

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat Serabut Kelapa

Kelapa merupakan tanaman perkebunan yang berasal dari *family Palmae*. Tanaman kelapa (*cocos nucifera L*) merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang memiliki ekonomi tinggi. Seluruh bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, sehingga pohon ini sering disebut pohon kehidupan (*tree of life*) karena hampir semua bagian dari pohon, akar, batang, daun dan buahnya dapat dimanfaatkan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Unsur pada kelapa yaitu serabut kelapa diambil setelah pengangkatan daging kelapa dan digunakan dalam industri untuk pembuatan benang dan produk-produk berbasis *coir* seperti karpet dan tikar (Romels dkk, 2011).

Sabut kelapa merupakan bahan yang mengandung *ligniseluosa* yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif *coco fiber*, selama ini telah banyak penelitian dan percobaan yang dilakukan oleh para ahli untuk meningkatkan nilai ekonomis sabut kelapa untuk mendapatkan suatu produk yang memiliki kualitas tinggi namun dengan bahan yang mudah didapat (Jonathan dkk, 2013).

2.2 Polimer

polimer merupakan rantai berulang dari suatu atom yang panjang terbentuk dari pengikat yang berupa molekul lidentik yang disebut monomer, sekalipun biasanya merupakan organik (memiliki rantai karbon), ada juga polimer inorganik. Contohnya terkenal dari polimer adalah plastik (Luluk, 2016).

Menurut Surdia, (1995) umumnya polimer dibangun oleh satuan struktur tersusun berulang diikat oleh gaya tarik menarik yang disebut ikatan kovalen, dimana ikatan setiap atom dari pasangan menyumbangkan satu *electron* untuk membentuk sepasang *electron*. Beberapa contoh senyawa polimer antara lain : karet alam dan

polimer plastik seperti *polistirena* (PS), *polietilen* (PE), *polivilin chloride* (PVC), *polipropilena* (PP), nilon dan *Teflon*.

Polimer adalah makro molekul yang terbentuk dari banyak kelas material sintetis dan alam. Untuk serat polimer sintetis umumnya akan lebih sulit diuraikan oleh *mikroorganisme* berbeda dengan polimer alami yang justru mudah diuraikan oleh *mikroorganisme*. Perbedaan sifat setiap polimer sangat dipengaruhi oleh struktur polimernya yaitu :

1. Pencabangan

Rantai polimer yang memiliki banyak cabang akan memiliki daya tegang yang rendah serta mudah meleleh.

2. Panjang Rantai Polimer

Kekuatan dan titik leleh suatu senyawa akan semakin tinggi apabila rantai polimernya semakin panjang.

3. Sifat Kristalinitas Rantai Polimer

Biasanya polimer yang memiliki struktur teratur cenderung lebih kuat dan lebih tahan terhadap bahan kimia dan enzim karena sifat kristalinitas pada polimer berstruktur teratur lebih tinggi.

4. Gaya Antar Molekul

Semakin besar gaya antar molekul pada rantai polimer maka polimer akan menjadi kuat dan sukar meleleh.

5. Ikatan Silang Antar Rantai Polimer

Apabila ikatan silang pada suatu polimer semakin banyak maka polimer tersebut akan semakin kaku dan rapuh hal tersebut terjadi karena ikatan silang antar rantai molekul membuat suatu polimer emnjadi semakin kaku.

2.2.1 Jenis Polimer

Berdasarkan sifatnya polimer dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1) Polimer Termoplastik

Polimer *termoplastik* merupakan suatu polimer yang tidak memiliki sifat ketahanan terhadap panas. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya sehingga plastik tersebut dapat diolah berulang kali dengan cara dipanaskan untuk membuat produk polimer yang baru. Beberapa contoh polimer serta produk yang dihasilkan sebagai berikut :

- *Polistirena* = penggaris, sol sepatu, gantungan baju.
- *polivilin chloride* (PVC) = pipa air, pipa plastik, ubin plastik, kulit sintestis.
- *Polietilen* (PE)=mainan, botol plastik, ember, kantong plastik, jas hujan, *drum*, isolasi kabel.
- *Polipropena* (PP) = tali, serat, kursi plastik, pembungkus tekstil, komponen mesin cuci, bak air.

2) Polimer Termoseting

Berbeda dengan polimer *termoplastik* yang tidak memiliki sifat ketahanan terhadap panas, polimer *termoseting* justru memiliki sifat ketahanan yang baik terhadap panas. Hal ini disebabkan karena polimer *termoseting* mempunyai ikatan – ikatan silang yang mudah terbentuk apabila dipanaskan sehingga polimer *termoseting* akan semakin keras dan kaku jika mendapat perlakuan panas. Jenis polimer ini tidak dapat di daur ulang karena apabila polimer dipanaskan lebih dari satu kali akan menyebabkan ikatan silang antar rantai polimer menjadi rusak atau lepas. Contoh plastik *termoseting* antara lain :*fitting* lampu listrik, asbak, peralatan fotografi, radio dan saklar listrik.

2.3 Lignin

Menurut Putera (2012) lignin merupakan senyawa yang sangat kompleks dengan berat molekul tinggi. Lignin terdapat diantara sel-sel dan di dalam dinding sel. Dimana fungsi lignin yang terletak diantara sel adalah sebagai perekat untuk mengikat/perekat antar sel, sehingga tidak dikehendaki. Sementara dalam dinding sel

lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi untuk memberi ketegaran pada sel.

lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusunan lainnya, sehingga suatu pohon dapat berdiri tegak (seperti semen pada beton). Lignin juga masih berikatan erat dengan *selulosa* dan *hemiselulosa*. Komponen ini merupakan komponen rantai atau cabang panjang yang terbentuk di dalam dinding sel. Keberadaan lignin sangat melimpah di alam yang mana merupakan komponen polimer organik kedua di bumi setelah selulosa. Struktur dari lignin adalah kompleks, tidak beraturan, acak, dan penyusunan utamanya dari senyawa aromatik yang mana menambahkan elastisitas matrik *selulosa* dan *hemiselulosa*. Akibat dari kekomplekkan inilah lignin merupakan komponen *linoselulosa* yang sulit untuk dipecah. Hal ini dikarenakan struktur kristal pada lignin lebih tinggi dari pada *selulosa* dan *hemiselulosa*.

Perlakuan *treatment* dilakukan untuk mengurangi kadar lignin pada serat sabut kelapa menggunakan larutan NAOH dengan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ massa} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{massa campuran}} \times 100\%$$

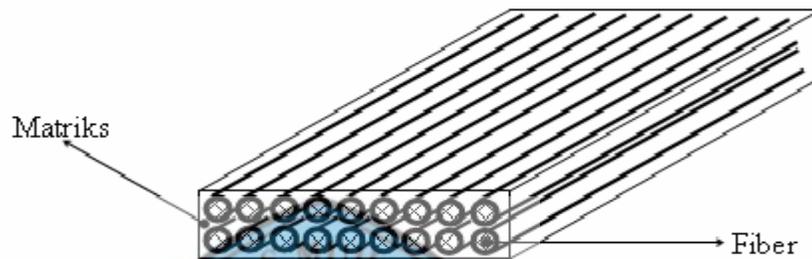
2.4 Komposit

Menurut Zulkarnaen (2014) komposit adalah penggabungan dua atau lebih material yang berbeda menjadi kombinasi yang menyatu. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai pengisi dan pengikat serat yang disebut matrik. Unsur utama di dalam komposit adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya adalah polimer yang mudah untuk dibentuk. penggunaan serat yang utama adalah untuk menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan serta sifat mekanik lainnya.

Berdasarkan pernyataan Jones (1975) cara pengutannya komposit dibedakan menjadi tiga yaitu :

1. Komposit Serat (*Fibrous Composite*)

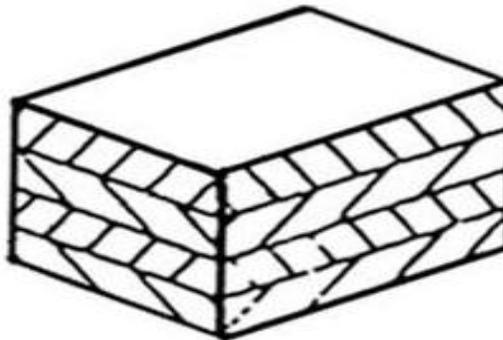
Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau *fiber*. *Fiber* yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers* (*poly aramide*) dan sebagainya. *Fiber* ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Komposit serat ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Komposit serat (*fiber composites*) (Efunda dalam Marwan, 2016)

2. Komposit Lapisan (*Laminated Composite*)

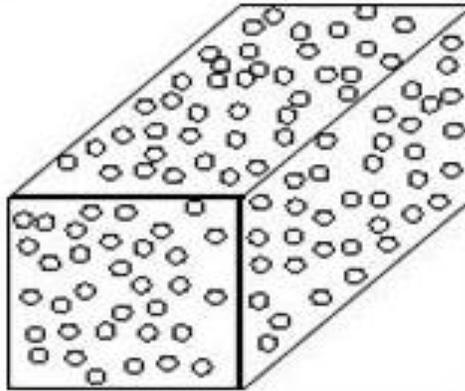
Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik sifat sendiri. Komposit serat ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 *Laminar composites* (Efunda dalam Marwan, 2016)

3. Komposit partikel (*Particulate Composite*)

Merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya.



Gambar 2.3 *Filled (skeletal) composites* (Efunda dalam Marwan, 2016)

2.4.1 Bagian – bagian Komposit

1. Matrik

Suatu komposit terdiri dari dua komponen yaitu matrik dan pengisi (*filler*). Peranan matrik adalah mentransfer tegangan yang diperoleh keserat secara merata dan melindungi serat dari gerakan mekanik. Ellyawan (2008) menyatakan bahwa sifat-sifat matrik memiliki sifat mekanik yang baik, kekuatan ikat yang baik, ketangguhan yang baik serta ketahanan akan temperatur yang baik. Menurut Marwan (2016) fungsi matrik pada komposit adalah sebagai berikut :

- 1) Matrik memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
- 2) Pada saat pembebanan merubah bentuk dan mendistribusikan tegangan ke unsur utamanya yaitu serat.
- 3) Memberikan sifat tertentu, misalnya *ductility* dan *toughness*

2. *Filler*

Filler dapat juga disebut serat merupakan suatu komponen yang terdistribusi secara merata dalam matrik. *Filler* memegang peranan yang penting dalam penguatan komposit, sehingga sering disebut *reinforcing materials*. Peningkatan kekuatan suatu material dapat dilakukan dengan menggunakan *filler* dengan bentuk yang sama namun komposisinya berbeda. Marwan (2016) menyatakan bahwa serat (*filler*) merupakan unsur yang penting, karena seratlh yang akan menentukan sifat mekanik komposit tersebut. Fungsi utama dari *filler* adalah sebagai berikut :

- 1) Sebagai pembawa beban dalam struktur komposit 70% – 90% beban dibawa oleh serat.
- 2) Memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dan sifat-sifat lain dalam komposit.
- 3) Memberikan insulin kelistrikan (*konduktivitas*) pada komposit, tetapi ini tergantung dari serat yang digunakan

Amin dan Samsudi (2010) mengungkapkan bahwa komposisi fraksi serat mempengaruhi tingkat kekuatan suatu komposit. Semakin besar jumlah komposisi serat dalam komposit akan meningkatkan kekuatan tegangan, regangan dan modulus young komposit tersebut.

2.1 Faktor yang Mempengaruhi Serat dan Matrik

Faktor yang yang dapat mempengaruhi matrik dan serat yaitu :

1) Faktor Serat

Serat merupakan material pengisi matrik yang dapat memperbaiki sifat dan struktuk matrik, serta diharap mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit.

2) Panjang Serat

Serat pada matrik sangat mempengaruhi kekuatan suatu komposit. Terdapat dua serat dalam campuran komposit yaitu pendek dan panjang.

3) Letak Serat

Letak dan arah serat dalam matrik dapat mempengaruhi kinerja komposit, dimana letak dan arah akan menentukan kekuatan mekanik komposit.

2.5 Polietilena

PE (polietilen) adalah plastik yang sering digunakan untuk kepentingan komersial dan plastik ini sudah ada sejak tahun 1930. PE (polietilen) menjadi istimewa karena sifat-sifatnya yang menarik seperti murah, inert, sifat listriknya yang bagus, dan pemrosesannya mudah. Umumnya pengklasifikasian PE didasarkan pada densitas dan viskositas pelelehan atau indeks pelelehan. Ini menghasilkan *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) dan *cross-linked Polyethylene* (XLPE) (Ni'mah, dkk., 2009).

Polietilen adalah bahan termoplastik yang transparan, berwarna putih yang mempunyai titik leleh bervariasi antara (110-137)°C. Umumnya polietilen bersifat resisten terhadap zat kimia. Dalam suhu kamar polietilen tidak larut dalam pelarut organik dan anorganik. *Polietilen* merupakan polimer non polar yang memiliki sifat sangat baik dalam isolasi, yang artinya mudah untuk diolah, maka pembuatannya sering dicetak dalam penekanan dan injeksi. Selain itu, PE merupakan bahan yang banyak digunakan dalam pembuatan komposit (Marwan, 2016).

2.6 LDPE (*Low Density Polyethylene*)

LDPE (*Low Density Polyethylene*) adalah termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Pertama kali diproduksi oleh *Imperial Chemical Industries* (ICI) pada tahun 1933 menggunakan tekanan tinggi dan polimerisasi radikal bebas. Memiliki nomor 4 pada simbol daur ulang, LDPE mampu bertahan pada temperature 90% dalam waktu yang tidak terlalu lama. Simbol LDPE ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Simbol LPDE (Fahmi, 2015)

LDPE merupakan polietilena dengan kisaran densitas antara $0,910-0,925 \text{ g/cm}^2$ dengan cabang pendek maupun panjang. Perbedaan densitas akan mempengaruhi sifat-sifat polietelina antara lain sifat termal, sifat optik dan sifat fisik. LDPE memiliki rantai percabangan yang banyak, lebih banyak dari pada HDPE sehingga gaya antar molekulnya rendah.

LDPE sering dipergunakan untuk tempat makan, botol-botol yang lembek dan kemasan makanan. Sifat mekanis dari LDPE tergolong plastik yang kuat, tembus cahaya, *fleksibel*, dan permukaannya agak berlemak. Pada suhu dibawah 60°C sangat resisten terhadap senyawa kimia dan daya proteksi terhadap uap air tergolong baik.

2.7 Perlakuan Alkali (NaOH)

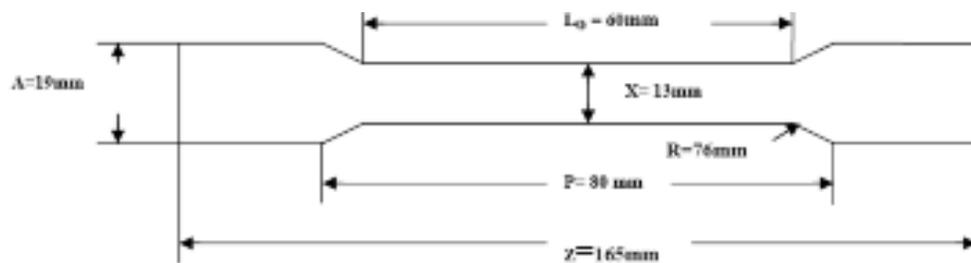
NaOH merupakan basa kuat yang dapat terionisasi sempurna. Merupakan larutan basa yang mudah larut dalam air, larutan basa memiliki rasa yang pahit dan apabila terkena kulit akan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin ini di sebut juga sifat kaustik basa. Berdasarkan teori *Arrhenius* basa merupakan zat dapat menghasilkan ion OH^- *negatif* dan ion *positif* di dalam air. Kertas lakmus digunakan sebagai indikator untuk menunjukkan suatu kebasaaan suatu larutan, dengan cara memasukkan kertas kertas tersebut kedalam larutan, apabila kertas lakmus merah berubah menjadi biru maka menunjukkan bahwa larutan tersebut termasuk laruutan basa.

Menurut Bismarck dkk (2002) secara alami serat memiliki sifat *Hirophilic*, yaitu suka terhadap air berbeda dengan polimer yang memiliki sifat *Hidrophilic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam *selulosa* telah diteliti dimana kandungan optimus air mampu direduksi sehingga sifat serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal.

Berdasarkan penelitian Amin dan Samsudi (2012) perlakuan alkali NaOH dilakukan pada serat dengan tujuan untuk meningkatkan gaya ikatan serat dengan matrik. Lama perlakuan alkali NaOH sangat berpengaruh pada tingkatan kekuatan *fractur* pada spesimen, karena semakin lama waktu yang digunakan dalam perlakuan alkali justru akan membuat serat menjadi rusak dan rapuh. Berdasarkan penelitian yang dilakukan perlakuan alkali NaOH sebaiknya tidak dilakukan lebih dari satu jam.

2.8 Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan dan *modulus elastisitas* bahan dengan cara menarik spesimen sampai putus (Hartanto, 2009). Menurut Silalahi (2016) pengujian adalah suatu uji yang diberikan kepada material yang mendapat beban tarik perlahan-lahan sampai material tersebut putus. Saat pengujian berlangsung penambahan beban dilakukan secara perlahan sehingga terjadi penambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Sampai akhirnya benda uji tersebut mencapai titik *prototinality* atau titik *maximum* ketahanan dan memperoleh sifat-sifat mekanik. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau *universal testing* standar (Standar ASTM D 638-02). Spesimen pengujian tarik menurut standar ASTM D ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Standart Pengujian Tarik

Menurut Surdia (1995) hal-hal yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit antara lain :

1) Kelembaban

Pengaruh kelembaban ini akan mempengaruhi bertambahnya *absorsi* air, yang mengakibatkan naiknya tahanan patah tetapi menurunkan *modulus elatisitas* dan tegangan patahnya.

2) Laju Tegangan

Apabila laju tegangan tinggi maka *modulus elatisitas* dan beban patahnya meningkat tetapi regangannya mengecil. Sedangkan jika laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah serta mengakibatkan kurva tegangan regangan menjadi ladaai tetapi *modulus elatisitas* tetap rendah.

3) Temperatur

Jika temperature turun, maka kekuatan tariknya akan turun.

Menurut Femiana (2010) dengan adanya partikel berupa *filler* yang bercampur dengan matrik maka proses deformasi yang terjadi pada spesimen dapat diminimalisir oleh partikel *filler*, dengan adanya partikel *filler* maka jarak antara bagian polimer yang strukturnya kristalin (berbentuk seperti *lamellar*) akan diperpendek oleh partikel tadi. Semakin meningkatnya jumlah partikel yang ada maka deformasi yang terjadi juga akan semakin berkurang.

2.8.1 Sifat-sifat Uji Tarik

Menurut Marwan (2016) dalam pengujian tarik mempunyai sifat-sifat mekanik yang terdiri dari dua sifat (antara lain :

1) Sifat Mekanik di Daerah *Elastisitas*

a. Kekuatan *Elastisitas*

Kekuatan *elastisitas* merupakan kemampuan batang untuk menerima beban atau tegangan tanpa mengakibatkan batang tersebut mengalami *deformasi*.

b. Kekakuan

Apabila suatu batang yang memiliki kekakuan tinggi mendapat beban maka akan mengalami *deformasi*.

2) Sifat Mekanis di Daerah *Elastisitas*

a. Kekakuan Tarik (*Tensile Stength*)

Kemampuan untuk menerima beban kekakuan tarik maksimum ditunjukkan sebagai tegangan maksimum.

b. Keuletan (*Dustility*)

Keuletan merupakan kemampuan untuk *deformasi* tanpa terjadi patahan, besarnya tegangan dapat diukur setelah batang uji putus, ditunjukkan dalam bentuk grafik *elastic*, grafik tegangan dan regangan.

c. Ketangguhan (*Toughnees*)

Ketangguhan merupakan kemampuan untuk menyerap energi tanpa mengakibatkan *deformasi*, dapat diukur dengan besarnya energy yang diperlukan untuk mematahkan benda uji, ketangguhan dinyatakan dengan *modulus* ketangguhan yaitu banyaknya energi yang dibutuhkan untuk memutuskan benda uji. Ditunjukkan sebagai keseluruhan luasan dibawah kurva tegangan dan regangan.

2.8.2 Tegangan

Tegangan didefinisikan sebagai kemampuan bahan uji untuk menerima beban tarik tanpa tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimal sebelum bahan uji putus. Tegangan maksimal dinyatakan pada persamaan 2.1

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

Dimana :

σ = Tegangan Tarik (Mpa)

F = Beban (N)

A = Luas Penampang (mm^2)

2.8.3 Regangan

Regangan adalah suatu beban yang diberikan kepada maerial sehingga material akan mengalami perpanjangan ukuran. Pertambahan panjang tersebut dinyatakan dalam persamaan 2.2

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

Dimana :

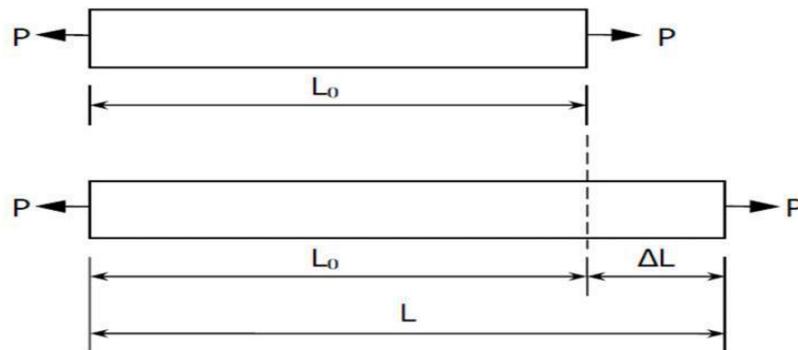
ε = Reganga

ΔL = Perubahan Panjang (mm)

L_0 = Panjang mula-mula (mm)



Skema pertambahan panjang benda uji ketika dilakukan uji tarik ditunjukkan pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Skema Pertambahan panjang Benda Uji Tarik (Marwan, 2016)

2.8.4 Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan. *Modulus elastisitas* dinyatakan dilihat pada persamaan 2.3

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2.3)$$

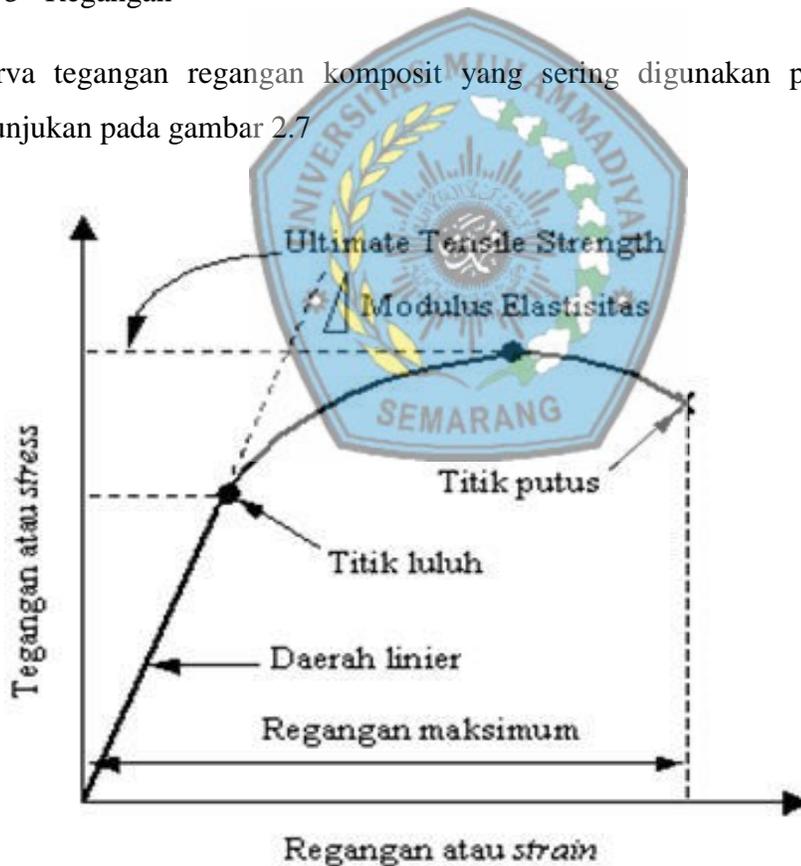
Dimana :

E = *Modulus Elastisitas* (mPa)

σ = Tegangan (mPa)

ε = Regangan

Kurva tegangan regangan komposit yang sering digunakan padapengujian tarik ditunjukkan pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Kurva Tegangan Regangan Komposit (Budi, 2009)

Gambar 2.7 menunjukkan kurva tegangan-regangan dengan aturan fraksi volume. Terjadi *deformasi elastic* pada serat dan matriks ditahap I, pada tahap II serat dan matriks mengalami *deformasi plastis*. Sedangkan pada tahap III serat dan matriks masih berada di daerah plastis tetapi telah mengalami kekuatan maksimum terhadap terhadap beban (Hartanto, 2009).

2.9 Pengujian *Impact Charpy*

Umumnya prinsip pengujian *impact* adalah bila benda uji diberi beban kejut, maka benda uji akan mengalami proses penyerapan energi sehingga *deformasi plastis* yang mengakibatkan benda uji patah. Pada uji *impact* kita mengukur energi yang diserap untuk mematahkan benda uji. Setelah benda uji patah, bandul berayun kembali. Makin besar energi yang diserap makin rendah ayunan kembali dari bendul. Energi patahan yang diserap biasanya dinyatakan dalam satuan *joule*.

Menurut Hartanto (2009) pengujian *impact* bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian *impact* merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba. Untuk mengetahui ketahanan benda terhadap keadaan patah, maka digunakan metode pengujian *impact charpy*. Dalam pengujian *impact* terdiri dari dua teknik pengujian standar yaitu *Charpy* dan *Izod*. Pengujian standar *Charpy* dan *Izod*, masih digunakan untuk mengukur energi *impact* yang juga dikenal dengan ketangguhan takik.

Kekuatan *impact* benda uji dapat dihitung (Standar ASTM D256-00) melalui persamaan 2.4

$$\begin{aligned}
 \text{Energi serap} &= \text{energi serap} - \text{energi tersisa} \dots \dots \dots (2.5) \\
 &= g \cdot m \cdot h - g \cdot m \cdot h' \\
 &= g \cdot m \cdot (R - R \cos \alpha) - g \cdot m \cdot (R - R \cos \beta) \\
 &= g \cdot m \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)
 \end{aligned}$$

Dimana :

m = Berat pendulum (kg)

g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

h = ketinggian (m)

h' = Ketinggian Maksimum (m)

R = Panjang Lengan (m)

$\cos\alpha$ = Sudut Pendulum Sebelum diayun

$\cos\beta$ = Sudut Pendulum Setelah diayun

Harga *impact* dapat dihitung dengan :



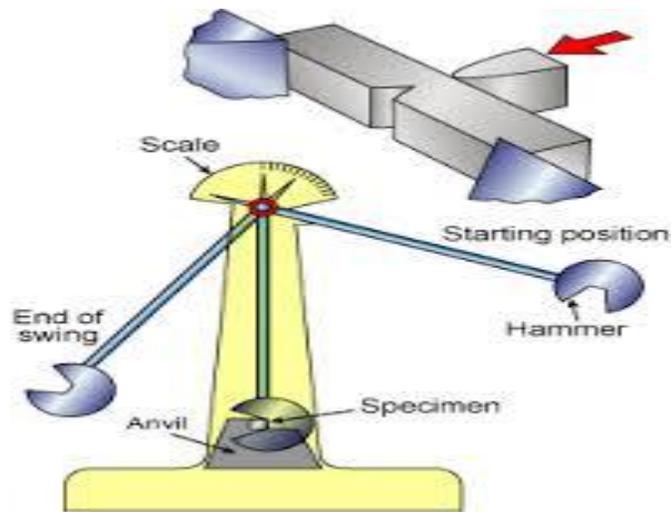
$$Hi = energi\ serap - A_0$$

Dimana :

Hi = Harga *impac* (J/mm^2)

A_0 = Luas Penampang (mm^2)

Skematik alat pengujian *impact* ditunjukkan pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Skematik alat pengujian *impact* (Naufal, 2016)

Menurut Marwan (2016) material yang getas bentuk patahannya akan merata, hal ini menunjukkan bahwa material yang getas akan cenderung patah akibat tegangan normal. Material yang ulet akan terlihat meruncing, hal menunjukkan bahwa material yang ulet akan patah akibat tegangan geser. Semakin besar posisi sudut β akan semakin getas, demikian pula sebaliknya. Artinya pada material getas, energi untuk mematahkan material cenderung semakin kecil, begitu juga sebaliknya.

Patahan akibat uji *impact* ada tiga bentuk yaitu :

1. Patahan Liat

Hasil dari nilai *impact* yang tinggi menyebabkan permukaan patahan ini menjadi tidak merata, terlihat buram dan berserat.

2. Patahan Getas

Patahan ini mempunyai harga *impact* yang rendah. Permukaan patahan akan terlihat rata dan mengkilap, apabila potongan-potongannya disambungkan lagi ternyata patahan tidak disertai dengan *deformasi* bahannya.

3. Patahan Campuran

Jenis patahan ini banyak terjadi, patahan yang terjadi merupakan campuran antara patahan getas dan patahan liat.

Ada beberapa langkah dalam melakukan pengujian *impact* yaitu :

1. Mengukur dimensi dari *skin* yaitu tebal, lebar, dan panjang, kemudian memberikan nomer spesimen pada *skin* yang akan diuji.
2. Mengangkat beban palu.
3. Meletakkan spesimen pada batang uji atau tumpuhan dengan bantuan penjepit.
4. Melepaskan palu atau bandul dengan cara menekan tombol dan menarik handelnya.
5. Palu akan jatuh dan memukul spesimen secara otomatis.
6. Catat energi serap yang ditunjukkan oleh jarum pada alat uji *impact*.
7. Hitung harga *impact*.

Alat pengujian *impact* ASTM D-256-00 ditunjukkan pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Alat pengujian *impact* ASTM D-256-00

2.10 Patahan

Menurut Calliester (2007) patahan didefinisikan sebagai pemisahan sebuah bahan menjadi dua atau lebih potongan sebagai respon dari tegangan *static* yang bekerja dan pada temperatur yang *relative* rendah terhadap temperature cairnya. Dua model patahan yang mungkin terjadi pada bahan uji adalah patahan liat (*ductile fracture*) dan patahan getas (*brittle fracture*). Klasifikasi ini didasarkan kepada kemampuan bahan dalam mengalami *deformasi plastic*. Bahan liat (*ductile*) memperlihatkan *deformasi plastic* dengan menyerap energi yang besar sebelum patah. Sebaliknya patahan getas hanya memperlihatkan *deformasi plastic* yang kecil atau bahkan tidak ada. Setiap proses perpatahan meliputi dua tahan yaitu pemebeentukan dan perambatan sebagai respon terhadap tegangan yang diterapkan. Jenis patahan sangat bergantung pada mekanisme perambatan retak

Salah satu hal yang tidak diinginkan dalam suatu pengujian adalah kegagalan bahan uji, pencegahan kegagalan benda uji sulit untuk dijamin. Oleh karena itu perlu dilakukan pemilihan bahan yang tepat, perancangan komponen yang baik serta penggunaan yang benar.

2.11 Injection Molding

Teknik *plastic Injection moulding* pertama kali dikenalkan oleh John Wesley Hyatt pada tahun 1868, dengan melakukan injeksi *celluloid* ke dalam *mold* untuk membuat bola billiard. Bersama saudara perempuannya Isaiah, dia mematenkan mesin *injection mold* untuk penyedot debu pada tahun 1872. Pada tahun 1946 James Hendri untuk pertama kalinya membuat mesin *screw injection mold*, sehingga terjadi perubahan besar pada industri plastik. Sekitar 95% mesin *molding* saat ini mengikuti teknik ini, untuk menghasilkan efisiensi panas, efisiensi campuran dan injeksi plastik ke *molding* (Febryanto, 2013).

Teknik *Plastic Injection molding* (PIM) adalah metode proses produksi yang lebih sering menjadi pilihan untuk digunakan dalam menghasilkan atau memproses komponen-komponen yang kecil dan berbentuk rumit, karena biayanya lebih murah

dari pada menggunakan metode-metode lainnya. Alat uji *injection molding* ditunjukkan pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Alat *Injection Molding*

Salah satu yang menjadi keunggulan proses PIM adalah kemampuannya untuk menggabungkan serta menggunakan kelebihan-kelebihan teknologi seperti pembentukan bahan plastik, ketepatan dalam proses percetakan serta kebebasan dalam pemilihan bahan.

Umumnya siklus proses *injection molding* meliputi ::

1. Cetakan menutup (*Molding Closing*).
2. Injeksi material ke dalam cetakan (*injection*).
3. Menekan material dalam waktu tertentu (*holding pressure*).
4. Pendinginan material plastik di dalam cetakan (*cooling*), bersamaan dengan pendingin, terjadi pengisian material plastik dalam barrel (*plasticizing*), *screw* mundur (dikompresi), kemudian barrel mundur.
5. Cetakan membuka (*mould Opening*).
6. *Ejector* mendorong *mould*.
7. *Ejector* mundur (produk turun) setelah itu kembali lagi ke langkah awal.

Adapun langkah adalah proses *injection molding* adalah sebagai berikut :

1. Material yang berupa biji plastik dimasukkan ke dalam *hopper*. Karena akibat adanya gaya gravitasi maka biji plastik akan turun dengan sendirinya masuk ke dalam rongga *hopper*.
2. *Screw* tersebut bergerak mundur dan berputar berlawanan arah jarum jam membawa butiran-butiran biji plastik ke barrel untuk dipanasi hingga biji plastik meleleh.
3. Bila *screw* mundur hingga mencapai batas yang ditentukan, maka *screw* akan berhenti berputar dan bergerak maju untuk mendorong biji plastik yang sudah meleleh masuk ke dalam *mould* melalui *nozzle* (proses injeksi).
4. Setelah melakukan penginjeksian, *screw* akan berhenti untuk melakukan *holding pressure* dan setelah itu terjadi proses pendinginan pada cetakan.
5. Setelah proses pendinginan pada cetakan selesai, *screw* akan mundur untuk melakukan pengisian *barrel*. Pada saat itu *clamping unit* akan bergerak untuk membuka *mold* dan produk dikeluarkan oleh *ejector* yang telah terpakai di dalam *mold* (*full automatic*). Bila sistem *ejector semiautomatic* maka *ejector* mendorong produk keluar dari *mold*, diperlukan tenaga operator untuk mengeluarkan produk.
6. Setelah produk keluar dari *mold*, maka *clamping unit* akan menutup cetakan dan *screw* melakukan penginjeksian lagi seperti pada langkah awal.

2.12 Metode *Essetial Work of Fracture* (EWF)

Berdasarkan teori yang dikutip dari Kristianto (2009) konsep metode EWF menyatakan bahwa saat benda ulet dengan retakan dikenakan beban, maka proses perpatahan terjadi di dua daerah yang berbeda, yaitu daerah proses patahan bagian dalam (*inner fracture process zone*) dan daerah plastis bagian luar (*outer plastic deformation zone*).

Inner fracture process zone dapat di artikan tempat terjadinya patahan, sedangkan *outer plastic deformation zone* adalah daerah terjadinya deformasi pastis

akibat dari tegangan yang berasal dari *inner fracture process zone*. Kerja yang terjadi di daerah dalam disebut *esensial* patah (W_e) dan kerja yang terjadi pada daerah luar disebut *non-esensial* patah (W_p). Kerja patahan total (W_f) dirumuskan pada persamaan 2.5

$$W_f = W_e + W_p \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

W_f = Patahan Total

W_e = *Esensial* patah

W_p = *Non-Esensial* patah

Pembebanan maksimum material akan mengalami retakan dan kemudian timbul retakan awal. Proses ini terjadi pada daerah W_e kemudian retakan menjalar ke daerah W_p sampai akhirnya specimen putus. Dalam proses perpatahan polimer ulet, W_e diperlukan untuk membentuk robekan pada daerah retakan pada saat proses tarikan. W_e merupakan kerja dari permukaan dan sebanding dengan panjang legamen (l), sedangkan W_p adalah jumlah dari kerja dan sebanding dengan (l^2).

Kondisi patahan dibedakan menjadi dua yaitu *plane strain* dan *plane stress*. Kondisi *plane strain* terjadi apabila salah satu dimensi dari elemennya sangat besar dibandingkan dengan yang lainnya, sedangkan *plane stress* terjadi dimana salah satu dimensinya sangat kecil dibandingkan dengan dua dimensi lainnya atau dengan kata lain elemennya tipis. Ilustrasi *plane strain* dan *plane stress* ditunjukkan pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 a. Ilustrasi *plane strain* dan b. *plane stress* (Luluk, 2016)

