

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Secara umum, plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia yang bervariasi. Selain itu, plastik juga ringan, mudah dalam perancangan, dan biaya pembuatan murah. Sayangnya, dibalik segala kelebihan itu, limbah plastik menimbulkan masalah bagi lingkungan. Penyebabnya tak lain sifat plastik yang tidak dapat diuraikan dalam tanah.

Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik merupakan bahan kemasan utama saat ini.

Tabel 1. Plastik-Plastik Komiditi

| Tipe | Singkatan | Kegunaan |
|--------------------------------|-----------|--|
| Polietilena massa jenis rendah | LDPE | Lapisan pengemas, isolasi kawat dan kabel barang mainan, botol fleksibel, perabotan, bahan pelapis |
| Polietilena massa jenis tinggi | HDPE | Botol, drum, saluran, lembaran, film, isolasi kawat dan kabel |
| Polipropilena | PP | Bagian-bagian mobil dan perkakas, tali, anyaman, karpet film |
| Poli (vinilklorida) | PVC | Bahan bangunan, pipa tegar, bahan untuk lantai, isolasi kawat dan kabel, film dan lembaran |
| Polistina | PS | Bahan pengemas (busa dan film), isolasi busa, perkakas, perabotan rumah, barang mainan |

Sumber : kimia polimer, 2001 hal 34

Plastik dibagi menjadi dua klasifikasi utama berdasarkan pertimbangan-pertimbangan ekonomis dan kegunaannya yaitu plastik komiditi dan plastik

teknik. Plastik komoditi dicirikan oleh volumenya yang tinggi dan harga yang murah dan sering dipakai dalam bentuk barang yang bersifat pakai buang, untuk mengetahui tipe dan kegunaan dari plastik-plastik komoditi dapat dilihat pada Tabel 1 diatas sedangkan plastik teknik lebih mahal harganya dan volumenya lebih rendah, tetapi memiliki sifat mekanik yang unggul dan daya tahan yang baik. Komsumsi plastik teknik dunia akhir 80-an mencapai kira-kira $1,5 \times 10^9$ kg/tahun diantaranya poliamida, polikarbonat, asetal, poli (fenilena oksida), dan poliester mewakili 99% dari pemasaran.

Salah satu jenis plastik adalah *Polyethylene* (PE). Polietilen dapat dibagi menurut massa jenisnya menjadi dua jenis, yaitu: *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE). LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115°C . Sedangkan HDPE bermassa jenis lebih besar yaitu 0,95-0,97 g/mL, dan berbentuk kristalin (kristalinitasnya 90%) serta memiliki titik leleh di atas 127°C (beberapa macam sekitar 135°C). Kelebihan LDPE sebagai material pembungkus adalah harganya yang murah, proses pembuatan yang mudah, sifatnya yang fleksibel, dan mudah didaur ulang. Selain itu, LDPE mempunyai daya proteksi yang baik terhadap uap air, namun kurang baik terhadap gas lainnya seperti oksigen. LDPE juga memiliki ketahanan kimia yang sangat tinggi, namun melarut dalam benzena dan *tetrachlorocarbon* (CCl_4). Keunggulan lain jenis plastik berkerangka dasar polietilen dibandingkan dengan jenis plastik lainnya ialah jenis plastik ini mempunyai nilai konstanta dielektrik yang kecil, sehingga sifat kelistrikannya lebih baik. Sifat tersebut semakin baik dengan tingginya jumlah hidrogen atau klorida dan fluorida yang terikat pada tulang punggung Polietilen (exceedmpe.com). LDPE diklasifikasikan sebagai materi semi permeabel karena permeabilitasnya terhadap bahan kimia yang volatil. LDPE diproduksi dari gas etilen pada tekanan dan suhu tinggi dalam reaktor yang berisi pelarut hidrokarbon dan katalis logam yaitu *ziegler catalysts*. Polimer yang dihasilkan berupa bubur yang kemudian difiltrasi dari pelarutnya. (Billmeyer, 1971 dikutip dalam Nathiqoh Al Ummah, 2013).

Menurut Davidson (1970) dikutip dalam Nathiqoh Al Ummah, 2013, klasifikasi plastik berdasarkan struktur kimianya terbagi atas dua macam yaitu linier dan jaringan tiga dimensi. Bila monomer membentuk rantai polimer yang lurus (linier) maka akan terbentuk plastik thermoplastik yang mempunyai sifat meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan sifatnya dapat balik (*reversible*) kepada sifatnya yakni kembali mengeras bila didinginkan. Bila monomer berbentuk tiga dimensi akibat polimerisasi berantai, akan terbentuk plastik thermosetting dengan sifat tidak dapat mengikuti perubahan suhu. Bila sekali pengerasan telah terjadi, maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Plastik mempunyai titik didih dan titik leleh yang beragam, hal ini berdasarkan pada monomer pembentukannya. Monomer yang sering digunakan dalam pembuatan plastik adalah propena (C_3H_6), etena (C_2H_4), vinil klorida (CH_2), nylon, karbonat (CO_3), dan styrene (C_8H_8).

Jenis plastik

Plastik dapat digolongkan berdasarkan:

1. Sifat fisiknya
 - a) *Termoplastik*. Merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang/dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), ABS, polikarbonat (PC)
 - b) *Termoset*. Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang atau dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida.
2. Berdasarkan sumbernya
 - a) Polimer alami : kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut
 - b) Polimer sintetis: Tidak terdapat secara alami: nylon, poliester, polipropilen, polistiren. Terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan: karet sintetis

- c) Polimer alami yang dimodifikasi: seluloid, cellophane (bahan dasarnya dari selulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya)

2.2 Plastik *Biodegradable* (EDPs)

Untuk menyelamatkan lingkungan dari bahaya plastik, saat ini telah dikembangkan plastik *biodegradable*, artinya plastik ini dapat diuraikan kembali mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan. *Biodegradable* dapat diartikan dari tiga kata yaitu *bio* yang berarti makhluk hidup, *degra* yang berarti terurai dan *able* berarti dapat. Jadi, film plastik *biodegradable* adalah film plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme. Film plastik ini, biasanya digunakan untuk pengemasan.

Biasanya plastik konvensional berbahan dasar petroleum, gas alam, atau batu bara. Sementara plastik *biodegradable* terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman misalnya selulosa, kolagen, kasein, protein atau lipid yang terdapat dalam hewan (Huda, 2007). Bahan dasar plastik berasal dari selulosa, khitin, khitosan, atau tepung yang terkandung dalam tumbuhan, serta beberapa material plastik atau polimer lain yang terdapat di sel tumbuhan dan hewan (Sanjaya, 2010).

Plastik *biodegradable* dewasa ini berkembang sangat pesat. Berbagai riset telah dilakukan di negara maju (Jerman, Prancis, Jepang, Korea, Amerika Serikat, Inggris dan Swiss) ditujukan untuk menggali berbagai potensi bahan baku biopolimer. Di Jerman pengembangan untuk mendapatkan polimer *biodegradable* pada *polyhydroxybutirat* (PHB), Jepang (chitin dari *crustaceae*, *zein* dari jagung.). Aktifitas penelitian lain yang dilakukan adalah bagaimana mendapatkan kemasan termoplastik dapat terurai yang mempunyai masa pakai (*lifetimes*) yang relatif lebih lama dengan harga yang lebih murah (Sanjaya, 2010).

Teknologi kemasan plastik *biodegradable* adalah salah satu upaya yang dilakukan untuk keluar dari permasalahan penggunaan kemasan plastik yang non *biodegradable* (plastik konvensional), karena semakin berkurangnya cadangan minyak bumi, kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan serta resiko

kesehatan. Indonesia sebagai negara yang kaya sumber daya alam (hasil pertanian), potensial menghasilkan berbagai bahan biopolimer, sehingga teknologi kemasan plastik mudah terurai mempunyai prospek yang baik (Darni dkk, 2008).

Plastik *biodegradable* dalam bahasa Inggris sering disebut sebagai *Environmentally Degradable Polymers* (EDPs). Menurut (Chiellini, 2001 dikutip dalam Nathiqoh Al Ummah) definisi dari *Environmentally Degradable Polymers* adalah:

- a. Bahan yang mempertahankan formulasi yang sama dengan plastik konvensional selama penggunaan;
- b. Bahan yang terdegradasi setelah digunakan dalam senyawa dengan berat molekul rendah oleh kombinasi aksi agen fisika-kimia dan mikroorganisme yang ada di alam; dan
- c. Bahan yang pada akhirnya terdegradasi menjadi CO₂ dan H₂O.

Di Indonesia penelitian dan pengembangan teknologi kemasan plastik *biodegradable* masih sangat terbatas. Hal ini terjadi karena selain kemampuan sumber daya manusia dalam penguasaan ilmu dan teknologi bahan, juga dukungan dana penelitian yang terbatas. Dipahami bahwa penelitian dalam bidang ilmu dasar memerlukan waktu lama dan dana yang besar (Darni dkk, 2008).

Plastik *biodegradable* dapat dihasilkan melalui beberapa cara, salah satunya adalah biosintesis menggunakan bahan berpati atau berselulosa. Cara pembuatan *biodegradable plastic* yang berbasis pati antara lain:

1. Mencampur pati dengan plastik konvensional (PE atau PP) dalam jumlah kecil (10- 20%)
2. Mencampur pati dengan turunan hasil samping minyak bumi, seperti PCL, dalam komposisi yang sama (50%)
3. Menggunakan proses ekstruksi untuk mencampur pati dengan bahan-bahan seperti protein kedelai, gliserol, alginat, lignin, dan sebagainya sebagai bahan *plasticizer* (Flieger *et al.*, 2003 dikutip dalam Nathiqoh Al Ummah, 2013)

Tabel 2. Perbandingan karakteristik plastik konvensional, plastic campuran, dan plastik *biodegradable*

| Karakteristik | Plastik Konvensional | Plastik campuran | Plastik Biodegradable |
|-------------------------|---|--|---|
| Komposisi | Polimer sintetik | Polimer sintetik dan polimer alam | Polimer alam |
| Sifat dan bahan baku | Tidak dapat diperbaharui (unrenewable) | Sebagian dapat diperbaharui | Dapat diperbaharui (renewable) |
| Sifat mekanik dan fisik | Sangat baik dan bervariasi | Bervariasi | Baik dan bervariasi tapi penggunaannya terbatas |
| Biodegradabilitas | Tidak ada | Rendah | Tinggi |
| Kompabilitas | Tidak ada | Rendah | Tinggi |
| Hasil pembakaran | Stabil | Agak stabil | Kurang stabil |
| Contoh | Polipropilen (PP), polietilena (PE), polistirena (PS) | Polietilena (PE) + Pati, Polietilena (PE) + selulosa | Poli asam laktat (PLA), polikaprolakton (PCL) |

Sumber: Lim, 1999 dikutip dalam TB Didi Supriadi, 2014

Proyeksi kebutuhan plastik *biodegradable* hingga tahun 2010 yang dikeluarkan *Japan Biodegradable Plastic Society*, di tahun 1999 produksi plastik *biodegradable* hanya sebesar 2500 ton, yang merupakan 1/10.000 dari total produksi bahan plastik sintetik. Pada tahun 2010, diproyeksikan produksi plastik *biodegradable* mencapai 1.200.000 ton atau menjadi 1/10 dari total produksi bahan plastik dunia. Industri plastik *bioedegradable* akan berkembang menjadi industri besar di masa yang akan datang (Pranamuda, 2003 dikutip dalam Nathiqoh Al Ummah, 2013). Perkembangan terakhir di bidang teknologi pengemasan adalah suatu kemasan yang bersifat antimikroba dan antioksidan. Keuntungan utama kemasan tersebut adalah dapat bersifat seperti halnya bahan – bahan yang mengandung antiseptik seperti sabun, cairan pencuci tangan yaitu berfungsi untuk mematikan kontaminan mikroorganisme (kapang, jamur, bakteri) secara langsung pada saat mikroba kontak dengan bahan kemasan, sebelum mencapai bahan / produk pangan di dalamnya sehingga produk pangan tersebut

menjadi lebih awet (Firdaus, *et al.*, 2008 dikutip dalam Nathiqoh Al Ummah, 2013).

Berdasarkan bahan baku yang dipakai, plastik *biodegradable* dikelompokkan 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*), (Adam S dan Clark D, 2009 dikutip dalam Nathiqoh Al Ummah, 2013).

Tabel 3. Jenis-jenis plastik berdasarkan pengklasifikasikan bahan baku dan kemampuan bahan baku dan kemampuan degradasi

| Jenis Bahan Baku | <i>Biodegradable</i> | <i>Non-Biodegradable</i> |
|---|---|--|
| <i>Renewable</i> (<i>terbarukan</i>) | Bahan berbasis pati, bahan berbasis selulosa, poli asam laktat (PLA), poli hidroksi alkanat (PHA) | Polietilena (PE) dan polivinil klorida (PVC) dari bioetanol, poliamida |
| <i>Non-renewable</i> (<i>tidak</i> <i>terbarukan</i>) | Polikaprolakton (PCL), poli butilena suksinat (PBS), polivinil alkohol | Polietilena (PE), polipropilen (PP), polivinil klorida (PVC) |

Sumber: Narayan, 2006 dikutip dalam TB Didi Supriadi, 2014

Plastik *biodegradable* berbahan dasar tepung dapat didegradasi 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 aldehid yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Plastik berbahan dasar tepung aman bagi lingkungan. Sebagai perbandingan, plastik tradisional membutuhkan waktu sekira 50 tahun agar dapat terdekomposisi alam, sementara plastik *biodegradable* dapat terdekomposisi 10 hingga 20 kali lebih cepat.

Degradasi dari bahan yang terbuat dari polimer dan plastik terjadi pada kondisi biotik yang dimediasi oleh aksi makroorganisme (fragmentasi) atau mikroorganisme (*biodegradasi*) atau pada kondisi abiotik yang dimediasi oleh agen kimia atau fisika-kimia. Degradasi biotik dimediasi oleh mikroorganisme yang terjadi pada lingkungan yang berbeda dan dapat diklasifikasikan menurut

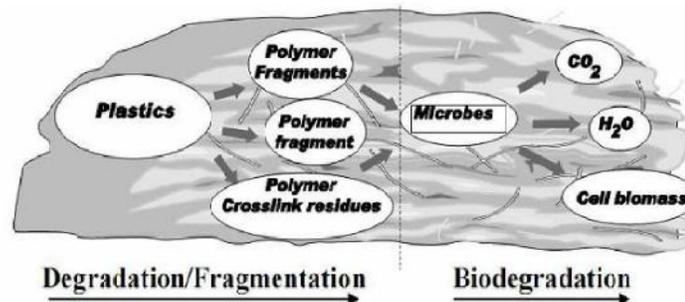
ada (aerobik) atau tidak adanya (anaerobik) oksigen. .

Tabel 4. Faktor yang berpotensi mempengaruhi degradasi polimer

| Biologis | Kimiawi | Fisika/Mekanis |
|-----------------------------|----------------|-----------------------|
| Bakteri, Jamur | Hidrolisis | Pencucian |
| Predator | Oksidation | Sinar Matahari |
| Organisme yang lebih tinggi | | Iklim |
| | | Tekanan Mekanis |

Sumber: Chiellini, 2001 dikutip dalam Nathiqoh Al Ummah, 2013

Tingkat biodegradasi polimer biodegradable dalam tanah dipengaruhi oleh kondisi tanah seperti suhu, kadar air (ukuran konsentrasi air), tingkat aerasi (ukuran konsentrasi oksigen), keasaman (ukuran konsentrasi asam) dan konsentrasi mikroorganisme itu sendiri (Rochmadi, 2006 dikutip dalam Dyah Listiyaningsih, 2013)

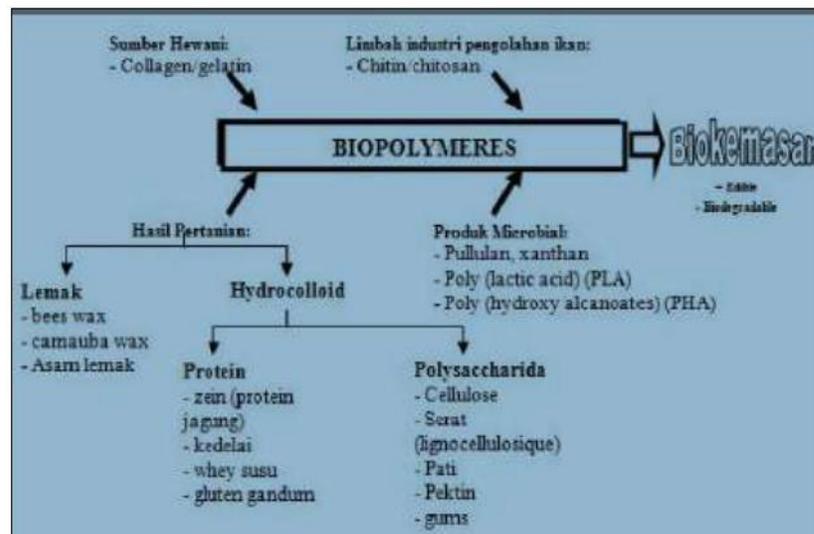


Gambar 1. Mekanisme degradabilitas plastik *biodegradable*

Sumber: (Narayan,2003)

Berdasarkan sumber atau cara memperolehnya, Tharanathan (2003) mengklasifikasikan biopolimer sebagai bahan baku bio-kemasan menjadi tiga kelompok dan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini. Kelompok 1 yaitu : biopolimer yang berasal dari sumber hewan yaitu; *collagen gelatin*, kelompok 2 adalah biopolimer yang berasal dari limbah industri pengolahan ikan yaitu *chitin/chitosan*, kelompok 3 berasal dari pertanian yaitu diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu lemak dan *hydrocelloid*.

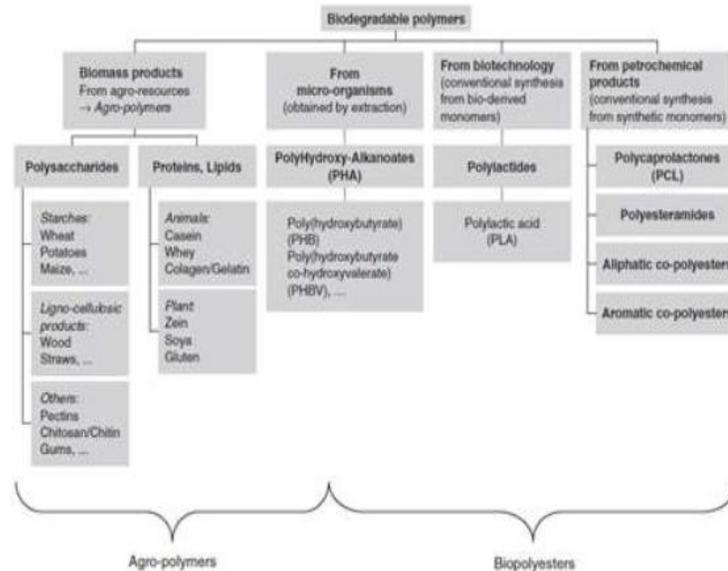
Yang berasal dari lemak terdiri dari : *bees wax*, *camauba wax*, asam lemak; sedangkan dari *hydrocolloid* dibagi menjadi 2 bagian yaitu: protein dan *polysaccharida*. *hydrocolloid* yang berasal dari protein adalah: *zein* (protein jagung), kedelai, *whey* susu, glutera gandum sedangkan *hydrocolloid* yang berasal dari *polysaccharida* adalah : *cellulosa*, serat, pati, pektin, *garns*. Selain dari polimer alami, ada beberapa zat sintetis yang merupakan campuran antara zat petrokimia dengan biopolimer dan atau biopolimer yang telah mengalami perlakuan yang kompleks tetap tetap memiliki sifat *biodegradable*. Berikut ini Gambar 2. Polimer *biodegradable* sebagai bahan biokemasan.



Gambar 2. Polimer *Biodegradable* sebagai bahan biokemasan

Sumber: Tharanathan, 2003

Averous (2008), mengelompokkan polimer *biodegradable* ke dalam dua kelompok dan empat keluarga berbeda berikut ini klasifikasi polimer *biodegradable* yang dapat dilihat pada Gambar 3. berikut ini.



Gambar 3.Klasifikasi Polimer *Biodegradable*

Sumber: Averous, 2008

Pada Gambar 3 Kelompok utama adalah: (1) *agro-polymer* yang terdiri dari polisakarida, protein dan sebagainya; dan (2) biopoliester (*biodegradable polyesters*) seperti poli asam laktat (PLA), *poly hydroxy alkanoate* (PHA), aromatik and alifatik kopoliester. Biopolimer yang tergolong *agro-polymer* adalah produk-produk biomassa yang diperoleh dari bahan-bahan pertanian. seperti polisakarida, protein dan lemak. Biopoliester dibagi lagi berdasarkan sumbernya. Kelompok *Polyhydroxy-alkanoate* (PHA) didapatkan dari aktivitas mikroorganisme yang didapatkan dengan cara ekstraksi. Contoh PHA diantaranya *Poly (hydroxybutyrate)* (PHB) dan *Poly (hydroxy butyrate co-hydroxy valerate)* (PHBV). Kelompok lain adalah biopoliester yang diperoleh dari aplikasi bioteknologi, yaitu dengan sintesa secara konvensional monomer-monomer yang diperoleh secara biologi, yang disebut kelompok polilaktida. Contoh polilaktida adalah poli asam laktat. Kelompok terakhir diperoleh dari produk-produk petrokimia yang disintesa secara konvensional dari monomer-monomer sintetis. Kelompok ini terdiri dari *poly capro lactones* (PCL), *polyester amides*, *aliphatic co-polyesters* dan *aromatic co-polyesters*.

Salah satu jenis plastik *biodegradable* antara lain polihidroksialkanoat (PHA) dan poli-asam amino yang berasal dari sel bakteri, poliasam laktat (PLA) yang merupakan (asam *polylactic*) adalah polimer asam laktat yang dihasilkan dari fermentasi pati, jagung atau gula, dan poliaspartat sintesis yang dapat terdegradasi, (TB Didi Supriadi,. 2014). PLA memiliki sifat tahan panas, kuat dan merupakan polimer yang elastis (Auras, 2002 dikutip dalam TB Didi Supriadi,. 2014).

Tabel 5. Sifat fisik dan mekanik PLA

| NO | Sifat PLA | Keterangan |
|----|--|------------|
| 1 | Kerapatan | 1,25 |
| 2 | Titik Leleh (oC) | 173-178 |
| 3 | Kristanilitas (%) | 37 |
| 4 | Transisi gelas (Tg) (oC) | 60-65 |
| 5 | Regangan (%) | 9 |
| 6 | Tegangan permukaan (mN.nM) | 50 |
| 7 | <i>Tensile modulus (GPa)</i> | 2,7-16 |
| 8 | <i>Specific gravity (g/cm³)</i> | 1,23-1,30 |

Sumber: Averous, 2008 dikutip dalam TB Didi Supriadi,. 2014

2.2.1. Sifat mekanik plastik *biodegradable*

Sifat mekanik film plastik yang menjadi standar kekuatan dari film plastik yang umumnya terdiri dari kuat tarik, elongasi dan biasanya disebut sebagai sifat peregangannya. Uji tarik merupakan uji mekanik dasar yang digunakan untuk menentukan modulus elastisitas, batas elastis, elongasi, kekuatan tarik, titik luluh dan sifat tarik lainnya (Larson, 2010 dikutip dalam Nathiqoh Al Ummah, 2013).

2.2.2. Standar untuk plastik *biodegradable*

Pengujian sifat *biodegradable* bahan plastik dapat dilakukan menggunakan enzim, mikroorganisme dan uji penguburan. Metode uji standar dan protokol diperlakukan untuk menetapkan dan mengkuantifikasi degradabilitas dan biodegradasi polimer, dan konfirmasi dengan alam dari *breakdown* produk. Standar telah dibangun atau dibawah pembangunan oleh badan Standar Nasional

Amerika (ASTM); Eropa (CEN); Jerman (DIN); Jepang (JIS) dan Organisasi Standar Internasional (ISO) untuk mengevaluasi dan mengkuantifikasi *biodegradable* dibawah kondisi lingkungan/pembuangan yang berbeda seperti pengomposan, tanah, laut, Instalasi Pengolahan Air Limbah, dan *anaerobic digester*. Tidak ada perbedaan yang besar diantaranya. Standar ISO akan membawa semua standar tersebut dan menyediakan standar yang diterima secara global (Narayan, 1999). *American Society for Testing and Materials* (ASTM) mengeluarkan “Standar Spesifikasi untuk Plastik Dapat Dikompos” D6400-99. Standar ini menetapkan kriteria (spesifikasi) untuk plastik dan produk yang dibuat dari plastic untuk diberi label dapat dikompos. Standar tersebut menetapkan apakah plastik dan produk yang terbuat dari plastik dapat dikompos, termasuk biodegradasi pada tingkat yang sebanding dengan bahan yang diketahui dapat dikompos. (Narayan, 1999 dikutip dalam Nathiqoh Al Ummah, 2013) Lembaga standarisasi internasional (ISO) telah mengeluarkan metode standar pengujian sifat biodegradabilitas bahan plastik sebagai berikut:

- a. ISO 14851 :Penentuan biodegradabilitas aerobik final dari bahan plastik dalam media cair-Metode pengukuran kebutuhan oksigen dalam respirometer tertutup
- b. ISO 14852 : penentuan biodegradabilitas aerobik final dari bahn plastik dalam media cair-Metode Analisa karbondioksida yang dihasilkan.
- c. ISO 14855 : Penentuan biodegradabilitas aerobik final dan disintegrasi dari bahan plastik dalam kondisi komposting terkendali-Metode Analisa karbondioksida yang dihasilkan.
- d. ASTM 5338 : Standar Internasional mengenai lamanya film plastik terdegradasi.

2.3. Kandungan yang terdapat dalam tepung biji durian

Tanaman durian (*Durio zibethinus* Murr) termasuk dalam famili Bombaceae yang dikenal sebagai buah tropis basah asli Indonesia. Biji durian memiliki kandungan kalori yang tinggi, yaitu untuk 100 gram isi buah durian bisa memberikan 153 kalori.

Tabel 6. Komposisi gizi 100 gram biji durian dan kacang kedelai

| Komponen | Biji durian mentah | Biji durian setelah dimatang |
|-------------|--------------------|------------------------------|
| Kadar air | 51.5 % | 51.5 % |
| Lemak | 4 % | 2 – 2.3 % |
| Protein | 2.6 % | 1.5 % |
| Karbohidrat | 43.6 % | 46.2% |
| Abu | 1.9 % | 1.0 % |

Sumber: Nuraida Fitri, 2011 dikutip dalam Arlisha, Widya Fitri 2015

Pati atau amilum adalah karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau.



Gambar 4. Struktur kimia pati

Pati merupakan salah satu polisakarida yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan film plastik. Pati sering digunakan dalam industri pangan sebagai *biodegradable film* untuk menggantikan polimer plastik dengan alasan yaitu ekonomis, dapat diperbaharui, dan memberikan karakteristik fisik yang baik (Bourtoom, 2007).

Pati terdiri dari dua polisakarida, *amilosa* dan *amilopektin*, yang bisa dipisahkan menurut perbedaan kelarutan. Dimana *amilosa* membuat pati membentuk gel ketika dipanaskan dan molekul yang bercabang *amilopektin* yang membuat pati memiliki sifat lengket. Rasio amilosa dan amilopektin bervariasi untuk setiap jenis pati. Pati biji durian hasil ekstraksi memiliki rasio 14:74 yang hampir sama dengan pati tapioka, sehingga memungkinkan untuk dijadikan bahan baku dalam pembuatan plastik *biodegradable* (bioplastik). Pati memiliki ikatan asetal yang mudah sekali untuk diuraikan oleh mikroorganisme. Ada banyak daya tarik dalam kopolimer-kopolimer cangkok pati karena potensinya sebagai bahan pengemas yang bisa terbiodegradasi dan sebagai bahan pupuk pertanian, (kimia polimer cetakan pertama, 2001).

Selain itu, limbah kulit durian mengandung sel serabut dengan dimensi yang panjang serta dinding serabut yang cukup tebal sehingga akan mampu berikatan dengan baik apabila diberi bahan perekat sintetis atau bahan perekat mineral (Afif, 2007).



Gambar 5.Biji Durian

Biji durian merupakan bagian dari buah durian yang tidak dikonsumsi oleh sebagian besar masyarakat karena berlendir dan menimbulkan rasa gatal pada lidah. Selain itu, biji durian juga beracun karna mengandung asam lemak siklopropena.

Tabel 7. Analisis kimia pati biji durian dan pati sagu

| Analisis | Pati biji durian | Pati sagu | Pati singkong (**) |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------|
| Karbohidat (%) | 83,92 | 88,94 | 93,33 |
| Rasio amilosa/ amilopektin | 14/74 | 23/63 | 15/69 |
| Protein (%) | 4,76 | 0,35 | - |
| Lemak (%) | 0,38 | 0,04 | - |
| Abu (%) | 0,25 | 0,26 | 0,06 |
| Air (%) | 10,71 | 10,34 | 8,62 |
| Granula pati *) | 8 μ m sampai 10 μ m | 20 μ m sampai 60 μ m | - |

Sumber: *) Soebagio *et al.* 2009 dan **) Theresia 2003

2.4 Tepung Tapioka

Tepung tapioka atau tepung singkong, dan tepung kanji (dalam bahasa Jawa), atau aci sampeu (dalam bahasa Sunda) adalah tepung yang diperoleh dari umbi akar ketela pohon atau dalam bahasa Indonesia yaitu singkong. Tepung ini sering digunakan untuk membuat makanan dan bahan perekat.



Gambar 6. Tepung tapioka

Tepung tapioka adalah pati dari umbi singkong yang dikeringkan dan dihaluskan. Dalam tepung tapioka terdapat karbohidrat yang tinggi yang akan membuat kandungan pati dari tepung tapioka memiliki rasio amilosa dan amilopektin 15:69; pati kentang 21:79; sedangkan pati sagu 23:63 (Tongdang 2008). Didalam singkong terdapat kadar HCN (asam sianida) dimana jika disimpan dalam bentuk tepung tapioka dalam jangka yang lama, akan membuat kadar HCN turun drastis mencapai ambang batas aman bagi konsumen.

Tabel 8. Kandungan unsur gizi pada umbi singkong dan tepung tapioca per 100g bahan

| Kandungan unsur gizi | Singkong putih | Singkong kuning | Tepung tapioka |
|-------------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| Kalori (kal) | 146,00 | 157,00 | 362,00 |
| Protein (g) | 1,20 | 0,80 | 0,50 |
| Lemak (g) | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Karbohidrat (g) | 34,70 | 37,90 | 86,90 |
| Kalsium (mg) | 33,00 | 33,00 | 0,00 |
| Fosfor (mg) | 40,00 | 40,00 | 0,00 |
| Zat besi (mg) | 0,70 | 0,70 | 0,00 |
| Vitamin A (SI) | 0,00 | 385,00 | 0,00 |
| Vitamin B1 (mg) | 0,60 | 0,60 | 0,00 |
| Vitamin C (mg) | 30,00 | 30,00 | 0,00 |
| Air (g) | 62,50 | 60,00 | 12,00 |
| Bagian yang dapat dimakan (%) | 75,00 | 75,00 | 0,00 |

Sumber: Direktorat Gizi Depkes RI, 1981 dikutip dalam oleh Ir. M. Lies Suprpti, hal:7

2.4.1 Kualitas tepung tapioka

Pembuatan tepung tapioka dari singkong berwarna putih ataupun kuning memiliki perbedaan dalam hal tingkat keputihan, tingkat kehalusan, kadar air

tersisa, dan kandungan dalam singkong itu sendiri. Pada umumnya masyarakat kita mengenal dua jenis tapioka, yaitu tapioka kasar dan tapioka halus. Tapioka kasar masih mengandung gumpalan dan butiran ubi kayu yang masih kasar, sedangkan tapioka halus merupakan hasil pengolahan lebih lanjut dan tidak mengandung gumpalan lagi. Kualitas tapioka sangat ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu :

- a. Warna Tepung; tepung tapioka yang baik berwarna putih.
- b. Kandungan Air; tepung harus dijemur sampai kering benar sehingga kandungan airnya rendah.
- c. Banyaknya serat dan kotoran; usahakan agar banyaknya serat dan kayu yang digunakan harus yang umurnya kurang dari 1 tahun karena serat dan zat kayunya masih sedikit dan zat patinya masih banyak.
- d. Tingkat kekentalan; usahakan daya rekat tapioka tetap tinggi. Untuk ini hindari penggunaan air yang berlebih dalam proses produksi. (Tri Margono, dkk, 2000).

Tabel 9. Persyaratan standar kualitas tepung tapioka

| No. | Spesifikasi | AAA (terbaik) | AA (Baik) | A (sedang) |
|-----|----------------------|---------------|------------|------------|
| 1 | Tingkat keputihan | Minimal 95,5 | Minimal 92 | <92 |
| 2 | Kekentalan (*Engler) | 3-4 | 2,5-3 | <2,5 |
| 3 | Kadar air | 12-15% | | |
| 4 | Tingkat kehalusan | 100 mesh | 100 mesh | 100 mesh |
| 5 | Serat dan kotoran | negatif | negatif | negatif |

Sumber: Departemen Perindustrian, Jakarta 1976 dikutip dalam. M. Lies Suprpti, hal:7

2.5 *Plasticizer*

Plasticizer adalah senyawa adiktif yang ditambahkan kepada polimer untuk menambah elastisitas dan *workability*-nya. *Plasticizer* diaplikasikan terutama pada vinil resin seperti Polovinil Klorid (PVC).

Plasticizer bahan pelembut) adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan pada suatu produk dengan tujuan untuk menurunkan kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer. Pada pembuatan *biodegradable* plastik ini sangat diperlukan sekali

adanya plasticizer untuk memperoleh sifat film yang khusus (Zulisma Anita dkk, 2013).

2.5.1 Polivinil Alkohol (PVA) sebagai *Plasticizer*

Plasticizer suatu bahan dengan bobot molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud meningkatkan elastisitas. Penambahan PVA meningkatkan kuat tarik, elongasi, dan daya serap air. Penambahan pati menurunkan sifat mekanik serta menaikkan nilai uji biodegradable (Reta Ika sundari, 2015). Polivinil alkohol adalah salah satu dari beberapa polimer sintetik yang *biodegradable*.



Gambar 7. *Plasticizer* polivinil alkohol

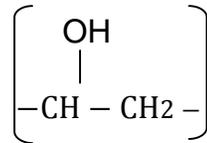
Fungsi *plasticizer* secara umum untuk meningkatkan permeabilitas *film* terhadap gas, uap air, dan zat-zat terlarut juga dapat menurunkan elastisitas dan daya kohesi *film* (Caner *et al.*, 1998 dikutip dalam Astuti, 2008).

Polivinil alkohol merupakan salah satu contoh film yang larut air, biasanya digunakan untuk produk yang akan dilarutkan dalam air; polietilen oksida, 13 mirip dengan polivinil alkohol, digunakan untuk kemasan tepung yang akan dilarutkan dalam air tanpa membuka dulu kemasannya; ionomer yang dapat digunakan untuk kemasan vakum pada bahan pangan (Julianti dan Nurminah, 2006)

Polivinil alkohol (PVA) terpilih sebagai peningkatkan sifat produk. PVA termasuk jenis polimer *biodegradable* dan larut dalam air yang digunakan dalam pengolahan tekstil, sering untuk nilon dan dalam pembuatan serat sebagai bahan baku untuk produksi serat PVA (Lin & Ku, 2008 sebagaimana dikutip Munthoub dan Rahman, 2011 dalam skripsi Dyah Listiyaningsih, 2013).

PVA adalah polimer sintetik yang larut dalam air dan tidak beracun dan berapa yang menyebutkan bahwa PVA merupakan *plasticizer*, serta dapat

terdegradasi secara alami atau *biodegradable*. Kelebihan dari PVA adalah banyak digunakan karena telah diproduksi massal (Putri, 2011). *Plasticizer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah polivinil alkohol. Polivinil alkohol merupakan salah satu turunan plastik disamping polietilen, polipropelin, polivinil klorida serta jenis polimer lainnya.



Gambar 8. Struktur polivinil alkohol

Sumber: TB Didi Supriadi, 2014

Polivinil alkohol (PVA) adalah polimer sintetik yang diproduksi oleh hidrolisis dari polivinil asetat. PVA bersifat nontoksik dan larut air, sehingga banyak digunakan di berbagai bidang, antara lain bidang medis dan farmasi. (Theresia Mutia, 2012).

Tabel 10. Karakteristik film Polivinil alkohol (PVA)

| NO | Karakteristik | PVA |
|----|-------------------------------|-----------|
| 1 | Kecerahan (%) | 60-66 |
| 2 | Kuat Sobek (N.mm-1) | 147-834 |
| 3 | Kuat Tarik (MN.m-2) | 44-64 |
| 4 | Perpanjangan (%) | 150-400 |
| 5 | Densitas (g/cm ³) | 1,19-1,31 |
| 6 | Titik Leleh (oC) | 180-240 |
| 7 | Titik Dekompos (oC) | 228 |

Sumber: Hodgkinson, 2000 dikutip dalam TB Didi Supriadi

Polivinil alkohol (PVA) berwarna putih bentuk seperti kristal gula, rasa hambar, tembus cahaya, tidak berbau dan larut dalam air dan merupakan salah satu polimer yang memiliki sifat hidrolik dan sebagai perekat. Dapat digunakan sebagai lapisan tipis yang sensitive dan telah banyak diaplikasikan dalam bentuk film, pembuatan bahan pelapis kertas, pada industri perekat dipakai sebagai perekat *plywood*.