

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Plastik

Plastik merupakan bahan anorganik buatan yang tersusun dari bahan-bahan kimia yang cukup berbahaya bagi lingkungan. Plastik yang beredar di pasaran saat ini merupakan polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi. Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sampah plastik digolongkan dalam sampah yang tidak dapat didegradasi, karena sampah jenis ini membutuhkan waktu yang relatif sangat lama untuk dapat didegradasi oleh alam (Anom dkk., 2020).

Selain polimer, plastik juga membutuhkan bahan tambahan lain dalam proses produksinya. Berdasarkan sifat-sifat fisik yang dimiliki, plastik digolongkan menjadi 2 (dua), yaitu: (Astuti dkk., 2020).

- a) *Thermoplastics* adalah bahan plastik yang dapat didaur ulang, memiliki sifat plastis yaitu jika dipanaskan pada suhu tertentu akan meleleh dan tidak mengalami perubahan susunan kimia, selanjutnya dapat dicetak menjadi bentuk lain dan kembali mengeras pada suhu kamar (*reversible*), contohnya: PS, PE, PP, nylon, PVC, SAN, PET, ABS, PC, LDPE, HDPE dan lain-lain.
- b) *Thermosets* adalah bahan plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dilelehkan kembali dengan cara dipanaskan (hanya dapat dibentuk sekali saja). Jika dipanaskan akan mengeras dan menjadi arang. Umumnya jenis plastik ini digunakan pada usaha otomotif, elektronik dan konstruksi yang membutuhkan stabilitas dan kekuatan plastik. Jenis plastik ini tidak bisa di daur ulang atau di bentuk lagi dengan pemanasan ulang karena dapat menyebabkan kerusakan pada molekul-molekulnya, contohnya: melamin, plastik multilayer, alkid, epoksi, ester, melamin formaldehida, fenolik formaldehida, silikon, urea formaldehida, poliuretan, plastik metalisasi, dan jenis lain.

## 2.2 Bioplastik

Bioplastik merupakan plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh mikroorganisme menjadi air dan gas karbondioksida setelah habis dipakai dan dibuang ke lingkungan tanpa meninggalkan zat beracun. Bioplastik atau plastik *biodegradasi*, secara global sudah dikenal dan telah dikembangkan sejak puluhan tahun yang lalu, demikian pula di Indonesia sudah dua puluh tahunan penelitian telah dilakukan dan dikembangkan. Bahan baku bioplastik berlimpah ruah dimanapun dan dapat diperbaharui melalui perkebunan atau pertanian. Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan dan pertanian yang luas, sehingga untuk memproduksi bioplastik, bukan hal yang sulit untuk mendapatkan bahan bakunya. Bahan baku bioplastik dapat diperoleh dari gula tebu dari glukosa, amilum dari glukosa yang dihasilkan dari bakteri dan pati (Melani dkk., 2017).

Pati merupakan bahan baku yang banyak tersedia di Indonesia. Pati diperoleh dengan cara mengekstrak bahan nabati yang mengandung karbohidrat, seperti sereal dan aneka umbi. Sumber karbohidrat yang banyak mengandung pati di antaranya jagung, sagu, ubi kayu, beras, ubi jalar, sorgum, talas dan kentang. Karakteristik fungsional pati yang unik memungkinkan pati digunakan untuk berbagai keperluan, baik sebagai bahan pangan maupun nonpangan. Pati juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan bioplastik. Industri di beberapa negara sudah mengembangkan pati sebagai bahan bioplastik.

Jenis pati yang banyak digunakan adalah pati jagung dan pati kentang. Jenis pati dari kedua komoditas ini banyak digunakan oleh industri bioplastik di beberapa negara Eropa dan Australia. Di Thailand, bahan baku yang digunakan untuk bioplastik adalah pati ubi kayu. Pati komoditas pertanian lebih kompetitif dan tersedia cukup melimpah sebagai bahan baku bioplastik. Bioplastik terbesar adalah yang berbahan dasar pati. Teknologi pembuatan bioplastik berbahan dasar pati sudah mulai dikembangkan di Indonesia sejak beberapa waktu yang lalu. Bahan baku yang diteliti untuk pembuatan plastik *biodegradasi* antara lain pati tapioka dengan campuran kitosan dan pemlastis gliserol. Namun secara komersial, industri yang memproduksi bioplastik masih terbatas karena permintaan di dalam negeri masih rendah (Kamsiati dkk., 2017).

### 2.2.1 Jenis - Jenis Bioplastik

Aplikasi bioplastik dalam kemasan makanan telah mendapatkan perhatian besar dalam industri kemasan makanan. Bioplastik dapat digunakan untuk membuat wadah, bungkus, dan peralatan makan yang dapat terurai secara alami. Hal ini membantu mengurangi dampak limbah plastik pada lingkungan (Rejeki dkk., 2023). *Low Density Polyethylene* (LDPE) adalah plastik yang digunakan untuk plastik kemasan, botol-botol yang lembut, kantong kresek, dan plastik tipis lainnya (Bow dkk., 2018).

Terdapat beberapa jenis-jenis bioplastik diantaranya adalah sebagai berikut: (Rejeki dkk., 2023).

- a) Bioplastik pati (*Starch-Based Bioplastic*) bioplastik pati dibuat dari sumber bahan baku alami seperti jagung, gandum, atau kentang. Pati diekstraksi dari tanaman ini dan digunakan sebagai bahan dasar.
- b) Bioplastik selulosa (*Cellulose-Based Bioplastic*) bioplastik selulosa terbuat dari selulosa, yang merupakan komponen utama dinding sel tumbuhan. Selulosa dapat diekstraksi dari berbagai sumber, termasuk kayu dan serat tumbuhan.
- c) Bioplastik polihidroksialkanoat (PHA) bioplastik PHA diproduksi melalui proses fermentasi mikroorganisme yang menggunakan berbagai sumber karbon, seperti gula atau minyak nabati.
- d) Bioplastik polietilen tereftalat (*Polyethylene Terephthalate*) daur ulang bioplastik PET daur ulang adalah varian bioplastik yang diproduksi dari plastik PET bekas.
- e) Bioplastik alginat, bioplastik alginat dibuat dari alginat, yang diekstraksi dari alga coklat. Bioplastik ini sering digunakan dalam aplikasi medis, seperti pembuatan perban atau kapsul obat.

### 2.2.2 Kelebihan dan Kelemahan Bioplastik

Bioplastik memiliki beberapa kelebihan, yaitu dibuat dari bahan nabati yang merupakan produk pertanian yang dapat diperbaharui. Bioplastik berbahan dasar pati bersifat *compostable* tanpa memerlukan ruang pengomposan bersama. Penelitian di Indonesia sudah cukup banyak menggali potensi bahan baku pati dalam pembuatan plastik *biodegradasi*, demikian juga peluang penggunaan limbah pertanian. Oleh karena itu, produksi bahan nabati dapat berkelanjutan dan

bioplastik dapat terurai dan terdegradasi lebih cepat karena dibuat dari bahan nabati sehingga bersifat ramah lingkungan.

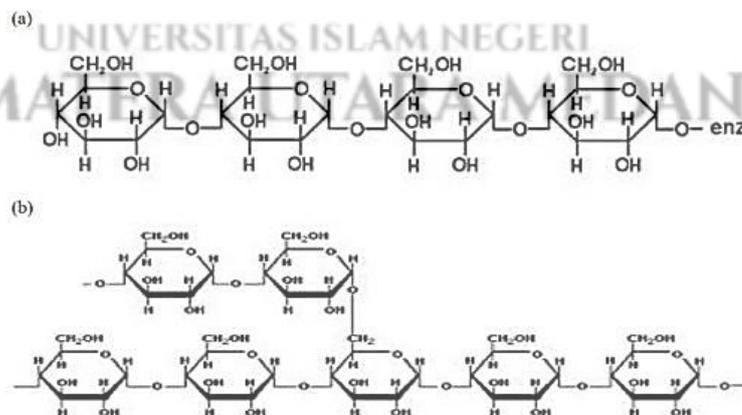
Kekurangan bioplastik pada umumnya memiliki ketahanan mekanis dari plastik berbasis pati cukup rendah. Ini disebabkan oleh yang terkandung dalam pati. Keberadaan *amylopectin* cenderung menghambat pembentukan lembaran plastik sehingga akan membuatnya lebih rapuh. Keterbatasan bahan baku plastik konvensional berupa minyak bumi dan meningkatnya tuntutan terhadap produk (Kamsiati dkk., 2017).

### 2.2.3 Bahan Pembuatan Bioplastik

Bahan pembuatan bioplastik dapat terbentuk secara alami, seperti pati/amilum dan selulosa yaitu: (Sari dan Suteja, 2021).

#### a. Pati/Amilum

Pati merupakan karbohidrat yang terkandung dalam tanaman terutama tanaman berklorofil. Pati merupakan cadangan makanan yang terdapat pada biji, batang dan pada bagian umbi tanaman. Pati telah lama digunakan sebagai bahan makanan maupun bahan tambahan dalam sediaan farmasi. Secara alamiah pati merupakan campuran dari amilosa dan amilopektin. Komposisi amilosa dan amilopektin berbeda-beda pada tiap tumbuhan. Adanya perbedaan kadar amilosa dan amilopektin menyebabkan sifat pati dari berbagai tumbuhan berbeda-beda (Melani dkk., 2017). Berikut gambar stuktur kimia amilosa dan amilopektin terlihat pada Gambar 2.1.

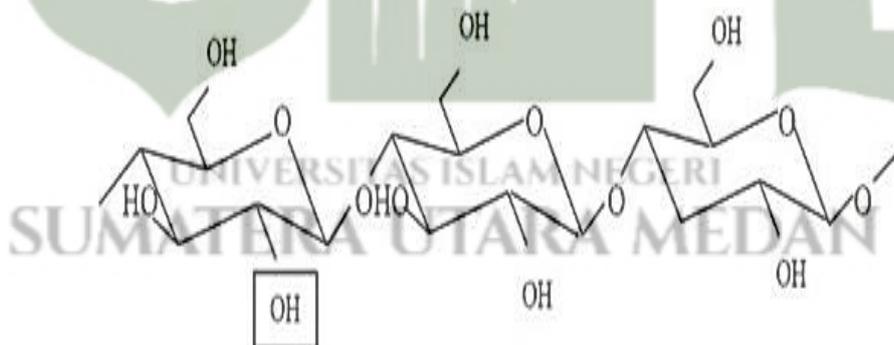


Gambar 2.1 (a) Struktur Kimia Amilosa dan (b) Amilopektin

Amilosa memberikan sifat keras (pera) dan memberikan warna biru tua pada tes iodin, sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket dan tidak menimbulkan reaksi pada tes iodin. Amilosa terdiri dari D-glukosa yang terikat dengan ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosidik sehingga molekulnya merupakan rantai terbuka. Amilopektin juga terdiri atas molekul D-glukosa yang sebagian besar mempunyai ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosidik dan sebagian lagi ikatan  $\alpha$ -1,6 glikosidik. Adanya ikatan  $\alpha$ -1,6 glikosidik menyebabkan molekul amilopektin memiliki cabang dan sebagian lagi ikatan  $\alpha$ -1,6 glikosidik. Adanya ikatan  $\alpha$ -1,6 glikosidik menyebabkan molekul amilopektin memiliki cabang (Melani dkk., 2017).

### b. Selulosa

Selulosa adalah bahan kristal yang digunakan untuk membangun dinding sel. Komponen dasar selulosa adalah glukosa dengan rumus kimia  $C_6H_{12}O_6$ . Molekul glukosa disambung dalam susunan menjadi molekul besar, panjang, seperti rantai yang membentuk selulosa. Selulosa adalah polimer padat, tidak larut dalam air dan pelarut organik umum. Hal ini disebabkan oleh gaya antarmolekul yang kuat, terutama gaya kohesif yang kuat antar makromolekul melalui jaringan ikatan hidrogen, yang tidak memungkinkan untuk mengubah selulosa menjadi keadaan cair (Rahmi dkk., 2023). Berikut gambar struktur pada selulosa terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Selulosa

Selulosa merupakan bagian utama yang dapat dijumpai pada sebagian besar sel tumbuhan. Selulosa terbentuk dari monomer glukosa yang terdiri dari rantai panjang polimer. Sumber utama selulosa adalah polisakarida dalam berbagai jenis tanaman yang sering dikombinasikan dengan biopolimer lainnya. Keberadaan utama selulosa adalah bahan lignoselulosa yang ada di hutan, dengan kayu sebagai

sumber terpenting. Bahan yang mengandung selulosa lainnya termasuk residu pertanian, tanaman air, rumput dan zat tanaman lainnya. Selain selulosa, mereka mengandung hemiselulosa lignin dan jumlah ekstraksi yang relatif kecil (Amrillah dkk., 2022).

Terdapat beberapa jenis selulosa yang terdiri atas dua jenis, yaitu: (Kustiyah dkk., 2023).

1. selulosa  $\alpha$ , jenis selulosa ini adalah selulosa yang memiliki rantai panjang dan bersifat tidak larut dalam larutan NaOH encer ataupun larutan basa kuat. Selulosa jenis ini memiliki derajat polimerisasi sebesar 600-1500.
2. selulosa  $\beta$ , di mana selulosa jenis ini adalah selulosa yang memiliki rantai pendek dan bersifat larut dalam larutan NaOH encer ataupun larutan basa kuat. Selulosa jenis ini memiliki derajat polimerisasi sebesar 15-90.

Adapun acuan dalam pembuatan bioplastik memiliki parameter fisis dan mekanis pada bioplastik berdasarkan beberapa standar terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter Fisis dan Mekanis Bioplastik

Sifat Uji	Parameter	Nilai	Jenis Plastik	Acuan
Sifat Fisis	Daya serap air	9,01%-16,63%	<i>Plastic International</i>	ASTM D570-98
	<i>Biodegradasi</i>	>60% (1 Minggu)	Bioplastik	SNI 7188.7:2016
Sifat Mekanik	Kuat tarik	8,3 MPa	LDPE	SNI 06-1315-2006
	<i>Elongation</i>	10%	LDPE	ASTM D882-12
	Modulus elastisitas	30,0982- 113,1356 MPa	LDPE	(Sunny Nafisah, 2022)
Sifat Thermal	<i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	109-120 °C	LDPE	SNI 06-1315-2006

### 2.2.4 Karakteristik Bioplastik

Pada penelitian ini terdapat beberapa macam karakteristik yang dilakukan diantaranya:

#### a. Uji Daya Serap Air

Daya serap merupakan parameter penting terhadap sifat dari bioplastik, semakin tinggi daya serap suatu bioplastik maka tingkat ketahanan bioplastik terhadap air semakin rendah sehingga tingkat kerusakan semakin besar pula dan kelarutan dalam air semakin besar pula sehingga mempercepat bioplastik rusak. Sebaliknya jika tingkat penyerapan airnya rendah maka tingkat ketahanannya semakin besar dalam air sehingga akan memperlambat tingkat kerusakan bioplastik dalam air dan dapat bertahan lama. Jadi semakin tinggi nilai ketahanan terhadap air maka bioplastik yang dihasilkan semakin baik pula (Permana dkk., 2021)

Uji daya serap air merupakan pengujian untuk mengetahui kemampuan menyerap air pada plastik *biodegradasi*. Pengaruh yang dilakukan oleh daya serap air ialah pengaruh terhadap laju transmisi uap air yang terjadi pada plastik *biodegradasi*. Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM D570-98 (1999) dengan merendam sampel selama 24 jam untuk mengetahui besar persentase terserapnya air pada sampel. Dapat dihitung daya serap air dengan persamaan (2.1): (ASTM D570-98)

$$\% \text{DSA} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan:

%DSA = Daya serap air (%)

$m_0$  = Massa sampel sebelum pengujian (g)

$m_1$  = Massa sampel sesudah pengujian (g)

#### b. Uji *Biodegradasi*

Dalam plastik *biodegradable*, plastik dapat diuraikan oleh bakteri dalam waktu yang singkat oleh bakteri atau oleh alam itu sendiri. Biodegradabilitas menunjukkan kemampuan bioplastik untuk bisa terdegradasi ketika terkena paparan mikroorganisme (Muharam dkk., 2022).

Kerusakan plastik *biodegradable* dapat dilihat dari pengurangan massanya setelah dikubur di dalam tanah selama kurung waktu tertentu. Nilai persentase dapat

dihitung melalui perhitungan massa awal plastik *biodegradable* dengan massa akhir plastik *biodegradable* lalu dipersentasekan. Sampel yang telah dikubur akan dilakukan proses pengeringan lalu ditimbang. Perhitungan nilai persentase pengurangan massa dari plastik *biodegradable* yang telah ditanam di dalam tanah dapat dihitung dengan persamaan (2.2): (Nissa dkk., 2019)

$$\% \text{Weight loss} = \frac{W_0 - W_f}{W_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\% \text{Weight loss}$  = Pengurangan berat plastik *biodegradable* (g)

$W_0$  = Berat mula-mula plastik *biodegradable* (g)

$W_f$  = Berat akhir plastik *biodegradable* (g)

### c. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah pembagian gaya dengan luas penampang. Kekuatan tarik akan mengalami tarikan pada suatu material karena adanya gaya (beban). Tarikan tersebut cenderung akan menarik bagian dalam yang ada pada suatu material. Bagian dalam material akan berusaha menahan gaya yang mempengaruhinya yang disebut sebagai tegangan. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan (2.3): (SNI 06-1315-2006)

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$\sigma$  = Kekuatan tarik (Pa)

$F_{max}$  = Beban maksimum (N)

$A$  = Luas penampang ( $\text{mm}^2$ )

### d. Percent Elongation

Bioplastik hasil sintesis ditentukan persen regangannya atau kekuatan tariknya dengan menggunakan *Tensile Strength Analyzer* melalui uji elongasi. Persen pemanjangannya atau elongasi didasarkan atas pemanjangan bioplastik saat putus (Kustiyah dkk., 2023). *Percent elongation* dihitung dengan persamaan (2.4): (ASTM D882-12)

$$\% \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan:

$\% \varepsilon$  = *Percent elongation* (%)

$l_0$  = Panjang awal sampel (mm)

$\Delta l$  = Pertambahan panjang sampel (mm)

#### e. Uji Modulus Elastisitas

Suatu benda jika diberikan gaya tidak akan mengalami perubahan bentuk secara permanen. Hal ini dikarenakan adanya batas modulus elastisitas pada bahan. Jika gaya yang diberikan tidak melebihi batas modulus elastisitasnya maka perubahan bentuknya tidak akan bersifat permanen. Modulus elastisitas ialah rasio dari tegangan dan regangan yang dihasilkan benda setelah diberi gaya yang juga disebut sebagai modulus young. Persamaan tegangan adalah  $\sigma = F/A$  dan persamaan regangan adalah  $\% \varepsilon = \Delta l/l_0$ . Secara sistematis persamaan dari modulus elastisitas ialah yang terlihat pada persamaan (2.5):

$$\gamma = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$\gamma$  = Modulus elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Kekuatan tarik (MPa)

$\varepsilon$  = Rengangan

#### f. DSC (*Differential Scanning Calorimetry*)

DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) adalah metode yang sangat ampuh untuk mempelajari sifat termal bahan. Berbagai informasi dapat diperoleh dengan DSC seperti nilai kalori, suhu transisi fasa, reaksi kimia-fisika dan sebagainya. Hasil atau output dari pengujian DSC berupa kurva yang disebut Termogram. Termogram DSC dapat digunakan untuk menentukan sejumlah sifat-sifat karakteristik sampel (Lisdawati, 2017). Teknik DSC merupakan teknik analisa untuk mengukur perbedaan kalor yang masuk ke dalam sampel dengan pembanding

sebagai fungsi temperatur (Maneking dkk., 2020). Persen kristalin dapat dihitung dengan persamaan (2.6): (Muntu dkk., 2022).

$$\%C = \frac{\Delta Hm_{sampel}}{\Delta Hm_{Kitosan}} \times 100\% \quad (2.6)$$

Keterangan:

%C = Persen kristalin (%)

$\Delta Hm_{Sampel}$  = Entalpi sampel (J/g)

$\Delta Hm_{Kitosan}$  = Entalpi kitosan (126,23 J/g)

### 2.3 Kentang

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum L*) merupakan herbal tahunan yang tumbuh hingga ketinggian 100 cm (40 inci). Umbi kentang sangat kaya akan kandungan pati dan menempati peringkat keempat dunia sebagai tanaman penghasil pangan penting setelah jagung, gandum dan beras. Kentang merupakan tanaman asli dari Amerika Selatan, yang ditanam sekitar 14.000 tahun yang lalu, dan menyebar ke Eropa melalui Spanyol pada tahun 1565 dan menjadi tanaman penting (Santosa, 2019).

Tanaman kentang termasuk tanaman semusim yang berbiji belah dan berbentuk semak. Daun kentang berkerut, permukaan bawah daun berbulu dan berwarna hijau. Tanaman kentang berjenis kelamin dua atau berbunga sempurna kentang termasuk dalam jenis makanan berkarbohidrat tinggi. Zat gizi yang terdapat dalam kentang antara lain karbohidrat dan mineral (Nurhamida, 2017). Berikut komposisi kimia kentang terlihat pada Tabel 2.2. (Wulandari dkk., 2016)

Tabel 2.2 Komponen Kimia Kentang

No.	Komponen	Kadar (%)
1.	Kadar Pati	93,69
2.	Kadar Amilosa	31,59
3.	Kadar Amilopektin	62,10
4.	Kadar Air	21,04

Kentang memiliki pati yang dapat digunakan sebagai olahan pangan. Pati alami diperoleh dari pemisahan sari pati yang terdapat pada tanaman baik yang dari umbi, biji maupun batang. Dalam bentuk aslinya secara alami pati merupakan butiran-butiran kecil yang sering disebut granula. Pati termodifikasi adalah pati yang diberi perlakuan dengan tujuan untuk menghasilkan sifat yang lebih baik untuk memperbaiki sifat sebelumnya. Kadar pati yang terdapat pada kentang sekitar 22%-28%, kentang memiliki kadar amilosa sekitar 21,04% dan kadar amilopektin kentang berkisar antara 78,96% (Maulida, 2018). Akan tetapi bioplastik yang terbuat dari pati memiliki kelemahan yaitu mudah sobek dan rapuh (Wahyuni dkk., 2021). Berikut Gambar kentang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kentang

Dengan kandungan yang tinggi pada pati kentang sangat berpotensi dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik, karena pati adalah polimer alami yang berasal dari tanaman. Bahan alami yang mengandung pati adalah salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik. Pati merupakan polisakarida serbaguna yang melimpah di bumi dan harganya yang relatif murah. Selain itu penggunaan bahan alami pati karena mudah terdegradasi oleh alam menjadi senyawa-senyawa yang ramah lingkungan (Dewi dkk., 2023).

Banyaknya manfaat yang dapat diambil dari bahan makanan sumber pati ini, karena makanan tersebut merupakan salah satu hasil alam yang dikaruniakan oleh Allah SWT.

Manfaat seperti dijelaskan dalam Al-Qur'an Surah Al-An'am (6) ayat 95 yaitu sebagai berikut:

﴿ إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ذَٰلِكُمْ اللَّهُ فَاتَىٰ تَوْفَكُونَ (٩٥) ﴾

Artinya: “*Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji jadi buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati. Dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (Yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, maka mengapa kamu masih berpaling?*” (Q.S Al-An'am : 95).

Dari ayat di atas menjelaskan salah satu kekuasaan Allah SWT, yaitu di tumbuhkannya tumbuh-tumbuhan dan buah-buahan dari tanah. Untuk menyediakan segala yang diperlukan umat manusia sebagai khalifah di muka bumi. Manusia berhak untuk memanfaatkan tumbuhan tersebut dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, terutama untuk digunakan sebagai bahan makanan pokok. Salah satunya ialah tanaman kentang yang mengandung karbohidrat yang digunakan sebagai makanan pokok dan juga dapat digunakan dalam pembuatan bioplastik.

#### 2.4 Ampas Tebu

Salah satu sektor primer penyokong perekonomian di Indonesia adalah pertanian. Di dalam sektor pertanian terdapat subsektor perkebunan. Salah satu komoditi yang masuk ke dalam subsektor perkebunan adalah tanaman tebu. Alasan tersebut tidak lain karena tebu menjadi bagian dari bahan baku pada industri gula (Arianti dan Wahyu, 2020). Namun, sekitar 50% ampas tebu yang dihasilkan di setiap pabrik gula menimbulkan permasalahan, karena bahan ini mudah terbakar, mencemari lingkungan sekitar, dan menyita lahan yang luas untuk penyimpanannya (Hidayati dkk., 2016).

Ampas tebu merupakan limbah padat sisa penggilingan batang tebu (*Sacharum officinarum*). Sebagian besar bagasse dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, namun selalu ada sisa bagasse yang tidak termanfaatkan yang disebabkan oleh stok bagasse yang melebihi kebutuhan pembakaran oleh boiler pabrik. Bagasse tebu saat ini belum banyak dimanfaatkan (Anisya dkk., 2020). Berikut komposisi kimia ampas tebu terlihat pada Tabel 2.3. (Muriyani dkk., 2023).

Tabel 2.3 Komponen Kimia Ampas Tebu

No.	Komponen	Kadar (%)
1.	Kadar Selulosa	37,65
2.	Kadar Lignin	22,09
3.	Kadar Abu	3,82
4.	Kadar Air	48-52

Kelebihan dan kekurangan ampas tebu, berdasarkan hasil penelitian, ampas tebu memiliki kandungan selulosa tinggi tetapi pemanfaatannya masih kurang maksimal. Hasil analisis komponen serat ampas tebu adalah selulosa 40-50%, hemiselulosa 25-35%, dan lignin 15-20%. Dilihat dari peluang tersebut, maka ampas tebu memiliki potensi sangat baik untuk bahan baku pembuatan bioplastik (Rahmasari dkk., 2022). Selulosa merupakan prekursor alam yang jumlahnya cukup besar di alam. Namun, selulosa mempunyai kekurangan sukar larut dalam beberapa pelarut organik serta air (Rojtica, 2021). Berikut gambar ampas tebu terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Ampas Tebu

Dengan kandungan selulosa yang cukup besar, dimana komponen selulosa dapat dijadikan bahan baku pembuatan bioplastik, karena selulosa memiliki sifat kaku dan kuat, sedangkan bioplastik yang ingin dihasilkan memiliki sifat plastis dan kuat, sehingga diperlukan penambahan *plasticizer* untuk memperbaiki sifat kaku tersebut (Suryati dkk., 2023).

Ampas tebu menunjukkan bahwa segala sesuatu tidak ada yang tidak memiliki manfaat dan berakhir sia-sia. Seperti terlihat pada Al-Qur'an surah Thahaa (53) yaitu:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَّكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا  
بِهِ أَزْوَاجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّىٰ (٥٣)

Artinya: “Yang telah menjadikan bagimu di bumi sebagai hamparan dan yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit hujan. Maka kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis itu dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam.” (Q.S Thahaa: 53).

Dari ayat di atas menjelaskan salah satu kekuasaan Allah SWT, yaitu menunjukkan berbagai jenis tanaman tumbuh dengan satu jenis air saja yaitu air hujan yang diturunkan dari langit atas kehendak Allah SWT. Tanaman tersebut di rawat sebaik-baiknya karena bermanfaat untuk kehidupan manusia.

## 2.5 Plasticizer

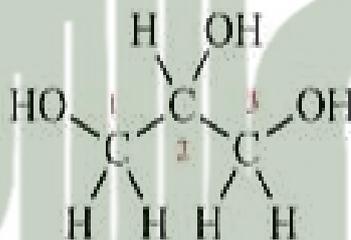
*Plasticizer* adalah bahan tambahan atau aditif yang meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan dari suatu material. *Plasticizer* adalah salah satu bahan kimia paling laku yang dapat merubah sifat dari plastik, cat, karet, konkrit, tanah liat dan lem/perekat. Kebanyakan *plasticizer* berbentuk cairan dan sebagian besar tidak berwarna, tetapi ada beberapa jenis yang berwarna kuning muda sampai kuning cerah. Beberapa jenis *plasticizer* yang dapat digunakan adalah gliserol, polivinil alkohol, sorbitol, asam laurat, asam oktanoat, asam laktat dan trietilen glikol.

*Plasticizer* merupakan pelarut organik yang ditambahkan ke dalam cairan yang keras atau kaku, sehingga akumulasi gaya intermolekuler pada rantai panjang akan menurun, akibatnya kelenturan, pelunakan dan pemanjangan bioplastik akan bertambah. Semakin banyak *plasticizer* yang ditambahkan maka sifat mulur akan bertambah, tetapi kekerasannya menurun, dikarenakan semakin sedikitnya gaya yang dibutuhkan untuk menekan, sehingga menurunkan kekerasan. Prinsip proses *plasticizer* adalah dispersi molekul *plasticizer* kedalam bioplastik termoplastik. Jika *plasticizer* mempunyai gaya interaksi dengan polimer, proses dispersi akan berlangsung dalam skala molekul dan terbentuk larutan polimer *plasticizer*. Sifat

fisik dan mekanis polimer *plasticizer* ini merupakan fungsi distribusi dari sifat komposisi *plasticizer* (Melani dkk., 2017).

## 2.6 Gliserol

Gliserol merupakan salah satu *plasticizer* yang banyak digunakan karena cukup efektif mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekuler. Gliserol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentuk plastik yang bersifat hidrofobik seperti pati. Diperlukan penentuan kondisi optimum rasio glukomanan dengan pati dan jumlah gliserol yang terbaik untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik yang baik dari segi ketahanan air, *tensile strength* dan *tensile elongation* (Purnavita, 2020). Gliserol adalah senyawa poli alkohol yaitu senyawa golongan alkohol dengan gugus hidroksil (-OH) lebih dari satu. Gliserol memiliki tiga gugus hidroksil yang terikat pada suatu rangka senyawa propana, dengan rumus molekul  $C_3H_8O_3$  (Nitbani, 2018). Berikut struktur kimia senyawa gliserol terlihat pada Gambar 2.5.



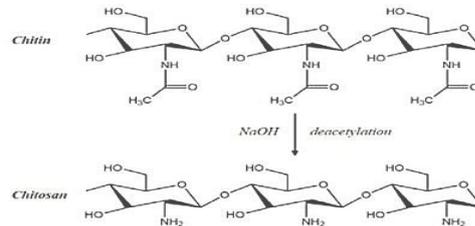
Gambar 2.5 Struktur Kimia Senyawa Gliserol

Gliserol yang berfungsi sebagai *plasticizer* ini akan terletak diantara rantai biopolimer sehingga jarak antar kitosan dan pati akan meningkat. Hal ini membuat ikatan hidrogen antara kitosan-pati berkurang dan digantikan menjadi interaksi hidrogen antara kitosan-gliserol dan gliserol-pati (Nafiyanto, 2019).

## 2.7 Kitosan

Kitosan yang merupakan polisakarida berbentuk linier terdiri dari monomer N-asetilglukosamin (GlcNAc) dan D-glukosamin (GlcN) dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bioplastik (Sipayung, 2022). Kitosan sebagian besar berasal dari kitin yaitu, biopolimer polisakarida alami yang terdiri dari unit [ $\beta(1-4)$  linked N-

aseti-2-amino-2-deoksi-D-glukosa] yang kemudian deasetilasi enzimatis atau kimiawi (Imtihani dkk., 2020) Berikut gambar struktur kimia kitin dari hasil deasetilasinya menjadi kitosan terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur Kimia Kitin Dari Hasil Deasetilasinya Menjadi Kitosan

Kitosan memiliki bentuk yang unik dan memiliki manfaat yang banyak bagi pangan, agrikultur, dan medis. Namun, untuk melarutkan kitosan ini cukup sulit karena kitosan dapat larut apabila dilarutkan pada asam dan viskositas yang tinggi. Kitosan mempunyai sifat antimikrobia melawan jamur lebih kuat dari kitin. Jika kitosan ditambahkan pada tanah, maka akan menstimulir pertumbuhan mikrobiamikrobia yang dapat mengurai jamur. Selain itu kitosan juga dapat disemprotkan langsung pada tanaman. Sifat kitin dan kitosan dapat mengikat air dan lemak. Karena sifatnya yang dapat bereaksi dengan asam-asam seperti polifenol, maka kitosan sangat cocok untuk menurunkan kadar asam pada buah-buahan, sayuran dan ekstrak kopi. Kitosan mempunyai sifat polikationik, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agensia penggumpal (Melani dkk., 2017).

## 2.8 Penelitian yang Relevan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yanthi dkk. (2022) tentang Karakteristik Komposit Bioplastik Pati Umbi Talas (*Colocasia Esculenta*) dan Karagenan pada Variasi Rasio Bahan Baku dan Konsentrasi Bahan Penguat yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh serta interaksi dari variasi rasio bahan baku pati umbi talas (*Colocasia esculenta*) dan karagenan. Menggunakan tiga variasi, variasi pertama 25:75 g dengan konsentrasi bahan penguat sebesar 8,33% (0,5 g), variasi kedua 50:50 g dengan konsentrasi bahan penguat 5% (0,3 g) dan variasi ketiga 75:25 g dengan konsentrasi bahan penguat 1,67% (0,1 g).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sunny Nafisah (2022) tentang Pemanfaatan Selulosa Sekam Padi Dan Pati Biji Alpukat Untuk Pembuatan Plastik *Biodegradable* Dengan Gliserol Sebagai *Plasticizer*. Penelitian ini menggunakan

gliserol sebagai *plasticizer* dengan proses pencampuran pada larutan pati:selulosa yang suhu gelatinisasinya dijaga dengan larutan kitosan dan gliserol sebagai bahan tambahan dan menunjukkan bahwa variasi komposisi terbaik pada plastik *biodegradeble* selulosa sekam padi dan pati biji alpukat dengan gliserol sebagai *plasticizer* ialah terdapat pada variasi selulosa sekam padi dan pati biji alpukat sebesar 50% : 50% dengan nilai daya serap air senilai 15%, nilai *biodegradeble* 60%, kekuatan tarik senilai 20,61 MPa, modulus elastisitas senilai 353,80 MPa, transisi *glass* ( $T_g$ ) sebesar 32,45 °C, titik kristalisasi ( $T_c$ ) sebesar 115,51 °C, dan titik leleh ( $T_m$ ) sebesar 312,6 °C.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nugraha dkk. (2020) mengenai Uji Perbandingan Plastik *Biodegradabel* Pati Singkong dan Pati Kentang Terhadap Kekuatan Tarik dan Pemanjangan. Menunjukkan bahwa kentang bisa dimanfaatkan patinya sebagai bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable*. Digunakannya singkong dan kentang sebagai sumber pati dalam pembuatan plastik *biodegradable* karena kandungan karbohidrat terutama patinya yang cukup tinggi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kustiyah dkk. (2023) tentang Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu untuk Pembuatan Plastik *Biodegradable* dengan Metode *Melt Intercalation*. Menunjukkan bahwa ampas tebu sebagai salah satu hasil samping produk pertanian yang berpotensi dapat digunakan sebagai bahan baku biopolimer. Ampas tebu ini merupakan limbah yang memiliki kandungan selulosa 45,96%, hemiselulosa 20,37% dan lignin 21,56%.

## 2.9 Hipotesis Penelitian

Dari penjabaran penelitian di atas maka hipotesis penelitian ini ialah pati kentang dan selulosa ampas tebu dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bioplastik ramah lingkungan dengan karakteristik yang sangat baik.