

## BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 ini, akan di jelaskan mengenai beberapa referensi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Bab 2 meliputi beberapa aspek bahasan diantaranya : plastik *biodegradable*, pati, kitosan, dan gliserol serta uraian singkat mengenai uji tarik, mikroskop optik, standar polimer untuk kemasan makanan dan penelitian terdahulu

### 2.1. Biodegradasi

Biodegradasi merupakan suatu proses oksidasi senyawa organik oleh mikroorganisme, baik tanah maupun perairan. Biodegradasi terjadi karena bakteri dapat melakukan metabolisme zat organik melalui system enzim untuk menghasilkan karbon dioksida, air dan energi (Shovitri, 2012).

Plastik *biodegradable* dapat mengalami jalur biodegradasi yang berbeda; beberapa darinya (misalnya, PHA) dapat langsung terurai oleh mikroorganisme sementara biodegradasi yang lain dibantu dan ditambah oleh faktor alam (misalnya, UV, oksigen, panas). Polimer oksidatif-degradable mempercepat dekomposisi mereka di bawah pengaruh oksidasi melalui panas dan/atau sinar UV. Radiasi UV dapat mengganggu rantai polimer, karena radiasi dapat diserap oleh komponen yang mengandung oksigen untuk memulai degradasi primer; polimer ini dikenal sebagai polimer fotodegradable. Dengan kata lain, sinar matahari yang dikombinasikan dengan oksigen dapat menyebabkan degradasi foto-oksidatif, sedangkan sinar matahari yang dikombinasikan dengan panas menyebabkan degradasi oksidatif. Selama fotodegradasi, massa molar dan struktur kristal terpengaruh. Plastik yang dicirikan sebagai hidro-biodegradable adalah yang memiliki kapasitas untuk terurai oleh mekanisme hidrolitik seperti biopolimer yang terbuat dari selulosa, pati, dan poliester seperti PHA (Folino, 2020).

Proses biodegradasi dari bioplastik dapat dibagi menjadi 3 tahap. Yang pertama, tahap biodeterioration, dimana polimer mengalami perubahan kimia, mekanik, dan fisik, sebagai akibat dari aktivitas biologis mikroorganisme pada

permukaan material. Tahap kedua adalah bio-fragmentasi, di mana aktivitas mikroba menyebabkan penguraian polimer menjadi oligomer dan monomer. Tahap ketiga menjelaskan asimilasi bioplastik, di mana senyawa bio-terfragmentasi digunakan oleh mikroorganisme dan diubah menjadi produk akhir biodegradasi, seperti CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan biomassa (Folino, 2020).

Biodegradasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain yaitu substrat, sumber nitrogen, pH, suhu, dan juga kelembapan. Ukuran dan komponen senyawa yang menyusun substrat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi degradasi. Degradasi akan berlangsung lebih cepat bila ukuran substrat lebih kecil dan senyawa penyusunnya lebih sederhana. Sebaliknya, jika ukuran substrat lebih besar dan senyawa penyusunnya lebih kompleks dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mendegradasinya. Bahan yang banyak digunakan sebagai sumber nitrogen adalah ammonium nitrat, ammonium sulfat, dan urea. Jika enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh fungi banyak, maka degradasi akan berlangsung lebih cepat. Sebaliknya, jika enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh fungi sedikit, maka degradasi akan berlangsung lebih lama. Dalam proses degradasi, pH merupakan faktor yang sangat penting karena enzim-enzim tertentu hanya akan mengurai suatu substrat sesuai dengan aktivitasnya pada pH tertentu. Jika pH sesuai dengan aktivitas enzim, maka kerja enzim ekstraseluler untuk mendegradasi substrat akan optimal. Peningkatan suhu menyebabkan energi kinetik pada molekul substrat dan enzim meningkat, sehingga degradasi juga meningkat. Namun suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan rusaknya enzim yang disebut denaturasi, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menghambat kerja enzim. Biodegradasi tidak dapat berjalan dengan baik jika kerja enzim terhambat atau struktur dari enzim tersebut rusak. Rendahnya kelembapan dapat menyebabkan berkurangnya kelarutan nutrient di dalam substrat. Sedangkan tingginya kelembapan dapat menyebabkan berkurangnya enzim yang dihasilkan. Proses biodegradasi akan berlangsung lebih lama jika jumlah enzim berkurang (Islami, 2019).

## **2.2. Plastik *Biodegradable***

*Biodegradable* dapat diartikan dari tiga kata yaitu bio yang berarti makhluk hidup, degra yang berarti terurai dan able berarti dapat. jadi film *biodegradable*

plastik adalah film plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme. Film plastik ini, biasanya digunakan untuk pengemasan. Kelebihan film plastik antara lain tidak mudah ditembus uap air sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengemas (Agustina,2014).

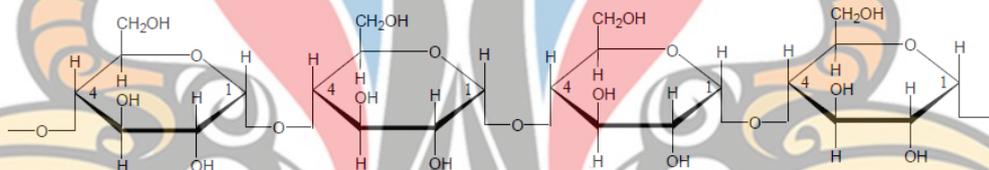
Plastik *biodegradable* adalah suatu bahan dalam kondisi tertentu, waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimianya, yang mempengaruhi sifat-sifat yang dimilikinya karena pengaruh mikroorganisme (bakteri, jamur, alga). Kemasan plastik *biodegradable* adalah suatu material polimer yang merubah pada senyawa yang berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap pada proses degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami (Aryani,2014).

Plastik *biodegradable* berbahan dasar pati/amilum dapat didegradasi oleh bakteri pseudomonas dan bacillus memutus rantai polimer menjadi monomer – monomernya. Senyawa-senyawa hasil degradasi polimer selain menghasilkan karbon dioksida dan air, juga menghasilkan senyawa organik lain yaitu asam organik dan aldehyd yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Sebagai perbandingan, plastik tradisional membutuhkan waktu sekitar 50 tahun agar dapat terdekomposisi alam, sementara plastik *biodegradable* dapat terdekomposisi 10 hingga 20 kali lebih cepat. Plastik *biodegradable* yang terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya. Kualitas tanah akan meningkat dengan adanya plastik *biodegradable*, karena hasil penguraian mikroorganisme meningkatkan unsur hara dalam tanah. Berdasarkan bahan baku yang dipakai, plastik *biodegradable* menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia (non-renewable resources) dengan bahan aditif dari senyawa bio-aktif yang bersifat *biodegradable*, dan kelompok kedua adalah dengan keseluruhan bahan baku dari sumber daya alam terbarukan (renewable resources) seperti dari bahan tanaman pati dan selulosa serta hewan seperti cangkang atau dari mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk mengakumulasi plastik yang berasal dari sumber tertentu seperti lumpur aktif atau limbah cair yang kaya akan bahan-bahan organik sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme tersebut (Ningsih SW,2010).

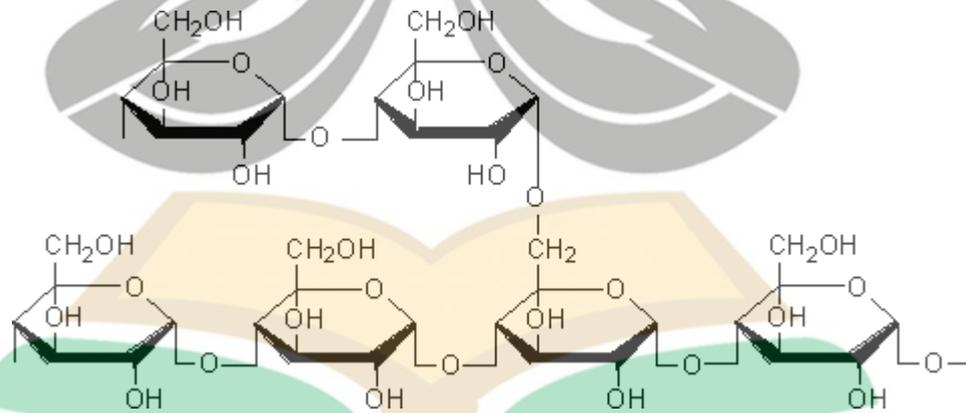
### 2.3. Pati

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. Sumber alami pati antara lain adalah jagung, labu, kentang, ubi jalar, pisang, barley, gandum, beras, sagu, amaranth, ubi kayu, ganyong, dan sorgum (Herawati, 2010).

Pati tersusun paling sedikit oleh tiga komponen utama yaitu amilosa, amilopektin dan material antara seperti, protein dan lemak (Bank dan Greenwood, 1975). Umumnya pati mengandung 15 – 30% amilosa, 70 – 85% amilopektin dan 5 – 10% material antara. Struktur dan jenis material antara tiap sumber pati berbeda tergantung sifat-sifat botani sumber pati tersebut. Secara umum dapat dikatakan bahwa pati biji-bijian mengandung bahan antara yang lebih besar dibandingkan pati batang dan pati umbi (Koswara, 2009).



Gambar 2.1 Amilosa (Nugroho, 2012)



Gambar 2.2 Amilopektin (Nugroho, 2012)

Tabel 2.1 Karakteristik Pati \*)

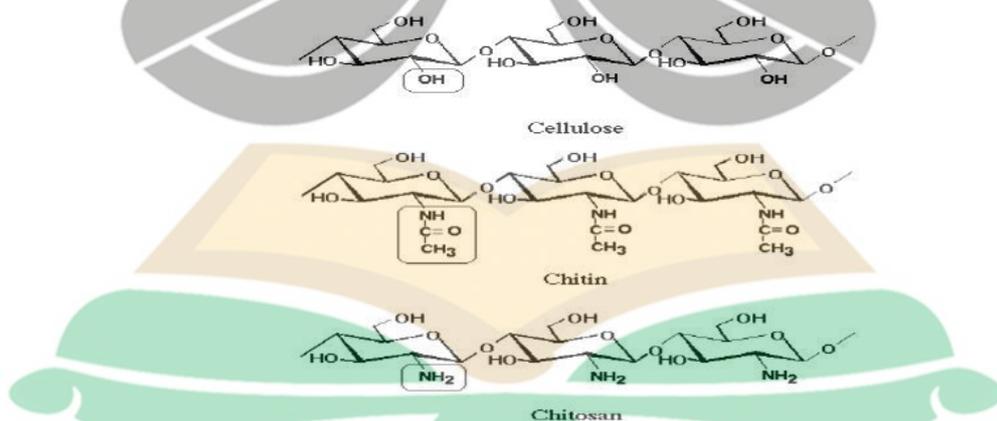
Jenis pati	Bentuk Granula	Ukuran Granula ( $\mu\text{m}$ )	Kandungan Amilosa/ Amilopektin (%Ratio)
Beras	Poligonal	3-8	17/83

Singkong	Oval	4-35	18/82
Ubi jalar	Poligonal	16-25	19/81
Talas	Oval	3-30	22/78
Kentang	Bundar	15-100	24/76
Gandum	Elips	2-35	25/75
Jagung	Poligonal	5-25	26/74

\*) Nugroho, 2012

## 2.4. Kitosan

Kitosan adalah salah satu polimer rantai panjang dengan rumus molekul  $(C_8H_{11}NO_4)_n$  dihasilkan dari kitin melalui proses deasetilasi sempurna maupun sebagian dengan cara menghilangkan gugus asetil ( $CH_3-CO$ ) dengan atom hidrogen (H) menjadi gugus amina ( $NH_2$ ). Kitin merupakan polisakarida terbesar kedua setelah selulosa yang mempunyai rumus kimia poli(2-asetamido-2-deoksi- $\beta$ - (1-4)-D-glukopiranos) dengan ikatan  $\beta$ -glikosidik (1,4) yang menghubungkan antar unit ulangnya. Struktur kimia kitin mirip dengan selulosa, hanya dibedakan oleh gugus yang terikat pada atom C kedua. Jika pada selulosa gugus yang terikat pada atom C kedua adalah OH, maka pada kitin yang terikat adalah gugus asetamida. Perbedaan struktur kimia dai selulosa kitin dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Struktur kimia selulosa, kitin, dan kitosan (Thariq,2016)

Kitosan merupakan polimer rantai panjang yang disusun oleh monomer-monomer glukosamin (2-amino-2-deoksi-D-glukosa). Biopolimer ini disusun oleh dua jenis amino yaitu glukosamin (2-amino-2-deoksi-D-glukosa, 70-80%) dan N-

asetilglukosamin (2-asetamino-2- deoksi-D-glukosa, 20-30%). Mutu kitosan yang diperdagangkan secara komersial tergantung pada penggunaannya, misalnya pada penanganan limbah diperlukan kitosan dengan kemurnian yang rendah, sedangkan jika untuk obat-obatan diperlukan kitosan dengan kemurnian yang tinggi. Mutu kitosan tersebut dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu kadar air, kadar abu, derajat deastilasi. Karakteristik kitosan berdasarkan standar mutu yang ditetapkan Protan Laboratories dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Kitosan \*)

Jenis Organisme	Kandungan Kitosan
Ukuran partikel	Sc1 erbuk sampai bubuk
Kadar air	≤ 10 %
Kadar abu	≤ 2 %
Warna larutan	Jernih
Derajat destilasi	≥ 70 %
Viskositas (cPs)	≤ 200
Rendah	≤ 200
Medium	200 – 799
Tinggi	800 – 2000
Sangat tinggi	> 2000

\*)Thariq,2016

Sifat yang penting dari kitosan adalah *biokompatibel*, *biodegradabel*, *biofungsional* dan tidak toksik. Berdasarkan sifat tersebut kitosan banyak digunakan di bidang kesehatan dan obat seperti untuk bahan pelepas obat dan sebagai *growth factor* pada pelapis obat. Kitosan dapat digabungkan dengan hidroksiapatit sehingga memiliki dual fungsi yaitu kitosan yang bersifat *osteoinduktif* karena mengandung *growth factor* dan hidroksiapatit yang bersifat osteokonduktif yang menyediakan pertumbuhan bagi sel osteoblast sehingga penambahan kitosan dapat memperbaiki sifat mekanik dan kekuatan dari hidroksiapatit. Sebagai *growth factor*, kitosan dapat mempercepat pembentukan

tulang baru karena strukturnya sama dengan *glycosamino glycans* dan *hyaluronic acid* yang terdapat pada *kartilago* (Thariq,2016).

Kitosan biasanya digunakan sebagai bahan campuran pati dalam pembuatan plastik biodegradable dengan tujuan meningkatkan sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan. Kitosan merupakan biopolimer yang diperoleh dari limbah produk crustacea (Kamsiati, 2017).

## 2.5. Kitosan Kepiting Rajungan



Gambar 2.4 Kepiting rajungan dan cangkang kepiting rajungan (Hastuti,2012)

Rajungan merupakan salah satu komoditas perikanan yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Selain untuk memenuhi keperluan gizi didalam negeri juga merupakan salah satu komoditas ekspor dalam bentuk rajungan beku atau kemasan daging dalam kaleng. Dalam proses pengambilan dagingnya, dihasilkan limbah kulit (cangkang) cukup banyak hingga mencapai sekitar 40 – 60 persen total berat rajungan. Di pihak lain, limbah cangkang rajungan mengandung senyawa kimia bermanfaat seperti protein, mineral dan kitin dalam jumlah cukup banyak. Berdasarkan data Departemen Perikanan dan Kelautan 2003, limbah kitin yang belum dimanfaatkan sebesar 56.200 metrik ton per tahun. Limbah ini belum dimanfaatkan secara baik dan berdaya guna, bahkan sebagian besar merupakan buangan yang juga turut mencemari lingkungan. Di pihak lain, buangan tersebut ternyata sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai kitosan (Rochima,2014).

Setiap satu ekor rajungan akan menghasilkan limbah cangkang sebesar 57%, *body reject* 3%, dan air rebusan sebesar 20%. Rajungan dengan bobot sekitar 100 – 350 gram dapat menghasilkan limbah cangkang sebesar 51 – 150 gram.

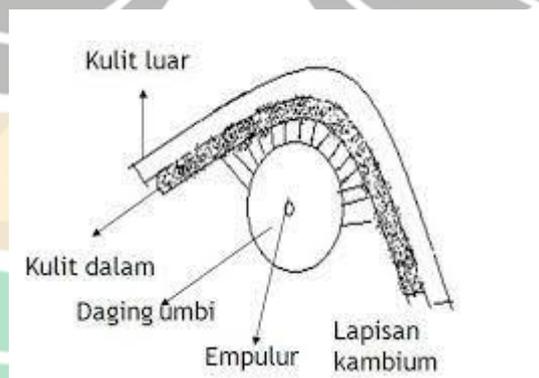
Meningkatnya limbah cangkang rajungan ini akan memberikan dampak pada pencemaran lingkungan apabila tidak ditangani dengan tepat. Pemanfaatan limbah dari cangkang rajungan merupakan salah satu upaya dalam mengurangi volume limbah yang terus bertambah (Hastuti,2012)

Asosiasi Pengelola Rajungan Indonesia (APRI) menyatakan bahwa jumlah produksi rajungan di Indonesia dalam satu tahun mencapai 30.000 ton. Sebagian besar dari produk rajungan Indonesia dimanfaatkan untuk kebutuhan ekspor berupa produk kemasan kaleng yang menghasilkan sisa buangan limbah cangkang rajungan (APRI, 2012).

## 2.6. Pati Kulit Singkong



Gambar 2.5 Kulit Singkong (Richana, 2013)



Gambar 2.6 Lapisan Pada Kulit Singkong (Fitriani, 2017)

Kulit umbi singkong yang diperoleh dari produk tanaman singkong (*Manihot esculenta* Cranz) merupakan limbah utama pangan di negara-negara berkembang. Semakin luas areal tanaman singkong diharapkan produksi umbi yang

dihasilkan semakin tinggi yang pada gilirannya semakin tinggi pula limbah kulit yang dihasilkan. Setiap kilogram singkong biasanya dapat menghasilkan 15- 20% kulit umbi. Kandungan pati kulit singkong yang cukup tinggi, memungkinkan digunakan sebagai pembuatan film plastik biodegradasi (Suryati,2016).

Setiap bobot singkong akan menghasilkan limbah kulit singkong sebesar 16% dari bobot tersebut. Sementara pada tahun 2015 menurut (BPS,2015) di Indonesia menghasilkan produksi singkong hingga mencapai 21.790.956 ton, maka pada tahun 2015 di Indonesia sudah terdapat kurang lebih 3.486.552 ton kulit singkong. Hal tersebut merupakan peluang besar untuk memanfaatkan limbah yang melimpah tersebut (Sutanto,2018).

Kulit singkong juga mengandung tannin, enzim peroksida, glukosa, kalsium oksalat, serat dan HCN. Kandungan pati yang berasal dari kulit singkong yang cukup tinggi memungkinkan digunakan sebagai film plastik biodegradasi. Potensi tersebut dapat digunakan sebagai peluang untuk memberikan nilai tambah pada kulit singkong sebagai bahan dasar dalam pembuatan kemasan plastik yang ramah lingkungan (Suryati, 2016).

Tabel 2.3 Persentase Kandungan Kimia Kulit Singkong \*)

No.	Komposisi Kimia	Kadar %
1	Air	7,9 – 10,32 %
2	Pati ( <i>starch</i> )	44 – 59 %
3	Protein	1,5 – 3,7 %
4	Lemak	0,8 – 2,1 %
5	Abu	0,2 – 2,3 %
6	Serat	17,5 – 27,4 %
7	Ca	0,42 – 0,77 %
8	Mg	0,12 – 0,24 %
9	P	0,02 – 0,10 %
10	HCN (ppm)	18,0 – 309,4 ppm

\*) Richana, 2013

## 2.7. Gliserol

Gliserol adalah suatu trihidroksi alkohol yang terdiri atas tiga atom karbon. Jadi tiap karbon mempunyai gugus  $-OH$ . Gliserol dapat diperoleh dengan jalan penguapan dengan hati-hati, kemudian dimurnikan dengan distilasi pada tekanan rendah. Pada umumnya lemak bila dibiarkan lama diudara akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak enak. Hal ini disebabkan oleh proses hidrolisis yang menghasilkan asam lemak bebas. Disamping itu dapat pula terjadi proses oksidasi terhadap asam lemak tidak jenuh yang hasilnya akan menambah bau dan rasa yang tidak enak. Oksidasi asam lemak tidak jenuh akan menghasilkan peroksida dan selanjutnya akan terbentuk aldehida. Inilah yang menyebabkan terjadinya bau dan rasa yang tidak enak atau tengik. Gliserol larut baik dalam air dan tidak larut dalam eter. Gliserol digunakan dalam industri farmasi dan kosmetika sebagai bahan dalam preparat yang dihasilkan. Disamping itu gliserol berguna bagi kita untuk sintesis lemak di dalam tubuh. Gliserol yang diperoleh dari hasil penyabunan lemak atau minyak adalah suatu zat cair yang tidak berwarna dan mempunyai rasa yang agak manis, larut dalam air dan tidak larut dalam eter (Poedjiadi, 2006).

*Plasticizer* gliserol berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer. Semakin banyak penggunaan *plasticizer* maka akan meningkatkan kelarutan terutama yang bersifat hidrofilik akan meningkatkan kelarutan dalam air. Gliserol memberikan kelarutan yang tinggi dibandingkan sorbitol pada bioplastik berbasis pati (Aripin, 2017).

## 2.8. Ketahanan Air

Kebanyakan polimer memiliki kecenderungan alami untuk menyerap air. Faktanya, beberapa polimer superabsorben sangat dicari dalam aplikasi lanjutan untuk medis, konstruksi, dan lainnya. penyerapan air adalah kemampuan suatu plastik atau polimer untuk menyerap kelembaban dari lingkungannya. Kelembaban yang diserap terkadang bertindak sebagai plasticizer, mengurangi suhu transisi gelas dan kekuatan plastik (ini adalah efek samping yang dapat dibalik). Namun, air yang diserap juga dapat menyebabkan degradasi ireversibel dari struktur polimer (AIP,2021)

Penyerapan air digunakan untuk menentukan jumlah air yang diserap pada kondisi tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan air meliputi: jenis plastik, zat aditif yang digunakan, suhu dan lama pemaparan (ASTM,2000).

Ketahanan terhadap air dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer serta tingkatan atau keteraturan dari ikatan didalam polimer yang ditentukan melalui persentase penambahan berat polimer setelah terjadi penyerapan air. Hal ini diperlukan untuk mengetahui sifat dari bioplastik yang dihasilkan, apakah telah mendekati sifat dari plastik sintetik atau belum, karena konsumen lebih memilih plastik yang memiliki sifat ketahanan air yang baik. Sifat ketahanan bioplastik terhadap air ditentukan dengan uji swelling, yaitu persentase pengembangan bioplastik oleh adanya air, semakin rendah nilai penyerapan air maka sifat bioplastik akan semakin baik sedangkan semakin tinggi penyerapan air maka sifat bioplastik akan mudah rusak (Nahir, 2017).

## 2.9. FTIR

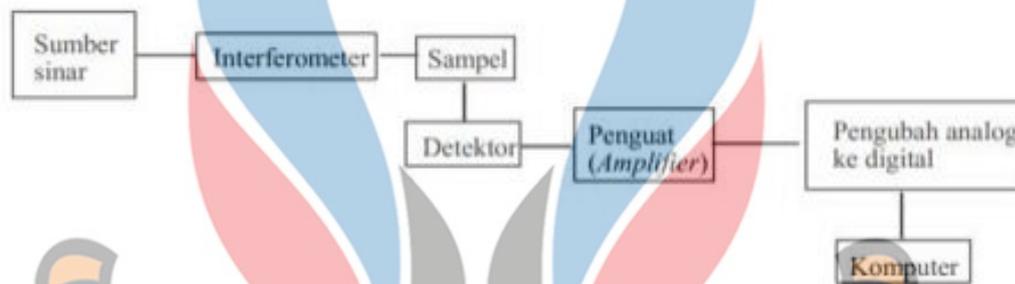
FTIR merupakan salah satu Teknik spektroskopi optik yang secara efektif dapat memberikan informasi tentang komposisi kimia bahan pada tingkat molecular. FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi kimia dari senyawa organik dan anorganik. Hampir semua senyawa menunjukkan karakteristik penyerapan atau emisi didaerah spektrum IR. Dengan demikian, FTIR dapat digunakan untuk menganalisis baik senyawa secara kuantitatif maupun kualitatif (Aprianto, 2018)

Spektroskopi inframerah adalah salah satu teknik spektroskopi yang paling umum digunakan oleh kimia organik dan anorganik. Spektroskopi IR memungkinkan untuk digunakan dalam deteksi suatu sampel karena spectra tersebut dapat dimanfaatkan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif (Hof,2003). Tujuan utama spektroskopi inframerah adalah untuk menentukan gugus – gugus fungsi molekul (Mulja,1995)

Daerah radiasi IR berkisar yaitu pada bilangan gelombang  $1288^{-10} \text{ cm}^{-1}$ , atau panjang gelombang 0,78 – 1000. Umumnya radiasi IR tengah ( $200 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ ), dan IR jauh ( $4000 - 12800 \text{ cm}^{-1}$ ). Daerah yang paling banyak digunakan

untuk berbagai keperluan praktis adalah  $690 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ . Daerah ini disebut dengan IR tengah (Douglas,1998).

Komponen dasar spektrofotometer FTIR adalah sumber sinar, interferometer, sampel, detector penguat (*amplifier*), pengubah analog ke digital, dan komputer. Radiasi muncul dari sumber sinar yang dilewatkan melalui interferometer ke sampel yang akan dideteksi sebelum mencapai detektor. Setelah terjadi amplifikasi sinyal, data dikonversi kedalam bentuk digital, kemudian di transfer ke komputer untuk transformasi *Fourier* (Stuart,2004).



Gambar 2.7 Instrumentasi FTIR (Stuart,2004).

Spektrum vibrasi yang akan diinterpretasikan harus memenuhi beberapasyarat, diantaranya resolusi dan intensitas spektrum harus memadai, spektrum harus berasal dari zat murni, spektrofotometer harus dikalibrasi, serta teknik penyiapan sampel harus dijelaskan. Ketepatan kuat tekan, dan waktu penekanan dalam proses pengukuran sampel menggunakan FTIR metode reflektansi sangat menentukan hasil spektrum vibrasi sampel yang dihasilkan (Sulistiyani, 2018).

## 2.10.Mikroskop Optik

Mikroskop adalah instrumentasi yang paling banyak digunakan dan dan paling bermanfaat di laboratorium mikroskopi. Dengan alat ini diperoleh perbesaran sehingga memungkinkan untuk melihat mikroorganisme dan struktur yang tak tampak dengan mata telanjang. Mikroskop memungkinkan perbesaran dalam kisaran luas seratus kali sampai ratusan ribu kali. ( Michael J, 1986 )

Mikroskop cahaya atau mikroskop optik mempunyai perbesaran maksimum 1000 kali. Mikroskop mempunyai kaki yang berat dan kokoh dengan tujuan agar dapat berdiri dengan stabil. Mikroskop cahaya memiliki tiga sistem lensa, yaitu

lensa obyektif, lensa okuler, dan kondensor. Lensa obyektif dan lensa okuler terletak pada kedua ujung tabung mikroskop. Lensa okuler pada mikroskop bisa berbentuk lensa tunggal (monokuler) atau ganda (binokuler). Pada ujung bawah mikroskop terdapat tempat dudukan lensa obyektif yang bisa dipasang tiga lensa atau lebih. Di bawah tabung mikroskop terdapat meja mikroskop yang merupakan tempat preparat. Sistem lensa yang ketiga adalah kondensor. Kondensor berperan untuk menerangi obyek dan lensa-lensa mikroskop yang lain. Pada mikroskop konvensional, sumber cahaya masih berasal dari sinar matahari yang dipantulkan dengan suatu cermin datar ataupun cekung yang terdapat dibawah kondensor. Cermin ini akan mengarahkan cahaya dari luar kedalam kondensor. Pada mikroskop modern sudah dilengkapi lampu sebagai pengganti sumber cahaya matahari (Bima, 2005).

## 2.11. Uji Ketahanan Air

Uji ketahanan air dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer serta tingkatan atau keteraturan ikatan dalam polimer yang ditentukan melalui persentase tambahan berat polimer setelah mengalami pengembangan. Proses terdifusinya molekul pelarut kedalam polimer akan menghasilkan gel yang mengembang. Sifat ketahanan bioplastic terhadap air ditentukan dengan uji ketahanan air, yaitu persentase pengembangan film oleh adanya air (Illing, 2017). Ketahanan plastik *biodegradable* terhadap air dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{WaterUptake (\%)} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan :

*WaterUptake* = Penyerapan air (%)

$W_0$  = Berat uji mula – mula (gr)

$W$  = Berat uji setelah perendaman (gr)

Setelah itu didapatkan persen air kemudian di hitung persen ketahanan airnya yaitu dengan menggunakan rumus.

$$\text{Ketahanan Air (\%)} = 100\% - \text{Air (\%)}$$

## 2.12. Standar Penggunaan Bioplastik

Penggunaan kantong plastik diharapkan dapat mengurangi permasalahan lingkungan. Meninjau plastik konvensional yang sangat sulit terdegradasi. Kriteria ambang batas pada bioplastik pun diterapkan oleh Badan Standarisasi Nasional untuk menetapkan persyaratan lingkungan yang harus dipenuhi sebagai produk yang ramah lingkungan (Melani, 2017). Berikut ini data Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 7818-2014) pada bioplastik:

Tabel 2.4 Sifat Mekanik Plastik Sesuai (SNI) \*)

No.	Karakteristik	Nilai
1.	Kuat Tarik (Mpa)	Minimal 13,7 Mpa
2.	Persen Elongation (%)	400 – 1120
3.	Kuat Sobek (N)	Minimal 2,0

\*) Selpiana, 2015

## 2.13. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 2.5 Daftar Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Hasil
1	I Gede Sanjaya, Tyas Puspita/2013	Komposisi pati kulit singkong - khitosan dan gliserol ( <i>plasticizer</i> ) memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik bioplastik. Sifat mekanik bioplastik terbaik terdapat pada komposisi khitosan 2% dan gliserol 3 ml.
2	Yunita Dwi Hartatik, Lailatin Nuriyah, Iswarin / 2014	Pemberian kitosan mempengaruhi sifat mekanik bioplastik yaitu bioplastik menjadi semakin rapuh. Pemanasan bioplastik pada suhu 45°C mempengaruhi nilai kuat tarik bioplastik. Bioplastik yang dihasilkan menjadi lebih kuat. Semakin besar penambahan kitosan, maka semakin menurun nilai kuat tarik dan elongasi

No	Nama Peneliti	Hasil
		bioplastik. Namun penambahan kitosan dapat memperbesar nilai kuat tarik pada konsentrasi kitosan kurang dari 2%. Penambahan kitosan pada bioplastik dapat memperlambat kerusakan bioplastik. Semakin banyak kitosan yang ditambah pada bioplastik, semakin lama kerusakan pada bioplastik tersebut.
3	Indra Nafiyanto / 2019	Peningkatan komposisi kitosan menyebabkan % <i>swelling</i> semakin menurun, sedangkan semakin besar volume gliserol yang ditambahkan maka % <i>swelling</i> akan semakin besar. Pada variasi komposisi kitosan dan gliserol, nilai WVTR akan semakin menurun seiring bertambahnya komposisi kitosan dan gliserol. Semakin meningkatnya konsentrasi kitosan maka bioplastik akan lebih sulit untuk di degradasi, sedangkan semakin meningkatnya konsentrasi gliserol, maka sampel bioplastik makin mudah dan cepat untuk di degradasi.
4	Hilwatullisan, Ibrahim Hamid / 2019	Efek penambahan volume gliserol akan meningkatkan waktu degradasi tetapi mengurangi nilai kekuatan tarik %, tahan air dan titik lebur. Efek chitosan akan meningkatkan nilai kekuatan tarik dan % ketahanan air, tetapi dapat mengurangi waktu degradasi plastic
5	Maria Natalia, Wirananditami Hazrifawati, Doni Rahmat Wicaksono / 2019	Hasil uji <i>swelling</i> menunjukkan bahwa penambahan gliserol berbanding lurus terhadap nilai persentase penyerapan air, semakin besar penambahan gliserol maka ketahanan airnya menurun

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)



[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)