

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polimer

Polimer merupakan senyawa yang besar yang terbentuk dari hasil penggabungan banyak unit molekul yang kecil. Sehingga dapat disebut sebagai makromolekul. Molekul-molekul tunggal penyusun polimer dikenal dengan istilah monomer. Molekul kecil yang menyusun polimer dapat berupa senyawa berikatan rangkap maupun senyawa yang memiliki gugus fungsional. Monomer memiliki ikatan kovalen tak jenuh (ikatan ganda) sedangkan pada mer ikatan tersebut menjadi aktif atau ikatan kovalen terbuka dengan elektron tak berpasangan.

Polimer merupakan makromolekul yang terdiri atas banyak kelas material alami dan sintetik dengan sifat sifat yang beragam. Perbedaan kedua material tersebut terletak pada mudah tidaknya sebuah polimer didegradasi atau dirombak oleh mikroba. Biasanya, polimer bahan sintetik akan lebih sulit diuraikan oleh mikroorganisme dibanding polimer bahan alami. Perbedaan sifat sifat polimer tersebut dipengaruhi oleh struktur polimernya, yang meliputi:

1. Panjang rantai polimer
Semakin panjang rantai polimer, maka kekuatan dan titik leleh senyawanya akan semakin tinggi.
2. Gaya antar molekul
Semakin besar gaya antar molekul pada rantai polimer maka polimer akan menjadi kuat dan sukar meleleh.
3. Percabangan
Rantai polimer yang bercabang banyak memiliki daya tegang rendah dan mudah meleleh.
4. Ikatan silang antar rantai polimer
Semakin banyak ikatan silang maka polimer semakin kaku dan rapuh sehingga mudah patah. Hal tersebut dikarenakan ikatan silang antar rantai polimer menyebabkan terjadinya jaringan yang kaku dan membentuk bahan yang keras
5. Sifat kristalinitas rantai polimer
Semakin tinggi sifat kristalinitas, rantai polimer akan lebih kuat dan lebih tahan terhadap bahan kimia dan enzim.

Biasanya yang memiliki sifat kristalinitas tinggi ialah polimer dengan struktur teratur, sedangkan polimer berstruktur tidak teratur cenderung memiliki kristalinitas rendah dan bersifat amorf (tidak keras) (Johari, 2008).

Berdasarkan struktur molekulnya, polimer dapat dibedakan menjadi 4 yaitu :

1. Polimer Linear

Polimer linear yaitu polimer yang tersusun satu sama lain melalui unit ulang yang sama sehingga membentuk rantai polimer yang panjang. Polimer ini biasanya dapat larut dalam beberapa pelarut, dan padat pada temperatur normal. Polimer linear bersifat lentur, termoplastik, dan memiliki berat molekul yang relatif kecil. Contoh polimer linier adalah PE, PVC, PS, dan nylon.

2. Polimer Bercabang

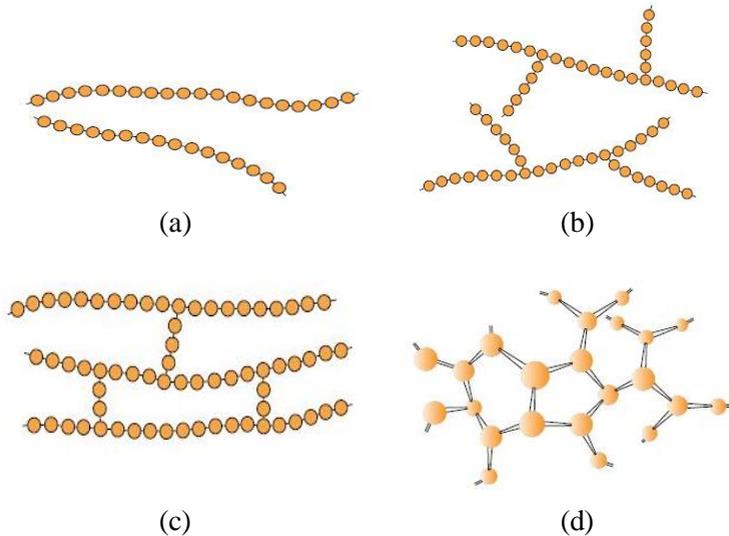
Polimer bercabang merupakan polimer yang disintesis dengan rangkaian cabang yang saling berhubungan. Percabangan dianggap sebagai bagian dari rantai utama molekul sebagai hasil reaksi yang terjadi selama sintesis dari polimer.

3. Polimer Berikatan Silang (Cross-linking)

Polimer berikatan silang yaitu polimer yang terbentuk karena beberapa rantai polimer saling berikatan satu sama lain pada rantai utamanya. Jika sambungan silang polimer terjadi pada ikatan kimia antara rangkaiannya akan terbentuk sambung silang tiga dimensi yang sering disebut polimer jaringan tiga dimensi (three-dimension network).

4. Polimer Berjejaring

Polimer berjejaring biasa diartikan sebagai polimer dengan perilangan banyak. Polimer jenis ini memiliki sifat mekanik dan sifat termal yang khas (Callister,2010).



Gambar 2.1 Poimer Berdasarkan Struktur Molekulnya (a) Polimer Linier (b) Polimer Bercabang (c) Polimer Berikatan Silang (d) Polimer Berjaring.

Sifat mekanik polimer bergantung pada gaya antar molekul. Pada beberapa polimer yang memiliki berat molekul yang sangat besar, sifat mekanik juga sangat dipengaruhi oleh besarnya berat molekul (Stevens dan Sopyan, 2001). Polimer mempunyai sifat mekanik yang khas dengan kelakuan viskoelastiknya yang dominan dan berubah terhadap temperatur.

2.2 Bioplastik

Bioplastik merupakan senyawa biopolimer yang dapat mengalami penguraian secara alamiah dengan bantuan bakteri, jamur dan alga atau mengalami hidrolisis dalam larutan berair. Plastik biodegradable atau bioplimer merupakan plastik yang terbuat dari senyawa-senyawa yang mudah ditemukan di alam (Faizin,2012)

Bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida

setelah habis terpakai dan dibuan ke lingkungan. Karena sifatnya yang dapat kembali ke alam, bioplastik merupakan bahan plastik yang ramah lingkungan.

Bioplastik berbahan dasar pati atau amilum dapat didegradasi bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* dengan memutus rantai polimer menjadi monomer monomernya. Senyawa-senyawa hasil degradasi polimer selain menghasilkan karbondioksida dan air, juga menghasilkan senyawa organik lain yaitu asam organik dan aldehid yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Hasil degradasi plastik ini dapat digunakan sebagai makanan hewan ternak atau sebagai pupuk kompos. Bioplastik yang terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia yang berbahaya. Kualitas tanah akan meningkat dengan adanya bioplastik karena hasil penguraian mikroorganisme meningkatkan unsur hara dalam tanah (Droste, 1997).

Berdasarkan bahan baku yang dipakai, bioplastik dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia (*non-renewable resources*) dengan bahan aditif dari senyawa bio-aktif yang bersifat biodegradabel, dan kelompok kedua adalah dengan keseluruhan bahan baku dari sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) seperti dari bahan tanaman pati dan selulosa serta hewan seperti cangkang atau dari mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk mengakumulasi plastik yang berasal dari sumber tertentu seperti lumpur aktif atau limbah cair yang kaya akan bahan organik sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme tersebut (Adam S dan Clark D, 2009).

Terdapat beberapa cara untuk menghasilkan bioplastik, salah satunya adalah biosintesis menggunakan bahan berpati atau berselulosa. Cara pembuatan bioplastik yang berbasis pati antara lain :

1. Mencampur pati dengan plastik konvensional (PE atau PP) dengan jumlah kecil (10-20%)
2. Mencampur pati dengan turunan hasil samping minyak bumi, seperti PCL, dalam komposisi yang sama (50%)
3. Menggunakan proses ekstruksi untuk mencampur pati dengan bahan-bahan seperti protein kedelai, gliserol,

alginate, lignin, dan sebagainya sebagai bahan plastisizer (Flieger et al., 2003).

Pembuatan film bioplastik berbasis pati pada dasarnya menggunakan prinsip gelatinisasi. Adanya penambahan sejumlah air dan digunakan pada suhu yang tinggi, maka akan terjadi gelatinisasi. Gelatinisasi akan mengakibatkan ikatan amilosa akan cenderung saling berdekatan karena adanya ikatan hidrogen. Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat dari lepasnya air, sehingga gel akan membentuk film plastik yang stabil (Careda et al, 2000).

2.3 Ubi Kayu

Ubi kayu atau ketela pohon (*Manihot esculenta Crantz*) merupakan tanaman perdu yang berasal dari Amerika Selatan dengan lembah sungai Amazon sebagai tempat penyebarannya. Ubi kayu memiliki nama lain ketela pohon, sigkong, kasepe, dalam bahasa Inggris cassava. Di Indonesia, ubi kayu menjadi makanan pokok setelah beras dan jagung (Lidiasari, 2006). Umbi ubi kayu merupakan sumber energi yang kaya karbohidrat namun sangat miskin protein, tanaman ini termasuk tumbuhan berbatang pohon lunak atau getas (mudah patah).



Gambar 2.2 Ubi Kayu

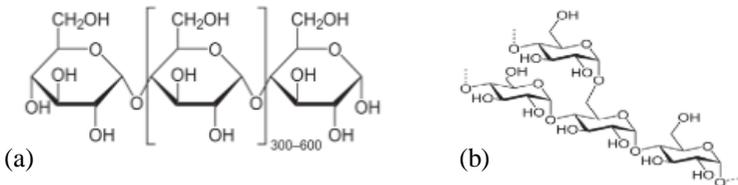
Menurut klasifikasi tumbuhan, ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) termasuk dalam :

- Kingdom : *Plantae* (tumbuh-tumbuhan)
- Divisi : *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji)
- Subdivisi : *Angiospermae* (berbiji tertutup)
- Kelas : *Dicotyledonae* (biji berkeping dua)
- Ordo : *Euphorbiales*
- Famili : *Euphorbiaceae*
- Genus : *Manihot*
- Species : *Manihot esculenta*

Disamping sebagai bahan makanan, ubi kayu juga digunakan sebagai bahan baku dari pakan ternak. Ubi kayu mengandung air sekitar 60%, pati 25-35% serta protein, mineral, serat, kalsium dan fosfor (Mustofa,2011).

2.4 Pati

Pati merupakan karbohidrat yang tersebar dalam tanaman terutama tanaman berklorofil. Bagi tanaman pati merupakan cadangan makanan yang terdapat pada biji, batang dan pada bagian umbi tanaman. Secara alamiah pati merupakan campuran dari amilosa dan amilopektin. Komposisi amilosa dan amilopektin berbeda beda pada tiap tumbuhan. Amilosa memberikan sifat keras (pera) dan memberikan warna biru pada tes iodin, sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket dan tidak menimbulkan reaksi pada tes iodin. Amilosa memiliki kemampuan membentuk kristal karena struktur rantai polimernya yang sederhana. Strukturnya yang sederhana ini dapat membentuk interaksi molekular yang kuat. Interaksi ini terjadi pada gugus hidroksil molekul amilosa. Pembentukan ikatan hidrogen ini lebih mudah terjadi pada amilosa daripada amilopektin.



Gambar 2.3 Struktur Kandungan Pati (a) Amilosa (b) Amilopektin

Tabel 2.1 Karakteristik Pati (Cui,2005)

| Jenis Pati | Bentuk Granula | Ukuran Granula (μm) | Kandungan Amilosa : Amilopektin |
|------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Beras | Poligonal | 3-8 | 17 : 83 |
| Singkong | Oval | 4-35 | 18 : 82 |
| Ubi Jalar | Poligonal | 16-25 | 19 : 81 |
| Talas | Oval | 3-30 | 22 : 78 |
| Kentang | Bundar | 15-100 | 24 : 76 |
| Gandum | Elips | 2-35 | 25 : 75 |
| Jagung | Poligonal | 5-25 | 26 : 74 |

2.5 Plastisizer

Plastisizer didefinisikan sebagai substansi non volatil yang mempunyai titik didih tinggi, jika ditambahkan ke senyawa lain akan mengubah sifat fisik dan mekanik senyawa tersebut. Penggunaan plastisizer (pemlastis) diharapkan dapat memperlemah kekakuan suatu film. Sehingga penambahan plastisizer dapat digunakan untuk meningkatkan beberapa sifat atau properties dari polimer misalnya kemampuan kerja, ketahanan terhadap panas, ketahanan terhadap terhadap cuaca, sifat insulasi dan ketahanan terhadap minyak.

Penambahan plastisizer dalam sebuah matriks atau komposit akan mampu memperbaiki dan mempercepat mekanisme plastisasi sehingga derajat elongasi akan meningkat seiring dengan penambahan plastisizer. Plastisizer merupakan faktor penting yang mempengaruhi sifat-sifat komposit dalam plastik. Plastisizer dibutuhkan selama proses untuk menghancurkan inter-molekul rantai hidrogen serta mampu menurunkan titik leleh selama pembuatan plastik (Chung et al., 2010). Tingkat *modulus young* juga sangat bergantung terhadap kondisi kelembaban, kadar air dan konsentrasi plastisizer dalam komposit plastik (Chivrac et al., 2008)

Prinsip proses plastisasi adalah dispersi molekul pemlastis ke dalam polimer. Jika pemlastis mempunyai gaya interaksi dengan polimer, proses disperse akan berlangsung dalam skala molekul

dan terbentuk larutan polimer-pemlastis. Sifat fisik dan mekanis polimer-pemlastis ini merupakan fungsi distribusi dan sifat komposisi pemlastis. Oleh karena itu, ramalan karakteristik polimer yang terplastisasi dapat dilakukan dengan variasi komposisi pemlastis (Nugroho, 2012).

Plastisasi akan mempengaruhi sifat fisik dan sifaat mekanis bahan polimer seperti kekuatan tarik, kelenturan, kemuluran, sifat listrik, suhu alir dan suhu transisi gelas (T_g). Ada beberapa teori plastisasi yaitu sebagai berikut :

a. Teori Pelumasan

Dalam teori ini molekul pemlastis hanya terdispersi anantara fasa polimer sehingga menurunkan gaya gaya inter-molekul pada rantai polimer dan oleh karenanya hanya menyebabkan plastisasi parsial. Jika pemlastis memiliki gaya interaksi dengan polimer, maka proses disperse akan berlangsung dalam skala molekul dan terbentuk larutan larutan polimer pemlastis. Dalam hal ini polimer dan pemlastis disebut sebagai kompatibel. Senyawa-senyawa pemlastis yang bertindak sebagai pelumas bukan plastis yang efektif karena hanya menurunkan viskositas lelehan sehingga mempermudah proses pengolahan bahan polimer.

b. Teori Solvasi

Sistem polimer pemlastis dipandang sebagai sebuah koloid liofik dimana pemlastis membentuk lingkaran solvasi disekeliling partikel polimer (fasa dispersi). Secara fisik tidak ada perbendaan mendasar antara bahan bahan yang berfungsi sebagai pelarut dan pemlastis. Kekuatan solvasi dan plastis tergantung pada berat molekul dan gugus fungsinya. Pemlastis efektif sebagai pelarut ditentukan oleh tiga gaya intermolekular yaitu gaya pemlastis-pemlastis, gaya pemlastis-polimer, gaya polimer-polimer. Pemlastis harus mempunyai molekul-molekul yang kecil dan memiliki gaya antraktif antar sesama rantai polimer. Keefektifitas pemlastis meningkat bila gaya pemlastis-pemlastis lebih rendah daripada gaya polimer-polimer.

c. Teori Polaritas

Sesuai teori ini gaya inter-molekul anata molekul-molekul pemlastis, molekul-molekul polimer, dan molekul pemlastis polimer harus seimbang untuk menghasilkan gel yang stabil. Oleh karena itu, polaritas pemlastis yang mengandung satu atau lebih

gugus polar dan non-polar harus sesuai dengan polaritas dari partikel polimer. Polaritas molekul pemlastis bergantung adanya gugus yang mengandung oksigen, fosfat, dan sulfur (Hall Star, 2009 dalam Ardiansyah, 2011).

2.5.1 Gliserol

Gliserol efektif sebagai plastisizer karena kemampuannya mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekular sehingga dapat melunakkan struktur *film*, meningkatkan mobilitas rantai biopolimer, dan memperbaiki sifat mekanik *film*. Gliserol bersifat humektan, dimana bagian dari aksi plasticizing berasal dari kemampuannya menahan air pada edible coating tersebut (Lieberman dan Gilbert, 1973).

Gliserol merupakan senyawa poliol yang memiliki tiga gugus hidroksil dalam satu molekul (alkohol trivalen). Rumus kimianya adalah $C_3H_8O_3$, dengan berat molekul 92,10; massa jenisnya $1,23 \text{ g/cm}^3$; dan titik didihnya 204°C . Gliserol memiliki sifat mudah larut dalam air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat dari beberapa monomer yang akan membentuk rantai yang sangat panjang. Bila rantai tersebut dikelompokkan bersama-sama dalam suatu pola acak, menyerupai tumpukan jerami maka akan disebut amorf, jika teratur hampir sejajar disebut kristalin dengan sifat yang lebih keras dan tegar (Syarief, et al., 1989).

Gliserol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis tidak berwarna, cairan kental dengan titik lebur 20°C , gliserol dapat larut sempurna dalam air dan alkohol, oleh karena itu gliserol merupakan pelarut yang baik (Musthofa, 2011). Gliserol mengandung tiga gugus hidroksi yang terdiri dari dua gugus alkohol primer dan satu gugus alkohol sekunder. Atom karbon yang terdapat dalam gliserol dapat ditunjukkan sebagai atom karbon (Nouriedden, dkk, 1992)

2.5.2 Sorbitol

Sorbitol berasal dari golongan gula alkohol. Gula alkohol merupakan hasil reduksi dari glukosa dimana semua atom oksigen dalam molekul gula alkohol yang sederhana terdapat dalam bentuk kelompok hidroksil, sinonim dengan polyhydric alkohol (polyols)

(Soesilo et al., 2005). Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, hasil yang didapatkan adalah penambahan sorbitol memberikan nilai kuat tarik yang lebih baik daripada gliserol.

Sorbitol adalah senyawa monosakarida polyhidric alcohol. Nama kimia lain dari sorbitol adalah hexitol atau glusitol dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Struktur molekulnya mirip dengan struktur molekul glukosa hanya yang berbeda gugus aldehid pada glukosa diganti menjadi gugus alkohol.

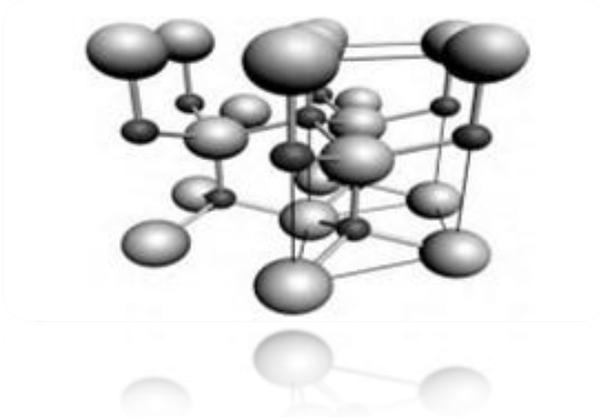
2.6 Zinc Oxide (ZnO)

Zinc Oxide (ZnO) adalah suatu bahan semikonduktor, fotokonduktor, piezoelektrik dan pandu gelombang optic. Zinc Oxide dapat digunakan untuk aplikasi yang luas seperti sel surya , sensor gas dan aplikasi lainnya baik pada divais akusto-elektrik, akusto-optik, elektronik, maupun optoelektronik (Adriyanto, 2003). ZnO mempunyai keunggulan pada sifat-sifat berikut: ZnO adalah semikonduktor dengan direct band gap 3,2-3,4 eV (Choi, 2008), *excitation binding energy* 60 meV pada suhu kamar, dan menunjukkan *near-UV emission* serta *transparent conductivity* ; memiliki struktur non simetri sentral , yaitu adanya kekurangan pada pusat simetris yang menghasilkan efek piezoelektrik; ZnO juga bersifat *bio-safe* dan *bio-compatible* sehingga dapat digunakan untuk aplikasi *biomedical* tanpa perlu dilapisi (Wang, 2004).

ZnO yang digunakan dalam bioplastik adalah sebagai penguat, yang nantinya bahan ini akan mampu menguatkan bioplastik yang dihasilkan dalam menahan beban atau gaya pada saat dilakukan uji tarik. ZnO dalam pembuatan bioplastik ini juga dapat dikatakan sebagai bahan filler. Partikel filler selama proses homogenisasi akan masuk dan berikatan dengan interlayer matriks polimer. Hal ini dikarenakan gugus-gugus pada ZnO akan menangkap elektron dari gugus hidroksil (OH) pada polimer polisakarida sehingga gugus tersebut dapat saling berikatan.

Karena berfungsi sebagai penguat, penambahan logam *zinc oxide* ini mampu meningkatkan sifat mekanik dari bioplastik yang dihasilkan. Menurut Nugroho (2012) , menyatakan bahwa dengan seiring penambahan ZnO mampu meningkatkan nilai kuat tarik dari bioplastik yang dihasilkan.

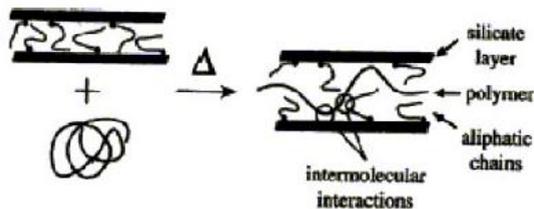
Pada temperatur dan tekanan normal, ZnO memiliki struktur *wurtzite*. Struktur ini adalah kisi heksagonal dan dikarakterisasikan dengan kisi yang saling berhubungan yakni kisi Zn^{2+} dan O^{2-} dimana masing masing ion Zn dikelilingi oleh empat ion O atau sebaliknya (Jagadish , 2006).



Gambar 2.4 Struktur Wurtzite dari ZnO

2.7 Melt Intercalation

Metode *melt intercalation* merupakan metode yang ramah lingkungan karena tidak digunakannya pelarut organik yang nantinya dapat menjadi limbah, selain itu metode ini juga kompatibel dengan proses industri seperti pada *injection molding*. Pada *melt intercalation*, pembuatan biokomposit dilakukan dengan tujuan untuk menguatkan material yaitu dengan cara memanaskan dan mendinginkan material.



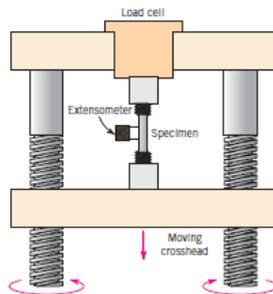
Gambar 2.5 Ilustrasi Metode Melt Intercalation

2.8 Karakteristik Sifat Mekanik

Dalam setiap pembuatan bioplastik dengan bahan utama berupa bahan alam, komponen utama yang paling diperhatikan adalah mengenai sifat mekanik yang dihasilkan dari bioplastik tersebut. Sifat mekanik yang dimiliki bioplastik dipengaruhi oleh komponen penyusunnya, di antaranya jenis bahan utama yang digunakan, pemlastis, dan juga penguat atau filler yang kemungkinan diberikan pada saat proses pembuatan bioplastik. Karakteristik mekanik yang akan diujikan adalah uji tarik, dan hasil yang didapatkan adalah kekuatan tarik dan persen pemanjangan (elongasi). Karakteristik mekanik menunjukkan indikasi integrasi polimer pada kondisi tekanan yang terjadi selama proses pembentukan lapisan plastik tersebut. Kuat tarik menunjukkan kekuatan tegangan maksimum bioplastik dalam menahan gaya yang diberikan hingga putus, sedangkan persen pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum bioplastik sebelum terputus. Kekuatan mekanik setiap bahan selalu mengalami perbedaan, hal ini disebabkan setiap bahan memiliki ikatan kimia yang berbeda, dan ikatan kimia penyusun suatu bahan dipengaruhi oleh jumlah ikatan molekul dan jenis ikatannya.

2.8.1 Kuat Tarik

Kuat tarik atau regang putus (*tensile-strength*) merupakan terikan maksimum yang dapat dicapai sampai lapisan tetap bertahan hingga sampel putus.



Gambar 2.6 Skema Sistem Uji Kuat Tarik

Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik adalah dasar dari pengujian mekanik yang dipergunakan pada material. Dimana spesimen uji yang telah distandarisasi, dilakukan pembebanan sehingga spesimen uji mengalami peregangan dan bertambah panjang hingga akhirnya patah. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Pada waktu yang bersamaan, penambahan panjang suatu material dapat diukur. Pertambahan panjang yang terjadi akibat beban atau gaya yang diberikan pada material disebut dengan deformasi. Kuat tarik dapat diukur dengan pemberian beban maksimum (F_{max}) untuk men-deformasi material dibagi luas penampang, seperti yang ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$\tau = \frac{F_{max}}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan:

τ = Kekuatan tarik (N/m^2)

F_{max} = Tegangan maksimum (N)

A_0 = luas penampang lintang (m^2)

2.8.2 Persen Pemanjangan (Elongasi)

Pertambahan panjang atau biasa disebut dengan regangan. Selain mengetahui kekuatan tarik dari suatu bioplastik, perlu diketahui juga nilai perpanjangan dari bioplastik yang dihasilkan, nilai ini menunjukkan tingkat plastis pada bioplastik. Regangan dapat diartikan sebagai perbandingan antara nilai perpanjangan awal dan nilai perpanjangan akhir sebagai akibat dari pemberian beban pada bioplastik yang diuji sehingga mempengaruhi pertambahan panjangnya. Pada waktu yang bersamaan pada saat pengukuran kuat tarik, pertambahan panjang material dapat diukur akibat beban atau gaya yang diberikan pada material hingga peristiwa deformasi terjadi. Mengetahui nilai regangan sangat

diperlukan untuk mengindikasikan seberapa besar kemampuan bioplastik tersebut dalam menahan beban. Untuk mengetahui nilai perpanjangan dapat ditunjukkan dalam persamaan berikut :

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan:

L_1 = panjang akhir benda uji (cm)

L_0 = panjang awal benda uji (cm)

2.9 Uji Ketahanan Air

Uji Ketahanan air plastik biodegradable yang dilakukan adalah potongan plastik dengan ukuran 2 cm x 2 cm ditimbang massa awalnya (W_0), kemudian dimasukkan ke dalam gelas yang berisi akuades pada temperatur kamar. Potongan plastik ini selanjutnya diambil setelah 20 menit dan air yang terdapat pada permukaan plastik dihilangkan dengan tisu kertas setelah itu baru dilakukan penimbangan (W). Air yang diserap dihitung melalui persamaan:

$$\text{Air yang terserap} = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan :

m : Massa sampel setelah uji (gram)

m_0 : Massa sampel sebelum uji (gram) (Cowd, 1991)

2.10 Uji Ketahanan Udara

Uji ini dilakukan dengan cara meletakkan sampel bioplastik pada ruangan terbuka. Sampel ukuran 2 cm x 2 cm diletakkan pada cawan petri. Setiap komposisi diambil masing-masing 5 sampel. Sebelum diletakkan pada cawan petri sebaiknya sampel ditimbang dulu sebagai massa awal (m_0). Kemudian

diamati pada setiap sampel, pengambilan data dilakukan setelah sampel diletakkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari. Dihitung massa sampel setelah uji sebagai massa akhir (m_t).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)