Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

BAB II

KAJIAN TEORITIS

A. Singkong (*Manihot utilissima*)

Ubi kayu atau ketela pohon atau Cassava sudah lama dikenal dan ditanam oleh penduduk di dunia. Nikolai Ivanovich Vavilov, seorang ahli botani Soviet, memastikan sentrum (tempat asal) plasma nutfah tanaman ubi kayu adalah Brazil (Amerika Selatan).[18] Singkong ditanam secara komersial di Indonesia pada masa pemerintahan Hindia Belanda pada abad ke-18 setelah sebelumnya diperkenalkan orang Portugis pada abad ke-16 ke Nusantara.[19] Penyebaran tanaman ketela pohon ke seluruh wilayah di Indonesia terjadi antara tahun 1914-1918.Saat itu, tanaman ini menjadi alternatif pengganti makanan pokok. Bahkan pada tahun 1968, Indonesia pernah menjadi negara penghasil ketela pohon terbesar ke-5 di dunia[20].

Gambar II. 1: Singkong (*Manihot utilissima*)

Dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan, kedudukan tanaman ubi kayu diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae (tumbuh-tumbuhan)

Divisi : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)

[18]*Op. cit*. h. 11

[19]Emil salim. *Mengolah Singkong menjadi tepung Mocaf Bisnis Produk Alternatif Pengganti Terigu.* Yogyakarta: LILY PUBLISHER. 2011. h. 24.

[20]Khabib Bashori. *Aneka Olahan dari Ketela Pohon*. Klaten: Macana Jaya Cemerlang. 2007. h. 1-2.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Subdivision : Angiospermae (berbiji tertutup)

Kelas : Dicotyledonae (biji berkeping dua)

Ordo : Euphorbiales

Family : Eurphobiaceace

Genus : Manihot

Spesies : *Manihot esculenta* Crantz sin. *M. utilissima* Pohl.

Suku jarak-jarakan (*Eurphobiaceace*) mempunyai kerabat dekat cukup banyak, diantaranya adalah karet (*Hevea brasiliensis* Muell) dan jarak (*Ricinus communis*).[21] Singkong termasuk tanaman perdu berbatang lunak atau getas (mudah patah). Singkong berbatang bulat dan bergerigi yang terbentuk dari bekas pangkal tangkai daun bagian tengahnya bergabus.[22].

Singkong (*Manihot utilissima)* merupakan sumber bahan makanan ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung. Singkong memiliki periode kematangan yang berbeda-beda akibatnya periode panen juga beragam sehingga dihasilkan singkong yang memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda-beda. Namun, secara umum kandungan nutrisi singkong adalah sebagai berikut

Tabel II. 1: Komposisi Singkong (per 100 gram bahan)

No	Komponen	Kadar
1	Kalori	146. 00
2	Air	62. 50
3	Fosfor	40. 00
4	Karbohidrat	34.00
5	Kalsium	33. 00
6	Vitamin C	30. 00 mg
7	Protein	1.2 gram
8	Besi	0.7 mg

[21]Anggota IKAPI. *Ubi Kayu*. Yogyakarta: Kasinus. 1997. h. 19
[22]*Op. cit*. h. 20

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Secara umum singkong memiliki karakteristik kadar air (60,67%), berat jenis (1,15g/ml), kadar pati (35,93%), rendemen pati (18,94%), kadar air pati (8,17%), kadar amilosa (18,03%), dan amilopektin (81,97%), serta tingkat konversi pati menjadi glukosa secara enzimatis (64,92%).

Tabel II. 2: Kandungan zat gizi pada kulit singkong per 100 gram

No	Kandungan zat gizi pada singkong	Gram
1	Protein	8,11
2	Lemak	1,29
3	Pektin	0,22
4	Serat kasar	15,20
5	Kalsium	0,63
6	Karbohidrat	64,6

(Sumber: R, Rukmana, 1986)[23]

Kulit ubi kayu mengandung bahan alami seperti pati dan protein. Pati merupakan polisakarida yang banyak ditemukan pada kulit singkong. Kadar pati dalam kulit singkong sebesar 50% dari kandungan pati pada umbinya.

B. Zink Oksida (ZnO)

Seng oksida adalah sebuah senyawa anorganik dengan formula ZnO. Biasanya terlihat dalam bentuk bubuk putih, dan hampir tidak laut dalam air. ZnO mempunyai dua struktur kristal yang berbeda yaitu *blended* dan *wurtzite*.[24] ZnO dengan struktur *wurtzite* dimana Zn sebagai kation dan O sebagai anion membentuk koordinasi tetrahedral. ZnO juga bersifat antimokroba dan transparan jika digunakan sebagai material *packaging*.

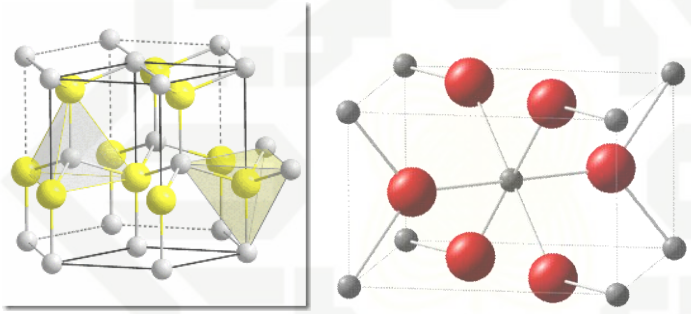
[23]R. Rukmana. *Budidaya ubi kayu dan pasca panen.* Jakarta: Kasinus.1986. h. 18

[24]Wang Z,L. Op,cit.. h. 25

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ZnO juga dibutuhkan oleh tubuh sekitar 15 mg per harinya. Sayangnya dalam jumlah filler yang kecil, total interface antara polimer matriks dengan filler jauh lebih kecil saat proses interkalasi berlangsung. *Melt-intercalation* dari rantai poliaktida akan membentuk sudut inklinasi untuk masuk ke ruang bagian dalam lapisan (*host*) dari filler sehingga akan mempermudah masuknya bahan pengisi kedalam matriks polimer.

Penggabungan ZnO untuk film pati menurun terhadap kelembaban plastik karena sifat hidrofobik ikatan tersebut.Berikut struktur ZnO *blanded* dan *wurtzite.*



Gambar II. 2: Struktur Kristal *wurtzite* dan *blanded*

C. Plastik *Biodegradable*

Plastik *biodegradable* merupakan jenis plastik yang terbuat dari biopolimer. Biopolimer adalah polimer yang tersusun atas biomassa yang dapat diperbarui. Sebenarnya, penggunaan biomassa sebagai bahan dasar plastik *biodegradable* bukan suatu hal yang baru. Sejarah plastik *biodegradable* dapat ditelusuri hinnga tahun 1900 pada saat pebisnis Henry Ford mengembangkan metode plastik *biodegradable* dari kacang kedelai untuk digunakan sebagai plastik pada mobil. Penggunaan plastik *biodegradable* menurun selama perang dunia, namun sekarang plastik *biodegradable* mendapat popularitasnya kembali.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada umumnya, plastik *biodegradable* dapat dikategorikan menjadi dua kelompok besar berdasarkan sumber penyusun biopolimer. Kedua kelompok tersebut adalah biopolimer yang sudah ditemukan di dalam organisme hidup dan biopolimer yang harus dipolimerisasi terlebih dahulu. Biopolimer yang sudah ditemukan di dalam organisme hidup antara lain adalah pati. Pati merupakan polimer, yang ditemukan di jaringan tumbuhan dan tersusun atas rantai panjang glukosa. Sedangkan biopolimer yang harus dipolimerisasi terlebih dahulu adalah asam laktat, yang merupakan salah satu molekul yang dapat dipolimerisasi guna menghasilkan suatu biopolimer. Selain penyusunnya, perbedaan antara plastik *biodegradable* dengan plastik biasa adalah biodegrability atau tingkat penguraian plastik *biodegradable* yang dapat terdegradasi dengan lebih mudah daripada plastik biasa. [25]

1. Analisis yang dilakukan pada plastik *biodegradable*

Analisis yang dilakukan pada plastik *biodegradable* meliputi analisis fisik dan kimia. [26]

1) Analisis fisik

a) Laju Transmisi Uap Air (*Water Vapor Transmission Rate*)

Laju transmisi uap air adalah jumlah uap air yang hilang persatuan waktu dibagi dengan luas area plastik *biodegradable***.** Laju transmisi uap air menentukan permeabilitas uap airplastik *biodegradable*.[27] Menurut

[25]Andira Rahmawati. *Op. cit*

[26]Daman Huri. *Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Ampas Kulit Apelterhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Edible film.* Malang : Jurnal Pangan dan Agroindustri. 2014. h. 32.

[27]Khusnul Khotimah. *Karakterisasi Edible film dari Pati Singkong (Manihot utilissima Pohl)*. Skripsi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. 2006. h. 7.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

standar JIS (*Japan International Standard*) 1975, nilai laju transmisi uap airmaksimalyaitu 10 g/m^2.24 jam.

2) Analisis kimia

a) Analisis kadar air

Kadar air merupakan parameter penting untuk menentukan efek *plasticizing* air pada plastik *biodegradable*.[28] Respon kadar air dikehendaki di bawah 20% sesuai dengan persyaratan SNI (Standar Nasional Indonesia), dengan rentang 7-8% dihasilkan plastik *biodegradable* yang tidak terlalu kering sehingga tidak rapuh dan tidak lembab, selain itu kadar air yang tinggi rentan terhadap pertumbuhan mikroba.[29]

b) Uji Biodegradasi

Biodegradasi adalah penyederhanaan sebagian atau penghancuran seluruh bagian struktur molekul senyawa oleh reaksi-reaksi fisiologis yang dikatalisis oleh mikroorganisme.

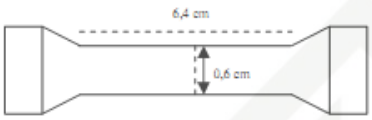
Uji biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui apakah suatu bahan dapat terdegradasi dengan baik dilingkungan. Proses biodegradabilitas dapat terjadi dengan proses hidrolisis (degradasi kimiawi), bakteri/jamur, enzim (degradasi enzimatik), oleh angin dan abrasi (degradasi mekanik), cahaya (fotodegradasi).

[28]Daman Huri, *Op. Cit*. h. 33.
[29]Moch. Futuchul Arifin. *Formulasi Edible film Ekstrak Daun Sirih* (*Piper betle L.)Sebagai Antihalitosis*. Jakarta : Kongres Ilmiah ISFI XVII. 2009. h. 10.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

c) Kuat tarik, elongasi dan modulus young

Pengujian sifat mekanik sampel meliputi uji kuat tarik dan uji elongasi. Film plastik dipotong sesuai dengan standar ASTM-D638 seperti ditunjukkan pada Gambar II.3.



Gambar II. 3: Bentuk Spesimen Uji Kekuatan Tarik

Pengujian dilakukan dengan cara kedua ujung sampel dijepit mesin penguji *tensile.* Selanjutnya dicatat panjang awal dan ujung tinta pencatat diletakkan pada posisi 0 pada grafik. Dinyalakan *knob start*dan alat akan menarik sampel sampai putus dan dicatat gaya kuat tarik (F) dan panjang setelah putus. Pengukuran elongasi dan modulus Young dilakukan dengan mara yang sama dengan pengujian kuat tarik.[30]

D. Polimer

1. Pengertian Polimer

Polimer merupakan molekul besar yang terbentuk dari unit-unit berulang sederhana. Nama ini diturunkan dari bahasa Yunani, *poly* berarti banyak, dan *mer* berarti bagian. Unit ulang ini bersifat ekivalen atau hampir ekivalen dengan monomer, yaitu bahan dasar polimer yang bersangkutan.

Reaksi penggabungan monomer menjadi polimer disebut polimerisasi.

Monomer + Monomer $\xrightarrow{\text{polimerisasi}}$ Polimer

[30]Susilawati, Mustafa, I, dan Maulina, Desi. *Biodegradable Plastic From A Mixture Of Low Density Polyethylene (LLDPE) And Cassava Starch with The Addition Of Acrylic Acid.Jurnal Natural*. 2011. h. 69-73

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Misalnya polietilena, dibentuk melalui polimerisasi molekul etilena.

$CH_2=CH_2 \longrightarrow (-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-)$

Etilena polietilena

Jumlah unit ulang pada setiap rantai polimer disebut derajat polimerisasi yang biasanya disingkat DP. Untuk nilai DP yang rendah, polimer yang terbentuk dinamakan oligomer (oligo=kecil).

a. Komposisi

Berdasarkan jenis dan susunan unit ulang dalam rantainya, polimer dapat digolongkan sebagai homopolimer dan kopolimer.

1) Homopolimer

Polimer ini merupakan susunan ulang dari satu jenis monomer saja, misalnya monomer A seperti contoh reaksi berikut :

A $\xrightarrow{\text{polimerisasi}}$ A-A-A-A-A-A[31]

2) Kopolimer

Kopolimer dibentuk melalui polimerisasi lebih dari satu monomer.[32] Jenis kopolimer dapat juga dibedakan atas dasar susunan unit ulang dalam kopolimer. Bila A dan B adalaah unit ulang dari dua jenis monomer, maka kopolimer yang terbentuk dapat terbentuk :

a) Kopolimer acak

-A-B-A-A-B-A-B-A-B-B-A-B-A-A-B-B-A-A-

Distribusi unit ulang A dan B tidak teratur sepanjang rantai polimer.

[31] *Ibid*, hlm. 9.
[32] Yayan Sunarya, *Op. Cit.*, hlm. 509.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

b) Kopolimer blok

-A-A-A-A-A-B-B-B-B-B-B-A-A-A-A-A-A-A-A-

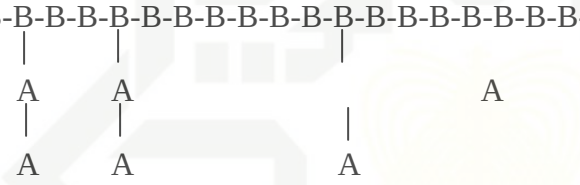
Homopolimer A terikat secara kimia dengan homopolimer B

c) Kopolimer bergantian

-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-

Unit ulang A selalu berikatan dengan unit ulang B dan demikian pula sebaliknya.

d) Kopolimer cangkok



Pada bagian-bagian tertentu dari rantai utama yang merupakan homopolimer A, terikat homopolimer B.[33]

2. Penggolongan Polimer

Polimer dapat digolongkan dalam berbagai golongan, berdasarkan pada asal, struktur, sifat termal, kristalinitas, komposisi, dan penggunaannya.

b. Asal

Berdasarkan asalnya polimer dapat digolongkan dengan polimer alam dan sintetik. Selulosa, karbohidrat, dan karet berasal dari tumbuhan, sedangkan protein dan sutera berasal dari hewan. Sebagian besar dari polimer yang merupakan bahan baku material konstruksi dibentuk dengan

[33] Emriadi, *Op. Cit*., hlm. 10.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

reaksi kimia sehingga disebut polimer sintetik. Sebagai contoh adalah polietilena, polistirena, dan nilon.[34]

c. Struktur

Berdasarkan strukturnya, dikenal 4 jenis polimer, yaitu :

1) Polimer linier, pada polimer jenis linier ini, unit ulangnya terikat satu sama lain, pada ujung-ujung terbentuk rantai linier.
2) Polimer bercabang, polimer bercabang mempunyai beberapa unit ulang yang membentuk cabang pada rantai utama.
3) Polimer berikatan silang, pada jenis polimer ini, rantai polimer terikat satu sama lain pada beberapa tempat dari rantai utamanya. Bila ikatan silang ini cukup banyak jumlahnya, terbentuk suatu jaringan tiga dimensi. Polimer yang terbentuk mempunyai massa molekul yang relatif tinggi, strukturnya kaku dan tidak mudah berubah bentuk.
4) Polimer jaringan, polimer jenis ini membentuk jaringan tiga dimensi yang terbuat dari monomer trifungsional, contohnya : epoksi, fenol, formaldehid.[35]

d. Sifat termal

Dalam industri polimer, faktor yang penting dalam menentukan kestabilan bahan jadi adalah sifat bahan tersebut bila suhu dinaikkan. Berdasarkan pengaruh suhu terhadap sifat polimer, maka polimer dapat dibagi atas termoplastik dan termoset. Polimer bersifat termoplastik jika bahan tersebut dapat melunak dan meleleh pada pemanasan. Jadi sebagian

[34]*Ibid*.
[35]*Ibid*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

besar bahan termoplastik dapat diolah dan dicetak kembali. Istilah termoset berlaku untuk bahan polimer yang pada pemanasan akan bereaksi secara tidak reversibel.

3. Aplikasi-aplikasi polimer sintetik

Tiga polimer yang paling banyak digunakan ialah serat, plastik, dan elastomer (karet).

a. Serat

Serat polimer pertama yang benar-benar sintetik ialah nilon, yang dikembangkan pada tahun 1930-an oleh Wallace Carothers di perusahaan *Du Pont Company*.[36] Nilon ini diekstruksi sebagai benang atau dipintal sebagai serat dari lelehannya. Gabungan molekul polimer yang sejajar rapi dengan ikatan hidrogen N-H .....O diantara rantai-rantainya membuat nilon menjadi salah satu material terkuat yang diketahui manusia sampai saat ini.[37]

b. Plastik

Plastik secara sederhana didefenisikan sebagai material polimer yang dapat dicetak atau diekstruksi menjadi bentuk yang diinginkan dan yang mengeras setelah didinginkan atau pelarutnya diuapkan. Plastik tidak dipintal menjadi benang yang molekulnya berjajar, seperti dalam serat, tetapi dicetak menjadi bentuk berdimensi tiga atau dibentang menjadi *film* untuk digunakan sebagai pengemas.[38]

[36]Oxtoby, h. 318.
[37]*Ibid*. h. 319.
[38]*Ibid*. h. 320.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Salah satu jenis plastik yaitu polistirena. Polistirena digunakan untuk berbagai keperluan seperti radio, tv, sisir, mainan dan peralatan listrik serta peralatan rumah tangga.[39]

Tabel II. 3: Sifat dan kegunaan beberapa plastik

Nama	Sifat	Kegunaan
Polin	Kerapatan tinggi, keras, kuat dan kaku	Wadah cetakan, tutup, mainan dan pipa
Polivinil klorida	Tidak mudah terbakar	Pipa air, atap, kartu kredit, piringan hitam
Polipropilen	Lebih kaku dan keras dari polietilen, kerapatan tinggi dan titik leleh lebih tinggi	Pengemas, kantong sampah, botol semprot
Fenolik	Tahan panas	Perekat kayu lapis, penguat serat kaca

(Sumber: Emriadi,2003)[40]

c. Karet

Elastomer ialah polimer yang dapat dideformasi sampai ke ukuran yang sangat besar dan masih dapat pulih ke bentuk asalnya bila tekanan yang menyebabkan deformasi tersebut dihilangkan. Istilah "*karete*" dikenalkan oleh Joseph Priestley, yang mengamati bahwa material ini dapat digunakan untuk menghapus goresan pensil.[41]

E. Model Pengembangan 4-D

Model pengembangan 4-D (Four D) merupakan model pengembangan perangkat pembelajaran. Model ini dikembangkan oleh S. Thagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel. Model pengembangan 4D terdiri atas 4 tahap utama yaitu : (1) Pendefinisian (*define*), (2) Perancangan (*design*), (3)

[39]Emriadi. *Op. Cit*., h. 89.
[40]Emriadi. *Material Polimer*. Padang : Andalas University Press. 2003. h.83
[41]Oxtoby. *Op. Cit*., h. 322.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Pengembangan (*develop*) dan (4) Penyebaran (*disseminate*), atau diadaptasi Model 4-P yaitu Pendefinisian, Perancangan, Pengembangan dan Penyebaran.

a. Tahap Pendefinisian (*define*)

Tujuan tahap ini adalah menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pembelajaran diawali dengan analisis tujuan dari batasan materi yang dikembangkan perangkatnya. Tahap ini meliputi 5 langkah pokok, yaitu : (a) Analisis ujung depan, (b) Analisis siswa, (c) Analisis tugas, (d) Analisis konsep, dan (e) Perumusan tujuan pembelajaran.

b. Tahap Perencanaan (*design*)

Tujuan tahap ini adalah menyiapkan prototype perangkat pembelajaran. Tahap ini terdiri dari empat langkah yaitu, (a) Penyusunan tes acuan patokan, merupakan langkah awal yang menghubungkan antara tahap define dan tahap design. Tes disusun berdasarkan hasil perumusan Tujuan Pembelajaran Khusus Tes ini merupakan suatu alat mengukur terjadinya perubahan tingkah laku pada diri siswa setelah kegiatan belajar mengajar, (b) Pemilihan media yang sesuai tujuan, untuk menyampaikan materi pelajaran, (c) Pemilihan format, (d) perancangan awal.

c. Tahap Pengembangan (*develop*)

Tujuan tahap ini adalah untuk menghasilkan perangkat pembelajaran yang sudah direvisi berdasarkan masukan dari pakar. Tahap ini meliputi : (a) validasi perangkat oleh para pakar diikuti dengan revisi, (b) simulasi yaitu kegiatan mengoperasionalkan rencana pengajaran, dan (c) uji coba terbatas dengan siswa yang sesungguhnya. Hasil tahap (b) dan (c) digunakan sebagai

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

dasar revisi. Langkah berikutnya adalah uji coba lebih lanjut dengan siswa yang sesuai dengan kelas sesungguhnya.

d. Tahap Penyebaran (*disseminate*)

Pada tahap ini merupakan tahap penggunaan perangkat yang telah dikembangkan pada skala yang lebih luas misalnya dikelas lain, disekolah lain, oleh guru yang lain. Tujuan lain adalah untuk menguji efektivitas penggunaan perangkat didalam KBM. [42]

F. Media Audio-Visual

Media pembelajaran berbasis audio-visual adalah media penyaluran pesan dengan memanfaatkan indera penglihatan dan pendengaran. Secara umum media audio-visual menurut teori kerucut pengalaman Edgar Dale memiliki efektifitas yang tinggi daripada media visual atau audio. Di antara jenis media audio-visual ini adalah media film, video dan televise (TV). [43]

1. Konsep media audio-visual

Hal pertama yang harus dilakukan pendidik dalam peggunaan media secara efektif adalah mencari, menemukan, dan memilih media yang memenuhi kebutuhan belajar anak, menarik minat anak, sesuai dengan perkembangan kematangan dan pengalamannya serta karakteritik khusus yang ada pada kelompok belajarnya.

---

[42]Trianto. *Mendesain Pembelajaran Kontekstual (Contextual Teaching and Learning) di Kelas.* Surabaya : Cerdas Pustaka Publisher. 2008. h. 102-105

[43]Dr. Sukiman, M. Pd. *Pengembangan media pembelajaran.* Jogjakarta: Pedagogia. 2011. h. 154

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Media pembelajaran audio visual

Media pembelajaran audio visual merujuk kepada media pembelajaran yang ada padanya mengandung komponen (unsur) berupa visual (pemandangan/yang dilihat/ gambar) dan audio (suara/ didengar). Jadi media pembelajaran audio visual adalah perantara atau penyampai pesan pembelajaran yang mengandung komponen visual dan suara.

G. Penelitian yang relevan

Berikut penelitian yang relevan yang menjadi acuan penulis dalam melakukan penelitian.

1. Penelitian dalam bentuk jurnal oleh Prima Astuti Handayani, dan Hesmita Wijayanti dalam jurnal ini menjelaskan bahwa variasi suhu proses pengadukan mempengaruhi kemampuan kuat tarik dan elongasi, film plastik *biodegradable* terbaik dihasilkan pada suhu pengadukan 80°C dengan nilai kuat tarik sebesar 1187,732 N/m2 dan % elongasi sebesar 7,547%. Sedangkan variasi suhu proses pengadukan tidak mempengaruhi kemampuan biodegradasi. [44]
2. Penelitian dalam bentuk jurnal oleh Luy Inggaweni, Suyatno hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan gliserol sebagai pemlastis bertujuan untuk menurunkan sifat kaku dari pati. Kandungan serat yang tinggi pada kulit singkong menyebabkan kekuatan intramolekuler yang tinggi.

[44]Prima Astuti Handayani, dan Hesmita Wijayanti. *Pembuatan Film Plastik Biodegradable Dari Limbah Biji Durian (Durio Zibethinus Murr).* Jurnal Unnes Sekaran Gunung Pati, Semarang:Semarang. 2015. h. 3.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Penambahan pemlastis pada material berbasis pati dapat menurunkan kerapuhan dan kekuatan intramolekuler yang tinggi.[45]

3. Penelitian dalam bentuk jurnal oleh Syaubari, Medyan Riza, dan Nelli Wani dalam penelitian ini menjelaskan bahwa komposisi kitosan dan pati tapioka menggunakan RBDPO sebagai pemlastis memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik plastik. Sifat mekanik bioplastik terbaik terdapat pada kitosan/pati tapioka ialah 60/40. [46]

[45]Luy Inggaweni, Suyatno asil. *Karakterisasi Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Dari Komposit High Density Polyethylene (Hdpe) Dan Pati Kulit Singkong*. Jurnal Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya: Surabaya. 2015. h. 44.

[46]Syaubari, Medyan Riza, dan Nelli Wani. *Sintesis Plastik Biodegradable Dari Pati Tapioka Dan Kitosan Dengan RBDPO (Refined Bleached Deodorized Palm Oil) Sebagai Pemlastik*. Jurnal, Universitas Syiah Kuala surakarta: Surakarta. 2013. h. 475