

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biodegradable Foam

Biodegradable foam merupakan bahan kemasan nabati yang ditujukan sebagai pengganti styrofoam. *Biodegradable foam* dibentuk dari *biopolymer* yaitu polimer yang dihasilkan dari alam dan sumber daya terbarukan (*renewable*). Pada proses pembuatan *biodegradable foam* tidak digunakan bahan kimia berbahaya seperti benzene dan styrene yang bersifat karsinogenik. Pembuatan *biodegradable foam* memanfaatkan kemampuan pati untuk mengembang akibat adanya proses panas dan tekanan. *Biodegradable foam* juga dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran sesuai kebutuhan (Iriani dkk, 2011).



Gambar 2.1. *Biodegradable Foam*  
(Sumber: Shin, 2009)

Salah satu sumber daya terbarukan adalah pati. Pati memiliki polimer yang potensial karena murah, dan mudah tergedradasi oleh mikroorganismen tanah. Kelemahan dari pati yaitu bersifat hidrofilik (mudah rapuh bila terkena air), sehingga membuat produk pati sangat sensitif terhadap kelembaban relatif pada tempat penyimpanannya (Iriani,2013).

Kemasan plastik berbahan dasar pati aman bagi lingkungan. Kemasan plastik dengan bahan baku berupa polimer sintesis membutuhkan waktu sekitar 50 tahun agar dapat terdekomposisi secara alamiah, sementara *biodegradable foam* dapat terdekomposisi 10 hingga 20 kali lebih cepat. Kemasan plastik yang terbuat dari pati bersifat isotropik, tidak berbau, tidak berasa, tidak beracun dan *biodegradable* (Huda, 2007).

Pemakaian produk *biodegradable foam* dapat mengurangi pencemaran lingkungan serta inovasi *biomaterial* mampu menggantikan material sintesis, *styrofoam*. Bukan hanya itu, bahan inovatif ini lebih baik bagi kesehatan dan bagi alam lingkungan (Inovasi Biofoam Sebagai Alternatif Kemasan Styrofoam, 2015).

Sifat-sifat *biodegradable foam* sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Standar SNI *Biodegradable Foam*

<b>Karakteristik</b>	<b>Nilai</b>
Daya Serap Air (%)	26,12%
Kuat Tarik (Mpa)	29,16 MPa
Tingkat Biodegradasi (%)	100% selama 60 hari

*Sumber: Balai Penelitian dan Pengembangan Industri (2015)*

#### 2.1.1 Karakteristik Biodegradable Foam

Karakterisasi bahan dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan kimia dari *biodegradable foam* yang dihasilkan. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memperbaiki karakteristik biofoam diantaranya seperti yang dilakukan oleh Cinelli dkk (2006), dengan membuat kemasan habis pakai yang dibuat dari pati kentang yang dicampur dengan serat jagung dan PVOH. Penambahan serat jagung ternyata dapat meningkatkan ketahanan terhadap airnya (water resistance), namun demikian sifat serat jagung tersebut juga dapat menurunkan kekuatan mekanis dari kemasan biofoam yang dihasilkan. Penambahan serat pada pembuatan tray biofoam juga dilakukan oleh Shogren dkk (2002) dengan menggunakan serat yang berasal kayu lunak sebagai reinforcing fillers. Adapun bahan baku utama yang digunakan yaitu pati kentang dengan kadar amilopektin tinggi yang ditambahkan dengan pati jagung amilosa tinggi. Selain itu ditambahkan pula dengan polimer sintetik PVOH dan aspen fiber serta monostearil sitrat. Penambahan monostearil sitrat dimaksudkan untuk meningkatkan ketahanan terhadap air. Sementara untuk mencegah adonan lengket pada cetakan dilakukan penambahan magnesium stearat (Shogren dkk, 2002).

Beberapa penelitian lain yang juga menambahkan serat dalam pembuatan biofoam diantaranya dilakukan oleh Indra dkk. (2016) dengan menambahkan serat yang berasal dari ampas bagas tebu. Sementara itu Ruggiero (2006), menggunakan serat yang berasal dari tangkai gandum dan kapas serta menurutnya, penambahan serat selain berfungsi meningkatkan sifat mekanis juga berkontribusi besar pada kelestarian lingkungan mengingat sifatnya yang tidak mengandung bahan berbahaya, mudah didaur ulang serta murah. Penambahan serat juga dapat mempercepat proses degradasi oleh mikroorganisme yang menyukai komponen lignoselulosik yang ada pada serat (Ruggiero, 2006).

Selain penambahan serat, penambahan polimer sintetik salah satunya PVOH sebagai bahan campuran dalam pembuatan kemasan ramah lingkungan semakin meningkat karena PVOH memiliki kompatibilitas yang tinggi dengan polimer alami seperti pati. Penambahan PVOH akan mempermudah proses pembuatan kemasan ramah lingkungan serta hasil pencampurannya dapat meningkatkan karakteristik biokomposit yang dihasilkan (M. Abdullah, 2007).

Meski sudah banyak penelitian yang dilakukan untuk menghasilkan produk biofoam, namun yang sudah komersial dan dipasarkan masih terbatas. Hal ini disebabkan karena produk biofoam masih memiliki beberapa kelemahan seperti tidak kedap air, serta sifat mekanik yang rendah. Untuk itu penelitian ini masih terus dilanjutkan dengan menggunakan berbagai sumber pati, serat, polimer serta melakukan modifikasi pati agar dapat menghasilkan produk biofoam yang dapat bersaing dengan styrofoam (Iriani dkk, 2011).

Karakteristik *biodegradable foam* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti komposisi bahan baku, terutama sumber pati serta kondisi proses pembuatannya. Komposisi bahan baku terdiri atas komposisi kimia, rasio amilosa/amilopektin dan ukuran partikel. Semua faktor tersebut akan berpengaruh terhadap sifat fungsional dari pati, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap karakteristik biofoam. Kondisi proses, baik suhu, tekanan dan waktu proses thermopressing juga akan berpengaruh terhadap kemampuan ekspansi dari bahan baku (Inovasi Biofoam Sebagai Alternatif Kemasan Styrofoam, 2015).

### 2.1.2 Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air ini diperlukan untuk mengetahui sifat *biodegradable foam* yang dibuat sudah mendekati sifat *styrofoam* atau belum, karena konsumen kemasan plastik memilih kemasan dengan sifat yang sesuai keinginan, salah satunya adalah tahan terhadap air. Uji ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer serta tingkatan atau keteraturan ikatan dalam polimer yang ditentukan melalui persentase penambahan berat polimer setelah mengalami pengembangan. Proses terdifusinya molekul pelarut kedalam polimer akan menghasilkan gel yang mengembang (Hendrawati dkk, 2017).

### 2.1.3 Uji Biodegradasi

Biodegradasi adalah penyederhanaan sebagian atau penghancuran seluruh bagian struktur molekul senyawa oleh reaksi-reaksi fisiologis yang dikatalisis oleh mikroorganisme. Biodegradabilitas merupakan kata benda yang menunjukkan kualitas yang digambarkan dengan kerentanan suatu senyawa (organik atau anorganik) terhadap perubahan bahan akibat aktivitas-aktivitas mikroorganisme. Metode yang digunakan adalah metode soil burial test yaitu dengan metode penanaman sampel dalam tanah. Sampel berupa *biodegradable foam* ditanamkan pada tanah yang ditempatkan dalam pot dan diamati per-hari terdegradasi secara sempurna. Berdasarkan standar *European Union* tentang biodegradasi kemasan plastik, kemasan *biodegradable* harus terdekomposisi menjadi karbondioksida, air, dan substansi humus dalam waktu maksimal 6 sampai 9 bulan (Irma, 2018).

Biodegradasi adalah penyederhanaan sebagian atau penghancuran seluruh bagian struktur molekul senyawa oleh reaksi-reaksi fisiologis yang dikatalisis oleh mikroba. Biodegradabilitas merupakan kata benda yang menunjukkan kualitas yang digambarkan dengan kerentanan suatu senyawa (organik atau anorganik) terhadap perubahan bahan akibat aktivitas-aktivitas mikroorganisme (Ummah, 2013).

Biodegradasi adalah perubahan senyawa kimia menjadi komponen yang lebih sederhana melalui bantuan mikroorganisme. Menurut lain Shogren (1998: 270), ada dua batasan tentang biodegradasi adalah:

1. Biodegradasi Tahap Pertama (Primary Biodegradation) merupakan perubahan sebagian molekul kimia menjadi komponen lain yang lebih sederhana.
2. Biodegradasi tuntas (Ultimate Biodegradation), merupakan perubahan molekul kimia secara lengkap sampai terbentuk CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan senyawa organik.

Proses biodegradabilitas dapat terjadi dengan proses hidrolisis (degradasi kimiawi), bakteri/jamur, enzim (degradasi enzimatik), oleh angin dan abrasi (degradasi mekanik), cahaya (foto degradasi). Proses ini juga dapat dilakukan melalui proses secara anaerobik dan aerobik. Pada penelitian sebelumnya uji biodegradasi dilakukan pada kondisi aerobik dengan bantuan bakteri dan jamur yang terdapat di tanah. Sampel berupa biodegradable foam ditanamkan pada tanah yang ditempatkan dalam pot dengan asumsi komposisi tanah sama (Ummah, 2013).

#### 2.1.4 Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Dalam istilah umum, strength atau kekuatan adalah tegangan maksimum yang bias ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Kemampuan suatu struktur untuk menahan beban tanpa mengalami kerusakan. Kerusakan dapat terjadi oleh perpecahan karena tekanan yang berlebihan atau kemungkinan juga disebabkan oleh deformasi struktur. Tensile termasuk juga ketahanan material terhadap kuat tekan atau tegangan. Jumlah kekuatan yang dibutuhkan untuk memecah material. Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jumlah plasticizer yang ditambahkan pada proses pembuatan biodegradable foam (Iriani, 2013).

Pada penelitian sebelumnya Irma (2018) menyatakan semakin besar konsentrasi kitosan, maka nilai *tensile strength* juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin besar konsentrasi kitosan maka semakin banyak ikatan hidrogen yang terdapat dalam *biodegradable foam* sehingga ikatan kimianya akan semakin kuat dan sulit untuk diputus karena memerlukan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut. Tingginya nilai kuat patah pada biofoam ini tidak terlepas dari adanya serat yang ditambahkan. Penambahan serat yang tepat

menyebabkan serat terdistribusi merata dan melekat sempurna pada matriks pati biofoam sehingga meningkatkan kekuatan biofoam (Huda, 2007).

Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh biofoam selama pengukuran berlangsung. Kuat tarik dipengaruhi oleh bahan pemlastis yang ditambahkan dalam proses pembuatan biofoam. Sedangkan kuat tusuk menggambarkan tusukan maksimum yang dapat ditahan oleh biofoam. Adapun persen elastisitas akan semakin menurun jika seiring dengan meningkatnya jumlah bahan pemlastis dalam biofoam. Elastisitas merupakan ukuran dari kekuatan biofoam yang dihasilkan (Irma dkk, 2011).

## **2.2 Limbah Pertanian**

Limbah pertanian adalah material-material biologi yang terkumpul sebelum atau sementara hasil utamanya diambil untuk keperluan konsumtif. Sehingga barang sisaan ini biasanya hanya dikumpulkan sebagai sampah serta ditangani dengan cara dibakar saja. Berdasarkan macam serta wujud limbah pertanian terutama limbah industri pertanian dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu limbah cair, gas dan padat (Materi Pertanian, 2018).

Limbah cair pertanian biasanya berasal dari sisa-sisa penggunaan pupuk yang masih mengandung bahan organik yang mudah sekali busuk dan menimbulkan masalah polusi udara. Limbah gas biasanya berupa gas yang dikeluarkan pada saat pengolahan hasil-hasil pertanian, misalnya yaitu gas yang timbul berupa uap air pada proses pengurangan kadar air selama proses pelayuan teh serta proses pengeringannya. Sedangkan limbah padat biasanya merupakan bahan-bahan buangan baik dari limbah pra panen, limbah panen, limbah pasca panen serta limbah industri pertanian yang wujudnya padat, contohnya daun-daun kering, jerami, sabut serta tempurung kelapa, kulit dan ampas serta lain sebagainya.

Limbah-limbah tersebut apabila dibiarkan menumpuk saja tanpa penanganan tertentu akan menyebabkan atau menimbulkan keadaan tidak higienis karena menarik serangga (lalat, kecoa) serta tikus yang seringkali merupakan

pembawa berbagai jenis kuman penyakit dan menyebabkan lingkungan kotor. Sehingga limbah-limbah ini perlu ditindak lanjuti, baik dimusnahkan atau dimanfaatkan dengan baik (Materi Pertanian, 2018).

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) mengembangkan kemasan ramah lingkungan berbahan baku limbah padat pertanian. Limbah yang digunakan antara lain limbah kulit singkong, ampas tebu dan kulit pisang. Limbah pertanian dikembangkan menjadi kemasan ekonomis baik biofoam maupun plastik yang bersifat *degradable* (bisa diurai bakteri). Disini digunakan teknologi *thermopressing*. Adonan pati, serat dan bahan aditif lain dicampur dengan komposisi tertentu (Inovasi Biofoam Sebagai Alternatif Kemasan Styrofoam, 2015).

### 2.2.1 Kulit Singkong

Kulit singkong sering kali dianggap limbah yang tidak berguna oleh sebagian industri berbahan baku singkong. Oleh karena itu, bahan ini masih belum banyak dimanfaatkan dan dibuang begitu saja dan umumnya hanya digunakan sebagai pakan ternak. Kulit singkong dapat menjadi produk yang bernilai ekonomis tinggi, antara lain diolah menjadi tepung mocaf (Setyawati, 1990).



Gambar 2.2. Kulit Singkong  
(Sumber: Lestari, 2017)

Di dalam pembuatan plastik *biodegradable*, kulit singkong digunakan sebagai bahan baku yang akan dimanfaatkan kandungan patinya. Kandungan pati di dalam kulit singkong berkisar 44-59 %. Komposisi kimia kulit singkong ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Persentase Kandungan Kimia Kulit Singkong

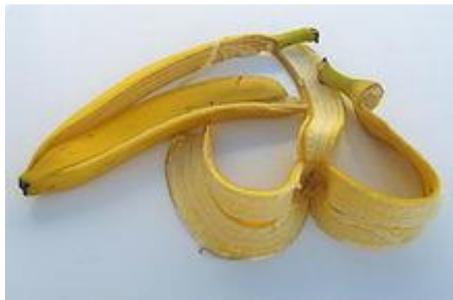
<b>Komposisi Kimia</b>	<b>Kulit Singkong</b>
Air	7,9 – 10,32 %
Pati (starch)	44 – 59 %
Protein	1,5 – 3,7 %
Lemak	0,8 – 2,1 %
Abu	0,2 – 2,3 %
Serat	17,5 – 27,4 %
Ca	0,42 – 0,77 %
Mg	0,12 – 0,24 %
P	0,02 – 0,10 %
HCN	18,0 – 309,4 ppm

*Sumber : Nur Richana (2013)*

Kulit singkong dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan pati kulit singkong, bagian kulit singkong yang digunakan adalah bagian dalam. Pati kulit singkong merupakan hasil olahan kulit singkong yang pembuatannya sederhana. Dengan menghaluskan kulit singkong lalu mengambil hasil peras dari kulit singkong yang telah halus, kemudian disaring dan dikeringkan. Singkong dibersihkan kulit luarnya, setelah itu diiris tipis-tipis dengan ketebalan 2 mm dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2-3 hari hingga beratnya berkurang sekitar 70% dari berat basah. Selanjutnya digiling dengan mesin penggiling untuk dijadikan tepung dan diayak dengan saringan sengan ukuran 200 mesh (Turyoni, 2007).

### 2.2.2 Kulit Pisang Lilin

Kulit pisang merupakan bahan buangan (limbah buah pisang) yang cukup banyak jumlahnya. Pada umumnya kulit pisang belum dimanfaatkan secara nyata, hanya dibuang sebagai limbah organik saja atau digunakan sebagai makanan ternak seperti kambing, sapi, dan kerbau. Jumlah kulit pisang yang cukup banyak akan memiliki nilai jual yang menguntungkan apabila bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku makanan (Ruggiero, 2011).



Gambar 2.3. Kulit Pisang Lilin  
(Sumber: Khair, 2017)

Menurut Ruggiero (2011) jumlah dari kulit pisang cukup banyak, yaitu kira-kira 1/3 dari buah pisang yang belum dikupas. Kandungan unsur gizi kulit pisang cukup lengkap, seperti karbohidrat, lemak, protein, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin B, vitamin C dan air. Unsur-unsur gizi inilah yang dapat digunakan sebagai sumber energi dan antibodi bagi tubuh manusia (Munadjim, 1988).

Buah pisang banyak mengandung karbohidrat baik isinya maupun kulitnya. Pisang mempunyai kandungan khrom yang berfungsi dalam metabolisme karbohidrat dan lipid. Khrom bersama dengan insulin memudahkan masuknya glukosa ke dalam sel-sel. Kekurangan khrom dalam tubuh dapat menyebabkan gangguan toleransi glukosa. Umumnya masyarakat hanya memakan buahnya saja dan membuang kulit pisang begitu saja (Hernawati dan Aryani, 2007).

Di dalam kulit pisang ternyata memiliki kandungan vitamin C, B, kalsium, protein, dan juga lemak yang cukup. Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa komposisi kulit pisang banyak mengandung air yaitu 68,90 % dan karbohidrat sebesar 18,50 %. Komposisi zat gizi kulit pisang dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Komposisi Zat Gizi Kulit Pisang Lilin per 100 gram bahan

Zat Gizi	Kadar
Air (gr)	68,9
Karbohidrat (gr)	18,5
Protein (gr)	0,32
Selulosa (%)	17,04
Kalsium (mg)	715
Fosfor (mg)	117
Zat Besi (mg)	1,60
Vitamin B (mg)	0,12
Vitamin C (mg)	17,5

Sumber: Hernawati dan Aryani (2007)

Karbohidrat atau Hidrat Arang yang dikandung oleh kulit pisang adalah amilum. Amilum ialah jenis polisakarida karbohidrat (karbohidrat kompleks). Amilum tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau. Pati merupakan bahan utama yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa (sebagai produk fotosintesis) dalam jangka panjang. Hewan dan manusia juga menjadikan pati sebagai sumber energi yang penting. Amilum merupakan sumber energi utama bagi orang dewasa di seluruh dunia, terutama di negara berkembang oleh karena dikonsumsi sebagai bahan makanan pokok. Di samping bahan pangan kaya akan amilum juga mengandung protein, vitamin, serat dan beberapa zat gizi penting lainnya (Johari dan Rahmawati, 2006).

### 2.2.3 Ampas Tebu

Ampas tebu adalah suatu residu dari proses penggilingan tanaman tebu (*saccharum officinarum*) setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada Industri pemurnian gula sehingga diperoleh hasil samping sejumlah besar produk limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*). Serat ampas tebu merupakan limbah organik yang banyak dihasilkan di pabrik-pabrik pengolahan gula tebu di Indonesia. Serat ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi selain merupakan hasil limbah pabrik gula tebu, serat ini juga mudah didapat, murah, tidak membahayakan kesehatan, dapat terdegradasi secara alami (*biodegradability*) sehingga nantinya dengan pemanfaatan sebagai serat penguat komposit mampu mengatasi permasalahan lingkungan (Sudarminto, 2015).



Gambar 2.4. Ampas Tebu  
(Sumber: Marzuki, 2018)

Dari satu pabrik pengolahan tebu dapat dihasilkan ampas tebu sekitar 35 – 40% dari berat tebu yang digiling. Ampas tebu merupakan hasil samping dari proses ekstraksi tebu, dengan komposisi : 46-52% air, 43-52% sabut dan 2-6% padatan terlarut. Ampas tebu sebagian besar mengandung *ligno-cellulose*. Panjang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro, sehingga ampas tebu ini dapat memenuhi persyaratan untuk diolah menjadi papan-papan buatan (Sudarminto, 2015).

Ampas tebu mengandung air 48 - 52%, gula rata-rata 3,3% dan serat rata-rata 47,7%. Serat ampas tebu tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, pentosan dan lignin (Husin, 2007). Berdasarkan bahan kering, ampas tebu terdiri dari unsur C (Karbon) 47%, H (Hidrogen) 6,5%, O (Oksigen) 44% dan abu (Ash) 2,5% (Indriani dan Sumiarsih, 1992).

Salah satu serat alam yang banyak terdapat di Indonesia adalah serat ampas tebu. Kegiatan pasca panen dan pengolahan hasil pertanian/perkebunan, termasuk pemanfaatan produk samping dan sisa pengolahannya masih kurang optimal. Serat ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi selain merupakan hasil limbah pabrik gula tebu, serat ini juga mudah didapat, murah, tidak membahayakan kesehatan, dapat terdegradasi secara alami (*biodegradability*) sehingga nantinya dengan pemanfaatan sebagai serat penguat komposit mampu mengatasi permasalahan lingkungan (Ester dkk, 2012).

### 2.3 Pati

Pati adalah karbohidrat yang merupakan polimer glukosa, dan terdiri atas amilosa dan amilopektin. Pati dapat diperoleh dari biji-bijian, umbi-umbian, sayuran, maupun buah-buahan. Pati memiliki polimer yang potensial karena murah, dan mudah tergedradasi oleh mikroorganisme tanah. Polisakarida seperti pati dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable*. Ubi-ubian, sereal dan biji polong-polongan merupakan sumber pati yang paling penting. Pati yang berasal dari singkong dapat diperoleh baik dari daging ataupun kulit arinya. Pati kulit singkong sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam industri makanan dan industri yang berbasis pati karena kandungan patinya yang cukup tinggi (Mansor, 2011).

Kandungan pati pada beberapa bahan pangan disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Kandungan Pati pada Beberapa Bahan Pangan

<b>Bahan pangan</b>	<b>Pati (% dalam basis kering)</b>
Biji gandum	67 %
Beras	89 %
Jagung	57 %
Biji sorghum	72 %
Ubi jalar	90 %
Singkong	90 %
Kentang	75 %

*Sumber : Mansor (2011)*

Pati terdiri atas amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan bagian polimer linier dengan ikatan  $\alpha$ -(1> 4) unit glukosa. Derajat polimerisasi amilosa berkisar antara 500-6.000 unit glukosa, bergantung pada sumbernya. Amilopektin merupakan polimer  $\alpha$ -(1> 4) unit glukosa dengan rantai samping  $\alpha$ -(1> 6) unit glukosa.

Dalam suatu molekul pati, ikatan  $\alpha$ -(1> 6) unit glukosa ini jumlahnya sangat sedikit, berkisar antara 4-5%. Namun, jumlah molekul dengan rantai yang bercabang, yaitu amilopektin, sangat banyak dengan derajat polimerisasi  $10^5$ - $3 \times 10^6$  unit glukosa. Pati dapat diekstrak dengan berbagai cara, berdasarkan bahan baku dan penggunaan dari pati itu sendiri (Iriani dkk, 2011).

## 2.4 Serat

Serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Material ini sangat penting dalam ilmu Biologi baik hewan maupun tumbuhan sebagai pengikat dalam tubuh. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat sintetis (serat buatan manusia).

Serat alami meliputi serat yang diproduksi oleh tumbuh-tumbuhan, hewan, dan proses geologis. Serat jenis ini bersifat dapat mengalami pelapukan. Serat alami dapat digolongkan menjadi : Serat Selulosa, Serat Protein, Serat Mineral (Iriani dkk, 2016).

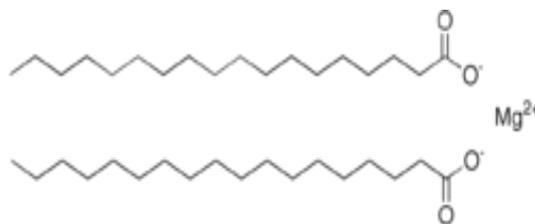
Serat tumbuhan/serat pangan biasanya tersusun atas selulosa, semiselulosa, dan kadang-kadang mengandung pula lignin. Sifat umum serat yang dari selulosa adalah mudah menyerap air (higroskopis), mudah kusut, dan jika dilakukan uji pembakaran menimbulkan bau dan arang seperti terbakar.

Serat selulosa dapat berasal dari :

- a) Batang, seperti : serat flax (linen), henep, jute, kenaf, sunn, rami, dll.
- b) Buah, seperti : serat serabut kelapa.
- c) Daun, seperti : Abaca (Manilla), henequen dan sisal, dll.
- d) Biji, seperti : serat kapas dan kapok.

## 2.5 Magnesium Stearat

Magnesium Stearat adalah senyawa kimia dengan rumus  $Mg(C_{18}H_{35}O_2)_2$ . Ini adalah sabun, terdiri dari garam yang mengandung dua ekuivalen stearat (anionasam stearat) dan satu kation magnesium ( $Mg^{2+}$ ). Magnesium stearat adalah bubuk putih yang tidak larut dalam air. Aplikasinya mengeksploitasi kelembutannya, ketidaklarutan dalam banyak pelarut dan toksisitas rendah. Ini digunakan sebagai agen pelepas dan sebagai komponen atau pelumas dalam produksi obat-obatan dan kosmetik (Susan, 1989).



Gambar 2.5. Struktur Magnesium Stearat  
(Sumber: Weiner dan Kotkoskie, 1999)

*Magnesium Stearate* atau *octadecanoic acid, magnesium salt* merupakan asam lemak jenuh yang mudah diperoleh dari lemak hewani serta minyak masak. Wujudnya padat pada suhu ruang. Magnesium Stearat diproses dengan memperlakukan lemak hewan dengan air pada suhu dan tekanan tinggi. Zat ini dapat pula diperoleh dari hidrogenasi minyak nabati.

Dalam bidang industri Magnesium Stearat dipakai sebagai bahan pembuatan lilin, sabun, plastik, kosmetika dan untuk melunakkan karet. Titik lebur magnesium stearat adalah  $69.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan titik didihnya  $361\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Susan, 1989).

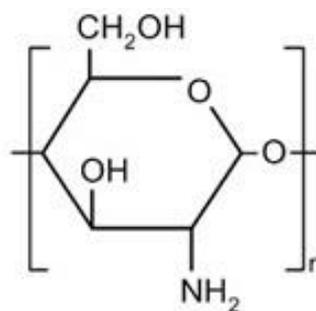
Magnesium Stearate secara luas digunakan dalam bidang plastik, agen pelepas cetakan untuk tablet (perlu memenuhi kriteria obat), agen pengemulsi kosmetik. Ia juga bisa berkonjugasi dengan Ca Soap sebagai penstabil PVC. Peran utama magnesium stearat adalah bertindak sebagai pelumas untuk mencegah tablet dan isi kapsul menempel ke mesin yang memprosesnya (Nurfitasari, 2018).

Magnesium stearat mempunyai sifat hidrofilik yang akan membuat lapisan film pada partikel bahan padat sehingga dapat mengurangi gesekan antar partikel dan memudahkan partikel tersebut mengalir. Selain itu dengan adanya sifat hidrofobik dapat menghambat penetrasi air dengan membentuk lapisan film sehingga dapat memberikan pengaruh yang negatif terhadap waktu hancur *biodegradable foam* (Triono, 2010).

## 2.6 Kitosan

Kitosan adalah turunan kitin yang diisolasi dari kulit udang, rajungan, kepiting dan kulit serangga lainnya. Kitosan merupakan kopolimer alam berbentuk lembaran tipis, tidak berbau dan berwarna putih. Sumber utama pembuatan serbuk kitosan adalah kitin. Nama kitin (*chitin*) berasal dari bahasa Yunani yang artinya jubah atau amplop, kitin diisolasi dari eksoskeleton berbagai *crustacean*, terutama kepiting dan udang. Kitin merupakan komponen utama dari struktur tubuh hewan golongan Crustacea, Antropoda, Annelida, Mollusca dan Nematoda (Nurfitasari, 2018).

Kitosan bersifat hidrofilik, menahan air dalam strukturnya dan membentuk gel secara spontan, sehingga kitosan mudah membentuk membran atau film. Pembentukan gel berlangsung pada harga pH asam yang disebabkan adanya sifat kationik kitosan.



Gambar 2.6. Struktur Kitosan  
(Sumber: Joseph, dkk., 2009)

Kitosan merupakan padatan amorf yang berwarna putih kekuningan. Kelarutan kitosan yang paling baik ialah dalam larutan asam asetat. Kitosan mudah mengalami degradasi secara biologis dan tidak beracun, kationik kuat, flokulan dan koagulan yang baik, mudah membentuk membrane atau film serta membentuk gel dengan anion bervalensi ganda. Kitosan tidak larut dalam air, pelarut-pelarut organik, alkali atau asam-asam mineral pada pH diatas 6,5. Kitosan larut dengan cepat dalam asam organic seperti asam formiat, asam sitrat dan asam asetat (Nurfitasari, 2018).

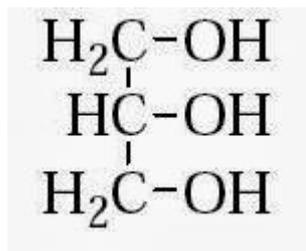
Kitosan mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan antara lain *hydrophilicity*, *biocompatibility*, *degradability*, sifat anti bakteri, dan mempunyai afinitas yang besar terhadap enzim. Kitosan bersifat hidrofilik, menahan air dalam strukturnya dan membentuk gel secara spontan, sehingga kitosan mudah membentuk membran atau film. Pembentukan gel berlangsung pada harga pH asam yang disebabkan adanya sifat kationik kitosan. Viskositas juga meningkatkan dengan meningkatnya derajat deasetilasi (Sugita, 2009).

Kitosan mempunyai potensi untuk dimanfaatkan pada berbagai jenis industri maupun aplikasi pada bidang kesehatan. Salah satu contoh aplikasi kitosan yaitu sebagai pengikat bahan-bahan untuk pembentukan alat-alat gelas, plastik, karet dan selulosa yang sering disebut dengan formulasi adesif khusus (Nurfitasari, 2018).

Pemanfaatan kitosan sangat banyak diantaranya untuk pengawet makanan (pengganti formalin dan boraks), pengolahan limbah, obat pelangsing, kosmetik dan lain sebagainya. Kitosan mempunyai gugus aktif yang akan berikatan dengan mikroba sehingga kitosan juga mampu menghambat pertumbuhan mikroba (Sugita, 2009).

## **2.7 Gliserol**

Gliserol adalah produk samping produksi biodisel dari reaksi trans esterifikasi dan merupakan senyawa alkohol dengan gugus hidroksil berjumlah tiga buah. Gliserol (1,2,3 propanetriol) merupakan cairan yang tidak berwarna, tidak berbau dan merupakan cairan kental yang memiliki rasa manis. Gliserol dapat dimurnikan dengan proses destilasi untuk digunakan pada industri makanan, farmasi atau juga dapat digunakan untuk pengolahan air (Prasetyo dkk, 2012).



Gambar 2.7. Struktur Gliserol  
(Sumber: Prasetyo dkk., 2012)

Gliserol merupakan adalah senyawa gliserida paling sederhana dengan hidroksil yang bersifat hidrofilik dan higroskopik. Gliserol merupakan komponen yang menyusun berbagai macam lipid, termasuk trigliserida. Gliserol terasa manis saat dikecap dan dianggap tidak beracun. Gliserol dapat diperoleh dari proses saponifikasi dari lemak hewan, transesterifikasi pembuatan bahan bakar *biodiesel* dan proses epiklorohidrin serta proses pengolahan minyak goreng (Austin, 1985).

Gliserol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentukan foam yang bersifat hidrofobik seperti pati. Ia dapat meningkatkan penyerapan molekul polar seperti air. Peran gliserol sebagai *plasticizer* dan konsentrasinya meningkatkan fleksibilitas foam. Gliserol (gliserin) merupakan senyawa poliol sederhana. Ini adalah tidak berwarna, tidak berbau, cairan kental yang banyak digunakan dalam formulasi farmasi (Austin, 1985).

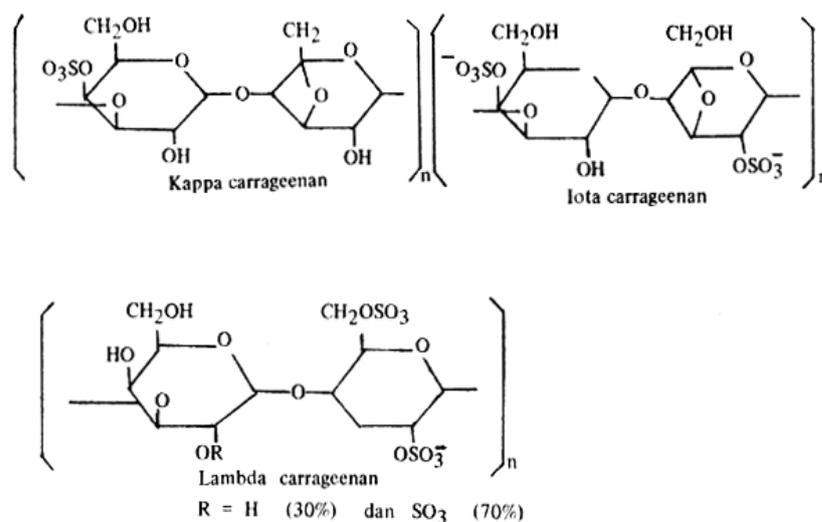
Gliserin merupakan hasil pemisahan asam lemak. Gliserin terutama digunakan dalam industri kosmetika antara lain sebagai bahan pengatur kekentalan sampo, obat kumur, pasta gigi, dan sebagainya. Kadar gliserol, relative density, refractive index, kadar air, senyawa terhalogenasi, arsenic dan logam berat adalah parameter-parameter penting yang sering digunakan dalam perdagangan gliserin juga digunakan untuk menentukan kemurnian dari produk. Ini merupakan suatu tes yang sulit karena gliserin bersifat sangat higroskopis, menyerap air dengan cepat dari sekitarnya (Pagliaro dan Rossi, 2008).

Molekul gliserol mengandung gugus alkohol primer dan alkohol sekunder yang dapat mengalami reaksi oksidasi. Pada umumnya gugus alkohol sekunder lebih suka dioksidasi daripada gugus alkohol primer, sehingga apabila gliserol

dioksidasi maka mula-mula akan terbentuk aldehida dan pada oksidasi selanjutnya akan membentuk asam karboksilat (Prasetyo dkk, 2012).

## 2.8 Karaginan

Salah satu sumber alam biopolimer adalah karaginan. Karaginan merupakan polisakarida sulfat, diekstrak dari beberapa spesies rumput laut merah (Rhodophyceae). Berdasarkan kandungan sulfatnya, karaginan diklasifikasikan menjadi kappa ( $\kappa$ ), iota ( $\iota$ ) dan lamda ( $\lambda$ ) dengan jumlah sulfatnya berturut-turut 20%, 33% dan 42%. Karaginan dibuat dari rumput laut yang dikeringkan, rumput laut diayak untuk menghilangkan kotoran - kotoran seperti pasir dan kemudian dicuci. Setelah melalui perlakuan dengan larutan basa panas (contohnya 5 - 8% kalium hidroksida), selulosanya dihilangkan dari karaginan dengan menggunakan proses sentrifugasi dan filtrasi (Herliany, 2009).



Gambar 2.8. Struktur Karaginan  
(Sumber: Setiawati, 2012)

Karaginan banyak digunakan industri pangan sebagai bahan tambahan pangan sehingga produk pangan mempunyai tekstur lembut, kenyal dan kental. Produk seperti sosis, es krim dan susu formula banyak menggunakan karaginan sehingga produk tersebut mempunyai tekstur yang enak dinikmati konsumen. Bahan tambahan pangan atau "food additive" selalu menjadi sorotan pemerhati pangan, terutama terkait dengan dampak atau efek samping terhadap kesehatan. Salah satu contoh yang paling mudah ditemukan adalah "Mono Sodium

Glutamat" (MSG) yang memberikan rasa gurih ketika ditambahkan pada masakan (Herliany, 2009).

Menurut Universitas Illinois, Chicago Medical School mempublikasikan hasil riset terkait efek negatif karagenin pada kesehatan. Hasil riset yang didanai oleh National Institute of Health dan dipimpin Dr. Joanne Tobacman menyatakan karagenin bisa menjadi penyebab tukak lambung, kanker usus, dan inflamasi saluran pencernaan.

Karagenan banyak digunakan pada sediaan makanan, farmasi dan kosmetik sebagai bahan pembuat gel, pengental atau penstabil. Karagenan dapat diekstraksi dari protein dan lignin rumput laut dan dapat digunakan dalam industri pangan karena karakteristiknya yang dapat berbentuk geli, bersifat mengentalkan, dan menstabilkan material utamanya (Nurfitasari, 2018).

Dari beberapa manfaat yang telah disampaikan, banyak peneliti yang menggunakan karagenan dalam penelitiannya. Seperti karagenan yang digunakan dalam meningkatkan kualitas *yogurt*. Karagenan yang ditambahkan berfungsi sebagai bahan penstabil. Bahan penstabil ini berguna untuk meningkatkan dan mempertahankan sifat karakteristik *yoghurt* yang diinginkan, seperti kekentalan, konsistensi, penampakan, dan rasa yang khas.

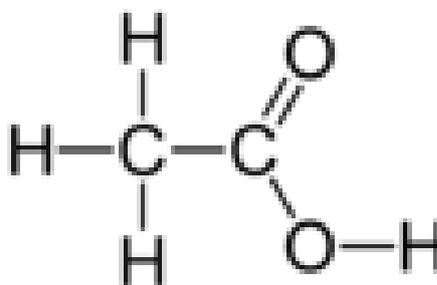
Peranan utama dari bahan penstabil terdiri atas dua tahap, yaitu pertama pengikatan air, dan yang kedua meningkatkan kekentalan. Bahan penstabil yang sesuai digunakan untuk pembuatan kemasan adalah bahan yang mempunyai sifat tidak mengeluarkan flavour lain, efektif pada pH rendah dan dapat terdispersi dengan baik. Dilihat dari sifat – sifat diatas maka karagenan dapat digunakan sebagai bahan penstabil kemasan. Hasilnya semakin tinggi konsentrasi karagenan yang ditambahkan dapat menurunkan kadar air. Penurunan kadar air oleh karagenan disebabkan oleh kemampuan karagenan mengikat air pada kemasan. Aplikasi lainnya adalah karagenan sebagai emulsifier, Egi Lukiasa menggunakan karagenan sebagai emulsifier untuk pembuatan sosis tengiri. Sosis merupakan produk emulsi daging yang ditambahkan bahan pengisi, bahan pengikat dan bumbu-bumbu untuk meningkatkan flavor dan daya terima (Herliany, 2009).

## 2.9 Asam Asetat

Asam asetat merupakan cairan jernih yang tidak berwarna, berbau khas dan tajam, memiliki titik didih 118 °C dan titik beku 16,7 °C. Asam asetat adalah asam organik yang dihasilkan dari proses fermentasi biji-bijian dan destilasi destruksi kayu. Asam asetat memiliki rumus empirik  $C_2H_4O_2$  dan rumus struktur  $CH_3COOH$  dengan nama kimianya asam etanoat.

Asam asetat merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana, setelah asam format. Larutan asam asetat dalam air merupakan sebuah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion  $H^+$  dan  $CH_3COO^-$ . Asam asetat merupakan pereaksi kimia dan bahan baku industri yang penting (Triono, 2010).

Asam asetat digunakan dalam produksi polimer seperti polietilena tereftalat, selulosa asetat dan polivinil asetat, maupun berbagai macam serat dan kain. Dalam industri makanan, asam asetat dengan kode aditif makanan E260 digunakan sebagai pengatur keasaman. Di rumah tangga, asam asetat encer juga sering digunakan sebagai pelunak air (Huda, 2007).



Gambar 2.9. Struktur Asam Asetat  
(Sumber: Amarego dan Chai, 2009)

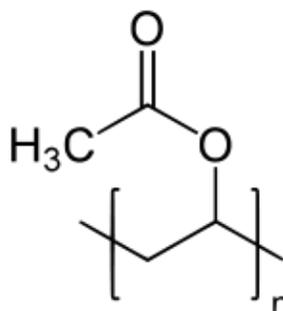
Asam asetat dapat larut dalam air alkohol, gliserol dan tidak larut dalam zat yang mempunyai karbon siklik. Pembuatan edible film kitosan dilakukan dengan melarutkan kitosan dalam pelarut asam. Penggunaan asam pada pelarutan kitosan telah dipelajari oleh Nadarajah et al. (2006) yang menggunakan beberapa jenis asam, seperti asam asetat, laktat, formiat, malat, dan propionat dalam pembentukan biofoam (Ester dkk, 2012).

### 2.10 Polyvinyl Acetate (PVA)

Polivinil asetat adalah suatu polimer karet sintetis. Polivinil asetat dibuat dari monomernya, vinil asetat (*vinyl acetate monomer*, VAM). Senyawa ini ditemukan di Jerman oleh Dr. Flitz Klatt pada 1912. Hidrolisis sempurna atau sebagian dari senyawa ini akan menghasilkan polivinil alkohol (PVOH). Rasio hasil hidrolisis ini berkisar antara 87% - 99%.

PVA adalah lem kayu yang paling sering digunakan, baik sebagai "lem putih" atau "lem tukang kayu" (lem kuning). "Lem kuning" tersebut juga digunakan secara luas untuk mengelem bahan-bahan lain seperti kertas, kain, dan rokok. PVA juga umum dipakai dalam percetakan buku karena fleksibilitasnya dan tidak bersifat asam seperti banyak polimer lain (Nurfitasari, 2018)

PVA juga sering dijadikan kopolimer bersama akrilat (yang lebih mahal), digunakan pada kertas dan cat. Kopolimer ini disebut vinil akrilat. PVA juga bisa digunakan untuk melindungi keju dari jamur dan kelembapan. PVA bereaksi perlahan dengan basa membentuk asam asetat sebagai hasil hidrolisis (Coniwati, 2006).



Gambar 2.10. Struktur Polivinil Asetat  
(Sumber: Shofia, 2013)

Bahan ini umumnya digunakan sebagai lapisan film pada produk pangan dan dapat larut dalam air sehingga mudah terurai secara alami. Penambahan polimer sintetis ini tidak saja meningkatkan sifat mekanis, tetapi juga dapat melapisi permukaan biofoam sehingga tidak mudah basah dan rusak oleh kandungan air dalam makanan yang dikemas (Coniwati, 2006).