



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Plastik

Produk barang plastik dan berbagai macam jenisnya sangat dibutuhkan masyarakat seiring pertambahan permintaan dan pertumbuhan penduduk namun pada lain hal juga berdampak buruk terhadap kesehatan. Manajemen pengawasan terhadap plastik yang berpotensi mencemarkan lingkungan ini sulit dikendalikan, seperti pembakaran plastik bekas dapat menimbulkan paparan zat karsinogenik, seperti chlorine, poly chloro dibenzodioxins, dan poly chloro dibenzofurans (Rahyani, 2011) pada lingkungan.

Jenis plastik yang banyak ditemui di pasar domestik Indonesia adalah Polypropylene (PP), Polyethylene (PE), Polystyrene (PS), Polyvinyl Chloride (PC), Acrylonitril, Butadiene Styrene (ABS), dan Polyethylene Terephthalate (PET). Bahan-bahan seperti alkyl resin, polyol, melamine resin, unsaturated polyester resin dan polyester sudah diproduksi secara lokal sedangkan produk yang lain masih didapat dari luar negeri (Sahwan, 2005).

Plastik juga memiliki keunggulan seperti tidak mudah berkarat, kuat, ringan, dan elastis. Proses pembuatan plastik berupa pemanasan, pembentukan dan pendinginan. Pembentukan ini dapat dilakukan dengan cara pencetakan, pengepresan, dan pemanasan. Proses ini dilakukan agar plastik yang telah dibentuk tidak akan mengalami perubahan lagi.

Berdasarkan sifat fisiknya terdapat dua jenis plastik yaitu plastik yang bersifat termoplastik dan termoset. Termoplastik merupakan jenis plastik yang bisa didaur ulang atau dicetak dengan proses pemanasan ulang. Sedangkan termoset merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur ulang atau dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya (Lola, 2015).

Terdapat kekurangan yang diakibatkan oleh sampah plastik yang dibuang sembarangan seperti penyumbatan saluran drainase, selokan dan sungai hingga



Laporan Hasil Penelitian “Pengaruh Penambahan Selulosa *Bacterial* dari *Nata De Soya* dan Kitosan pada Pembuatan Bioplastik “

menyebabkan banjir. Lalu apabila plastik dibakar bisa mengeluarkan zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Selain dampak yang berbahaya bagi manusia plastik memiliki kekurangan yaitu plastik tidak dapat dihancurkan dengan cepat dan alami oleh mikroba penghancur dalam tanah. Hal ini yang mengakibatkan terjadinya penumpukan sampah dan menyebabkan pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup (Sanjaya *dkk.*, 2013).

II.1.1 Bioplastik

Bioplastik adalah salah satu jenis plastik yang terbuat dari sumber biomassa terbarukan seperti minyak nabati, pati jagung, pati kacang polong dan mikrobiota. Pada penelitian ini bioplastik dibuat dari campuran tepung tapioka dan tepung maizena dengan penambahan asam asetat sebagai katalis dan gliserol sebagai plasticizer. (Vena, 2017).

Bioplastik merupakan plastik yang memiliki struktur dengan sifat lebih mudah terurai. Biodegradable plastik merupakan plastik yang terurai secara alami oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan alga. Sedangkan oxo-biodegradable merupakan plastik yang diurai melalui dua tahap yaitu beraksi dengan oksigen dari udara dan terpecah menjadi molekul kecil, lalu molekul yang teroksidasi akan terurai oleh mikroorganisme. Degradable Plastic dikelompokkan menjadi photodegradable plastics, oxidatively degradable plastics, hydrolytically degradable plastics dan biodegradable plastics. Polimer yang dapat terbiodegradasi memperluas pilihan pengolahan limbah dibandingkan plastik konvensional. Oleh karena polimer yang dapat terbiodegradasi dapat memberikan manfaat yang signifikan terhadap pemulihan material, pengurangan landfill, dan pemanfaatan sumberdaya terbarukan. Film biodegradable pada umumnya terbuat dari bahan-bahan alami yang setelah penggunaannya dapat dikubur dalam tanah bersama sisa-sisa tanaman dalam upaya penguraian oleh mikroorganisme (Mostafa et al., 2018). Karena itu film biodegradable telah dikembangkan dan dikomersialkan.

Bioplastik dapat berubah jadi biomassa, H₂O, CO₂ atau CH₄ melalui tahap



Laporan Hasil Penelitian “Pengaruh Penambahan Selulosa *Bacterial* dari *Nata De Soya* dan Kitosan pada Pembuatan Bioplastik “

depolimerisasi atau mineralisasi. Kualitas bioplastik dapat dilihat dari sifat mekaniknya. Menurut penelitian Selpiana dan Anggraeni (2016), proses polimerisasi campuran dilakukan dengan melakukan pemanasan campuran bahan baku dengan kitosan pada suhu 80—90 °C. Setelah itu ditambahkan gliserol kedalam campuran dan dilakukan pengadukan selama 30 menit. Kemudian didiamkan selama 24 jam untuk menghilangkan gelembung udara yang berada didalam campuran bahannya. Setelah itu dicetak pada plat kaca dan dikeringkan dalam oven selama sepuluh jam waktu pengeringan pada suhu 50—60 °C. Setelah proses pengeringan selesai jadilah film bioplastik.

Pada proses pembuatan bioplastik ini terdapat beberapa faktor yang mempengaruhinya. Pertama yaitu faktor temperatur, perlakuan suhu diperlukan untuk membentuk bioplastik yang utuh tanpa adanya perlakuan panas kemungkinan terjadinya interaksi molekul sangatlah kecil sehingga pada saat plastik dikeringkan akan menjadi retak dan berubah menjadi potongan kecil. Perlakuan panas diperlukan untuk membuat plastik tergelatinisasi (Putra, 2015). Lalu konsentrasi polimer dapat mempengaruhi hasil dari proses pembuatan bioplastik. Pada penelitian Selpiana dan Anggraeni (2016), semakin banyak penambahan konsentrat Selulosa *Bacterial* maka semakin rendah kuat tarik yang dihasilkan namun semakin tinggi nilai elongsinya. Selain itu faktor yang mempengaruhi pembuatan bioplastik yaitu plasticizer-nya. Plasticizer dapat mengurangi tekanan yang mengikat antar rantai protein (Selpiana dan Anggraeni, 2016). Selain itu plasticizer mempunyai titik didih tinggi dan penambahan plasticizer diperlukan untuk mengatasi sifat rapuh plastik yang disebabkan oleh kekuatan intermolekul ekstensif. Untuk mengatasi kekurangan pada sifat film bioplastik, pencampuran bahan pengisi atau filler diperlukan untuk meningkatkan kekuatan bioplastik (Haryati, 2017).



II.2 Limbah Tahu Cair (*Whey*)

Tahu merupakan produk olahan dari kacang kedelai pada pembuatan tahu bahan yang di gunakan adalah bahan pangan yang mengandung protein tinggi, air dan koagulan sebagai penggumpal untuk memadatkan bubur kedelai (Diniyani, 2013). Tahu juga merupakan produk yang penuh gizi yang terbentuk dari koagulasi susu kedelai yang panas dengan penambahan bahan kimia untuk makanan seperti kalsium klorida, magnesium klorida, kalsium sulfat, asam asetat dan asam sitrat.

Limbah tahu (*Whey*) merupakan salah satu produk samping limbah pemrosesan yang berbentuk padatan dan diperoleh dari hasil produksi tahu. Sifat fisik ampas tahu biasanya semi solid dengan kandungan air yang cukup Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 22, Januari 2016 Page 60 tinggi pada total komposisi bahan penyusunnya. Pada ampas tahu terdapat kandungan protein yang cukup banyak diantara limbah makanan lainnya. Limbah tahu kering memiliki kandungan protein sebesar 23,39% wt. Sifat fungsional protein dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok utama, yaitu sifat hidrasi (kebasahan, swelling, daya lekat, kekentalan, kelarutan), sifat yang berhubungan dengan interaksi protein-protein seperti pembentukan gel, dan sifat permukaan seperti emulsifikasi. Tentunya sifat ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan perlakuan selama proses.

Terkait *filming* plastik, proses gelasi atau pembentuk gel adalah bentuk pertengahan antara padat dan cair antara molekul polimer yang membuat jaringan intermolekuler dalam medium cair. Dalam pembentukan gel dari protein diuraikan dalam beberapa bagian, seperti perubahan konformasi atau denaturasi sebagian molekul protein. Protein kedelai menjadi salah satu pilihan yang baik sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik karena memiliki 20 kandungan asam amino pada tiap rantainya.

Limbah cair industri tahu memiliki beban pencemar yang tinggi, hal ini berasal dari bekas pencucian kedelai, perendaman kedelai, air bekas pembuatan tahu dan air bekas perendaman tahu. Limbah cair tahu (*whey*) mengandung senyawa organik yang cukup tinggi dan akan mencemari lingkungan serta membahayakan.



Laporan Hasil Penelitian “Pengaruh Penambahan Selulosa *Bacterial* dari *Nata De Soya* dan Kitosan pada Pembuatan Bioplastik “

Padalimbah cair tahu (*whey*) ini mengandung zat-zat karbohidrat, protein, lemak dan unsur hara. Hal ini dapat menjadi keunggulan karena bioplastik terbuat dari senyawaseperti pati, Selulosa *Bacterial*, protein, dan lipid yang terdapat dalam limbah cair tahu (*whey*).Selain itu menurut basis data Saenab et al (2018), nilai rasio limbah tahu BOD/COD di atas 0,5 menunjukkan bahwa limbah biodegradable bisa diolah dengan metode biologis. Menurut Putri (2017), kandungan bahan organik limbah cair tahu umumnya terdiri atas protein kurang lebih 65 %, lemak kurang lebih 25 %, dan karbohidrat kurang lebih 25 %. Sebagaimana terdapat kandungan yang ada pada limbah cair tahu, potensi bahaya pada pencemaran lingkungan lebih besar apabila limbah cair tahu tersebut tidak diolah terlebih dahulu.

II.2.1 Nata De Soya

Nata de Soya merupakan salah satu jenis pangan yang dapat diperoleh dari hasil fermentasi dengan maksud pengolahan limbah cair tahu yang berbahan dasar kedelai (Azhari, 2014). Whey atau limbah cair tahu berasal dari air perendaman selama masa produksi pembuatan tahu, selain itu juga dari sisa air tahu yang tidak menggumpal. Dalam whey tahu terdapat 1 % bahan padat, 59 % merupakan protein susu kedelai yang tidak menggumpal, 9 % protein kedelai yang terikat dalam whey tahu, asam-asam amino, vitamin B dan glukosa (Sutiyanidkk, 2012). Pada umumnya limbah cair tahu ini memiliki penampakan yang keruh dan berwarna kuning. Kebanyakan limbah cair tahu ini langsung dibuang ke air. Karakteristik dari limbah cair tahu dibedakan dari proses pembuatan tahu. Pemanfaatan limbah cair tahu supaya tidak mencemari lingkungan salah satunya dengan menjadikan limbah cair tahu menjadi nata de soya. Pada penelitian Harianingsih dan Suwardiyono (2017), pemanfaatan ampas tahu menjadi nata de soya menaikkan nilai gizi protein dari 1,75 menjadi 2,35 data ini bisa dilihat pada Tabel 1.



Laporan Hasil Penelitian
“Pengaruh Penambahan Selulosa *Bacterial* dari *Nata De Soya* dan
Kitosan pada Pembuatan Bioplastik “

Tabel II.1 Nilai Gizi Nata De Soya

Zat Gizi dalam Gram	Nata De Soya	Ampas Tahu
Karbohidrat (g)	24	15
Protein (g)	2,035	1,75
Lemak (g)	0,08	1,25
Kalsium (g)	0,01	3,1

Sumber: (Haryaningsih dan Suwardiyono . 2017)

Pada dasarnya nata de soya merupakan Selulosa *Bacterial* yang mengandung air sekitar 98 % dengan tekstur kenyal, kokoh, putih dan transparan. Produk ini dapat dipakai menjadi sumber makanan yang rendah kalori, tetapi pada penelitian ini nata de soya digunakan untuk bahan pembuatan bioplastik yang ramah lingkungan. Hal ini dikarenakan limbah cair tahu yang dihasilkan oleh industri tahu merupakan limbah organik yang *degradable* atau mudah diuraikan oleh mikroorganisme secara ilmiah. Selain itu, kandungan karbohidrat yang tinggi menyebabkan limbah cair tahu dapat dibuat menjadi nata dengan bantuan bakteri, sehingga dapat dikatakan limbah cair tahu dapat berpotensi sebagai bahan dasar bioplastik (Satria et al., 2018).

Pada penelitian Putri. (2017), pada pembuatan nata de soya digunakan limbah cair tahu 1.000 mL disaring dengan kain saring sebanyak dua kali untuk menghilangkan kotoran. Limbah cair tahu dengan tambahan gula dididihkan dan diaduk hingga homogen. Dalam keadaan belum mendidih asam cuka dimasukkan dan diaduk hingga homogen, dididihkan kembali. Limbah cair tahu yang sudah mendidih, dimasukkan dalam loyang plastik yang sudah dibersihkan, ditutup rapat dengan koran yang sudah disterilisasi dengan cara disetrika, lalu diikat dengan karet gelang. Limbah cair tahu didiamkan selama kurang lebih 24 jam, ditambahkan stader *Acetobacter xylinum* 100 mL. Masa pembentukan nata de soya kurang lebih 14 hari hingga terbentuk. Dalam pembuatan nata terdapat beberapa faktor yang



mempengaruhi pembentukan, yaitu sumber gula, suhu inkubasi, tingkat keasaman medium, lama inkubasi dan aktivitas bakteri (Azhari,2014).

II.3 Selulosa Bacterial

Selulosa Bacterial adalah karbohidrat utama yang disintesis oleh tanaman, Selulosa Bacterial adalah polimer linier yang terbuat dari glukosa subunit Rantai Selulosa Bacterial membentuk banyak intra- dan antarmolekul ikatan hidrogen, yang menjelaskan pembentukan mikrofibril yang kaku dan tidak larut. Mikrofibril kisaran dalam dimensi lateral dari 3-4 nm pada tumbuhan tingkat tinggi hingga 20 nm untuk mikrofibril dari alga *Valonia macrophysa*, yang mengandung ke beberapa ratus rantai Selulosa Bacterial. Kekuatan tarik Selulosa Bacterial yang tinggi memungkinkan sel tumbuhan untuk menahan osmotik tekanan dan bertanggung jawab atas resistensi tanaman untuk stres mekanis.

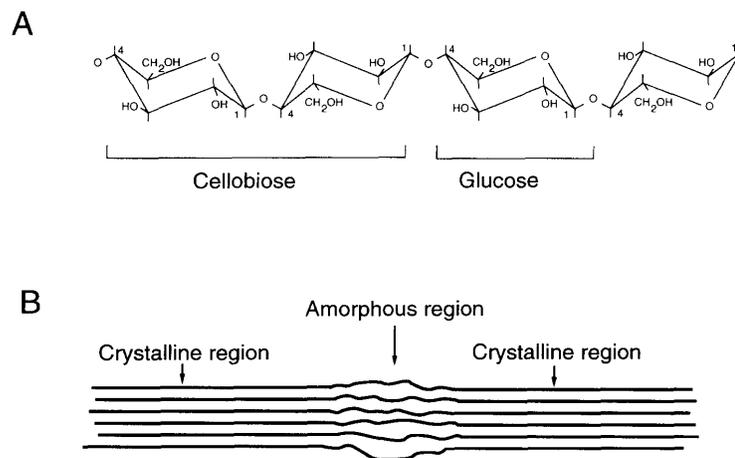


Fig. 1. Structure of cellulose. (A) β -glucosidic bonds. (B) Schematic structure of a fibril. Reprinted from [2], with permission.

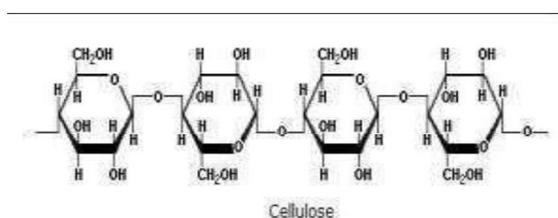
Gambar II-1 Struktur Selulosa Bacterial

kekuatan Selulosa Bacterial sangat jelas terlihat pada kasus serat kayu dan tekstil (kapas, rami, rami)(beguin,1993).



II.3.1 Selulosa *Bacterial*

Produk Selulosa *Bacterial* bakteri dari suatu galur *acetobacter mumi* secara kimiawi, yaitu bebas dari lignin dan hemiselulosa *Bacterial* serta produk-produk biogenik lainnya. Karena itu, Selulosa *Bacterial* bakteri dapat dimumikan dari media dan dari sel-sel bakteri yang terperangkap didalamnya, dengan perlakuan lembut memakai basa encer, misalnya NaOH 0,1 N. Unit ulang dari rantai struktur Selulosa *Bacterial* adalah unit Selulosa *Bacterial*. Rumus Haworth Selulosa *Bacterial* terlihat pada gambar 3



Gambar II-2 Rumus Haworth Selulosa *Bacterial*

Jaringan Selulosa *Bacterial* bakteri yang terbentuk lembaran yang mengapung di permukaan medianya telah terbukti mempunyai daya regang, elastisitas, kekenyalan, daya tahan, ketahanan bentuk, dan kapasitas serap air yang tinggi. Kapasitas serap air BC mencapai 100-120 kali bobot keringnya, lebih banyak daripada yang mampu diserap oleh pulp kayu. Kedua sifat itu membuat Selulosa *Bacterial* bakteri banyak diaplikasikan dalam bidang medis. Selulosa *Bacterial* bakteri bersifat mudah terdegradasi, dapat didaur ulang, biocompatible karena memiliki kelembaman metabolik, nontoksik, dan nonalergenik (Seto, 2013).

II.4 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis mempunyai tiga fungsi katalitik, yaitu:



1. Aktifitas

Berkaitan dengan kemampuan mempercepat reaksi

2. Selektifitas

Berkaitan dengan kemampuannya mengarahkan suatu reaksi

3. Stabilitas

Berkaitan dengan kemampuannya menahan hal-hal yang dapat mengarahkan terjadinya deaktivitas katalis

Dalam penelitian ini katalis yang digunakan adalah asam sulfat, katalis yang digunakan ini termasuk katalis homogen karena memiliki fasa yang sama dengan pereaksi yang dikatalisnya. dalam reaksi asetilasi antara asam asetat anhidrid dan Selulosa *Bacterial* ini, asam sulfat akan menambah muatan positif pada asam sehingga akan mempercepat jalannya reaksi dan menurunkan energi aktivasi reaksi, dengan menurunnya energi aktivasi maka semakin mudah terjadi reaksi kimia sehingga lebih banyak gugus asetil yang dapat disubstitusi oleh gugus hidroksil. Bila dibandingkan dengan katalis lain seperti percloric acid. maka asam sulfat jauh lebih efektif untuk digunakan pada proses yang berlangsung dengan temperatur rendah dan waktu reaksi yang singkat, meskipun dalam jumlah katalis yang digunakan sedikit (Seto, 2013).

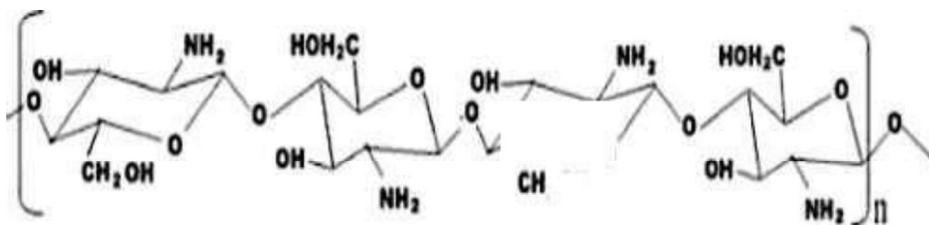
II.5 Kitosan

Kitosan merupakan salah satu zat aditif yang biasanya digunakan sebagai pengawet. Zat ini merupakan salah satu jenis polisakarida yang bersifat sebagai penghalang yang baik karena kemampuannya yang dapat membentuk matriks yang kuat dan kompak (Nur'aini et al., 2015). Kitosan memiliki sifat biocompatibility yaitu kemampuan memberi respon biologis yang baik dan sifat biodegradability yaitu kemampuan menurunkan sifat kimia fisik suatu bahan. Selain itu kitosan juga memiliki sifat yang hidrofobik yang berguna untuk menahan air dalam strukturnya dan membentuk gel secara spontan sehingga kitosan dapat membentuk membran film. Kitosan adalah suatu polisakarida berbentuk linier yang terdiri dari monomer



Laporan Hasil Penelitian
“Pengaruh Penambahan Selulosa *Bacterial* dari *Nata De Soya* dan
Kitosan pada Pembuatan Bioplastik “

N-asetilglukosamin (GlcNAc) dan D-glukosamin (GlcN) (Melani dkk, 2017 dan Lazuardi dkk, 2013). Rumus molekul dari kitosan sendiri yaitu $(C_6H_{11}NO_4)_n$, Struktur kitosan ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar II 4 Struktur Kitosan Sumber: Selpiana dan Anggraeni, 2016)

Kitosan merupakan bentuk derivatif deasetilasi dari kitin. Kitin merupakan polimer linier yang tersusun oleh 2.000—3.000 monomer n-asetil D- glukosamin dalam ikatan β (1 — 4) atau 2-asetamida-2-deoksi-D-glukopiranoI dengan rumus molekul $(C_6H_{13}NO_5)_n$ (Trisnawati dkk, 2013). Kitin memiliki sifat yang mudah mengalami degradasi secara biologis, tidak beracun tidak larut dalam air atau alkohol tetapi akan larut dalam larutan dimetilasetamida atau asam lemah. Sedangkan kitosan akan larut dengan menggunakan asam netral. Pembuatan kitin meliputi tiga tahap demineralisasi, deproteinisasi dan depigmentasi. Kemudian kitosan didapat dengan deasetilasi kitin dengan larutan basa konsentrasi tinggi (Harjanti, 2014). Karena kondisi ekstrim yang digunakan saat proses deasetilasi, kitosan mempunyai rantai yang lebih pendek dari kitin. Kitosan dapat mengalami depolimerisasi selama penyimpanan yang lama dengan suhu tinggi dan kelarutan kitosan tergantung pada derajat deasetilasi dan juga pada degradasi polimer.

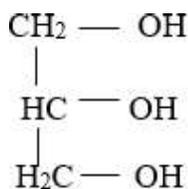
Pada pembuatan bioplastik kitosan digunakan sebagai filler. Pada dasarnya kitosan merupakan bahan tambahan pada bioplastik yang berfungsi untuk memperbaiki transparansi plastik yang dihasilkan. Selain itu juga kitosan dapat membantu nilai kuat tarik dan nilai elongasi yang dimiliki oleh bioplastik. Menurut



penelitian penggunaan konsentrasi kitosan sebanyak 5,16 % menghasilkan nilai kuat tarik yang rendah dibandingkan penelitian sebelumnya yang menggunakan konsentrasi kitosan sebanyak 29,4 % menghasilkan kuat tarik 2,1 Mpa. Sehingga penggunaan konsentrasi kitosan perlu dioptimalkan. Pada penelitian (Suryati dkk, 2016), tinggi suhu dan waktu pengeringan yang dilakukan pada pembuatan bioplastik akan mempengaruhi penguapan kitosan, sehingga bioplastik yang dihasilkan mengandung kitosan yang sedikit dan hal tersebut mempengaruhi sifat bioplastik yaitu menjadi bersifat hidrofilik yang akan banyak menyerap air. Dalam penelitian (Alam dkk, 2018), diketahui bahwa penambahan massa kitosan semakin banyak akan menurunkan presentase kehilangan massa pada bioplastik. Hal tersebut menunjukkan bahwa massa kitosan yang tinggi dapat menghambat laju degradasi karena sifat hidrofobisitas kitosan, ditambah dengan interaksi antara Selulosa *Bacterial* dengan plasticizer melalui ikatan hidrogen yang dapat menghambat laju degradasi

II.6 Plasticizer Gliserol

Plasticizer merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam bahan pembentuk bioplastik. Penggunaannya dapat meningkatkan fleksibilitas, (Lavorgna, et al, 2010). Plasticizer dari golongan polihidrik alkohol atau poliol diantaranya adalah gliserol dan sorbitol (Harris, 2001).



Gambar II-4 Struktur Molekul Gliserol

Fungsi dari gliserol adalah menyerap air, agen pembentuk kristal dan plasticizer. Plasticizer merupakan substansi dengan berat molekul rendah dapat masuk ke dalam matriks polimer protein dan polisakarida sehingga meningkatkan



Laporan Hasil Penelitian “Pengaruh Penambahan Selulosa *Bacterial* dari *Nata De Soya* dan Kitosan pada Pembuatan Bioplastik “

fleksibilitas bioplastik dan kemampuan pembentukan bioplastik (Bergo dan Sobral, 2007). Gliserol dalam fungsinya sebagai plasticizer mengurangi kohesi mekanis ikatan antar polimer dan dapat berubah kekakuannya sehingga film yang terbentuk lebih fleksibel. Glycerol memiliki berat molekul yang kecil sehingga dapat bergabung dalam matriks film dan meningkatkan fleksibilitasnya dan kemampuan untuk membentuk film. Semakin banyak konsentrasi plasticizer maka semakin kecil kohesi antar polimer dan semakin lunak film yang terbentuk sehingga edible film yang terbentuk mudah pecah. (Santi, 2020). Gliserol adalah plasticizer terbaik untuk polimer yang dapat larut dalam air di antara beberapa penelitian yang telah dilakukan, didasarkan gliserol banyak digunakan sebagai plasticizer (Jangchud dan Chinnan, 1999). Gliserol adalah plasticizer dengan titik didih yang tinggi, larut dalam air, polar, non volatile dan dapat bercampur dengan protein. Gliserol merupakan molekul hidrofilik dengan berat molekul rendah, mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan hidrogen dengan gugus reaktif protein. Sifat - sifat tersebut yang menyebabkan gliserol cocok digunakan sebagai *plasticizer*. (Galiotta, *et al.*, 1998).

Gliserol lebih cocok digunakan sebagai *plasticizer* karena berbentuk cair. Bentuk cair gliserol lebih menguntungkan karena mudah tercampur dalam larutan film dan terlarut dalam air. Sorbitol sulit bercampur dan mudah mengkristal pada suhu ruang, hal tersebut tidak disukai konsumen (Anker, *et al.*, 2000).

II.7 Karakteristik Bioplastik

II.7.1 Sifat Mekanik Bioplastik

Sifat mekanik dari bioplastik yaitu memiliki kuat tarik yang tinggi dan elastisitas yang baik. Kuat tarik (tensile strength) merupakan ketahanan suatu bahan terhadap beban pada titik lentur serta untuk mengetahui keelastisitasan suatu bahan. Sedangkan regangan (strain) merupakan presentase perubahan panjang film yang terjadi setelah mengalami penarikan hingga putus. Perbandingan dari tegangan dengan regangan dan menjadi suatu ukuran kekakuan bahan elastis disebut juga



dengan modulus Young. Kuat tarik (tensile strength), regangan (elongation at break) dan modulus Young dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\text{Tensile Strength} = \frac{F}{A} \text{-----} (1)$$

$$\text{Elongation at break} = \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \text{-----} (2)$$

$$\text{Modulus Young} = E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \text{-----} (3)$$

Keterangan :

F= Gaya Tarik (Kn) A=Luas (m²)

Δl = Perpanjangan yang dialami setelah ditarik(cm)

l_0 = Perpanjangan awal (cm)

II.7.2 Sifat Fisik Bioplastik

a. Daya Serap Air

Daya serap air merupakan kemampuan suatu bioplastik dalam menyerap air. Semakin besar air yang diserapnya maka semakin banyak pori-pori yang terdapat dalam material tersebut. Daya serap air juga berpengaruh dengan laju transmisi uap air yang masuk kedalam bioplastik. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang terserap oleh sampel .

$$\text{Air (\%)} = \frac{w-w_0}{w_0} \times 100 \text{-----} (4)$$

Keterangan :

W₀= berat sampel kering

W= berat sampel setelah dikondisikan dalam desikator

(Alfauzi,2019)

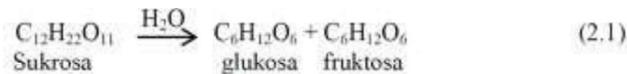
II.8 Mekanisme Reaksi Pembuatan Selulosa *Bacterial*

Bakteri *A. xylinum* dapat membentuk nata de coco apabila ditambahkan dalam air kelapa yang sudah diperkaya dengan Karbon (C), Hidrogen (H), dan Nitrogen



Laporan Hasil Penelitian “Pengaruh Penambahan Selulosa *Bacterial* dari *Nata De Soya* dan Kitosan pada Pembuatan Bioplastik “

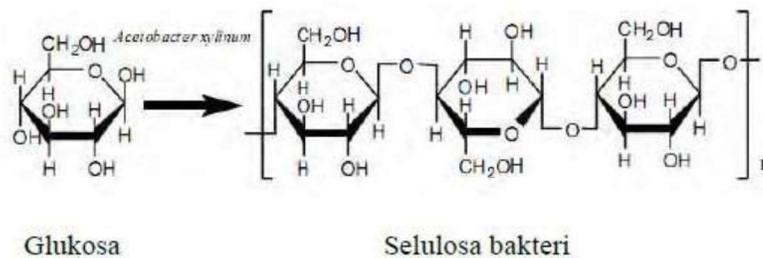
(N)melalui proses yang terkontrol (Pambayun, 2002). *A. xylinum* akan memecah



sukrosa ekstraseluler menjadi glukosa dan fruktosa ketika ditumbuhkan pada media yang kaya akan sukrosa dengan reaksi sebagai berikut:

Gambar 2.1. Reaksi Dekomposisi Sukrosa

Secara umum reaksi terbentuknya Selulosa Bacterial dari glukosa dapat dilihat pada Gambar 2.2. Dilihat dari strukturnya, Selulosa Bacterial dapat membentuk ikatan antar gugus hidroksilnya pada rantai Selulosa Bacterial. Ikatan tersebut adalah ikatan hidrogen yang terbentuk antara atom hidrogen dengan atom lain yang lebih elektronegatif. Selulosa Bacterial memiliki ikatan hidrogen yang kuat, sehingga menyebabkan Selulosa Bacterial tidak larut dalam air (Misgiyarta, 2007). Gambar 2.3 menunjukkan ikatan hidrogen yang terbentuk pada rantai Selulosa Bacterial.



Gambar 2.2. Reaksi pembentukan Selulosa Bacterial bakterial

(Sulistiyana, 2011).

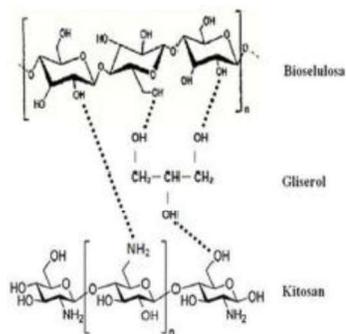
II.9 Interaksi Bioplastik

Selama fermentasi, kitosan yang ditambahkan ke dalam media akan membentuk bioSelulosa Bacterial- kitosan dimana terjadi interaksi antara bioSelulosa Bacterial dengan kitosan. Gugus NH_2 dari kitosan melalui ikatan hidrogen dan dipol-dipol berinteraksi dengan gugus $-\text{OH}$ pada molekul bioSelulosa



Laporan Hasil Penelitian “Pengaruh Penambahan Selulosa *Bacterial* dari *Nata De Soya* dan Kitosan pada Pembuatan Bioplastik “

Bacterial-kitosan. Pada proses pembuatan bioSelulosa Bacterial-kitosan dilakukan variasi komposisi 1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml gliserol 25%. Selama fermentasi, penambahan gliserol ini juga mengakibatkan terjadi interaksi antara gliserol dengan bioSelulosa Bacterial-kitosan melalui ikatan hidrogen dan ikatan dipol-dipol. Interaksi ini secara hipotesis digambarkan pada gambar di bawah ini



Gambar 2. Interaksi bioSelulosa Bacterial-kitosan dengan gliserol
(Wardhani, 2013).

II.10 Standar Bioplastik

Biodegradable Pengujian sifat biodegradabilitas bahan plastik dapat dilakukan menggunakan enzim, mikroorganisme dan uji penguburan. Metode uji standar dan protokol diperlukan untuk menetapkan dan mengkuantifikasi degradabilitas dan biodegradasi polimer, dan konfirmasi dengan alam dengan breakdown produk. Standartelah dibangun atau dibawah pembangunan oleh Badan Standar Nasional SNI untuk mengevaluasi dan mengkuantifikasi biodegradabilitas dibawah kondisi lingkungan/pembuangan yang berbeda seperti pengomposan, tanah, laut, limbah, dan anaerobic digester.

Sifat-sifat plastik PET sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan pada Tabel II.1.



Laporan Hasil Penelitian
“Pengaruh Penambahan Selulosa *Bacterial* dari *Nata De Soya* dan
Kitosan pada Pembuatan Bioplastik “

Tabel II.1. Sifat Permeabilitas dan mekanis kemasan plastik

Jenis Plastik (tebal 25 μ m)	WVTR (g / m ² .hari)	OTR (cm ³ /m ² .hari)	Tensile Strength (MPa)	Aroma barrier (g / cm ³)
PET	15-20	100-150	60-80	*****
HDPE	7-10	1600-2000	20-40	***

Sumber : Kirwan and Strawbridge (2003)

Tabel II.2. Sifat Mekanik Plastik Sesuai Standart yang berlaku

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	
			PE danPET	PVC
1	Residu VCM	ppm	-	maks. 1
2	Global Migrasi	ppm	maks.30	maks. 2
3	Total logam berat (Pb, Cd) yang termigrasi	ppm	maks. 1	maks. 3
4	Reduksi KMnO ₄	ppm	maks. 10	maks. 4

Tabel II.2. Syarat Mutu Plastik PET Sifat-Sifat plastik sesuai dengan Standart Nasional Indonesia (SNI 19-4370-2004)

II.11 Landasan Kondisi Yang Dijalankan

Pada penelitian Rahardi dkk.(2017), Hasil biodegradabilitas terbaik penambahan kitosan sebanyak 2,3 g dan gliserol sebanyak 1,5 ml, pada penelitian Zhong and Xia.(2008), diketahui bahwa volume permeabilitas rendah yaitu perbandingan antara gliserol dan kitosan yaitu 63:100, penelitian Fitriana (2017) permeabilitas air yang rendah membuat pori-pori suatu film rapat dan membuat nilai Kuat Tarik film menjadi besar, dari ketiga penelitian tersebut didapatkan variabel untuk gliserol sebesar 1,5 ml untuk selulosa bacterial (gram) didapatkan variabel sebesar 0,5 ; 1,5 ; 3,9; 7; dan 11, dan untuk kitosan (gram) didapatkan variabel sebesar 2,3; 3,1; 3,9; 4,7 dan 5,5.



II.12 Hipotesis

Pada pembuatan bioplastik dapat digunakan Selulosa Bacterial bacterial, Selulosa Bacterial bacterial banyak mengandung Selulosa Bacterial dengan presentase 20,47 %, dengan penambahan Selulosa Bacterial dan kitosan pada bioplastik mampu meningkatkan kekuatan tarik bioplastik dan menurunkan kelarutan air, hal tersebut menjadikan bioplastik sesuai dengan standar plastik PET seperti plastik botol wadah minuman



Laporan Hasil Penelitian
“Pengaruh Penambahan Selulosa *Bacterial* dari *Nata De Soya* dan
Kitosan pada Pembuatan Bioplastik “

II.13 Hasil Analisa Limbah Tahu Cair


LABORATORIUM GIZI
DEPARTEMEN GIZI KESEHATAN
FAKULTAS GIZI KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
Kampus C. Jl. Mulyorejo Surabaya, 61115
Telp. 0315964808

No. Sampel : 1051 ab. Gizi/2021
Nama Sampel : Limbah Cair Tahu
Pengirim : AriSurwito
Alamat : Teknik Kimia UPN Veteran Jawa Timur
Tanggal diterima : 24 Mei 2021
Tanggal selesai : 31 Mei 2021

HASIL	
Parameter	Hasil
Karbohidrat (%)	1,92
Protein (%)	4,76
Selulosa (%)	1,56

Surabaya, 31 Mei 2021

Ari Surwito, S.KM, M.Kes.
NIP. 197303282000032005

Dari Hasil Analisa kami dapatkan karbohidrat sebesar 1,92%, protein sebesar 4,76%, dan Selulosa *Bacterial* sebesar 1,56% dari teori dapat disimpulkan dapat menghasilkan nata de soya



Laporan Hasil Penelitian
“Pengaruh Penambahan Selulosa *Bacterial* dari *Nata De Soya* dan Kitosan pada Pembuatan Bioplastik “

II.14 Hasil Analisa Nata De Soya



LABORATORIUM GIZI
DEPARTEMEN GIZI KESEHATAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
Kampus C, Jl. Mulyorejo Surabaya, 60115
Telp. 0315964808

No. Sampel : 209/Lab. Gizi/2022
Nama Sampel : Nata de Soya
Pengirim : Ari Suwilo
Alamat : Teknik Kimia UPN Veteran Jawa Timur
Tanggal diterima : 7 Juli 2022
Tanggal selesai : 14 Juli 2022

HASIL

Parameter	Hasil
Karbohidrat (%)	30,29
Protein (%)	6,97
Selulosa (%)	20,47

Surabaya, 14 Juli 2022
Teknisi,

Evy Arfianti, S.KM, M.Kes.

Dari Hasil Analisa kami dapatkan karbohidrat sebesar 30,29%, protein sebesar 6,97%, dan Selulosa *Bacterial* sebesar 20,47% dari teori dapat disimpulkan bahwa limbah cair tahu menjadi nata de soya memiliki nilai karbohidrat, protein, dan selulosa *bacterial* yang lebih besar.