

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. LANDASAN TEORI

2.1.1. Komposisi Ubi Kayu

Ubi kayu mengandung pati yang dapat di manfaatkan sebagai sumber karbohidrat. Selain mengandung karbohidrat juga terdapat protein, lemak, dan vitamin. Buah ubi kayu merupakan bagian yang terbesar dari pohon ubi kayu yang mengandung komposisi kimia seperti terlihat pada Table 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi Singkong setiap 100 gram

SENYAWA/ZAT	KANDUNGAN
Kalori (Kal)	146
Protein (gram)	1,2
Lemak (gram)	0,3
Hidrat arang (gram)	34,7
Kalsium (mg)	33
Fosfor (mg)	40
Zat besi (mg)	0,7
Vitamin B1 (mg)	0,06
Vitamin C (mg)	30

Sumber laporan dari BPPT Jakarta, 2002

Ubi singkong mengandung air sekitar 60%, pati (25-35%), protein, mineral, serat, kalsium, dan fosfat. Singkong merupakan sumber energi yang lebih tinggi dibanding padi, jagung, ubi jalar, dan kacang hijau. Padi memiliki Kadar

amilosa berkisar antara 4-30%. Pati kacang hijau terdiri dari amilosa 28,8%, dan amilopektin 71,2%. Kandungan protein kacang hijau mencapai 24%, dengan kandungan asam amino esensial seperti isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan, dan valin. Kacang hijau mengandung karbohidrat sekitar 58%. (Sumber: Seri Mengenal Plasma Nutfah Tanaman Pangan, oleh: Ida Hanarida)

Hasil limbah yang lain dari umbi adalah kulit umbi. Kulit umbi ini menutupi secara keseluruhan. Karena kulit umbi mempunyai susunan sel serta mempunyai lapisan yang tertentu sehingga kulit umbi dapat dengan mudah di pisahkan dari bagian umbinya.

Ketebalan lapisan kulit berkisar 2 -3 mm. Lapisan kulit umbi dapat di pisahkan secara nyata menjadi dua lapisan yaitu lapisan bagian luar yang terdiri dari lapisan gabus yang biasanya berwarna lebih gelap, serta lapisan bagian dalam yang berwarna lebih muda. Menurut Grace [1977] prosentase kulit umbi bervariasi antara 8 -15 % dari seluruh berat umbi sebelum di kupas.

Kulit umbi sebenarnya masih banyak mengandung tepung, dimana lapisan bagian luar mengandung kadar tepung yang relative lebih kecil di bandingkan dengan lapisan kulit bagian dalam. Secara fisik kulit bagian luar mudah di hilangkan dengan jalan secara penggosokkan atau penyikatan.

Menurut Grace (1977) prosentase kandungan tepung dari lapisan kulit adalah berkisar setengah dari prosentase kandungan tepung untuk bagian umbinya.

Pada umumnya kulit umbi tidak akan banyak menimbulkan masalah jika dalam kondisi kering. Pada kondisi kering, kulit umbi dapat tahan lama serta

dapat pula di musnahkan dengan jalan di bakar. Masalah akan timbul jika banyak turun hujan sehingga pengeringan sulit dilaksanakan. Adanya penumpukan dalam kondisi basah akan menyebabkan bau busuk yang dapat mengganggu lingkungan.

2.1.2. Syarat Tumbuh

a. Iklim

Ubi kayu (*manihot esculenta*) termasuk tumbuhan berbatang pohon lunak atau getas (mudah patah). Ubi Kayu baik tumbuhnya di tanah yang berhawa panas dan banyak turun hujan (tropica). Biasanya di tanam di dataran rendah sampai di pegunungan setinggi 1500 m dari permukaan laut. Diatas 800 m dari permukaan laut tumbuhnya mulai lambat. Ubi kayu akan baik sekali tumbuhnya di tempat – tempat yang terbuka. Kalau terlindung tumbuhnya kurang baik, batangnya kerdil dan ruas – ruasnya jadi panjang. Juga kalau musim panas yang terik sekali akan berpengaruh jelek pada ubi kayu sehingga daun – daun banyak yang gugur dan menjadi layu.

b. Media Tanam

Ubi kayu dapat hidup di mana saja, tidak memilih-milih jenis tanah. Untuk dapat tumbuh dan menghasilkan hasil yang baik perlu di penuhi syarat-syarat sbb:

1. Tanah tidak terlalu subur (kalau subur sekali jelek dan ubinya sedikit).
2. Tanah cukup gembur dan dalam. Di tanah padat, umbinya akan tetap kerdil.
3. Tanah cukup baik drainasenya, hingga tidak becek.
4. Tanah tidak di tumbuhi alang-alang.

Umumnya ubi kayu di tanam di tegalan atau di tanah bekas hutan yang di buka. Ada pula yang di tanam di sawah tetapi harus memakai jenis genjah. Di daerah yang ada pabrik tapiokanya ubi kayu di tanam bergiliran dua tahun sekali dengan padi (misalnya daerah bogor) atau umumnya jawa barat. Setahun di tanami padi dan setahun ubi kayu. Memang ternyata bahwa ubi kayu menguntungkan juga.

Tanaman ubi kayu banyak sekali menghisap zat makanan dari tanah terutama zat Kalium sampai 572 - 854 kg sehektarnya. Jadi tanah cepat kurus dan dalam hal ini perlu di perhatikan .

c. Ketinggian Tempat

Ubi kayu dapat tumbuh subur di daerah yang berketinggian 1200 meter di atas permukaan air laut.

2.1.3. Plastisizer

Menurut McHugh dan Krochta (1994), plastisizer di definisikan dengan suatu komponen dengan sifat *volatile* yan rendah yang dapat di tambahkan kedalam suatu bahan untuk memberikan fleksibilitas pada suatu polimer film sehingga film lentur ketika di bengkokkan.

Gliserol yang nama lainnya gliserin merupakan cairan putih bening sedikit berbau, rasanya manis, tapi tidak larut dalam eter. Ketika gliserol di simpan dalam temperature rendah akan memadat.

Struktur gliserol menunjukkan bahwa molekul gliserol mengandung 3 gugus hidroksil (OH) dalam satu molekul (alkohol trivalent). Pada film yang terbuat dari campuran isolate pati-tapioka, penambahan gliserol akan mengurangi

kecepatan dan daya antar molekul tapioka–isolat pati sehingga film yang terbentuk lebih fleksibel dan halus. Molekul gliserol merupakan molekul hidrofilik kecil yang mudah membentuk ikatan hidrogen dengan tapioka dan isolate pati.

Jenis plastisizer yang sering kali di gunakan adalah gliserol. Nama lain gliserol adalah gliserin atau 1,2,3–Propanetriol yang mempunyai rumus molekul $C_3H_5(OH)_3$ Gliserol merupakan alkohol trihidrik cair hasil samping pembuatan sabun, bersifat tidak berwarna dan berbau yang di gunakan dalam pembuatan minyak wangi, bahan kecantikan, zat peledak, campuran tahan beku dan dalam obat-obatan, berasa manis.

2.1.4. Proses Produksi Pati

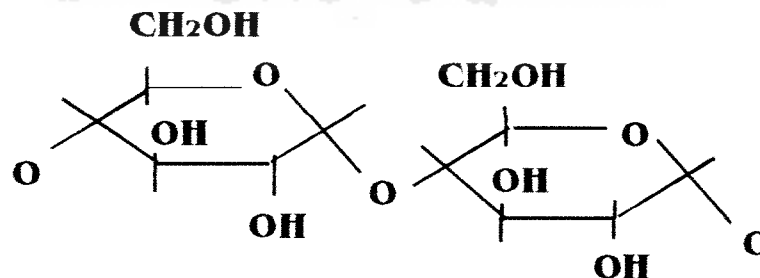
Pati adalah polimer D – glukosa dan di temukan sebagai karbohidrat simpanan dalam tumbuhan. Pati terdiri atas dua polimer yang berlainan, senyawa rantai lurus, amilosa, dan komponen bercabang amilopektin. Dalam fraksi rantai lurus satuan glukosa di sambungkan secara khusus dengan ikatan glukosa $\alpha,1-4$. Jumlah satuan glukosa dapat beragam dalam berbagai pati dari beberapa ratus sampai beberapa ribu satuan [John M deMan,1997].

Polisakarida adalah polimer yang terbentuk dari penggolongan unit monosakarida terikat bersama oleh ikatan glikosidik. *Amilum* dengan glikogen terbentuk dari mata rantai α molekul glukosa, dan selulosa terbentuk dari mata rantai β glukosa. Khitin, polisakarida dari otot luar serangga dan siput di bentuk dari unit mata rantai β N-asetic –D –glukosin.

Amilum adalah gudang energi karbohidrat yang utama dalam tanaman. *Amilum* adalah homopolimer (Suatu polimer yang di bentuk oleh hanya satu macam unit monomarik) dari glukosa yang di gabung oleh mata rantai α , mata rantai yang sama dengan maltosa.

Dua macam *Amilum* utama adalah *Amilosa* dan *Amilopektin*, kedua macam *Amilum* ini umumnya di simpan dalam benih, akar dan umbi dari tanaman dan dapat membentuk sampai 30% dari berat keseluruhan tanaman. *Amilosa* di pisahkan dari *Amilopektin* dengan jalan menambahkan *pentanol* – 1 kedalam larutan *Amilum* dalam air. *Amilosa* kurang larut di bandingkan dengan *Amilopektin* sehingga tidak dapat larut ketika alkohol di tambahkan sedangkan *Amilopektin* larut. Bila di larutkan dalam air panas, *amilosa* larut sedangkan *Amilopektin* tidak.

Amilosa terdiri dari rantai tidak bercabang yang panjang dari glukosa terikat bersama oeh ikatan α , 1 - 4. Panjang rantainya bermacam-macam yaitu antara 100 sampai 100.000 unit glukosa. Bila dilarutkan dalam air *amilosa* membentuk micelles [J.Fessende,1997]. Rumus untuk *Amilosa* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Rumus molekul untuk *Amilosa*

Amilopektin seperti *amilosa* adalah suatu polimer dari glukosa yang mempunyai mata rantai α , 1-4. Tidak seperti *amilosa*, *amilopektin* adalah polimer bercabang, yang menjadi cabang rantai utamanya dengan mata rantai α , 1 – 6. Suatu cabang ada setiap 20 sampai 30 unit glukosa sepanjang rantai *amilopektin*. Panjang dari tiap cabang ialah 20 sampai 25 unit glukosa. Panjang dari rantai utama sampai 400.000 unit.

Di seluruh Negara (di Asia Tenggara) pati di hasilkan dari ubi secara komersial. Di beberapa tempat, pati biasa disebut tepung, oleh karena itu perlu di jelaskan apa arti kata tepung, yang berarti bahan diambil dari hasil kering yang di giling, sedangkan pati dengan jalan pengendapan.

Proses dasar pengendapan pati meliputi pencucian ubi (penghancuran kulit, pamarutan, pelumatan), kemudian endapan pati (pencucian, penyaringan pati dengan percikan air/dewatering) dan selanjutnya pati di keringkan. Secara umum kedua cara ini dan kombinasi pelaksanaannya digunakan di seluruh daerah. Ada cara yang memakai teknik pengendapan tradisional dan ada pula cara yang lebih maju, yaitu menggunakan mesin, seperti pemisah sentrifugal, penyaring dan pengeringan dengan cahaya. Di suatu daerah industri, pengendapan pati tampak lebih baik di bandingkan dengan tahun sebelumnya, yaitu banyak pabrik yang telah menggunakan cara dan perlengkapan maju. Penggunaan cara konvensional jumlah waktu yang di perlukan untuk pengolahan sekitar lima hari, sebagian besar waktu digunakan untuk pencucian ulang dan penempatan pati. Penggunaan perlengkapan yang lebih maju jumlah waktu pengolahan berkurang menjadi 1 hari atau bahkan kurang dari 1 hari. Mekanisasi hasil produksi pati tidak hanya lebih singkat dan hasil lebih tinggi, namun kualitas hasilnya juga lebih baik. Oleh

karena adanya pengurangan waktu pengolahan, tingkat fermentasi jauh lebih rendah dan pati yang diendapkan secara sentrifugal, viskositasnya lebih tinggi, dan ini merupakan pertimbangan penting untuk pasaran tekstil. Disamping itu dengan penggunaan peralatan maju, nilai pengendapan yang diperoleh jauh lebih tinggi.

Untuk menjalankan pabrik pati (pengendapan) secara sukses di perlukan pengolahan yang sangat hati-hati. Tersedianya bahan baku (ubi) secara bersinambung merupakan persyaratan utama dan untuk mendapatkan pati kualitas terbaik, ubi harus diolah dalam waktu 24 jam setelah dipanen. Pengunduran pengolahan dari waktu tersebut akan menghasilkan pati dengan kualitas lebih rendah, dan ubi yang diolah 3 hari setelah panen kualitas patinya sangat rendah. Celaknya adalah ubi buruk yang biasanya di dapatkan dan di gunakan oleh pabrik yang maju, padahal seharusnya mampu menghasilkan pati yang bermutu tinggi bila bahan bakunya baik.

Kebutuhan pabrik pati yang lebih penting adalah tersedianya air secara bersinambung. Di perkirakan bahwa total air yang di butuhkan untuk mengolah 1 ton ubi adalah 14 -18 ribu liter dengan metode konvensional dan kurang lebih 8 ribu liter dengan menggunakan peralatan maju. Untuk beberapa fase proses, terutama pada pembersihan pati di perlukan air yang cukup bersih (jernih). Di samping jernih, air harus bebas dari kotoran dan kadar besi tinggi agar tidak merusak warna pati. Perlakuan air dengan SO₂, zat pensteril dan pemutih biasa di lakukan di banyak pabrik maju. Hasil observasi menunjukkan bahwa kondisi sanitasi umumnya sulit di dapat, terutama bagi pabrik yang menggunakan teknik pengendapan (sedimentasi).

Di pabrik-pabrik yang menggunakan teknik pengendapan tradisional, "flake" dan "pearl" kadang-kadang di hasilkan melalui pengolahan tambahan dari pati basah. *Pearl* di buat dengan penempatan sebagian dari pengeringan atau suatu campuran dari pati basah dan kering ke dalam drum yang sedikit terbuka dengan silindris miring berputar. Selama pemutaran bulatan-bulatan pati (*grains*) menempel dan membentuk manik-manik kecil, dimana ukurannya di pengaruhi oleh kecepatan dan waktu pemutaran. Bahan *pearl* (manik-manik) kemudian di pisahkan (*graded*) berdasarkan ukuran kemudian di masukkan kedalam panci besi, di panasi dari bawah (diatas tungku dari bata dengan kayu baker). Panci di beri sedikit lemak (pelumas) dan di putar. Pemanasan atau pemanggangan ini memerlukan waktu antara 3 -5 menit pada suhu 65 -75 °C, sehigga pati menjadi gel. Hasil panggangan di pisahkan berdasarkan ukuran menjadi beberapa kelas *pearl* dan akhirnya di keringkan selama 12 – 24 jam (pengeringan pati biasanya di halaman, dan sebagainya). *Flakes* adalah gumpalan yang tidak teratur dari pati yang di siapkan "semigel", hampir menyerupai *pearl* kecuali pati basahnya yang tidak di bentuk menjadi manik-manik.

2.1.5. Plastik Biodegradable dan Metode Pengujiannya

a. Plastik Biodegradable

Plastik *Biodegradable* adalah plastik yang dapat di gunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan di buang ke lingkungan. Karena sifatnya yang dapat kembali ke alam, plastik *Biodegradable* merupakan bahan plastik yang ramah terhadap

lingkungan. Di Jepang telah disepakati penggunaan nama plastik hijau (GURIINPURA) untuk plastik *Biodegradable*.

Berdasarkan bahan baku yang di pakai, plastik *Biodegradable* di kelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia dan kelompok dengan bahan baku produk tanaman seperti pati dan selulosa. Yang pertama adalah penggunaan sumber daya alam yang tidak terbarui (non-renewable resources), sedangkan yang kedua adalah sumber daya alam terbarui (renewable resources). Saat ini polimer plastik *Biodegradable* yang telah diproduksi adalah kebanyakan dari polimer jenis poliester alifatik. Gambar 2.2 menunjukkan representatif dari polimer plastik *Biodegradable* yang sudah di produksi skala industri.

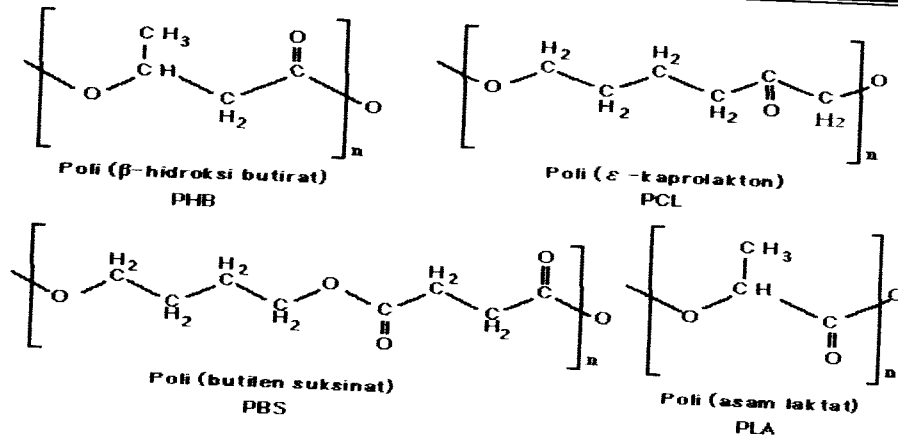
Ada 4 jenis polimer yang sudah di kenal sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* di berbagai negara maju :

- Poli (ϵ -kaprolakton) (PCL): PCL adalah polimer hasil sintesa kimia menggunakan bahan baku minyak bumi. PCL mempunyai sifat biodegradabilitas yang tinggi, dapat di hidrolisa oleh enzim lipase dan esterase yang tersebar luas pada tanaman, hewan dan mikroorganismenya. Namun titik lelehnya yang rendah, $T_m = 60^\circ\text{C}$, menyebabkan bidang aplikasi PCL menjadi terbatas.
- Poli (β -hidroksi butirat) (PHB): PHB adalah poliester yang diproduksi sebagai cadangan makanan oleh mikroorganismenya seperti *Alcaligenes* (*Ralstonia*) *eutrophus*, *Bacillus megaterium* dsb. PHB mempunyai titik leleh yang tinggi ($T_m = 180^\circ\text{C}$), tetapi karena kristalinitasnya yang

tinggi menyebabkan sifat mekanik dari PHB kurang baik. Kopolimer poli (b-hidroksi butirat-ko-valerat) (PHB/ V) merupakan kopolimer hasil usaha perbaikan sifat kristalinitas dari PHB. Dalam majalah Scientific America edisi August 2000, Tillman U Gerngros melakukan kajian tentang tingkat keramahan plastik *Biodegradable* terhadap lingkungan. Dia menyatakan bahwa untuk memproduksi PHB di butuhkan total energi yang jauh lebih besar di banding dengan energi yang dibutuhkan untuk memproduksi plastik konvensional seperti polietilen dan polietilen tereftalat. Kenyataannya memang beberapa perusahaan yang memproduksi PHB menghentikan kegiatan produksinya, di sebabkan karena mahalnya biaya produksi yang di butuhkan.

- Poli (butilena suksinat) (PBS): PBS mempunyai titik leleh yang setara dengan plastik konvensional polietilen, yaitu $T_m = 113^\circ \text{C}$. Kemampuan enzim lipase dalam menghidrolisa PBS relatif lebih rendah di bandingkan dengan kemampuannya menghidrolisa PCL. Untuk meningkatkan sifat biodegradabilitas PBS, dilakukan kopolimerisasi membentuk poli (butilen suksinat-ko-adipat) (PBS/A). PBS dan PBS/A memiliki sifat ketahanan hidrolisa kimiawi yang rendah, sehingga tidak dapat diaplikasikan untuk bidang aplikasi lingkungan lembab. Kopolimerisasi PBS dengan poli karbonat menghasilkan produk poliester karbonat yang memiliki sifat biodegradabilitas, ketahanan hidrolisa kimiawi dan titik leleh yang tinggi.

- Poli asam laktat (PLA) : PLA merupakan poliester yang dapat diproduksi menggunakan bahan baku sumberdaya alam terbaru seperti pati dan selulosa melalui fermentasi asam laktat. Polimerisasi secara kimiawi untuk menghasilkan PLA dari asam laktat dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu secara langsung dari asam laktat dan secara tidak langsung melalui pembentukan laktida (dimer asam laktat) terlebih dahulu, dan diikuti dengan polimerisasi menjadi PLA. PLA mempunyai titik leleh yang tinggi sekitar 175° C, dan dapat dibuat menjadi lembaran film yang transparans. Perusahaan-perusahaan besar dunia mulai bergerak untuk memproduksi PLA, seperti Cargill-Dow Chemicals Co. yang akan memproduksi PLA dengan skala 140.000 ton/ tahun dengan memanfaatkan pati jagung. Sedangkan di Jepang, perusahaan Shimadzu Co. dan Mitsui Chemicals Co. juga memiliki plant produksi PLA. Perusahaan Toyota kabarnya juga akan mendirikan plant industri PLA di Indonesia dengan memanfaatkan pati ubi jalar. Tampaknya PLA akan menjadi primadona plastik *Biodegradable* di masa datang.



Gambar 2.2. Plastik Biodegradable dari Golongan Poliester Alifatik
(Pranamuda.H.,2003. paper Hardaning Pranamuda.html)

b. Sifat Biodegradabilitas

Pengujian sifat biodegradabilitas bahan plastik dapat di lakukan menggunakan enzim, mikroorganismen dan uji penguburan. Lembaga standarisasi internasional (ISO) telah mengeluarkan metode standar pengujian sifat biodegradabilitas bahan plastik sebagai berikut :

- ❖ ISO 14851: Penentuan biodegradabilitas aerobik final dari bahan plastik dalam media cair - Metode pengukuran kebutuhan oksigen dalam respirometer tertutup
- ❖ ISO 14852: Penentuan biodegradabilitas aerobik final dari bahan plastik dalam media cair - Metode analisa karbondioksida yang dihasilkan.
- ❖ ISO 14855: Penentuan biodegradabilitas aerobik final dan disintegrasi dari bahan plastik dalam kondisi komposting terkendali - Metode analisa karbondioksida yang dihasilkan.

c. Pati Tropis untuk Bahan Baku Plastik Biodegradable

Indonesia kaya akan sumber daya alam, diantaranya pati-patian (tapioka dan pati sagu) yang dapat di manfaatkan sebagai bahan plastik *Biodegradable*. Pengkajian pemanfaatan sumber daya pati Indonesia untuk produksi plastik *Biodegradable* dapat dilakukan melalui 3 cara yaitu :

1. Pencampuran (Blending) antara Polimer Plastik dengan Pati

Pencampuran di lakukan dengan menggunakan extruder atau dalam mixer berkecepatan tinggi (high speed mixer) yang di lengkapi pemanas untuk melelehkan polimer plastik. Plastik yang di gunakan dapat berupa plastik *Biodegradable* (PCL, PBS, atau PLA) maupun plastik konvensional (polietilen). Sedangkan pati yang di gunakan dapat berupa pati mentah berbentuk granular maupun pati yang sudah tergelatinisasi. Sifat mekanik dari plastik *Biodegradable* yang di hasilkan tergantung dari keadaan penyebaran pati dalam fase plastik, di mana bila pati tersebar merata dalam ukuran mikron dalam fase plastik, maka produk plastik *Biodegradable* yang didapat akan mempunyai sifat mekanik yang baik. Sifat biodegradabilitas dari plastik *Biodegradable* berbasis pati sangat tergantung dari rasio kandungan patinya. Semakin besar kandungan patinya, maka semakin tinggi tingkat biodegradabilitasnya.

2. Modifikasi Kimiawi Pati

Untuk menambahkan sifat plastisitas pada pati, metode grafting sering di gunakan. Sifat biodegradabilitas dari produk plastik yang di hasilkan tergantung dari pada jenis polimer yang di cangkokkan pada pati. Jika polimer yang di cangkokkan adalah polimer yang bersifat *Biodegradable*,

maka produk yang di hasilkan juga akan bersifat *Biodegradable*. Namun demikian, biasanya sifat biodegradabilitas pati akan berkurang atau bahkan hilang sama sekali dengan proses modifikasi kimiawi.

3. Penggunaan Pati Sebagai Bahan Baku Fermentasi Menghasilkan Monomer/Polimer Plastik *Biodegradable*

Pati dapat dipakai sebagai bahan baku fermentasi untuk menghasilkan asam laktat (monomer dari PLA), 1,4-butanediol (monomer dari PBS) atau poliester mikroba (PHB) atau biopolimer lainnya seperti *pullulan*.

2.1.6. Pengaruh Fisika, dan Kimia terhadap Kerusakan Plastik

Informasi mengenai kemampuan lingkungan dalam menerima (merombak, menguraikan untuk kemudian masuk kedalam siklus materi) plastik *Biodegradable* adalah sangat penting untuk mencegah hal-hal negatif yang mungkin akan timbul akibat meluasnya pemakaian plastik *Biodegradable*.

Plastisizer merupakan bahan yang bisa mengurangi kerapuhan plastik dengan cara melumasi antar individu rantai molekul. Bahan ini umumnya mempunyai titik didih tinggi dan volatilitasnya rendah. Pencampuran plastisizer ke dalam komponen plastik biasanya berkisar 20 – 50 %. Penggunaan plastisizer perlu di perhitungkan untuk menghindari kerusakan pada produk akhir.

Komponen yang mengandung plastisizer berupa residu asam lemak peka terhadap serangan jamur. Yang termasuk golongan ini adalah *Asetat, Propionat, Butirat, Kaprilat, Laurat, Miristat, Oleat dan Ricinolat*.

Kerusakan karena Kimia dan fisika dari plastik ditunjukkan dengan berkurangnya kekuatan (*strength*), ketahanan bengkok, adanya *cracking*,

kehilangan transparansi dan lain-lain. Perubahan sifat fisik seperti pembengkokkan, kerapuhan, bisa disebabkan karena kehilangan plastisizer. Adanya uap air dapat menyebabkan pembengkakan (*swelling*) atau pengkerutan pada bahan-bahan yang bersifat hidrofilik seperti nilon atau sellulosa asetat.

Kerusakan karena faktor kimia tergantung pada struktur kimia polimer. Polimer di bagi menjadi dua grup yaitu polimer dengan rantai linier disebut termoplastik dan polimer dengan banyak sekali rantai cabang yang disebut termoset. Kekuatan polimer dengan rantai lurus tergantung dengan ukuran molekul dan kekuatan ikatan masing-masing molekul. Jumlah ikatan crosslink pada termoplastik sangat kecil di banding termoset. Polimer jenis termoset mempunyai rantai cabang yang sangat banyak, oleh karenanya kerusakan yang terjadi pada plastik termoset biasanya hanya pada permukaan saja.

Polimer termoplastik dapat mengalami kerusakan karena :

- a. Rantai polimer menjadi segmen – segmen polimer yang lebih kecil. Pada efek ini terjadi pengurangan ukuran molekul, sehingga terjadi penurunan sifat Kimia.
- b. Beberapa rantai membentuk crosslinking
Terjadinya crosslinking pada rantai polimer ini jika hanya sedikit bisa menaikkan sifat fisika, tetapi jika terlalu banyak akan menyebabkan kehilangan elastisitas, terjadinya pengkerutan dan pemecahan (*cracking*).
- c. Beberapa grup polimer mengalami perubahan
Efek ini tidak menyebabkan perubahan sifat fisika namun bisa menurunkan sifat elektrik, kelarutan, penyerapan uap air dan lain – lain.

2.2. HIPOTESA

Semakin banyak gliserol yang di gunakan sebagai zat pemlastik maka daya kuat tarik dan elongasi (mulur) film *plastik Biodegradable* yang di hasilkan akan semakin besar.

