

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik adalah polimer rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang atau *monomer*. Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, *chlorine* atau belerang di tulang belakang. Tulang belakang adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan. Untuk mengeset properti plastik grup molekuler berlainan bergantung dari tulang belakang (biasanya digantung sebagai bagian dari monomer sebelum menyambungkan monomer bersama untuk membentuk rantai polimer). Pengesetan ini oleh grup *pendant* telah membuat plastik menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan pada kehidupan abad 21 dengan memperbaiki properti dari polimer tersebut.

Plastik merupakan material yang baru secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 150 juta ton/tahun pada tahun 1990-an dan 220 juta ton/tahun pada tahun 2005. Saat ini penggunaan material plastik di negara-negara Eropa Barat mencapai 60 kg/orang/tahun, di Amerika Serikat mencapai 80 kg/orang/tahun, sementara di India hanya 2 kg/orang/tahun.

Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami (seperti: permen karet, *shellac*) sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia (seperti: karet alami, *nitrocellulose*) dan akhirnya ke molekul buatan manusia (seperti: *epoxy*, *polyvinyl chloride*, *polyethylene*).

Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik. Mereka terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi. Ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik dapat dibentuk menjadi *film* atau *fiber* sintetik. Nama ini berasal dari fakta bahwa banyak dari mereka *malleable*,

memiliki properti keplastikan. Plastik didesain dengan variasi yang sangat banyak dalam properti yang dapat menoleransi panas, keras, *reliency* dan lain-lain. Digabungkan dengan kemampuan adaptasinya, komposisi yang umum dan beratnya yang ringan memastikan plastik digunakan hampir di seluruh bidang industri.

2.1.1 Jenis plastik

Plastik dibagi menjadi dua klasifikasi utama berdasarkan pertimbangan-pertimbangan ekonomis dan kegunaannya plastik komoditi dan plastik teknik. Plastik-plastik komoditi dicirikan oleh volumenya yang tinggi dan harga yang murah. Plastik ini bisa diperbandingkan dengan baja dan aluminium dalam industri logam. Mereka sering dipakai dalam bentuk barang yang bersifat pakai-buang (*disposable*) seperti lapisan pengemas, namun ditemukan juga pemakaiannya dalam barang-barang yang tahan lama. Plastik teknik lebih mahal harganya dan volumenya lebih rendah, tetapi memiliki sifat mekanik yang unggul dan daya tahan yang lebih baik. Mereka bersaing dengan logam, keramik dan gelas dalam berbagai aplikasi.

Plastik komoditi pada prinsipnya terdiri dari empat jenis polimer utama: polietilena, polipropilena, polivinil klorida dan polistirena. Polietilena dibagi menjadi produk massa jenis rendah ($<0,94 \text{ g/cm}^3$) dan produk masa jenis tinggi ($>0,94 \text{ g/cm}^3$). (perbedaan dalam massa jenis ini timbul dari strukturnya. Polietilena massa jenis tinggi secara essensial merupakan polimer linier dan polietilena massa jenis rendah bercabang). Plastik-plastik komoditi mewakili sekitar 90% dari seluruh produksi termoplastik, dan sisanya terbagi di antara kopolimer stirena-butadiena, kopolimer akrilonitril-butadiena-stirena (ABS), poliamida dan *polyester*. Konsumsi plastik teknik dunia hingga akhir 80-an mencapai kira-kira $1,5 \times 10^9$ kg/tahun, diantaranya poliamida, polikarbonat, asetal, polifenilena oksida dan *polyester* mewakili 99% dari pemasaran, yang tidak diperlihatkan adalah bahan-bahan berkualitas teknik dari kopolimer akrilonitril-butadiena-stirena, berbagai polimer terflourinasi dan sejumlah kopolimer dan paduan polimer yang meningkat jumlahnya.

Ada banyak kesamaan dalam pasaran plastik-plastik teknik, tetapi plastik-plastik ini dipakai, terutama dalam bidang transportasi (mobil, truk, pesawat udara), konstruksi (perumahan, instalasi pipa ledeng, perangkat keras), barang-barang konsumsi. Selain polimer-polimer yang telah diperlihatkan, kopolimer dan paduan polimer teristimewa yang disesuaikan untuk memperbaiki sifat (mutu) pun bertambah jumlahnya. Pemasaran plastik-plastik teknik tumbuh dengan cepat dengan proyeksi pemakaian yang menarik hingga 10% per tahun pada masa-masa mendatang.

Hampir semua plastik yang telah disebutkan sejauh ini merupakan termoplastik. Di antara plastik-plastik ini, hanya beberapa fenol-formaldehida dan urea-formaldehida dan poliester-poliester tak jenuh menduduki sekitar 90% dari seluruh produksi. Perbandingan produksi antar termoplastik dengan thermoset kira-kira 6:1. Tipe-tipe plastik komoditi, plastik teknik dan plastik *thermoset* disajikan pada Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Plastik-Plastik Komoditi

Tipe	Singkatan	Kegunaan Utama
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, pipa, saluran, lembaran, film, isolasi kawat dan kabel.
Polipropilena	PP	Bagian-bagian mobil perkakas, tali, anyaman, karpet, <i>film</i> .
Polivinil klorida	PVC	Bahan bangunan, pipa tegar, bahan untuk lantai, isolasi kawat dan kabel, <i>film</i> dan lembaran
Polistirena	PS	Bahan pengemas (busa dan <i>film</i>), isolasi busa, perkakas, perabotan rumah, barang mainan.

Sumber: Kimia Polimer, 2001

Tabel 2. Plastik-Plastik Teknik yang Utama

Tipe	Singkatan
Asetal ^a	POM
Poliamida ^b	-
Poli(amidaimida)	PAI
Poliarilat	-
Polikarbonat	PC
Poliester ^c	-
Polietereterketon	PEEK
Polieterimida	PEI
Poliimida	PI
Poli(fenilena oksida)	PPo
Poli(fenilena Sulfida)	PPS
Polisulfon ^d	-

Sumber: Kimia Polimer, 2001

^a nama umum untuk poliformaldehida. Singkatan dari poli(oksimetilena)

^b terutama nilon 6 dan nilon 66

^c terutama poli(etilena tereftalat) (PET) dan poli(butilena tereftalat) (PBT)

^d beberapa tipe yang dipasarkan

Tabel 3. Plastik-Plastik *Thermoset* yang Utama

Tipe	Singkatan	Kegunaan Khaas
Fenol-formaldehida	PF	Alat listrik dan elektronik, bagian mobil, perekat <i>plywood</i> , <i>utensil handle</i>
Urea-formaldehida	UF	Sama seperti polimer PF, juga bahan pelapis
Poliester tak jenuh	-	Konstruksi, bagian-bagian mobil, lambung kapal, asesoris kapal, saluran anti korosi, pipa, tanki dan lain-lain, peralatan bisnis
Epoksi	-	Bahan pelapis protektif, perekat, aplikasi-aplikasi listrik dan elektronik, bahan lantai industri, bahan pengaspal jalan raya, bahan panduan (komposit)
Melamin-formaldehida	MF	Sama seperti polimer UF, bingkai dekoratif, tutup meja, perkakas makan

Sumber: Kimia Polimer, 2001

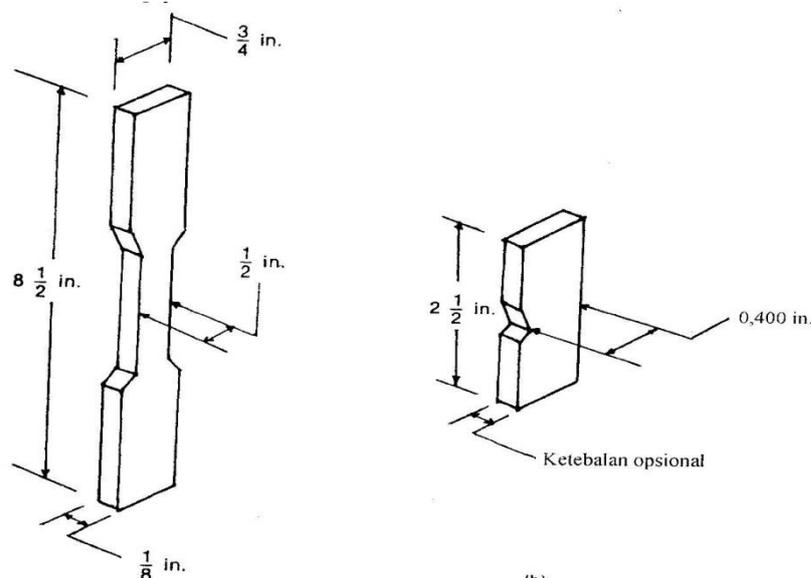
Plastik juga dapat digolongkan berdasarkan:

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/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida.
2. Kinerja dan penggunaanya
 - a. Plastik komoditas
 - Sifat mekanik tidak terlalu bagus
 - Tidak tahan panas
 - Contohnya: PE, PS, ABS, PMMA, SAN
 - Aplikasi: barang-barang elektronik, pembungkus makanan, botol minuman
 - b. Plastik teknik
 - Tahan panas, temperatur operasi di atas 100 °C
 - Sifat mekanik bagus
 - Contohnya: PA, POM, PC, PBT
 - Aplikasi: komponen otomotif dan elektronik
 - c. Plastik teknik khusus
 - Temperatur operasi di atas 150 °C
 - Sifat mekanik sangat bagus (kekuatan tarik di atas 500 Kg/cm²)
 - Contohnya: PSF, PES, PAI, PAR
 - Aplikasi: komponen pesawat
3. Berdasarkan jumlah rantai karbonnya
 - a. 1 - 4 Gas (LPG, LNG)
 - b. 5 - 11 Cair (bensin)
 - c. 9 - 16 Cairan dengan viskositas rendah
 - d. 16 - 25 Cairan dengan viskositas tinggi (oli, gemuk)

- e. 25 - 30 Padat (parafin, lilin)
 - f. 1000 - 3000 Plastik (polistiren, polietilen, dll)
4. 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
 - Polimer alami yang dimodifikasi: seluloid, *cellophane* (bahan dasarnya dari selulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya).

2.1.2 Pengukuran Sifat-Sifat mekanik

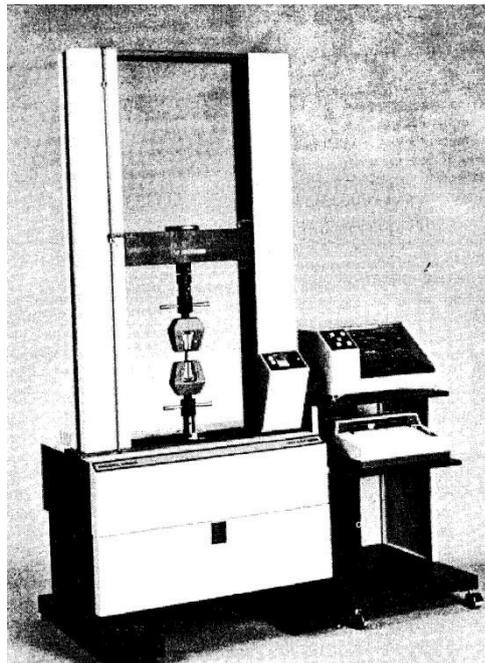
Untuk mengukur kekuatan tarik, modulus dan elongasi, suatu spesimen uji dijepit pada kedua ujungnya. Salah satu ujung dibuat tetap, dan diaplikasikan suatu beban yang naik sedikit demi sedikit ke ujung lainnya sampai sampel tersebut patah. Spesimen-spesimen uji plastik biasanya mempunyai dimensi sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Sumber: Kimia Polimer, 2001

Gambar 1. Spesimen-Spesimen Uji Plastik Khas untuk Mengukur Kekuatan Tensil dan Impak

Spesimen-spesimen serat dan elastomer bentuknya berbeda, tetapi pada prinsipnya diuji dengan cara yang sama. Suatu instrumen pengujian khas yang mengukur secara otomatis *stress* dan *strain* dengan beban-beban skala penuh dari beban kurang dari satu gram ke beban setinggi 20.000 *pound* diperlihatkan pada Gambar 2. Kekuatan dan elongasi pada titik *yield*, sebagaimana juga pada patah biasanya dicatat.



Sumber: Kimia Polimer, 2001

Gambar 2. Instrumen untuk Melakukan Pengujian Tensil, Kompresi, Pengujian Penggantung dan Pengujian Kelenturan

Instrumen yang sama dipakai untuk mengukur kekuatan kompresif dan flekstur. *Fleks* yang berulang dari suatu sampel melalui jarak tertentu sering menyebabkan sampel rusak pada *stress* yang lebih rendah daripada untuk *fleks* tunggal, suatu fenomena yang dikenal dengan kelelahan. Siklus-siklus yang berselang-seling dari *stress* tensil dan kompresif juga dipakai untuk mengevaluasi kelelahan. Pada umumnya, ketahanan kelelahan turun ketika kekakuan atau tingkat ikat silang polimer naik.

Sejumlah metode dipakai untuk mengukur kekuatan impak, pemilihannya bergantung pada tipe sampel. Uji yang paling banyak dipakai (uji *Izod*)

melibatkan pengempitan spesimen uji pada salah satu ujung dan mengikat spesimen dengan suatu pendulum. Jarak perjalanan pendulum setelah sampel patah diambil sebagai ukuran kekuatan impact. Sampel-sampel yang ditarik, sebagaimana yang dipelihatkan pada Gambar 2, biasanya dipakai untuk memberikan hasil-hasil yang lebih terbuktikan. Pada kasus-kasus demikian, pendulum membentur pada sisi yang sama, dan di atas, takikan dan kekuatan dihitung berdasarkan ketebalan 1 inci atau 1 m. Pada semua pengujian mekanik, dipakai sekurang-kurangnya sepuluh sampel karena cukup bervariasi nilai-nilai terukur merupakan hal umum dengan sekumpulan polimer yang sama. Sifat-sifat mekanik lainnya yang biasa diukur adalah sebagai berikut:

1. Kekerasan, ini merupakan ukuran ketahanan polimer terhadap lekukan permukaan. Alat untuk melekuik bisa berupa pelekuk tipe jarum yang dibebani pegas (uji *barcol*) atau bola baja yang diperberat (Uji *rockwell*).
2. Ketahanan abrasi, Ini biasanya ditentukan dengan mengukur hilangnya berat sampel ketika sampel tersebut diuji ketahanan abrasinya dengan beberapa tipe abrader mekanik atau abrasif yang terbagi dengan halus.
3. Ketahanan sobek, suatu mata pisau runcing pendulum yang diperberat digunakan untuk menyobek suatu sampel uji, dan jarak perjalanan mata pisau tersebut setelah penyobekan sesuai dengan ketahanan sobek.

2.2 Polimer

Polimer adalah suatu molekul raksasa (*makromolekul*) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut polimer (*poly* = banyak; *mer* = bagian). Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit molekul yang kecil (*monomer*), saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda. Sifat-sifat polimer berbeda dari monomer-monomer yang menyusunnya.

Polimer merupakan senyawa-senyawa yang tersusun dari molekul sangat besar yang terbentuk oleh penggabungan berulang dari banyak molekul kecil.

Molekul yang kecil disebut monomer, dapat terdiri dari satu jenis maupun beberapa jenis. Polimer adalah sebuah molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk melalui proses polimerisasi dimana molekul monomer bereaksi bersama-sama secara kimiawi untuk membentuk suatu rantai linier atau jaringan tiga dimensi dari rantai polimer. Polimer didefinisikan sebagai makromolekul yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana yang setara dengan monomer, yaitu bahan pembuat polimer.

2.2.1 Penggolongan Polimer

Penggolongan polimer berdasarkan asalnya, yaitu yang berasal dari alam (polimer alam) dan di polimer yang sengaja dibuat oleh manusia (polimer sintesis).

2.2.1.1 Polimer Alam

Polimer alam telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu, polimer alam adalah senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme makhluk hidup. jumlahnya yang terbatas dan sifat polimer alam yang kurang stabil, mudah menyerap air, tidak stabil karena pemanasan dan sukar dibentuk menyebabkan penggunaannya amat terbatas. Contoh sederhana polimer alam seperti: amilum dalam beras, jagung dan kentang, pati, selulosa dalam kayu, protein terdapat dalam daging dan karet alam diperoleh dari getah atau lateks pohon karet.

Protein, DNA, kitin pada kerangka luar serangga, *wool*, jaring laba-laba, sutera dan kepompong ngengat, adalah polimer-polimer yang disintesis secara alami. Serat-serat selulosa yang kuat menyebabkan batang pohon menjadi kuat dan tegar untuk tumbuh dengan tinggi seratus kaki dibentuk dari monomer-monomer glukosa, yang berupa padatan kristalin yang berasa manis. Polimer alam dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Contoh dari Jenis-Jenis Polimer Alam

Polimer	Monomer	Polimerisasi	Contoh
Pati/amilum	Glukosa	Kondensasi	Biji-bijian, akar umbi
Selulosa	Glukosa	Kondensasi	Sayur, Kayu, Kapas
Protein	Asam amino	Kondensasi	Susu, daging, telur, wol, sutera
Asam nukleat	Nukleotida	Kondensasi	Molekul DNA dan RNA (sel)
Karet alam	Isoprena	Adisi	Getah pohon karet

Sumber: Avrilia, 2014

2.2.1.2 Polimer Sintetis

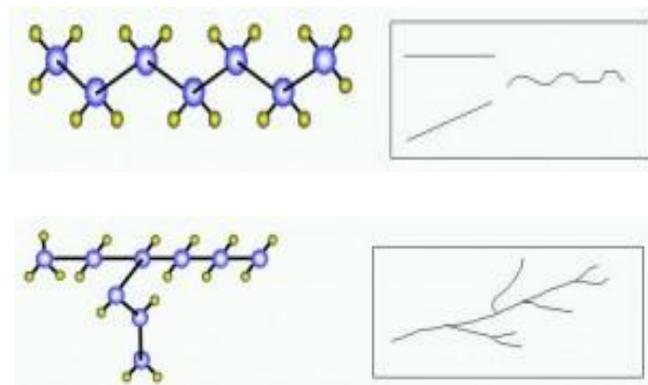
Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintetis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintetis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik atau polimer yang dibuat dari bahan baku kimia disebut polimer sintetis seperti *polyetena*, *polipropilena*, *poly vinyl chlorida* (PVC), dan *nylon*. Kebanyakan polimer ini sebagai plastik yang digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk rumah tangga, industri atau mainan anak-anak.

Polimer sintetis yang pertama kali yang dikenal adalah *bakelit* yaitu hasil kondensasi fenol dengan formaldehida, yang ditemukan oleh kimiawan kelahiran *Belgia Leo Baekeland* pada tahun 1907. *Bakelit* merupakan salah satu jenis dari produk-produk konsumsi yang dipakai secara luas. Beberapa contoh polimer yang dibuat oleh pabrik adalah *nylon* dan poliester, kantong plastik dan botol, pita karet dan masih banyak produk lain yang ada pada kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer dapat dibedakan atas polimer termoplas (tidak tahan panas, seperti plastik) dan polimer termosting (tahan panas, seperti melamin). Klasifikasi polimer ini dibedakan menjadi dua, yaitu polimer termoplastik dan polimer termoseting.

2.2.1.3 Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. Bentuk struktur termoplastik dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber: Avrilia, 2014

Gambar 3. Bentuk Struktur Bercabang Termoplastik

Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut:

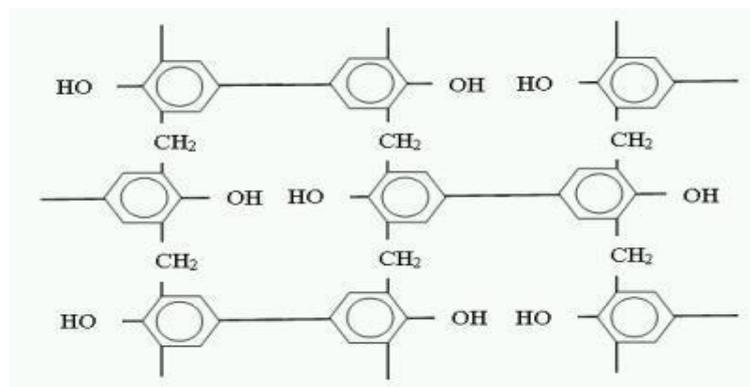
1. Berat molekul kecil
2. Tidak tahan terhadap panas
3. Jika dipanaskan akan melunak
4. Jika didinginkan akan mengeras
5. Mudah untuk diregangkan
6. Fleksibel
7. Titik leleh rendah
8. Dapat dibentuk ulang (daur ulang)
9. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai
10. Memiliki struktur molekul linear/bercabang

Contoh plastik termoplastik sebagai berikut:

1. Polietilena (PE) = botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.
2. Polivinilklorida (PVC) = pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan dan botol detergen.
3. Polipropena (PP) = karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil dan permadani.
4. Polistirena = insulator, sol sepatu, penggaris, gantungan baju.

2.2.1.4 Polimer Termoseting

Polimer termoseting adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh, sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi. Polimer termoseting memiliki ikatan-ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer. Bentuk struktur ikatan silang dapat dilihat pada Gambar 4.



Sumber: Avrilia, 2014

Gambar 4. Bentuk Struktur Ikatan Silang Polimer Termoseting

Sifat polimer termoseting sebagai berikut:

1. Keras dan kaku (tidak fleksibel)
2. Jika dipanaskan akan mengeras
3. Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang)
4. Tidak dapat larut dalam pelarut apapun
5. Jika dipanaskan akan meleleh
6. Tahan terhadap asam basa
7. Mempunyai ikatan silang antar rantai molekul

Dari klasifikasi polimer yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat dilihat beberapa perbedaan dari polimer termoplastik dan polimer termoseting pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbedaan Polimer Termoplastik dan Termoseting

Polimer Termoplas	Polimer Termoset
Mudah diregangkan	Keras dan Rigid
Fleksibel	Tidak Fleksibel
Tidak leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

Sumber: Avrilia, 2014

2.3 *Biodegradable*

Kata *Biodegradable* berasal dari dua kata yaitu *Biodegradation* (Biodegradasi) dan *Able* (mampu). Limbah *biodegradable* adalah semua limbah yang dapat hancur atau terurai oleh organisme hidup lainnya dan berasal dari tumbuhan atau hewan. Beberapa contoh limbah *biodegradable* yang umum ditemui adalah sisa makanan, kotoran manusia dan hewan, limbah selokan dan plastik *biodegradable*.

Plastik *biodegradable* dibagi menjadi 2 yaitu kelompok bahan baku petrokimia seperti poli (ϵ -kaprolakton), (PCL), dan kelompok dengan bahan baku produk tanaman seperti pati dan selulosa

Berkat pengumpulan terpisah limbah *biodegradable*, volume limbah dapat dikurangi setidaknya sebesar 35% (di beberapa daerah bahkan mencapai 60%).

Limbah *biodegradable* yang sudah dipisahkan dari limbah rumah tangga akan digunakan untuk membuat kompos atau untuk pembangkit listrik. Ini akan meringankan beban pembuangan akhir yang ada dan pabrik pembakaran sampah, pabrik baru dapat dirancang lebih kecil dan beroperasi dengan lebih efektif biaya.

Hal yang membedakan plastik *biodegradable* dengan plastik pada umumnya adalah komposisi penyusun plastik tersebut. Jika pada umumnya bahan plastik adalah *polymer* (*polymer* adalah rangkaian karbon yang sangat panjang dan sulit untuk diuraikan), namun bahan plastik *biodegradable* adalah bahan alami seperti tumbuh – tumbuhan. Salah satu material yang paling sering digunakan untuk plastik *biodegradable* adalah pati jagung dan bisa juga menggunakan pati kulit singkong. Plastik yang berasal dari pati jagung dan pati kulit singkong dapat terurai di alam karena plastik ini dibuat dari bahan alami.

Selain plastik yang terbuat dari pati jagung dan pati kulit singkong, plastik *biodegradable* juga dapat dibuat dari bahan sintetis, namun tetap dapat diuraikan oleh lingkungan, contoh dari bahan sintetis pembuat plastik *biodegradable* ini adalah *Polylactic Acid*, *Polybutylene Succinate*, *Polycaprolactone* dan lain – lain.

Keuntungan dari plastik jenis ini tentunya sangat jelas, yaitu dapat mengurangi limbah plastik yang ada di Bumi. Bagaimanapun, plastik ini masih memiliki kekurangan yaitu dapat menambah emisi gas CO₂. Gas yang dihasilkan termasuk ke dalam gas efek rumah kaca yang akan semakin memperparah pemanasan global. Beberapa hal yang dipertimbangkan mengenai penggunaan plastik yang lebih baik adalah dengan *Oxo Biodegradable (OBD) Plastics*, yaitu plastik yang dapat terurai hanya dengan Oksigen dan cahaya matahari. Proses penguraian plastik dapat dilihat pada Gambar 5.



Sumber: *ecolifetips*, 2011

Gambar 5. Proses Terurainya Plastik

2.4 Kulit Udang

Udang merupakan komoditi ekspor yang menarik minat banyak pihak untuk mengolahnya. Adapun hal yang mendorong pembudidayaan udang antara lain harga yang cukup tinggi dan peluang pasar yang cukup baik, terutama diluar negeri. Udang di Indonesia diekspor dalam bentuk bekuan dan telah mengalami proses pemisahan kepala dan kulit.

Proses pemisahan ini akan menimbulkan dampak yang tidak diinginkan yaitu berupa limbah padat yang lama-kelamaan jumlahnya akan semakin besar sehingga akan mengakibatkan pencemaran lingkungan berupa bau yang tidak sedap dan merusak estetika lingkungan. Pada perkembangan lebih lanjut kulit dan kepala udang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan kitin dan kitosan (*chitosan*).

Semakin banyaknya penumpukan limbah cangkang udang yang berakibat pada pencemaran alam dan penumpukan limbah. Pembangunan yang pesat dibidang ekonomi disatu sisi akan meningkatkan kualitas hidup manusia, yaitu dengan meningkatnya pendapatan masyarakat, tetapi di sisi lain akan berakibat pada penurunan kesehatan akibat adanya pencemaran yang berasal dari limbah industri dan rumah tangga. Hal ini karena kurangnya atau tidak memadainya fasilitas atau peralatan untuk menangani dan mengelola limbah tersebut.

Salah satu pencemaran pada badan air adalah masuknya logam berat. Peningkatan kadar logam berat di dalam perairan akan diikuti oleh peningkatan kadar zat tersebut dalam organisme air seperti kerang, rumput laut dan biota laut lainnya. Pemanfaatan organisme ini sebagai bahan makanan akan membahayakan kesehatan manusia.

Saat ini budidaya udang dengan tambak telah berkembang dengan pesat, karena udang merupakan komoditi ekspor yang dapat diandalkan dalam meningkatkan ekspor non -migas dan merupakan salah satu jenis biota laut yang bernilai ekonomis tinggi. Udang di Indonesia pada umumnya diekspor dalam bentuk udang beku yang telah dibuang bagian kepala, kulit, dan ekornya.

Limbah yang dihasilkan dari proses pembekuan udang, pengalengan udang, dan pengolahan kerupuk udang berkisar antara 30% - 75% dari berat udang. Dengan demikian jumlah bagian yang terbuang dari usaha pengolahan udang

cukup tinggi. Limbah kulit udang mengandung konstituen utama yang terdiri dari protein, kalsium karbonat, khitin, pigmen, abu dan lain-lain. Data komposisi kandungan kulit udang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Komposisi Kulit Udang

Senyawa	Persentase (%)
Protein	53,74
Lemak	6,65
Kitin	14,61
Air	17,28
Abu	7,72

Sumber: Rasyid, 2012

Meningkatnya jumlah limbah kulit udang masih merupakan masalah yang perlu dicarikan upaya pemanfaatannya. Hal ini bukan saja memberikan nilai tambah pada usaha pengolahan udang, akan tetapi juga dapat menanggulangi masalah pencemaran lingkungan yang ditimbulkan, terutama masalah bau yang dikeluarkan serta estetika lingkungan yang kurang bagus.

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan maka berkembang pulalah industri-industri. Akibatnya lingkungan menjadi salah satu sasaran pencemaran, terutama sekali lingkungan perairan yang sudah pasti terganggu oleh adanya limbah industri, baik industri pertanian maupun industri pertambangan. Kebanyakan dari limbah itu biasanya dibuang begitu saja tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Saat ini di Indonesia sebagian kecil dari limbah udang sudah dimanfaatkan dalam hal pembuatan kerupuk udang, petis, terasi dan bahan pencampur pakan ternak. Sedangkan di negara maju seperti Amerika Serikat dan Jepang, limbah udang telah dimanfaatkan di dalam industri sebagai bahan dasar pembuatan khitin dan khitosan. Manfaatnya di berbagai industri modern banyak sekali seperti industri farmasi, biokimia, bioteknologi, biomedikal, pangan, kertas, tekstil, pertanian dan kesehatan. Kitin dan khitosan serta turunannya mempunyai sifat sebagai bahan pengemulsi koagulasi dan penebal emulsi.

Produksi udang tersebar pada daerah yang memiliki pesisir pantai. Berikut adalah 15 provinsi sentra produksi udang windu dan udang *vaname*, yaitu:

Tabel 7. Produksi Udang Windu

Provinsi	2013 (ton)	2014 (ton)
Jawa Barat	27,860	34,511
Sulawesi Selatan	15,319	16,036
Sulawesi Tengah	22,403	11,890
Jawa Timur	9,842	11,036
Kalimantan Timur	10,758	10,877
Aceh	5,621	7,241
Sulawesi Tenggara	13,275	5,120
Jawa Tengah	33,580	5,097
Kalimantan Selatan	4,758	4,853
Sumatera Utara	9,627	4,680
Sumatera Selatan	5,641	4,631
Kalimantan Barat	1,865	2,892
Sulawesi Barat	1,898	2,462
Lampung	2,791	1,537
Sulawesi Utara	390	1,487

Sumber: DJPB.KKP, 2015

Tabel 8. Produksi Udang *Vaname*

Provinsi	2013 (ton)	2014 (ton)
Lampung	72,051	78,985
Nusa Tenggara Barat	56,960	76,808
Jawa Timur	47,150	52,951
Sumatera Selatan	40,016	39,758
Jawa Barat	61,633	39,402
Jawa Tengah	13,872	30,600
Kalimantan Barat	39,092	28,972
Sulawesi Selatan	8,542	15,247
Sulawesi Tenggara	18,369	12,802
Sulawesi Utara	19,971	10,728
Gorontalo	996	6,310
Maluku	2,065	4,000
Sulawesi Barat	1,138	3,915
Bali	2,932	3,104
D.I Yogyakarta	812	3,000

Sumber: DJPB.KKP, 2015

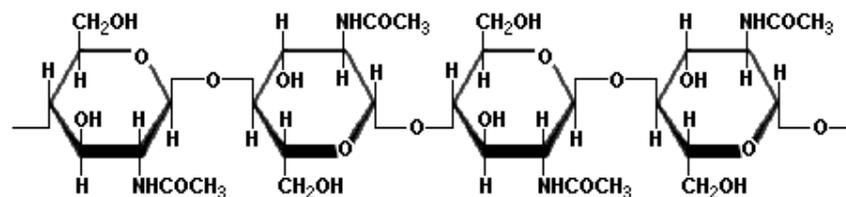
2.4.1 Chitin

Kata "kitin" berasal dari bahasa Yunani, yaitu "*chiton*", yang berarti baju rantai besi. Kata ini menggambarkan fungsi dari material kitin sebagai jaket pelindung pada *invertebrata*. Kitin pertama kali diteliti oleh Braconot pada tahun

1811 dalam residu ekstrak jamur yang dinamakan "fugine". Pada tahun 1823, Odier mengisolasi suatu zat dari kutikula serangga jenis *elytra* dan mengusulkan nama "Chitin". Pada umumnya kitin dialam tidak berada dalam keadaan bebas, akan tetapi berikatan dengan protein, mineral dan berbagai macam pigmen.

Walaupun kitin tersebar di alam, tetapi sumber utama yang digunakan untuk pengembangan lebih lanjut adalah jenis udang-udangan (*Crustaceae*) yang dipanen secara komersial. Limbah udang sebenarnya bukan merupakan sumber yang kaya akan kitin, namun limbah ini mudah didapat dan tersedia dalam jumlah besar sebagai limbah hasil dari pembuatan udang.

Chitin adalah biopolimer polisakarida dengan rantai lurus, tersusun dari 2000-3000 monomer (2-asetamida-2-deoksi-D-glukosa) yang terangkai dengan ikatan 1,4-b-glikosida. Kitin memiliki rumus molekul $[C_8H_{13}NO_5]_n$ dengan berat molekul $1,2 \times 10^6$ Dalton ini tersedia berlebihan di alam dan banyak ditemukan pada hewan tingkat rendah, jamur, insekta dan golongan *Crustaceae* seperti udang, kepiting dan kerang. Kitin berbentuk serpihan dengan warna putih kekuningan, memiliki sifat tidak beracun dan mudah terurai secara hayati (*biodegradable*).



Sumber: Mudhzz, 2015

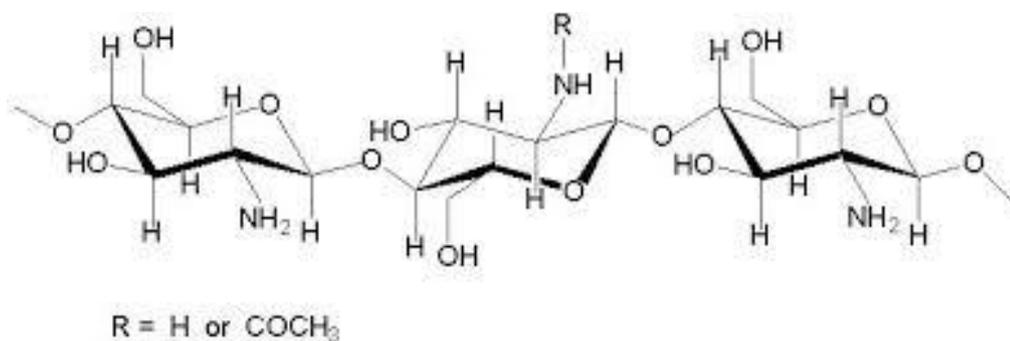
Gambar 6. Struktur *Chitin*

Sebagai material pendukung *Crustaceae*, kitin terdapat sebagai mukopolisakarida yang berdisosiasi dengan $CaCO_3$ dan berikatan secara kovalen dengan protein. Pemisahan $CaCO_3$ dari protein lebih mudah dilakukan karena garam anorganik ini terikat secara fisik. HCl dengan konsentrasi lebih dari 10 % dapat secara efektif melarutkan mineral Ca dan menghasilkan $CaCl_2$.

2.4.2 Chitosan

Chitosan adalah produk deasetilasi kitin yang merupakan polimer rantai panjang glukosamin (2-amino-2-deoksi-D-Glukosa), memiliki rumus molekul $[C_6H_{11}NO_4]_n$ dengan bobot molekul $2,5 \times 10^5$ Dalton. *Chitosan* berbentuk serpihan putih kekuningan, tidak berbau dan tidak berasa. Kadar *chitin* dalam berat udang, berkisar antara 60-70 persen dan bila diproses menjadi *chitosan* menghasilkan *yield* 15-20 persen.

Chitosan, mempunyai bentuk mirip dengan selulosa dan bedanya terletak pada gugus rantai C-2. Proses utama dalam pembuatan *chitosan*, meliputi penghilangan protein dan kandungan mineral melalui proses kimiawi yang disebut deproteinasi dan demineralisasi yang masing-masing dilakukan dengan menggunakan larutan basa dan asam. Selanjutnya, *chitosan* diperoleh melalui proses deasetilasi dengan cara memanaskan dalam larutan basa. Karakteristik fisiko-kimia *chitosan* berwarna putih dan berbentuk kristal, dapat larut dalam larutan asam organik, tetapi tidak larut dalam pelarut organik lainnya. Pelarut *chitosan* yang baik adalah asam asetat.



Sumber: Muhdzz, 2015

Gambar 7. Struktur *Chitosan*

Adanya gugus fungsi hidroksil primer dan sekunder mengakibatkan *chitosan* mempunyai kereaktifan kimia yang tinggi. Gugus fungsi yang terdapat pada *chitosan* memungkinkan juga untuk modifikasi kimia yang beraneka ragam termasuk reaksi-reaksi dengan zat perantara ikatan silang, kelebihan ini dapat memungkinkannya *chitosan* digunakan sebagai bahan campuran bioplastik, yaitu plastik yang dapat terdegradasi dan tidak mencemari lingkungan.

Jika sebagian besar gugus asetil pada kitin disubsitusikan oleh hidrogen menjadi gugus amino dengan penambahan basa konsentrasi tinggi, maka hasilnya dinamakan *chitosan* atau kitin terdeasetilasi. *Chitosan* sendiri bukan merupakan senyawa tunggal, tetapi merupakan kelompok yang terdeasetilasi sebagian dengan derajat deasetilasi beragam. Kitin adalah N-asetil glukosamin yang terdeasetilasi sedikit, sedangkan *chitosan* adalah kitin yang terdeasetilasi sebanyak mungkin, tetapi tidak cukup untuk dinamakan poliglukosamin. *Chitosan* relatif lebih banyak digunakan pada berbagai bidang industri kesehatan dan terapan karena *chitosan* dapat dengan mudah berinteraksi dengan zat-zat organik lainnya seperti protein.

Chitosan dapat diperoleh dengan mengkonversi kitin, sedangkan kitin sendiri dapat diperoleh dari kulit udang. Produksi kitin biasanya dilakukan dalam tiga tahap yaitu: tahap demineralisasi, penghilangan mineral; tahap deproteinasi, penghilangan protein; dan tahap depigmentasi, pemutihan. Pada *chitosan* diperoleh dengan deasetilasi kitin yang didapat dengan larutan basa konsentrasi tinggi. NaOH 50% dapat digunakan untuk deasetilasi kitin dari limbah kulit udang. Sifat kimia *chitosan* sama dengan *chitin* tetapi yang khas antara lain:

- Merupakan polimer poliamin berbentuk linier.
- Mempunyai gugus amino aktif.
- Mempunyai kemampuan mengikat beberapa logam.

Sifat biologi *chitosan* antara lain:

- Bersifat biokompatibel, artinya sebagai polimer alami sifatnya tidak mempunyai akibat samping, tidak beracun, tidak dapat dicerna, mudah diuraikan oleh mikroba (*biodegradable*).
- Dapat berikatan dengan sel mamalia dan sel mikroba secara agresif.
- Mampu meningkatkan pembentkan tulang.
- Bersifat hemostatik, fungistatik, spermisidal, antitumor, antikolesterol.
- Bersifat sebagai depresan pada sistem syaraf pusat.
- Berdasarkan kedua sifat tersebut maka *chitosan* mempunyai sifat fisik khas, yaitu mudah dibentuk menjadi *spons*, larutan, *gel*, pasta, *membrane* dan serat yang sangat bermanfaat dalam aplikasinya.

Deproteinasi menggunakan natrium hidroksida (NaOH) lebih sering digunakan, karena lebih mudah dan efektif. Pada pemisahan protein menggunakan natrium hidroksida, protein diekstraksi sebagai natrium proteinat yang larut.

Secara umum larutan NaOH 3-4% dengan suhu 63-65°C selama waktu ekstraksi 3-4 jam dapat mengurangi kadar protein dalam kulit udang secara efektif. Sekalipun demikian proses deproteinasi umum yang optimum tidak ada untuk setiap jenis *Crustaceae*.

Mineral kalsium karbonat pada kulit udang lebih mudah dipisahkan dibandingkan protein, karena garam anorganik ini hanya terikat secara fisika. Asam klorida dengan konsentrasi lebih dari 10% dapat secara efektif melarutkan kalsium sebagai kalsium klorida. Proses demineralisasi dengan menggunakan asam klorida sampai CO₂ yang terbentuk hilang kemudian didiamkan 24 jam pada suhu kamar.

Dalam beberapa metode, proses depigmentasi sesungguhnya telah berlangsung saat pencucian residu sesuai proses deproteinasi atau demineralisasi yang dilakukan. Aseton dapat mereduksi astaksantin dari kitin limbah udang windu (*Penaeus monodon*).

Pembuatan *chitosan* dilakukan dengan penghilangan gugus asetil (-COCH₃) pada gugusan asetil amino kitin menjadi gugus amino bebas *chitosan* dengan menggunakan larutan basa. Kitin mempunyai struktur kristal yang panjang dengan ikatan kuat antara ion nitrogen dan gugus karboksil, sehingga pada proses deasetilasi digunakan larutan natrium hidroksida konsentrasi 40-50% dan suhu yang tinggi (100-150°C) untuk mendapatkan *chitosan* dari *chitin*.

Dalam uji riset yang dilakukan, *chitosan* pada berbagai konsentrasi dilarutkan dalam asam asetat, kemudian ikan asin yang akan diawetkan dicelupkan beberapa saat dan ditiriskan. Beberapa indikator parameter daya awet hasil pengujian antara lain pertama, pada keefektifan dalam mengurangi jumlah lalat yang hinggap, dimana pada konsentrasi *chitosan* 1,5 persen, dapat mengurangi jumlah lalat secara signifikan. Kedua, pada keunggulan dalam uji muu hedonik penampakan dan rasa, dimana hasil riset menunjukkan penampakan

ikan asin dengan *coating chitosan* lebih baik bila dibandingkan dengan ikan asin kontrol (tanpa formalin dan *chitosan*) dan ikan asin dengan formalin.

Sedangkan indikator terakhir, yakni pada kadar air, di mana perlakuan dengan pelapisan *chitosan* sampai delapan minggu menunjukkan kemampuan *chitosan* dalam mengikat air, karena sifat hidrofobik, sehingga dengan sifat ini akan menjadi daya tarik para pengolah ikan asin dalam aspek ekonomis. Ia juga menjelaskan bahwa para pengolah ikan asin tertarik dengan perlakuan formalin karena dengan penambahan bahan ini, maka susut berat dalam pengeringan hanya kecil yakni sekitar 20 persen, sedangkan dengan penggaraman biasa susut berat setelah pengeringan cukup besar, yaitu 40-50 persen, sehingga hal itulah yang tidak menjadi daya tarik oleh para pengolah ikan.

2.5 Singkong

Singkong (*Manihot esculenta Crantz*) termasuk famili *Euphorbiaceae* yang umbinya dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat. Di Indonesia, ketela pohon menjadi makanan bahan pangan pokok setelah beras dan jagung. Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik, yang banyak terdapat pada tumbuhan terutama pada biji-bijian, umbi-umbian (Jane, 1995)

Pati tersusun paling sedikit oleh tiga komponen utama yaitu amilosa, amilopektin dan material antara seperti, protein dan lemak Umumnya pati mengandung 15–30% amilosa, 70–85% amilopektin dan 5–10% material antara. Kebanyakan pati alami tidak tahan pada pemanasan suhu tinggi, tidak tahan pada kondisi asam, tidak tahan proses mekanis dan kelarutan pati yang terbatas di dalam air. Kandungan yang terdapat di dalam singkong disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Komposisi Ubi Kayu/Singkong (per 100 gram Bahan)

Komponen	Kadar
Kalori	146,00 kal
Air	62,50 gr
Phosphor	40,00 mgr
Karbohidrat	34,00 gr
Vitamin C	33,00 mgr
Protein	1,20 gr
Zat Besi	0,70 mgr
Lemak	0,30 gr
Vitamin B1	0,06 mgr

Sumber : Margono, 2000

Pada umumnya singkong digunakan hanya untuk bahan baku pangan dalam kehidupan sehari-hari. Namun di era globalisasi, singkong bisa dimanfaatkan patinya sebagai bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable*. Berdasarkan fakta dan kajian ilmiah yang ada, pati merupakan polisakarida paling melimpah kedua. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa (10-20%) dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin (80-90%) (Fessenden, 1995).

Fungsi pati dalam tumbuhan sebagai cadangan makanan, juga sebagai substrata untuk produksi enzim amilase. Pati terdapat dalam gandum, beras, jagung, kentang, jenis umbi-umbian (Yuli, 2008).

Penulis mengambil penelitian yang memanfaatkan bahan baku pati dari tanaman, maka yang dipilih dari golongan umbi yaitu limbah kulit singkong. Limbah kulit singkong akan dimanfaatkan patinya. Pati umbi memiliki suhu gelatinasi berkisar 70-80°C yang bersifat elastis, mudah rusak dan penampakan yang *transculent* ketika dingin (Yuli, 2008).

Lahan yang sudah digunakan untuk menanam singkong di Sumatera Selatan adalah seluas 8.938 Ha. Produksi singkong di Sumatera Selatan dari tahun 2008-2012 adalah dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Produksi Singkong di Sumatera Selatan

Tahun	Produksi (ton)
2012	140.565
2011	159.346
2010	159.929
2009	16.689
2008	197.150

Sumber: BPS Provinsi Sumsel

2.5.1 Pati Singkong

Pati singkong adalah pati yang didapatkan dari umbi. Pati yang diperoleh dari ekstraksi umbi singkong ini akan memberikan warna putih jika diekstraksi secara benar. Pati singkong memiliki granula dengan ukuran 5-35 μm dengan rata-rata ukurannya di atas 17 μm (Samsuri, 2008).

Gel pati alami mudah mengalami sineresis (pemisahan air dari struktur gelnya) akibat terjadinya retrogradasi pati, terutama selama penyimpanan dingin. Sineresis ini akan menjadi masalah apabila pati alami digunakan pada produk pangan yang harus disimpan pada suhu rendah (pendinginan/pembekuan).

Dari segi struktur kimia, pati berbeda dari selulosa dalam dua cara utama:

Cincin-cincin glukosa bersambungan bersama melalui karbon-karbon 1 dan 4 oleh ikatan α bukan ikatan β , dan terjadi banyak percabangan rantai melalui karbon 6. Akan tetapi, seperti juga selulosa, hidrolisis sempurna menghasilkan D-glukosa.

Pati terjadi secara alami sebagai granul-granul kecil di dalam akar, biji dan batang berbagai jenis tumbuhan, termasuk jagung, gandum, padi jawawut, *barley*, dan kentang, ia mengkonstitusi cadangan utama karbohidrat dari tumbuhan-tumbuhan. Pati terdiri dari dua polisakarida, amilosa dan amilopektin yang bisa dipisahkan menurut perbedaan kelarutan. Amilosa terutama berstruktur linier, dengan berat molekul yang berkisar dari sekitar 30.000 sampai 1 juta, meskipun batas-batas atas 200.000 sampai 300.00 lebih umum. Lepas dari ikatan α (ikatan C-0 aksial pada karbon 1), amilosa menyerupai selulosa.

Amilopektin sangat bercabang melalui karbon 6 dan memiliki berat molekul diatas 1 juta. Amilopektin terdiri dari rantai-rantai 20-25 unit glukosa yang terikat

melalui karbon-karbon 1 dan 4, sebagaimana amilosa, tetapi dengan rantai-rantai yang tersambungkan satu sama lain melalui ikatan 1,6. Suatu struktur parsial untuk amilopektin diberikan di bawah. Dalam pati alam biasanya ada sekitar tiga kali amilopektin lebih banyak dibandingkan amilosa, meskipun terdapat juga proporsi salah satunya yang jauh lebih tinggi pada beberapa tumbuhan, karena strukturnya yang sangat bercabang dan permeabilitasnya, pati yang tidak cocok untuk aplikasi-aplikasi plastik atau serat sebagaimana kasus dengan selulosa. Akan tetapi, tidak seperti selulosa, pati bermanfaat sebagai bahan makanan, karena hewan-hewan memproduksi enzim yang diperlukan untuk mengkatalisis hidrolisis ikatan-ikatan α . Selain pemakaiannya dalam industri makanan dan fermentasi, pati kadang-kadang juga dipakai dalam formulasi-formulasi bahan perekat (misalnya, lem kanji) dan sebagai bahan penganji (*sizing agent*) atau penguapan (*glazing agent*) dalam industri kertas dan tekstil.

2.6 Gliserol

Gliserol atau disebut juga gliserin merupakan senyawa alkohol trihidrat dengan rumus molekul $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$. Menurut nomenklatur IUPAC, gliserol disebut sebagai Propan-1, 2, 3-triol atau 1,2,3-propanatriol. Massa molar adalah $92,09 \text{ g mol}^{-1}$. Gliserol berwujud cairan jernih, higroskopis, kental dan terasa manis. Memiliki tiga gugus $-\text{OH}$ terikat pada tiga atom karbon terpisah. Sifat fisik gliserol dapat dilihat pada Tabel 11.

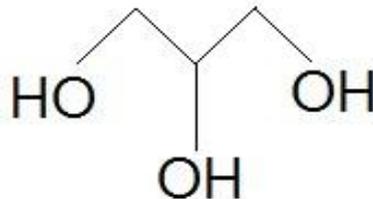
Tabel 11. Sifat Fisik Gliserol

Sifat	Nilai
Bobot molekul	92,09382 g/mol
Viskositas pada suhu 20°C	1499 Cp
Panas spesifik pada suhu 26°C	0,5795 kal/g
Densitas	1,261 g/cm ³
Titik leleh	18°C
Titik didih	290°C

Sumber: Kem, 1966

Gliserol memiliki banyak kegunaan, diantaranya sebagai *emulsifier*, agen pelembut, *plasticizer*, *stabilizer* es krim, pelembab kulit, pasta gigi, obat batuk, sebagai media pencegah reaksi pembekuan darah merah, sebagai tinta *printing*,

sebagai bahan aditif pada industri pelapis, cat, sebagai bahan antibeku, sumber nutrisi dalam proses fermentasi dan bahan baku untuk nitrogliserin. Rumus struktur gliserol dapat dilihat pada Gambar 8.



Sumber: Solvay, 2001

Gambar 8. Struktur Gliserol

Gugus tiga hidroksil, molekul gliserol sangat polar, hal ini membuat mereka sangat larut dalam air dan pelarut polar lainnya. Gliserol membentuk lipid dengan kombinasi tiga asam lemak. -OH dari gliserol dan gugus -COOH asam lemak membuat ikatan ester, dan menghasilkan trigliserida. Jadi gliserol adalah tulang punggung trigliserida. Karena trigliserida adalah senyawa dalam sabun, gliserol berguna dalam membuat sabun. Selain itu, ini banyak digunakan dalam aplikasi farmasi. Hal ini digunakan sebagai agen pengikat tablet, untuk memberikan pelumasan dan sebagai pencahar. Gliserol merupakan pengobatan untuk luka bakar, gigitan, luka dan psoriasis. Gliserol adalah humektan oleh karena itu, ia digunakan dalam pelembab. Selain ini, gliserol digunakan sebagai bahan dalam sehari-hari produk yang digunakan seperti pasta gigi, krim cukur, produk perawatan rambut, obat kumur, dll. Dalam industri makanan, ini digunakan sebagai pemanis dan pelarut juga digunakan untuk mengawetkan makanan. Gliserol adalah gula alkohol, sehingga digunakan dalam makanan bukan gula untuk memberikan rasa manis. Ini memiliki rendah kalori dibandingkan dengan gula (27 kalori per sendok teh), sehingga merupakan alternatif yang baik untuk gula. Gliserol digunakan untuk menghasilkan bubuk senjata dan berbagai bahan peledak. Nitrogliserin merupakan bahan peledak yang diproduksi menggunakan gliserol.

2.7 Air (H₂O)

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H₂O: satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) and temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

Keadaan air yang berbentuk cair merupakan suatu keadaan yang tidak umum dalam kondisi normal, terlebih lagi dengan memperhatikan hubungan antara hidrida-hidrida lain yang mirip dalam kolom oksigen pada tabel periodik, yang mengisyaratkan bahwa air seharusnya berbentuk gas, sebagaimana hidrogen sulfida. Dengan memperhatikan tabel periodik, terlihat bahwa unsur-unsur yang mengelilingi oksigen adalah nitrogen, fluor, fosfor, sulfur dan klor. Semua elemen-elemen ini apabila berikatan dengan hidrogen akan menghasilkan gas pada temperatur dan tekanan normal. Alasan mengapa hidrogen berikatan dengan oksigen membentuk fase berkeadaan cair, adalah karena oksigen lebih bersifat elektronegatif ketimbang elemen-elemen lain tersebut (kecuali fluor).

Tarikan atom oksigen pada elektron-elektron ikatan jauh lebih kuat dari pada yang dilakukan oleh atom hidrogen, meninggalkan jumlah muatan positif pada kedua atom hidrogen, dan jumlah muatan negatif pada atom oksigen. Adanya muatan pada tiap-tiap atom tersebut membuat molekul air memiliki sejumlah momen dipol. Gaya tarik-menarik listrik antar molekul-molekul air akibat adanya dipol ini membuat masing-masing molekul saling berdekatan, membuatnya sulit untuk dipisahkan dan yang pada akhirnya menaikkan titik didih air. Gaya tarik-menarik ini disebut sebagai ikatan hidrogen yang disajikan pada Gambar 9.



Sumber: Wikipedia, 2015

Gambar 9. Ikatan Hidrogen dalam Air (H₂O)

Air sering disebut sebagai pelarut universal karena air melarutkan banyak zat kimia. Air berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperatur standar. Dalam bentuk ion, air dapat dideskripsikan sebagai sebuah ion hidrogen (H⁺) yang berasosiasi (berikatan) dengan sebuah ion hidroksida (OH⁻). Sifat fisik pada air dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Sifat-sifat Fisik pada Air (H₂O)

Sifat	Nilai
Massa molar	18.0153 g/mol
Densitas dan fase	0.998 g/cm ³ (cairan pada 20 °C) 0.92 g/cm ³ (padatan)
Titik lebur	0 °C (273.15 K) (32 °F)
Titik didih	100 °C (373.15 K) (212 °F)
Kalor jenis	4184 J/(kg·K) (cairan pada 20 °C)

Sumber: Wikipedia, 2015

2.8 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Ia digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan

deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50% yang biasa disebut larutan Sorensen. Ia bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Ia sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan, karena pada proses pelarutannya dalam air bereaksi secara eksotermis. Ia juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. Ia tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas. Natrium Hidroksida mempunyai berat molekul 40 gr/mol. Sifat fisik dari NaOH dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Sifat-Sifat Fisika Natrium Hidroksida (NaOH).

Sifat	Nilai
Densitas	2,1 g/cm ³ , padat
Titik lebur	318 °C (591 K)
Titik didih	1390 °C (1663 K)
Kelarutan dalam air	111 g/100 ml (20 °C)
Kebasaan (pK _b)	-2,43

Sumber: Perry's, *Chemical Engineering's Handbook*, 1996

2.9 Asam Klorida (HCl)

Asam klorida adalah larutan akuatik dari gas hidrogen klorida (HCl). Ia adalah asam kuat, dan merupakan komponen utama dalam asam lambung. Senyawa ini juga digunakan secara luas dalam industri. Asam klorida harus ditangani dengan wewanti keselamatan yang tepat karena merupakan cairan yang sangat korosif.

Asam klorida pernah menjadi zat yang sangat penting dan sering digunakan dalam awal sejarahnya. HCl ditemukan oleh alkimiawan Persia Abu Musa Jabir bin Hayyan sekitar tahun 800. Senyawa ini digunakan sepanjang abad pertengahan oleh alkimiawan dalam pencariannya mencari batu filsuf, dan

kemudian digunakan juga oleh ilmuwan Eropa termasuk *Glauber*, *Priestley* and *Davy* dalam rangka membangun pengetahuan kimia modern.

Sejak Revolusi Industri, senyawa ini menjadi sangat penting dan digunakan untuk berbagai tujuan, meliputi produksi massal senyawa kimia organik seperti vinil klorida untuk plastik PVC dan MDI/TDI untuk poliuretana. Kegunaan kecil lainnya meliputi penggunaan dalam pembersih rumah, produksi gelatin dan aditif makanan. Sekitar 20 juta ton gas HCl diproduksi setiap tahun. pada abad ke-20 proses *Leblanc* digantikan dengan proses *Solvay* yang tidak menghasilkan asam klorida sebagai produk sampingan. Asam Klorida (HCl) berwujud cairan tak berwarna sampai dengan kuning pucat, dan memiliki kelarutan tercampur penuh bila dicampurkan ke dalam air. Sifat fisik HCl dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Sifat-sifat Fisika pada Asam Klorida (HCl)

Sifat	Nilai
Massa molar	36,46 g/mol (HCl)
Densitas	1,18 g/cm ³ (variable)
Titik lebur	-27,32 °C (247 K)
	larutan 38%
Titik didih	110 °C (383 K), larutan 20,2%; 48 °C (321 K), larutan 38%.
Keasaman (pK _a)	-8,0
Viskositas	1,9 mPa·s pada 25 °C larutan 31,5%

Sumber: *Perry's, Chemical Engineering's Handbook, 1996*