baik antara prediksi dan hasil eksperimen diperoleh, menunjukkan bahwa model adalah alat yang cocok dan serbaguna untuk mengevaluasi kinerja mekanik suhu dan bahan sensitif kelembaban seperti *polyamide 6*.

Gutiérrez (2019) sudah melakukan penelitian yang tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh kadar air pada perilaku patah berlekuk pendek serat gelas diperkuat *poliamide 6* (SGFR-PA6). Untuk tujuan penelitian ini, penelitian ini menggabungkan dua konten serat (10% berat dan 50% berat) dengan tiga kadar air yang berbeda (kering 0%, 2%, dan 4-5%). Dapat disimpulkan *poliamide 6* dengan serat 50% berat kadar *moisture content* 0% menghasilkan nilai tegangan tarik paling tinggi dengan nilai $192,77 \pm 3,31$ MPa, nilai regangan terbesar pada *poliamide 6* dengan serat 10% berat kadar *moisture content* 5% dengan nilai $22,73 \pm 0,36$ %, dan nilai modulus elastisitas terbesar pada *poliamide 6* dengan serat 50% berat kadar *moisture content* 0% dengan nilai $12,60 \pm 0,40$ Gpa.

Jia and Fraenkel (2004) telah melakukan penelitian pada polimer *polyamide 6* yang diberi *treatment* dengan variasi spesimen direndam dalam air pada suhu ruang (23°C) dan air mendidih (100°C), ditempatkan pada udara terbuka dari suhu 23°C hingga 70°C dengan kelembaban relatif dari 50% RH hingga 100% RH. Pada

penelitian ini memperoleh hasil spesimen dengan *treatment* variasi direndam dalam air mendidih pada suhu 100° dalam waktu 5 jam mampu menyerap *moisture content* paling tinggi dengan nilai *moisture content* sebesar 5% dan nilai *moisture content* terendah pada *treatment* dengan variasi udara terbuka suhu 23°C dengan kelembaban relatif 50% RH dengan nilai *moisture content* sebesar 0,2%. Tegangan tarik tertinggi dihasilkan oleh *polyamide 6* variasi udara terbuka suhu 23°C RH 50% dengan nilai kuat tarik 82 MPa, tegangan terendah pada *polyamide 6* yang direndam air mendidih suhu 100° RH 100% dengan nilai 66 MPa. Modulus tarik tertinggi pada *polyamide 6* variasi udara terbuka suhu 23°C RH 50% dengan nilai 3050 MPa, modulus tarik terendah pada *polyamide 6* variasi 55°C RH 50% dengan nilai modulus tarik 2380 MPa.

Rajeesh dkk (2010) telah melakukan penelitian yang membahas perilaku tarik nanokomposit *polyamide 6* yang mengandung berbagai tingkat air yang diserap. Semua sampel dikondisikan dalam oven vakum pada 333 K (59,85 °C) selama 7 hari untuk menghilangkan kelembaban dan selanjutnya disebut sampel kering (0%). Kemudian direndam dalam air suling untuk mendapatkan kelembaban -1%, -5%, dan -8%. Penyerapan air mempengaruhi kekuatan tarik, modulus tarik, dan morfologi fraktur nanokomposit *polyamide 6*. Meskipun kristalinitas meningkat karena penyerapan air, modulus dan kekuatan tarik ditemukan menurun karena efek plastisasi, yang mengatasi efek peningkatan marginal kristalinitas. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai *moisture content* pada *polyamide 6* akan berdampak semakin rendah nilai tegangan dan modulus tariknya, begitu juga sebaliknya semakin rendah nilai *moisture content* pada *polyamide 6* akan berdampak semakin tinggi nilai tegangan dan modulus tariknya.

Gac dkk (2017) telah melakukan penelitian yang bertujuan mempertimbangkan efek kadar air pada sifat mekanik *polyamide 6* ketika digunakan dalam lingkungan yang lembab. Pada penelitian ini menggunakan variasi perendaman spesimen pada air 80°C dengan RH 20% - 50% dan 80°C dengan air laut selama selama 48 jam. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai *moisture content* pada *polyamide 6* akan berdampak semakin

rendah nilai tegangannya, begitu juga sebaliknya semakin rendah nilai *moisture content* pada *polyamide 6* akan berdampak semakin tinggi nilai tegangannya.

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas penelitian tentang pengaruh variasi *moisture content* pada material *polyamide 6* masih sedikit dilakukan dan perlu untuk dikembangkan lagi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Polyamide 6

Parodi, E. (2017) *polyamide 6* juga dikenal sebagai *Nylon*, ditemukan oleh ahli kimia Amerika Wallace Hume Carothers pada tahun 1935. Pada waktu itu, Carothers bekerja untuk *Du Pont* (Industri Kimia Amerika) sebagai pemimpin kelompok. Pengembangan *nylon* didorong oleh monopoli sutra Jepang pada akhir 30-an, dari mana legenda tentang etimologi akronim *nylon* lahir: "*Now You've Lost, Old Nippon*" yang artinya "Sekarang Anda Hilang, Nippon Lama". Namun, ini hanya satu dari sekian banyak legenda tentang nama *nylon*.

Parodi, E. (2017) *polyamide 6* banyak digunakan sebagai polimer rekayasa, dengan banyak aplikasi seperti serat untuk pakaian, tali, komponen struktural dan mekanik, serat tambahan di ban dan perekat. Karena sifatnya yang sangat baik, poliamida mencakup sebagian besar dari pasar polimer rekayasa dunia. Pengguna utama adalah manufaktur transportasi industri, meliputi 35% dari konsumsi *poliamide 6 (PA 6)*.

Polyamide 6 adalah bahan yang kuat dan tahan abrasi. *Polyamide 6* Ini telah meningkatkan penampilan permukaan dan kemampuan proses dibandingkan dengan nilon 6/6. *Polyamide 6* juga dapat dicetak sekitar 80° F (27° C) lebih rendah dengan penyusutan cetakan karena lebih sedikit kristal. Sebaliknya, *polyamide 6* memiliki modulus lebih rendah dan menyerap kelembaban lebih cepat dari *polyamide 6/6*. *Polyamide 6* termasuk kedalam polimer sintesis yang tidak terdapat secara alami dan termasuk kedalam plastik *thermoplast* yang dapat dicetak berulang - ulang dengan menggunakan media panas.

Parodi, E. (2017) karakteristik utama poliamida adalah bahwa mereka mengandung gugus amida berulang (-CONH-) dalam rantai. Poliamida dapat dibagi

dalam dua kategori, yaitu aromatik dan alifatik. *Polyamide 6* secara konvensional diidentifikasi dengan jumlah atom karbon yang ada dalam monomer. Dua monomer sering dibutuhkan, monomer diamina dan monomer diasida. Karena itu, poliamida dibedakan oleh dua angka: yang pertama sesuai dengan jumlah karbon di diamina dan yang kedua dengan yang diasida.

Jia dkk (2004) *polyamide 6 (PA6)* adalah termoplastik semikristalin kinerja tinggi dengan sifat fisik dan mekanis yang menarik yang menyediakan beragam peran penting dalam banyak aplikasi di dunia industri. Banyak dari pertumbuhan *polyamide 6* saat ini ditemukan di bidang otomotif, dimana bagian yang terbuat dari *polyamide 6* secara bertahap menggantikan logam (berbagai baja dan paduan ringan, berbahan dasar aluminium dan magnesium), dan dalam beberapa kasus plastik.

Processing/Physical Characteristics	Value	Unit	Test Standard
ASTM Data			
Mold Shrinkage, MD	0.012	mm/mm	ASTM D 955
Mold Shrinkage, TD	0.013	mm/mm	ASTM D 955
Mechanical properties			
ASTM Data			
Tensile Strength at Yield	80	MPa	ASTM D 638
Tensile Strength at Break	65	MPa	ASTM D 638
Elongation at Break	100	%	ASTM D 638
Flexural Modulus	2850	MPa	ASTM D 790
Flexural Strength	110	MPa	ASTM D 790
Rockwell Hardness	R 120	-	ASTM D 785
Izod Impact notched, 1/8 in	62.5	J/m	ASTM D 256
Thermal properties			
ASTM Data			
UL 94 Flame rating	V-2	-	UL 94
DTUL @ 66 psi	195	°C	ASTM D 648
DTUL @ 264 psi	75	°C	ASTM D 648
Melting Temperature	220	°C	ASTM D 3418
Other properties			
Density	1.140	kg/m ³	ASTM D 792

Characteristics

Processing
Injection Molding

Delivery form
Natural Color

Regional Availability
Europe

Disclaimer

Tabel 2. 1 Data sheet material *polyamide 6* produksi UBE.

2.2.2 Moisture Content

Moisture content merupakan kadar kelembaban pada sebuah material, secara umum orang menyebut *moisture content* itu kadar air yang ada pada sebuah material dan biasanya dinyatakan dalam satuan persen (%). *Moisture content* dapat diketahui menggunakan rumus :

$$M_c = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100 \%$$

M_c = *Moisture content* (%).

W_t = Berat spesimen setelah diberi kelembaban (g).

W_0 = Berat kering spesimen (g).

Moisture content dalam produk diketahui dapat mempengaruhi berbagai sifat polimer, yang pada waktunya bisa berdampak pada kemampuan proses, stabilitas dimensi, sifat mekanis, dan akhirnya mempengaruhi kinerja produk. *Moisture content* yang diserap oleh *polyamide 6* akan berdampak pada meningkatnya keuletan pada bahan *polyamide 6* tersebut (Gutiérrez, 2019).

Menurut BASF Corporation (2003) kelembaban diketahui mempengaruhi berbagai sifat polimer, yang pada waktunya berdampak pada kemampuan proses, stabilitas dimensi, sifat mekanik, akustik, listrik, optik, dan kimia, dan pada akhirnya kinerja produk.

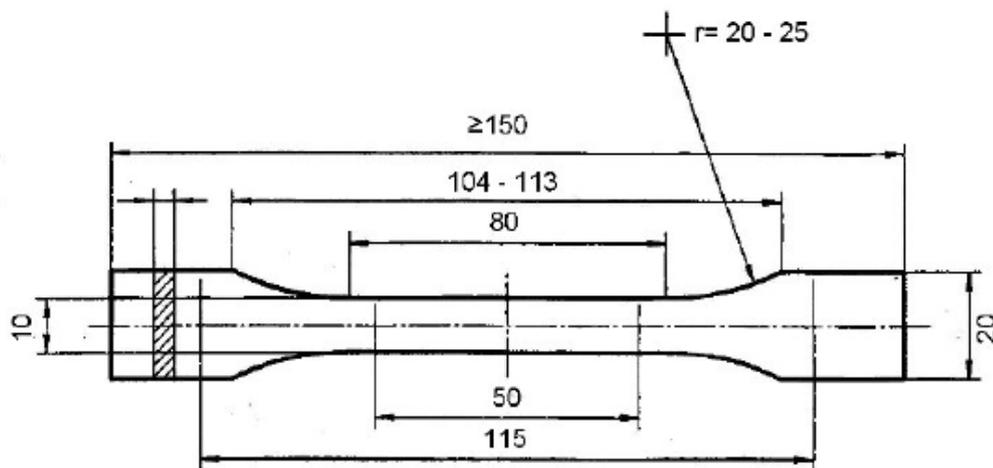
Menurut Rajeesh (2010) penyerapan air mengurangi kekuatan luluh tarik dan modulus dan meningkatkan keuletan *poliamide 6* nanokomposit. Meskipun keberadaan air meningkatkan kristalinitas, kekuatan luluh tarik dan modulus berkurang karena efek plastisisasi, yang melampaui kontribusi kristalinitas. Morfologi fraktur juga dipengaruhi oleh penyerapan air pada *polyamide 6*.

Moisture content bertindak sebagai *plasticizer*, dapat mengurangi kekuatan tarik, mengurangi kekakuan dan meningkatkan perpanjangan. Tetapi, sementara kelembaban yang diserap mengurangi banyak sifat, seperti ketangguhannya berkurang akibat efek kelembaban dari plastik. Pada penelitian ini ada tiga variasi *moisture content* yang digunakan yaitu : kering 0,2%, udara terbuka 1%, uap 5%, dan rebus 5,5%.

2.2.3 Spesimen Multipurpose

Spesimen multipurpose yaitu spesimen yang telah digunakan sebagai penelitian dibidang teknik. Penelitian menggunakan ISO 527-2 (Gambar 2.1) yang memakai ukuran sebagai berikut:

- (A) Panjang Keseluruhan : 150 mm
- (B) Lebar : 20 mm
- (C) Panjang Gauge : 50 mm
- (D) Tebal : 4 mm



Gambar 2. 1 Model dan ukuran spesimen *multipurpose* (ISO 527-2)

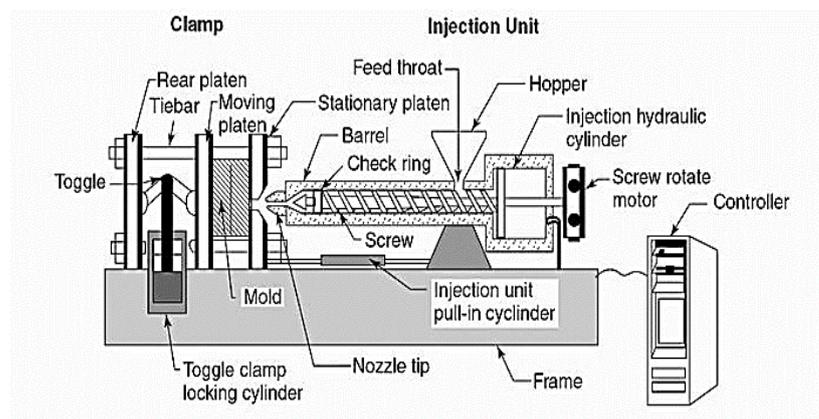
(Sumber: Standar ISO 527-2)

2.2.4 Injection Molding Machine

Injection molding merupakan salah satu alat yang menggunakan metode dalam pengolahan plastik dengan teknik memanaskan plastik kemudian disuntikan kedalam cetakan (*Mold*). Produk yang dihasilkan menyesuaikan dengan disain cetakan yang dibuat dan dipakai pada mesin *Injection Molding*. Material yang digunakan pada *injection moulding* berupa bijih-bijih plastik, cacahan plastik atau bisa juga campuran cacahan plastik dengan serat. Sebelum masuk kedalam proses injeksi, material harus dipanaskan terlebih dahulu dalam *barrel*. Pemanasan material ini dilakukan untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada bijih plastik, melelehkan material plastik, dan mengeringkan material dari uap air yang diserap.

Oktem, H. (2007) menyatakan bahwa plastik *injection molding* merupakan salah satu mesin berat yang digunakan sebagai pembuatan produk dengan material plastik dalam dunia industri. Injection molding machine adalah alat yang paling umum digunakan untuk proses pembuatan komponen plastik. Produk yang dihasilkan *injection molding machine* ini banyak digunakan dalam berbagai produk termasuk peralatan rumah tangga, elektronik, alat-alat listrik, komponen otomotif, dan juga banyak digunakan untuk peralatan medis.

Maulana (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 mengurangi biaya produksi, dapat memproduksi produk secara masal dalam waktu yang singkat, dan dapat memproduksi produk dengan tingkat kerusakan yang kecil.



Gambar 2. 2 Injection molding machine

(Sumber : Mark, 2005)

2.2.5 Sifat Mekanis

Sifat mekanis yaitu kemampuan suatu bahan atau spesimen menerima beban atau gaya atau energi tanpa menimbulkan kerusakan pada benda uji tapi

mendapatkan hasil yang sesuai dengan ketentuan. Berikut yang termasuk kedalam pengujian mekanis yaitu :

a. Uji Tarik

Uji tarik adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat – sifat mekanis suatu benda uji seperti seberapa besar spesimen bekerja terhadap kekuatan tarik dan seberapa besar spesimen menjadi panjang setelah menerima pembebanan sama besar pada kedua sumbu spesimen tersebut. Pada penelitian uji tarik ini menggunakan standar ISO 527-1 (Gambar 2.3).



Gambar 2. 3 Pengujian tarik ISO 527-1

1. Tegangan Tarik (σ)

Besarnya tegangan tarik pada material *polyamide 6* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.1 :

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

Keterangan :

σ = Tegangan Tarik (MPa)

F = Beban tarik maksimal (N)

A = Luas penampang (mm²)

2. Modulus Elastisitas (E)

Besarnya modulus elastisitas dari material *polyamide 6* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3 :

$$E = \frac{\Delta F}{A} / \Delta \epsilon \dots\dots\dots(2.2)$$

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

Keterangan :

E = Modulus elastisitas (MPa)

ΔF = Perubahan gaya (N)

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

ΔL_1 = Perubahan panjang awal (mm)

ΔL_2 = Perubahan panjang akhir (mm)

A = Luas penampang (mm²)

3. Regangan

Besarnya nilai regangan dari material *polyamide* 6 dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.4) :

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

Keterangan :

ε = Regangan (%)

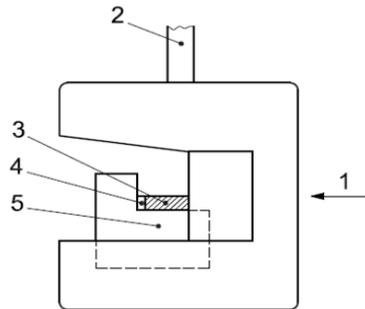
ΔL_0 = Perubahan panjang total (mm)

L₀ = Panjang awal (mm)

b. Uji Ketahanan Kejut

Uji ketahanan kejut merupakan pengujian material yang dilakukan untuk mendapatkan nilai ketangguhan atau kekuatan, mengetahui sifat liat, dan untuk mengetahui pengaruh beban terhadap sifat mekanik material yang diberi beban kejut dalam sekali pukul.

Pada pengujian ketahanan kejut ada dua metode yaitu metode pengujian charpy dan metode izod, pada dua pengujian ini spesimen dapat dibuat takikan maupun tidak dengan ketentuan atau standar material tersebut. Pada pengujian ini menggunakan tipe pengujian *charpy* (gambar 2.4), dan spesimen diberi takikan V notch (gambar 2.5) di bagian tengah sedalam 0,25 mm atau menggunakan *type A* (gambar 2.6) sebagai standar dalam pengujian.

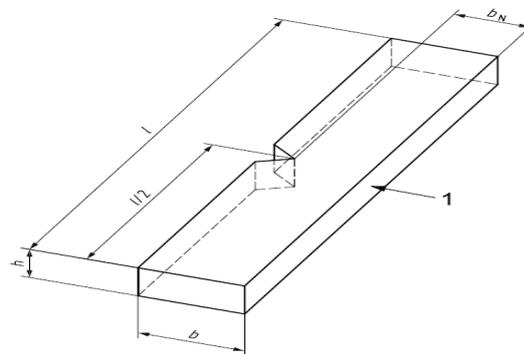


Gambar 2. 4 Pengujian ketahanan kejut tipe *Charpy*.

(Sumber: Standar ISO 179)

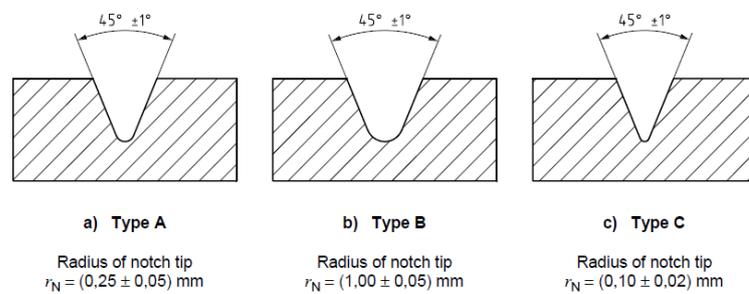
Keterangan gambar:

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



Gambar 2. 5 Bentuk takikan V notch.

(Sumber: Standar ISO 179)



Gambar 2. 6 Kedalaman takikan.

(Sumber: Standar ISO 179)

1. Luas Penampang

Besarnya nilai luas penampang pada material *polyamide 6* dapat ditentukan menggunakan persamaan (2.5) :

$$A = bN \times h \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

A = Luas patahan (mm²)

L = Lebar spesimen (mm)

T = Tebal spesimen (mm)

2. Energi Yang Diserap

Besarnya nilai energi yang diserap pada material *polyamide 6* dapat ditentukan menggunakan persamaan (2.6) :

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

Keterangan :

E = Energi (joule)

M = Massa pendulum (kg)

h = Tinggi jatuh (m)

h' = Tinggi ayun (m)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)