

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biodegradable Film

*Biodegradable film* secara umum diartikan sebagai *film* yang dapat hancur secara alami oleh mikroorganisme. Menurut Liu *et al.* (2005), *biodegradable* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu : *biodegradable film*, *biodegradable coating*, dan *encapsulation*. *Biodegradable coating* merupakan jenis *film* yang langsung melapisi produk, sedangkan pada *biodegradable film* pembentukannya tidak secara langsung melainkan sebagai pelapis dan pengemas. *Encapsulation* ialah *biodegradable packaging* yang memiliki fungsi sebagai pembawa zat flavor berbentuk serbuk (Austin, 1985). *Biodegradable film* berfungsi sebagai penghambat perpindahan uap air, penghambat pertukaran gas, pencegah kehilangan aroma, pencegah perpindahan lemak, peningkatan karakteristik fisik, dan pembawa zat aditif.

Pembuatan *biodegradable film* perlu diamati karakteristiknya , secara umum antara lain kuat tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan (*elongation to break*), transmisi uap air (Harsunu, 2008) dan ketebalan (Gontard and Guilbert, 1992).

Kuat tarik merupakan gaya tarik maksimum yang ditahan oleh sebuah *film* sebelum *film* putus atau robek. Persen pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga *film* terputus. Nilai transmisi uap suatu jenis film digunakan untuk memperkirakan daya simpan

produk yang dikemas di dalamnya (Harsunu, 2008). Ketebalan dilakukan dengan pengukuran pada lima tempat yang berbeda. Tujuannya adalah untuk melihat pengaruh laju uap air, gas, senyawa volatil yang masuk ke dalam bahan (Gontard and Guilbert, 1992).

*Biodegradable film* merupakan plastik yang mudah terdegradasi atau terurai yang terbuat dari bahan terbarukan seperti pati, selulosa, dan metabolit hasil mikroorganisme (Ningsih, 2010). Pada kondisi dan waktu tertentu *biodegradable* akan mengalami perubahan dalam struktur kimianya yang dipengaruhi mikroorganisme seperti bakteri, alga, dan jamur. Berdasarkan proses pembuatannya, plastik yang mudah terurai dibedakan menjadi 3 tipe yaitu: plastik yang dihasilkan dari suatu bahan akibat kerja dari suatu jenis mikroorganisme, plastik yang dibuat berdasarkan hasil rekayasa kimia dari bahan polimer alami seperti serat selulosa dan bahan berpati (*amylosa*), dan plastik dengan bahan baku polimer sintetik sebagai hasil dari sintesis minyak bumi seperti polimer kopolimer (Griffin, 1994).

## **2.2 Bahan Utama Pembuatan Biodegradable Film**

Pembuatan *biodegradable film* memiliki beberapa komponen utama dalam penyusunannya yang terbagi menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lipida dan komposit. Hidrokoloid yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* berupa protein atau polisakarida. Bahan dasar protein dapat berasal dari jagung, kedelai, *wheat gluten*, *kasein*, kolagen, gelatin, *corn zein*, protein susu dan protein ikan. Polisakarida yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* adalah selulosa dan turunannya, pati dan turunannya, pektin, ekstrak ganggang laut

(alginat, karagenan, agar), gum (gum arab dan gum karaya), xanthan, kitosan dan lain-lain. Beberapa polimer polisakarida yang banyak diteliti akhir-akhir ini adalah pati gandum (*wheat*), jagung (*corn starch*) dan kentang. Lemak yang umum digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* adalah lilin alami (*beeswax, carnauba wax, paraffin wax*), gliserol, asam lemak (asam oleat dan asam laurat) serta emulsifier. Komposit adalah bahan yang didasarkan pada campuran hidrokoloid dan lipida (Donhowe dan Fennema, 1994).

Proses pembuatan *biodegradable film* menggunakan bahan tambahan yang digunakan salah satunya ialah *plasticizer*. *Plasticizer* adalah bahan non volatil bertitik didih tinggi, jika ditambahkan pada material lain dapat mengubah sifat material menjadi lebih plastis. *Plasticizer* berfungsi untuk mengurangi kerapuhan film, meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut serta meningkatkan plastis (Gontard and Guilbert, 1992). Beberapa jenis *plasticizer* yang dapat digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* antara lain gliserol, lilin lebah, polivinil alkohol dan sorbitol (Julianti dan Nurminah, 2006).

Penggunaan gliserol sebagai *plasticizer* sangat dibutuhkan dalam pembuatan *biodegradable film*. Selain itu, gliserol yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* sebagai *plasticizer* terdapat bahan tambahan lain yang digunakan yaitu *stabilizer*. *Stabilizer* adalah zat yang dapat menstabilkan, mengentalkan, dan memekatkan bahan yang dicampur dengan air. *Stabilizer* yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* adalah karboksimetil selulosa (CMC).

### 2.3 Proses Produksi *Biodegradable film*

Pembuatan *biodegradable film* menggunakan metode pembuatan film plastik *biodegradable* yaitu *melt intercalation* yaitu teknik *inversi* fasa dengan penguapan pelarut setelah proses pencetakan yang dilakukan pada plat kaca. Metode pembuatan ini didasarkan pada prinsip termodinamika larutan dimana keadaan awal larutan stabil kemudian mengalami ketidakstabilan (*demixing*), dari cair menjadi padat. Proses pemadatan diawali *transisi* fase cair ke fase dua cairan (*liquid-liquid demixing*) sehingga pada tahap tertentu fase akan membentuk padatan (Pamalia dkk., 2014).

Pembuatan *biodegradable film* dapat dibuat dengan bermacam bahan baku seperti selulosa dan pati dengan bahan tambahan *plasticizer* dan *stabilizer* yang dapat menguatkan karakteristik dari *biodegradable film* (Ningsih, 2015). Pada proses produksinya bahan utama ditambahkan dengan bahan pendukung yaitu *plasticizer* dan *stabilizer* dan dipanaskan dengan suhu 70-83°C dalam waktu 22 menit. Campuran harus selalu dijaga suhu gelatinisasinya dengan pengukuran menggunakan termometer agar tidak terjadi flok-flok yang dapat mempengaruhi sifat dari *biodegradable film* (Pamalia dkk., 2014).

Setelah homogen larutan didiamkan pada suhu kamar, kemudian di vakum selama 20 menit untuk menghilangkan kandungan air dan oksigen yang masih tersisa. Sebelum campuran film plastik dicetak di atas plat kaca, larutan harus didiamkan selama 24 jam untuk menghilangkan gelembung udara yang masih tersisa. Jika gelembung tidak bisa dihilangkan maka lapisan yang terbentuk akan mudah *terdeformasi* (rusak) karena terdapat *pinhole* di dalam lapisan. Setelah didiamkan

selama 24 jam, selanjutnya dilakukan proses pencetakan *biodegradable film*. Proses pencetakan dilakukan dengan cara menuangkan di atas plat kaca berukuran 20x20 cm yang telah dibersihkan dengan alkohol 96%. Kemudian *biodegradable film* dikeringkan di dalam oven selama 6 jam pada 83°C dan dikeringkan pada suhu kamar (Pamilia dkk., 2014).

## 2.4 Karakteristik *Biodegradable Film*

Secara umum karakteristik dari *biodegradable film* ialah terdiri dari kuat tarik (*puncture strength*), persen pemanjangan (*elongation to break*), transmisi uap air dan ketebalan (Harsunu, 2008).

### 1. Kuat tarik

Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah *film* sebelum *film* putus atau robek. Kuat tarik menggambarkan gaya maksimum yang terjadi pada *film* selama pengukuran berlangsung. Hasil pengukuran kuat tarik berhubungan erat dengan konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan pada proses pembuatan *film* (Harsunu, 2008). Besarnya kuat tarik berhubungan erat dengan jumlah *plasticizer* yang ditambahkan dalam proses pembuatan *biodegradable film*. Standar kuat tarik yang harus dicapai pada *biodegradable film* sebesar 56-100 MPa dengan menggunakan bahan baku yang berdasar dari sumber daya alam.

### 2. Persen pemanjangan

Persen pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga *film* terputus. Umumnya *plasticizer* dalam jumlah lebih besar akan membuat nilai persen pemanjangan suatu *film* meningkat lebih besar

(Harsunu, 2008). Standar persen pemanjangan yang harus dicapai pada *biodegradable film* sebesar 10-20% menurut standar plastik internasional (ASTM 5336).

### 3. Permeabilitas uap air

Nilai laju transmisi uap air suatu jenis film digunakan untuk memperkirakan daya simpan produk yang dikemas di dalamnya. Nilai laju transmisi uap juga digunakan untuk menentukan produk atau bahan pangan apa yang sesuai untuk kemasan tersebut (Harsunu, 2008). Menurut Japanese Industrial Standard (JIS) dalam Mindarwati (2006) plastik film yang baik untuk kemasan makanan adalah film yang mempunyai nilai permeabilitas uap air maksimal  $7 \text{ gr/m}^2/\text{hari}$ .

### 4. Ketebalan

Ketebalan bertujuan untuk melihat pengaruh tebal *biodegradable film* terhadap laju uap, air, dan gas yang masuk ke dalam bahan. Semakin tebal *biodegradable film* yang dihasilkan maka kemampuan untuk menghambat laju uap, air, dan gas akan semakin baik. Namun apabila terlalu tebal akan berpengaruh terhadap kenampakan. Standar ketebalan pada *biodegradable film* sebesar 0,25 mm (Gontard and Guilbert, 1992).

Karakteristik *biodegradable film* yang baik mampu mendekati karakteristik kemasan berbahan baku petrokimia. Bahan pengemas yang sering digunakan ialah polietilen. Polietilen memiliki sifat yang lunak transparan, fleksibel serta mempunyai kekuatan benturan dan kekuatan sobek yang baik. Polietilen memiliki sifat permeabilitas yang rendah dan sifat mekanik yang baik pada

ketebalan 0,00254 sampai 0,0254 mm sehingga digunakan sebagai bahan pengemas (Harumningtyas, 2010).

## 2.5 Melon

Melon (Gambar 1) merupakan salah satu jenis buah-buahan yang amat potensial untuk memenuhi kebutuhan hidup dalam penyediaan bahan makanan bergizi.

Melon (*Cucumis melo L.*) merupakan tanaman buah termasuk familia Cucurbitaceae, banyak yang menyebutkan buah melon berasal dari lembah panas Persia atau daerah Mediterania yang merupakan perbatasan antara Asia Barat dengan Eropa dan Afrika. Tanaman ini akhirnya tersebar luas ke Timur Tengah dan ke Eropa. Pada abad ke-14 melon dibawa ke Amerika oleh Colombus dan akhirnya ditanam luas di Colorado, California, dan Texas. Melon tersebar ke seluruh penjuru dunia terutama di daerah tropis dan subtropis termasuk Indonesia.

Tanaman melon termasuk dalam kelas tanaman biji berkeping dua. Klasifikasi tanaman melon adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Superdivisio	: <i>Spermatophyta</i>
Divisio	: <i>Magnoliophyta/Spermatophyta</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida/Dicotyledoneae</i>
Subkelas	: <i>Dilleniidae</i>
Ordo	: <i>Violales</i>
Familia	: <i>Cucurbitaceae</i>
Genus	: <i>Cucumis</i>
Spesies	: <i>Cucumis melo L.</i>



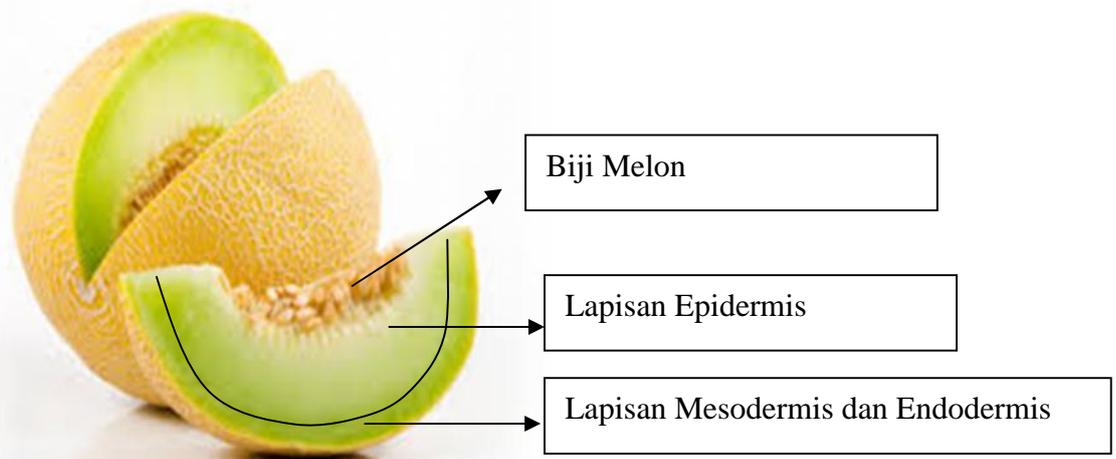
Gambar 1. Buah Melon  
Sumber : [solusi-budidaya.blogspot.com](http://solusi-budidaya.blogspot.com)

Melon merupakan salah satu jenis buah yang memiliki kandungan air yang tinggi sebesar 95%. Buah melon kaya akan kandungan vitamin A, B kompleks dan C serta mineral kalium dan magnesium. Melon mengandung gula yang tinggi yang berfungsi sebagai anti kanker. Buah melon banyak mengandung Vitamin A, B dan C serta mengandung protein, kalsium dan fosfor (Bangun, 2004).

## **2.6 Limbah Daging Buah Melon**

Secara umum buah melon dibagi menjadi tiga penyusun lapisan kulit yaitu lapisan epidermis, mesodermis, dan endodermis. Buah melon tampak terdiri atas kulit buah, daging buah, dan biji. Kulit buah melon meskipun tidak terlalu tebal (1-2 mm), tetapi keras dan liat. Kulit ini tersusun dari lapisan epidermis, mesodermis, dan endodermis. Lapisan epidermis (kulit luar) umumnya berjaring, lapisan mesodermis memiliki ketebalan 1mm dan lapisan endodermis berbatasan langsung dengan daging buah.

Lapisan mesodermis dan endodermis ini berwarna hijau tua yang membedakannya dengan daging buah yang berwarna hijau muda kekuningan atau jingga. Diantara rongga terdapat sekumpulan biji melon yang terbalut dalam plasenta berwarna putih. Berdasarkan warna daging buahnya melon dibedakan menjadi melon yang daging buahnya berwarna hijau muda kekuningan, kuning keputihan, dan jingga. Ketiga lapisan kulit tersebut yang terdapat pada (Gambar 2), lapisan mesodermis dan endodermis memiliki kenampakan warna yang jauh lebih tua dibandingkan dengan daging buah yang dikonsumsi. Bagian tersebut merupakan limbah yang terbuang dari buah melon yang dimanfaatkan untuk dijadikan bahan baku pembuatan *biodegradable film*. Pembuatan *biodegradable film* dibutuhkan selulosa pada bahan yang cukup tinggi. Buah melon memiliki komposisi serat sebagai berikut (Whikoto, 2007).



Gambar 2. Bagian-bagian buah melon  
Sumber :karakteristikBuahMelon.blogspot.com

Tabel 1. Komposisi serat pada buah melon

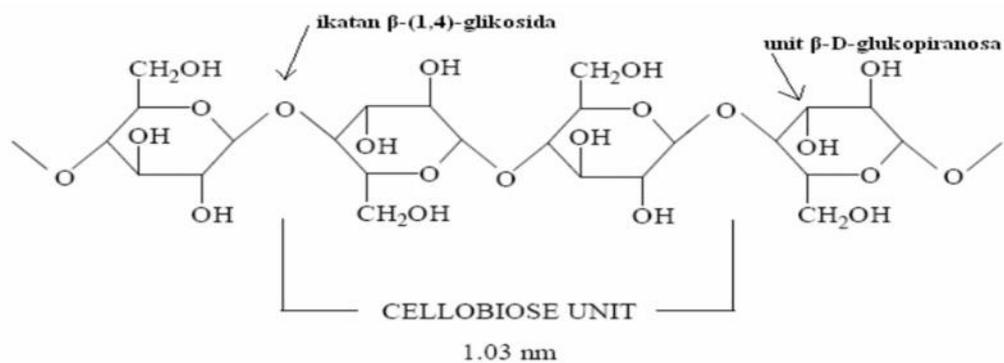
Komposisi serat melon	Persentase
Selulosa	63%
Hemi Selulosa	19%
Pectin	1,50%
Lignin	0,90%
Zat-zat yang terlarut dalam air	8%
Lilin dan Lemak	0,10%

Sumber : (Whikoto, 2007).

## 2.7 Selulosa

Selulosa (Gambar 3) merupakan serat-serat panjang yang bersama lignin dan hemiselulosa membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman (Winarno, 1995). Isolasi selulosa sangat dipengaruhi oleh senyawa yang menyertai di dalam dinding sel. Selulosa tersusun dari unit-unit glukosa yang tersambung dengan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik membentuk suatu rantai makromolekul tidak bercabang. Setiap unit glukosa memiliki tiga gugus hidroksil (Zugenmaier, 2008).

Gugus hidroksil tersebut memungkinkan selulosa membentuk banyak ikatan hidrogen. Hal ini menyebabkan kekakuan dan gaya antar rantai yang tinggi sehingga selulosa tidak larut dalam air (Billmeyer, 1987). Pasangan- pasangan molekul selulosa tersebut saling berikatan satu sama lain dengan ikatan hidrogen membentuk mikrofibril yang bersifat seperti kristal sehingga mempunyai kekuatan renggang yang tinggi.

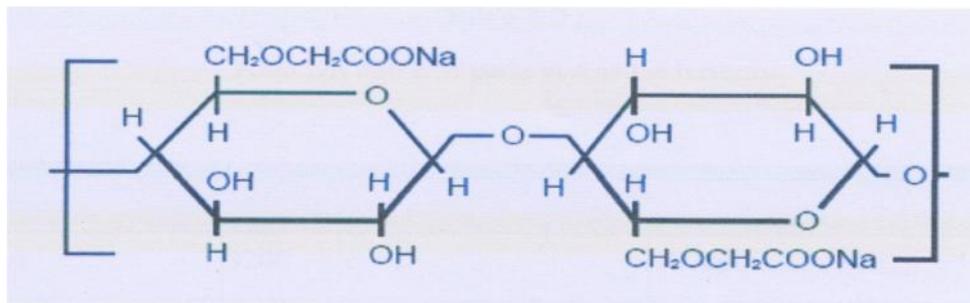


Gambar 3. Struktur selulosa (Zugenmaier, 2008)

Turunan selulosa telah digunakan secara luas dalam sediaan farmasi seperti etil selulosa, metil selulosa, karboksimetil selulosa, dan dalam bentuk lainnya yang digunakan dalam sediaan oral, topikal, dan injeksi. Sebagai contoh, karboksimetil selulosa merupakan bahan utama dari Seprafilm<sup>TM</sup>, yang digunakan untuk mencegah adesi setelah pembedahan. Baru-baru ini, penggunaan selulosa mikrokristal dalam emulsi dan formulasi injeksi semipadat telah dijelaskan. Penggunaan bentuk-bentuk selulosa dalam sediaan disebabkan sifatnya yang inert dan biokompatibilitas yang sangat baik pada manusia (Zugenmaier, 2008).

## 2.8 CMC

Karboksimetil selulosa (Gambar 4) merupakan eter polimer linier dan berupa senyawa yang memiliki sifat *biodegradable*, tidak berbau, tidak berwarna, tidak beracun, butiran atau bubuk yang larut dalam air, memiliki rentang pH sebesar 6,5-8,0. CMC berasal dari selulosa kayu dan kapas yang diperoleh dari reaksi antara selulosa dengan asam monokloroasetat dengan katalis berupa senyawa alkali. CMC juga merupakan senyawa serbaguna yang memiliki sifat penting seperti kelarutan, reologi dan adsorpsi dipermukaan (Deviwings, 2008).



Gambar 4. Struktur CMC (Carboxyl Methyl Cellulose)

Sumber : Netty, 2010

Sifat dari CMC ialah mudah larut dalam air dingin maupun panas. Selain itu juga CMC dapat membentuk lapisan pada suatu permukaan. Sifat pada CMC diantaranya yaitu bersifat stabil terhadap lemak dan tidak larut dalam pelarut organik, baik sebagai bahan penebal, sebagai zat inert, dan bersifat sebagai pengikat. Berdasarkan sifatnya maka CMC dapat digunakan sebagai bahan *aditif* pada produk minuman dan juga aman untuk dikonsumsi. CMC mampu menyerap air yang terkandung dalam udara dimana banyaknya air yang terserap dan laju penyerapannya bergantung pada jumlah kadar air yang terkandung dalam CMC serta kelembaban dan temperatur udara disekitarnya. Kelembaban CMC yang diijinkan dalam kemasan tidak boleh melebihi 8 % dari total berat produk (Netty, 2010).

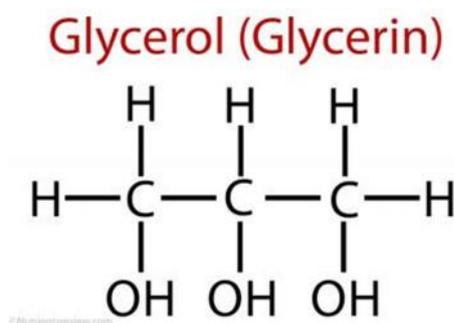
## 2.9 Gliserol

Gliserol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis, tidak berwarna, larutan kental dengan titik lebur  $20^{\circ}\text{C}$  dan memiliki titik didih yang tinggi yaitu  $290^{\circ}\text{C}$  dengan rumus  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ . Gliserol merupakan bahan tambahan yang dicampurkan

pada pembuatan *biodegradable film* bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik. Sifat mekanik sangat penting dalam pengemasan dan penyimpanan produk terutama dari faktor mekanis seperti tekanan fisik (jatuh dan gesekan), getaran, benturan antara bahan dengan alat atau wadah selama penyimpanan dan pendistribusian (Harsunu, 2008).

Gliserol merupakan salah satu *plastizer* yang berfungsi mengurangi kerapuhan pada *biodegradable film*. Penggunaannya dapat meningkatkan plastisitas *biodegradable film*, menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimer sehingga film akan lentur dan plastis (Ningsih, 2015). Gliserol adalah *plasticizer* yang dapat larut dalam air, memiliki titik didih tinggi, polar, *non volatil*, dan dapat bercampur dengan protein. Gliserol merupakan molekul hidrofilik dengan berat molekul rendah, mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan dengan gugus reaktif protein. Sifat-sifat tersebut yang membuat gliserol dapat dijadikan *plasticizer*. Beberapa jenis *plasticizer* yang dapat digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* antara lain gliserol, lilin lebah, polivinil alkohol dan sorbitol (Julianti dan Nurminah, 2006).

Gliserol adalah senyawa golongan alkohol *polihidrat* dengan 3 buah gugus hidroksil dalam satu molekul (*alkohol trivalen*). Gliserol memiliki berat molekul 92,1 g/mol dan massa jenis 1,23 g/cm<sup>3</sup>. Gliserol terdapat pada lemak hewani dan minyak nabati sebagai ester gliserin dari asam palmitat dan oleat. Struktur gliserol disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur gliserol  
Sumber: Winarno, 1997

## 2.10 Plastik Sintetik

Plastik sintetik merupakan bahan kemasan yang berasal dari polimer. Beberapa jenis kemasan plastik sintetik yang terkenal adalah polietilen, polipropilen, poliester, nilon dan vinil klorida. Sedangkan yang paling banyak digunakan dalam industri makanan adalah polietilen. Polietilen merupakan plastik yang lunak, transparan, fleksibel dan mempunyai kekuatan benturan serta memiliki kekuatan sobek yang baik. Pemanasan polietilen akan menyebabkan plastik ini menjadi lunak dan cair pada suhu 110°C.

Polietilen memiliki sifat permeabilitas yang rendah dan sifat mekanik yang baik pada ketebalan 0,001-0,01 inch sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengemas makanan. Plastik polietilen termasuk golongan termoplastik sehingga dapat dibentuk menjadi kantung dengan derajat kerapatan yang baik. Selain jenis plastik polietilen juga terdapat banyak jenis plastik. Data dari Dotmar Engineering plastics product (2011) untuk penggunaan tipe plastik tertentu digunakan sesuai dengan kuat tarik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kuat tarik (MPa) of dotmar engineering thermoplastics

Product Name	Plastic Type	Kuat tarik (MPa)
Torlon 4203 & 4503	PAI Polyamide-imide	120
Ketron PEEK-1000	PEEK Polyetheretherketone	110
PEI-1000	PEI Polyetherimide	105
Ertalon 66GF-30	Nylon	100
Ertalon 4.6	Nylon	100
Torlon 5530	PAI Polyamide-imide	95
Nylatron GS	Nylon	92
Ertalylte	PETP Polyester	90
Ketron PEEK-GF30	PEEK Polyetheretherketone	90
Ertalon 66SA	Nylon	90
Ertalon 6PLA	Nylon	85
Ertalon 6XAU+	Nylon	83
Nylatron MC901	Nylon	81
Torlon 4301 & 4501	PAI Polyamide-imide	80
PSU-1000	PSU Polysulphone	80
Nylatron GSM	Nylon	78
Ertalylte TX	PETP Polyester	76
Ertalon 6SA	Nylon	76
PPSU-1000	PPSU Polyphenylenesulphone	76
Ketron PEEK-HPV	PEEK Polyetheretherketone	75
Techtron HPV PPS	PPS Polyphenylene Sulphide	75
Ertalon LFX	Nylon	70
Ertacetal C	Acetal	68
Nylatron 703XL	Nylon	66
Safeguard Hardcoat XX	PC Polycarbonate	65
Safeguard	PC Polycarbonate	65
Trovidur EN PVC	PVC Polyvinylchloride	55
PVDF 1000	PVDF Polyviylidene fluoride	50
Tetco V	PTFE Polytetrafluoroethylene	36
Polystone 500	PE Polyethylene	28
Tetron S	PTFE Polytetrafluoroethylene	28
Polystone PP	PP Polypropylene	26
Tetron HG	PTFE Polytetrafluoroethylene	25
Polystone Ezyslide 78	PE Polyethylene	20
Polystone Ultra	PE Polyethylene	20
Polystone M-Slide	PE Polyethylene	20
Polystone 7000SR	PE Polyethylene	20
Polystone M-Flametech	PE Polyethylene	18
Tetron C	PTFE Polytetrafluoroethylene	17.6
Tetron G	PTFE Polytetrafluoroethylene	17
Tetron LG	PTFE Polytetrafluoroethylene	11.7
Playtec	PE Polyethylene	,