

Rahmatullah, ST., M.T  
Rizka Wulandari Putri, S.T., M.T

# Biodegradable Plastik Dari Serat Kapuk Solusi Plastik Masa Depan



• Rahmatullah, S.T., M.T • Rizka Wulandari Putri, S.T., M.T

Biodegradable Plastik Dari Serat Kapuk Solusi Plastik Masa Depan

**BIODEGRADABLE PLASTIK**  
**DARI SERAT KAPUK SOLUSI PLASTIK MASA DEPAN**

**Rahmatullah, S.T., M.T**  
**Rizka Wulandari Putri, S.T., M.T**

**Biodegradable Plastik**  
**Dari Serat Kapuk Solusi Plastik Masa Depan**  
copyright © Maret 2023

---

Penulis : Rahmatullah, S.T., M.T  
Rizka Wulandari Putri, S.T., M.T  
Setting Dan Layout : Ardatia Murty, S.Pd  
Desain Cover : Sri Antika Ramadani

Hak Penerbitan ada pada © Bening media Publishing 2023  
Anggota IKAPI No. 019/SMS/20

Hakcipta © 2023 pada penulis  
Isi diluar tanggung jawab percetakan

Ukuran 16,25 cm x 25 cm  
Halaman : vii + 67 hlm

Hak cipta dilindungi Undang-undang  
Dilarang mengutip, memperbanyak dan menerjemahkan sebagian  
atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Bening media  
Publishing

Cetakan I, Maret 2023



Jl. Padat Karya  
Palembang – Indonesia  
Telp. 0823 7200 8910  
E-mail : [bening.mediapublishing@gmail.com](mailto:bening.mediapublishing@gmail.com)  
Website: [www.bening-mediapublishing.com](http://www.bening-mediapublishing.com)

ISBN : 978-623-8006-80-9

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wa rahmatullahi wa barakatuh

Alhamdulillah atas segala puji bagi Allah atas rahmat dan kesempatan yang telah diberikan kepada kami untuk menulis buku referensi dari perjalanan penelitian selama 3 tahun terakhir. Buku ini merupakan resume serta kilas balik dari penelitian pembuatan biodegradable plastik berbasis selulosa asetat dari serat kapuk dengan segala macam jenis variasi komposisi bahan baku.

Serat kapuk merupakan serat alami yang biasa digunakan bahan pengisi kasur dan bantal, yang dari hasil penelitian dapat menjelma menjadi sesuatu yang dapat dimanfaatkan yaitu bahan baku pembuatan biodegradable plastik. Hal ini selaras dengan prioritas riset nasional (PRN) dan Road Map penelitian Universitas Sriwijaya tentang rekaya engineering dan material maju.

Penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada tim peneliti baik dosen dan mahasiswa yang telah membantu selamai ini antara lain: Rizka Wulandari Putri, S.T., M.T., Adhe Muhammad Reinadi, Ayu Permatasari, M. Yori Pratama, Untung Waluyo, Tedi Andrianto, Aan Saputra, Robby Kurniawan, M. Anwar Raihan, Tree Silvia, dan Shenja Meidina. Harapan kami selaku penulis adalah buku ini dapat dijadikan referensi atau rujukan para peneliti dengan bidang penelitian sejenis dan juga dapat dijadikan buku ajar yang berkaitan dengan konversi biomassa, bio-polymer, teknologi material maju sehingga bermanfaat untuk mahasiswa.

Palembang, 2023

Tim penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Permasalahan Lingkungan Sampah Plastik.....	1
1.2 Dampak Kesehatan dari Sampah Plastik .....	2
1.3 Solusi Permasalahan Plastik.....	3
<b>BAB II SERAT KAPUK SEBAGAI SELULOSE BASE UNTUK     BIOPLASTIK.....</b>	<b>5</b>
2.1 Serat Kapuk.....	5
2.2 Selulosa.....	8
2.3 Selulosa Asetat.....	14
2.4 <i>Plasticizer</i> .....	18
2.5 Bioplastik.....	21
<b>BAB III ADVANCE MATERIAL : BIO-DEGRADABLE     PLASTIK .....</b>	<b>25</b>
3.1 Preparasi Serat Kapuk dengan Proses Delignifikasi dan <i>Bleaching</i> .....	25
3.2 Proses Sintesa Selulosa Asetat berbasis serat kapuk.....	28
3.3 Proses Pembuatan Bio-degradable plastic .....	31
<b>BAB IV ADVANCE MATERIAL : BIO-DEGRADABLE     KOMPOSIT PLASTIK .....</b>	<b>37</b>
4.1 Komposit.....	37
4.2 <i>Filler</i> Polypropylene .....	39
4.3 Campuran Polypropylene di Selulosa Asetat berbasis serat kapuk.....	42
4.4 Proses pembuatan bio-degradable komposit plastik.....	42
<b>BAB V ADVANCE MATERIAL : BIO-DEGRADABLE PLASTIK     DENGAN CHITOSAN.....</b>	<b>45</b>
5.1 Kitosan.....	45
5.2 Pengaruh penambahan chitosan terhadap kualitas bio-degradable plastik.....	47

5.3 Proses pembuatan bio-degradable plastik dengan chitosan .....	47
<b>BAB VI KARAKTERISASI BIOPLASTIK.....</b>	<b>49</b>
6.1 Karakterisasi Sifat Fisik .....	49
6.2 Karakteristik Sifat Mekanik.....	52
<b>BAB VII APLIKASI BIOPLASTIK .....</b>	<b>53</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>CURICULUM VITAE .....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kapuk Randu.....	5
Gambar 2. Struktur Kayu.....	8
Gambar 3. Ikatan alpha selulosa .....	9
Gambar 4. Ikatan betha selulosa .....	10
Gambar 5. Ikatan Hidrogen Intra dan antara Rantai Selulosa..	11
Gambar 6. Model Fibril Struktur Selulosa .....	11
Gambar 7. Struktur Selulosa Asetat .....	14
Gambar 8. Serat Kapuk Bebas Impuritis .....	25
Gambar 9. Proses delignifikasi.....	26
Gambar 10. Proses bleaching .....	28
Gambar 11. Pretreatment CA.....	29
Gambar 12. Proses Purifikasi CA.....	31
Gambar 13. Proses Sintesa CA.....	42
Gambar 14. Proses Pembuatan Bioplastik PP .....	43
Gambar 15. Biodegradable Plastik dengan Kitosan.....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sumber Selulosa dan Kandungannya .....	13
Tabel 2. Karakteristik Gliserol .....	20
Tabel 3. Sampel Bioplastik .....	34
Tabel 4. Hasil Perbandingan Karakteristik Bioplastik.....	35
Tabel 5. Hasil Massa Bioplastik Komposit.....	44
Tabel 6. Standar Karakteristik Bioplastik.....	53



### 1.1 Permasalahan Lingkungan Sampah Plastik

Indonesia menempati urutan ke-5 dari 10 negara penyumbang sampah plastik terbesar di lautan sebesar 56.333 ton per tahun (World Population Review, 2023). Plastik bersifat sulit untuk terkomposisi secara alami di lingkungan atau disebut *non-biodegradable*, dibutuhkan waktu lama sekitar 100 hingga 500 tahun untuk dapat terdegradasi dengan sempurna (Firmansyah et al., 2021). Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan pencemaran akibat sampah plastik ini adalah dengan mengganti pemakaiannya dengan menggunakan bioplastik yang bersifat biodegradable.

Salah satu jenis bioplastik yang diproduksi di dunia saat ini adalah Cellulose Acetate (CA) yang dapat disintesis dari selulosa. Selulosa merupakan komponen penyusun pada dinding sel dari tumbuhan. Salah satu jenis tanaman yang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan cellulose acetate adalah tanaman kapuk. Serat kapuk memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yaitu sebesar 35%-64% (Sugiyanto, 2013). Indonesia merupakan salah satu negara penghasil serat kapuk terbesar di dunia. Luas perkebunan tanaman kapuk di Indonesia pada tahun 2020 sebesar 115.217 hektar dengan total produksi 38.823 ton (Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021).

Pemanfaatan serat kapuk di Indonesia masih sangat minim dan masih terbatas sebagai bahan isian, seperti pada kasur, bantal, guling, boneka, dan sejenisnya. Penggunaan serat kapuk sebagai bahan isian juga semakin berkurang akibat adanya persaingan dengan berbagai produk sintesis, seperti dakron dan poliester (Raden et al., 2016). Hal tersebut yang melatarbelakangi penulis

untuk membuat produk bioplastik CA yang dihasilkan dari serat kapuk dengan tambahan plasticizer berupa gliserol sebagai upaya untuk menurunkan tingkat pencemaran lingkungan akibat sampah plastik di Indonesia.

## **1.2 Dampak Kesehatan dari Sampah Plastik**

Plastik dapat didefinisikan sebagai suatu material yang tersusun atas makromolekul-makromolekul yang umumnya adalah polimer (Brydson, 1999). Selain itu, dapat juga dikatakan bahwa plastik adalah suatu istilah umum yang merujuk kepada suatu material polimer yang mengandung zat-zat lain untuk meningkatkan performanya atau mengurangi biaya pembuatannya (Vert et al., 2012). Pada umumnya, plastik berasal dari minyak bumi dan dibuat dengan proses yang dikendalikan oleh manusia (sintetik).

Plastik memiliki sifat-sifat umum seperti tahan terhadap bahan kimia, isolator terhadap panas dan listrik, ringan, mudah dibentuk, elastis, dan serbaguna karena karakteristiknya dapat diatur dan dimodifikasi sesuai kebutuhan dengan penambahan zat-zat aditif pada proses pembuatannya. Berbagai macam sifat inilah yang membuat plastik banyak diproduksi dan dimanfaatkan oleh manusia baik dalam rumah tangga, industri, maupun dalam bidang-bidang lainnya seperti konstruksi, otomotif, penerbangan, telekomunikasi, dan elektronik (Wijayanti et al., 2016).

Walaupun pemakaian plastik dalam kehidupan manusia dapat menghemat biaya, bahan mentah, dan energi karena sifatnya yang ringan dan mudah diproduksi; sampah plastik dapat membawa dampak negatif bagi lingkungan. Permasalahan utama dari plastik adalah sifatnya yang tahan terhadap degradasi, sehingga sampah plastik akan sulit untuk hilang dari lingkungan. Sampah plastik juga kurang efisien untuk didaur ulang karena memiliki titik leleh yang rendah sehingga sulit untuk dibersihkan dari pengotornya. Akibatnya, kualitas plastik hasil daur ulang cenderung lebih rendah daripada kualitasnya sebelum didaur ulang (Wagh et al., 2022). Selain itu, pembakaran plastik untuk menghasilkan energi cenderung kurang efisien, membutuhkan

pengawasan emisi, dan menghasilkan sisa pembakaran yang berbahaya bagi kehidupan (UNEP, 2014).

Berdasarkan survey yang dilakukan oleh United Nations Environmental Programme, sekitar 22-43% sampah plastik di dunia ditangani dengan cara ditimbun (UNEP, 2014). Padahal, penimbunan plastik dapat merusak estetika lingkungan, melepas bahan-bahan kimia berbahaya ke lingkungan (Ren, 2002). Penimbunan plastik malah menjadi sumber polusi yang berdampak buruk bagi lingkungan antara lain menyebabkan penurunan kesuburan tanah sehingga menghalangi mikroorganisme dalam mendekomposisi senyawa lain serta menyebabkan polusi air bawah tanah dan air permukaan, yang berdampak pada kehidupan hewan dan tumbuhan khususnya biota laut.

Metode penanganan sampah lainnya adalah pembakaran plastik untuk menghasilkan energi cenderung kurang efisien, namun membutuhkan pengawasan emisi, dan menghasilkan sisa pembakaran yang berbahaya bagi kehidupan (UNEP, 2014). Pembakaran plastik menghasilkan senyawa dioksin yang berbahaya dan beracun sehingga berakibat pada perubahan hormon reproduksi hewan dan manusia serta dapat menyebabkan kanker karena senyawa karsinogenik yang terbawa di asap pembakaran sampah plastik.

### **1.3 Solusi Permasalahan Plastik**

Plastik berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, yaitu minyak bumi. Berdasarkan data yang diperoleh oleh UNEP, sekitar 8% konsumsi minyak dunia digunakan untuk memproduksi plastik. Menurut data dari British Plastics Federation, hampir 99% plastik di dunia ini berbahan baku dari minyak bumi (British Plastics Federation, 2014). Pada tahun 2013, British Petroleum memperkirakan jika tingkat konsumsi minyak dunia cenderung konstan setiap tahunnya, maka cadangan minyak dunia akan habis dalam 53 tahun.

Untuk mengatasi masalah sampah plastik yang tidak dapat terdegradasi dan bahan baku plastik yang tidak dapat diperbaharui, perlu adanya plastik dari bahan baku yang dapat diperbaharui

(*bioplastic*) dan dapat terdegradasi (*bio-degradeable*) sehingga sampahnya mudah untuk diatasi. Plastik yang dapat memenuhi kedua syarat tersebut disebut dengan *bio-degradeable bioplastic*. Prinsip *bio-degradeable bioplastic* adalah jenis plastik yang dapat digunakan seperti layaknya plastik biasa namun dapat terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi air dan gas karbon dioksida atau gas metana (Kennedy & Knill, 1995), serta berasal dari bahan baku biomassa (umumnya biomassa nabati) seperti pati, selulosa, karbohidrat dan lainnya yang dapat diperbaharui (*renewable*) (Robiah, 2020). Kedua sifat ini menjadi penting karena suatu jenis *bioplastic* belum tentu *bio-degradeable* (seperti *polyamide*), dan suatu jenis plastik yang *bio-degradeable* belum tentu termasuk ke dalam jenis *bioplastic* (seperti *polyvinyl alcohol*) (Rahman & Bhoi, 2021).

Salah satu solusi yang diambil oleh pemerintah yaitu dengan mengeluarkan peraturan tentang plastik berbayar yang dituangkan pada Surat Direktur Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan Bahan Berbahaya dan Beracun Nomor S.1230/PSLB3-PS/2016 tentang Harga dan Mekanisme Penerapan Kantong Plastik Berbayar (“Surat Dirjen PSLB3 1230/2016”) dalam rangka mengurangi masalah sampah plastik. Meski peraturan larangan penggunaan plastik sekali pakai ini telah diterapkan di sejumlah daerah tetapi tetap saja jumlah sampah plastik masih menggunung di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sehingga diperlukan solusi menyeluruh untuk mengatasi permasalahan yang berdampak pada lingkungan itu.

## 2.1 Serat Kapuk

Kapuk randu atau *Ceiba pentandra*, merupakan salah satu jenis tanaman tropis yang awal mulanya berasal dari Amerika Tengah dan Selatan, Karibia serta Afrika. Kini, kapuk randu dapat dengan mudah diteukan di wilayah Asia, seperti Indonesia, Malaysia dan Filipina.

Tanaman kapuk juga banyak ditanam di Asia Tenggara dan Indonesia terutama di Jawa. Buah kapuk dipetik kemudian dipecah dengan palu kayu lalu biji beserta serat-seratnya diambil dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Pengeringan dilakukan di dalam suatu tempat yang ditutup dengan kasa kawat agar serat kapuk tidak berterbangan. Pohon kapuk memiliki tinggi mencapai 8-30 m dan memiliki batang utama dengan diameter 3 m. Panjang serat kapuk berkisar antara 0,75-3 cm dan berdiameter 30-36 mikron. Serat kapuk berwarna putih kekuningan-kuningan dan mengkilap. Bentuk penampang melintang serat kapuk bulat lonjong dengan lumen lebar dan dinding yang sangat tipis (Suliyanthini, 2016). Berikut serat kapuk yang dapat dilihat pada Gambar



**Gambar 1. Kapuk Randu (Rahmatullah, 2020)**

Ciri lain dari pohon ini adalah memiliki akar yang menyebar horizontal dan terlihat di permukaan tanah. Batang pohon kapuk randu bisa memiliki cabang atau tidak dan kadang-kadang berduri. Tanaman dari famili *Malvaceae* ini akan tumbuh optimal pada ketinggian di atas 500 mdpl, suhu udara di malam hari 17°C serta area tumbuh yang memiliki curah hujan melimpah hingga 1.500 mm tiap tahun.

Selain pohonnya yang biasa digunakan untuk industri mebel/perkayuan, pohon randu juga menghasilkan buah kapuk yang sangat bermanfaat untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Buah kapuk yang dihasilkan berupa serat kapas putih yang terbungkus bagian kulit berwarna kecokelatan, berbentuk oval dan lancip di bagian ujungnya. Jika musim berbuah tiba, buah-buah tersebut akan rontok dan bagian kulitnya akan pecah sehingga kapuknya pun akan bertebaran di sekitar pohon kapuk randu tersebut.

Serat dari buah kapuk randu tersebut sudah lama dikenal dan dimanfaatkan sebagai bahan dasar isian bantal, kasur, matras, hiasan dinding, pakaian pelindung, dan penahan panas serta peredam suara. Sementara itu, kulit kering yang sudah dipisahkan dari isinya dapat digunakan sebagai bahan bakar. Sedangkan, biji kapuknya yang berbentuk kecil bulat dan berwarna hitam mengandung minyak dan pelumas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar energi. hingga kita tidak perlu khawatir kekurangan sumber energi nabati ini. Biji kapuk ini dapat diolah menjadi minyak goreng yang hasilnya akan lebih baik daripada minyak kelapa sawit. Ini karena minyak kapuk mengandung omega 3, 6, dan 9 serta tidak mengandung kolesterol dan juga tidak berbau. Akan tetapi, karena kandungan asam lemaknya yang cukup tinggi, minyak kapuk ini pun mudah menjadi tengik, sehingga kurang direkomendasikan untuk dijadikan minyak makanan (Agrozine, 2022).

Penggunaan kapuk randu ini tidak hanya dikembangkan dalam bidang industri saja, akan tetapi saat ini sudah merambah ke bidang kuliner. Di negara Filipina dan Thailand, bagian dari daun muda, bunga serta buah muda dari tanaman randu ini sudah

dikonsumsi sebagai bahan sayuran dan camilan. Sementara di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa, polong kapuk yang masih sangat muda juga sudah banyak yang mengonsumsinya (Agrozine, 2022).

Indonesia adalah negara teratas dengan produksi kapuk di dunia. Pada tahun 2020, produksi kapuk di Indonesia adalah 56.694 ton yang merupakan 72,06% dari produksi kapuk dunia. 2 negara teratas (selain Thailand) menyumbang 100,00% darinya. Total produksi kapuk dunia diperkirakan mencapai 78.674 ton pada tahun 2020 (Knoema, 2020). Namun saat ini banyak tanaman kapuk yang diabaikan begitu saja tanpa diperhatikan kelestariannya. Hal ini disebabkan karena nilai ekonomi dari tanaman kapuk dianggap bernilai rendah oleh masyarakat padahal serat kapuk tersebut memiliki kandungan selulosa yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai industri.

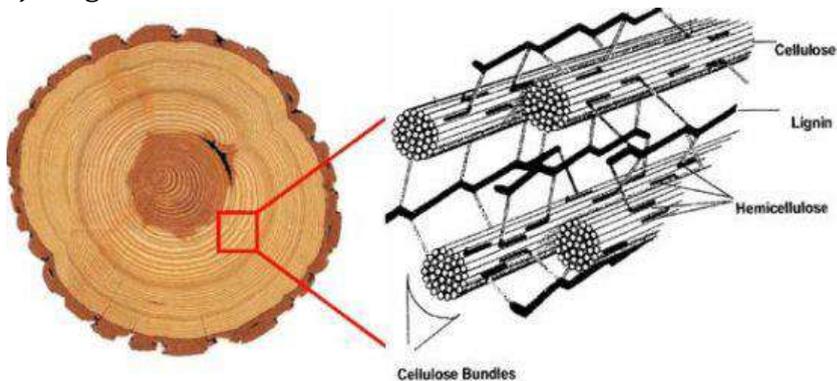
Kapuk randu selain memiliki nilai ekonomis juga memiliki fungsi sebagai material penahan tanah dari banjir, erosi, dan tanaman penghijauan yang dapat dimanfaatkan untuk melestarikan sumber daya alam. Namun dari tahun ke tahun jumlah permintaan serat kapuk semakin berkurang yang membuat nilai ekonomisnya pun semakin berkurang sehingga membuat tanaman ini semakin kurang diperhatikan oleh para petani (Pratiwi, 2014). Salah satu faktor yang menyebabkan turunnya permintaan kapuk Indonesia adalah akibat dari persaingan dengan penggunaan bahan sintetis seperti poliester dan poliuretan yang lebih murah dan lebih nyaman digunakan sebagai bahan pengisi dibandingkan kapuk.

Permasalahan lain dari kapuk diantaranya adalah pemanfaatan dari serat kapuk yang masih sangat terbatas sebagai bahan pengisi pada kasur, bantal, guling, boneka, atau sejenisnya. Pada industri tekstil sendiri serat kapuk tidak diminati untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan benang. Hal ini dikarenakan oleh karakteristik dari serat kapuk itu sendiri yang memiliki panjang serat yang pendek, licin, dengan kekuatan yang rendah, dan tidak elastis, sehingga sulit untuk dipintal menjadi benang (Raden et al., 2016)

Serat kapuk pada dasarnya memiliki potensi sebagai sumber selulosa. Hal ini dikarenakan serat kapuk memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yaitu berkisar antara 35%-64% (Sugiyanto, 2013). Salah satu produk selulosa yang dapat dijadikan alternatif dari pemanfaatan kapuk randu adalah selulosa asetat.

## 2.2 Selulosa

Selulosa adalah senyawa seperti serabut, liat, tidak larut dalam air, dan ditemukan di dalam dinding sel pelindung tumbuhan terutama pada tangkai batang, dahan dan semua bahagian berkayu dari jaringan tumbuhan.



**Gambar 2. Struktur Kayu (Sumber: Muchlisin Riadi, 2018)**

Selulosa tidak pernah ditemukan dalam keadaan murni di alam, tetapi selalu berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin, pectin, hemiselulosa, dan xilan. Di dalam tumbuhan molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril yang terdiri atas beberapa molekul paralel yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik sehingga sulit diuraikan (Asmoro et al., 2018). Selulosa pertama kali dijelaskan oleh Anselme Payen pada 1838 sebagai serat padat yang tahan dan tersisa setelah pemurnian jaringan tanaman dengan asam dan amonia. Payen mengamati bahwa bahan yang telah dimurnikan mengandung satu jenis senyawa kimia yang seragam, yaitu karbohidrat. Hal ini berdasarkan residu glukosa yang mirip dengan pati (Brown, 2004).

Selulosa adalah polimer glukosa yang berbentuk rantai linier dan dihubungkan oleh ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut.

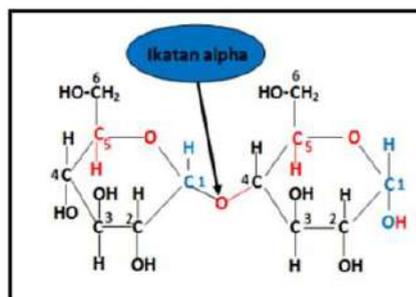
Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan (Scheller & Ulvskov, 2010).

Selulosa mempunyai bobot molekul yang sangat bervariasi berkisar antara 50.000 hingga 2,5 juta bergantung pada sumbernya. Ukuran panjang rantai molekul selulosa dinyatakan sebagai derajat polimerasi (DP) (Fengel & Wegener, 2011). Ester selulosa banyak digunakan sebagai serat dan plastik, sedangkan eter selulosa sebagai pengikat dan bahan tambahan untuk mortir khusus atau kimia khusus untuk bangunan dan konstruksi juga stabilisator viskositas pada cat, makanan, produk farmasetik, dan lain-lain. Selulosa juga merupakan bahan dasar dalam pembuatan kertas. Seratnya mempunyai kekuatan dan durabilitas yang tinggi. Jika dibasahi dengan air, menunjukkan pengembangan ketika jenuh, dan juga higroskopis. Bahkan dalam keadaan basah, serat selulosa alami tidak kehilangan kekuatannya. 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 (Zugenmaier, 2008).

### 2.2.1. Jenis-jenis Selulosa

Terdapat tiga jenis selulosa berdasarkan derajat polimerisasi dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH), yaitu sebagai berikut (Fitri & Fitriana, 2020):

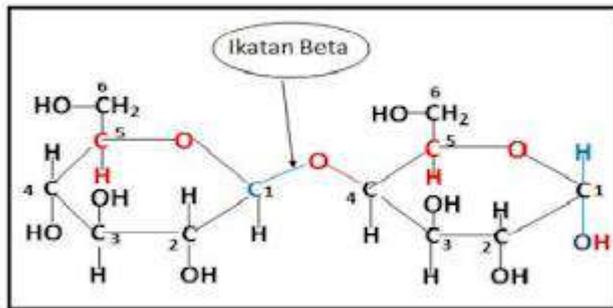
- a. Selulosa  $\alpha$  (Alpha Cellulose)



**Gambar 3. Ikatan alpha selulosa (Sumber: Muchlisin Riadi, 2018)**

Selulosa  $\alpha$  adalah jenis selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan derajat polimerisasi 600 - 1500. Selulosa  $\alpha$  dipakai sebagai penduga dan atau penentu tingkat kemurnian selulosa. Selulosa  $\alpha$  merupakan kualitas selulosa yang paling tinggi (murni). Selulosa  $\alpha > 92\%$  memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan propelan dan atau bahan peledak, sedangkan selulosa kualitas di-bawahnya digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas dan industri sandang/kain. Semakin tinggi kadar alfa selulosa, maka semakin baik mutu bahannya.

b. Selulosa  $\beta$  (Betha Cellulose)



**Gambar 4. Ikatan betha selulosa**

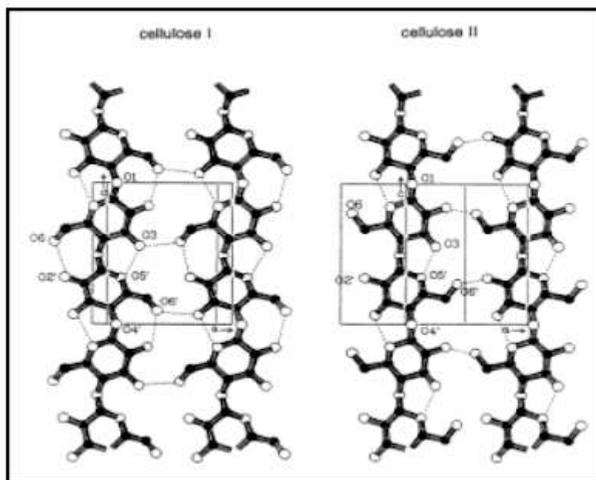
Selulosa  $\beta$  adalah jenis selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan derajat polimerisasi 15 - 90, dapat mengendap bila dinetralkan.

c. Selulosa  $\gamma$  (Gamma cellulose)

Selulosa  $\gamma$  adalah Selulosa yang sama dengan selulosa  $\beta$ , tetapi derajat polimerisasinya kurang dari 15.

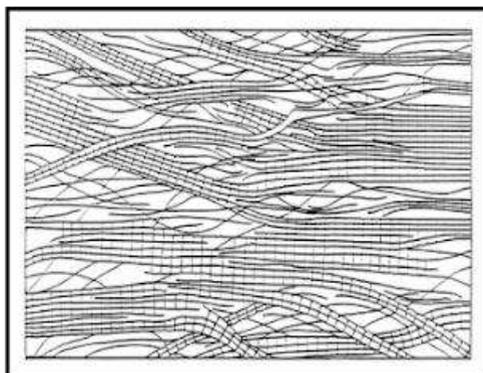
### 2.1.2. Struktur Selulosa

Selulosa memiliki struktur yang unik karena kecenderungannya membentuk ikatan hidrogen yang kuat. Ikatan hidrogen intramolekular terbentuk antara:



**Gambar 5. Ikatan Hidrogen Intra dan Antar Rantai Selulosa  
(Sumber: Muchlisin Riadi, 2018)**

1. Gugus hidroksil C3 pada unit glukosa dan atom O cincin piranosa yang terdapat pada unit glukosa terdekat.
2. Gugus hidroksil pada C2 dan atom O pada C6 unit glukosa tetangganya. Ikatan hidrogen antarmolekul terbentuk antara gugus hidroksil C6 dan atom O pada C3 di sepanjang sumbu b.



**Gambar 6. Model Fibril Struktur Supramolekul Selulosa  
(Sumber: Muchlisin Riadi, 2018)**

Dengan adanya ikatan hidrogen serta gaya van der Waals yang terbentuk, maka struktur selulosa dapat tersusun secara teratur dan membentuk daerah kristalin. Di samping itu, juga terbentuk rangkaian struktur yang tidak tersusun secara teratur yang akan membentuk daerah nonkristalin atau amorf. Semakin tinggi packing density-nya maka selulosa akan berbentuk kristal, sedangkan semakin rendah packing density maka selulosa akan berbentuk amorf.

Derajat kristalinitas selulosa dipengaruhi oleh sumber dan perlakuan yang diberikan. Rantai-rantai selulosa akan bergabung menjadi satu kesatuan membentuk mikrofibril, bagian kristalin akan bergabung dengan bagian nonkristalin. Mikrofibril-mikrofibril akan bergabung membentuk fibril, selanjutnya gabungan fibril akan membentuk serat.

### 2.1.3. Sifat-Sifat Selulosa

Sifat selulosa terdiri dari sifat fisika dan sifat kimia. Selulosa rantai panjang mempunyai sifat fisik yang lebih kuat, lebih tahan lama terhadap degradasi yang disebabkan oleh pengaruh panas, bahan kimia maupun pengaruh biologis (Fengel & Wegener, 2011).

Berikut beberapa sifat lain dari selulosa, yaitu:

1. Dapat terdegradasi oleh hidrolisa, oksidasi, fotokimia maupun secara mekanis sehingga berat molekulnya menurun.
2. Tidak larut dalam air maupun pelarut organik, tetapi sebagian larut dalam larutan alkali.
3. Dalam keadaan kering, selulosa bersifat higroskopis, keras dan rapuh. Bila selulosa cukup banyak mengandung air maka akan bersifat lunak. Jadi fungsi air disini adalah sebagai pelunak.
4. Selulosa dalam kristal mempunyai kekuatan lebih baik jika dibandingkan dengan bentuk amorfnya.

Sifat-sifat serat selulosa adalah sebagai berikut (Harsini & Susilowati, 2000):

- 1.1 Memiliki kekuatan tarik yang tinggi.
- 2.1 Mampu membentuk jaringan.
- 3.1 Tidak mudah larut dalam air, alkali dan pelarut organik.
- 4.1 Relatif tidak berwarna.
- 5.1 Memiliki kemampuan mengikat yang lebih kuat.

#### 2.1.4. Sumber-sumber Selulosa

Selulosa dalam serat tanaman bervariasi menurut sumbernya dan biasanya berkaitan dengan bahan-bahan seperti air, lilin, pektin, protein, lignin dan substansi-substansi mineral. Tabel 1. di bawah ini menunjukkan jumlah senyawa kimia yang terdapat dalam beberapa bahan yang mengandung selulosa (Zugenmaier, 2008). Sumber lain selulosa adalah hasil biosintesis selulosa oleh mikroorganismeseperti bakteri, alga, dan jamur. Alga dan jamur menghasilkan selulosa melalui sintesis *in vitro* secara enzimatik dari selobiosil fluorida, dan kemosintesis dari glukosa dengan pembukaan cincin polimerisasi turunan benzil dan pivaloyl. Dari ketiga mikroorganisme tersebut, hanya spesies *Acetobacter xylinum* yang diketahui dapat menghasilkan selulosa dalam jumlah besar. Sumber selulosa lain adalah dari hewan, yang disebut tunicin atau selulosa hewan karena diperoleh dari organisme bahari tertentu dari kelas Tunicata (Pogorelova et al., 2020).

**Tabel 1. Sumber selulosa dan kandungannya**

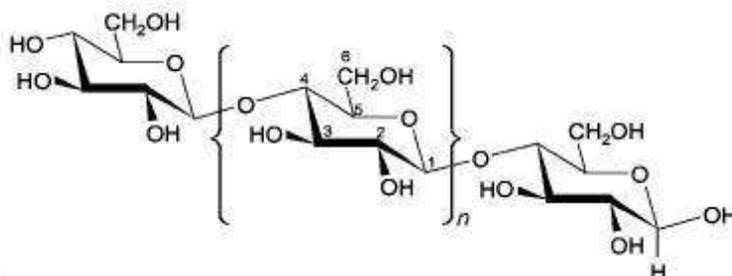
Sumber	Komposisi			
	Selulosa	Hemiselulosa	Lignin	Ekstrak
Hardwood	43-47	25-35	16-24	2-8
Softwood	40-44	25-29	25-31	1-5
Tebu	40	30	20	10
Coir	32-43	10-20	43-39	4
Tongkol jagung	45	35	15	5

Tangkai Jagung	35	25	35	5
Kapas	95	2	1	0,4
Jerami Gandum	30	50	15	5
Rami	76	17	1	6
Flax	71	21	2	6

### 2.3 Selulosa Asetat

Selulosa asetat merupakan selulosa yang mengalami reaksi asetilasi parsial. Selulosa asetat memiliki rumus molekul  $[C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_x$ , berwujud padat dengan bentuk serbuk berwarna putih. Serat ini banyak digunakan di bidang tekstil karena harganya yang ekonomis, warna terang, dan variasi sifat yang beraneka ragam. Selulosa asetat bersifat hidrofobik, mudah dibentuk, quick drying, tidak mudah berkerut, dan stabilitas tinggi. Selulosa asetat memiliki beberapa keunggulan antara lain karakteristik fisik dan optik yang baik sehingga banyak digunakan sebagai serat untuk tekstil, filter rokok, plastik, film fotografi, lak, pelapis kertas, dan membran, serta kemudahan dalam pemrosesan lebih lanjut.

Selulosa asetat memiliki daya tarik yang cukup tinggi karena sifatnya yang biodegradable sehingga ramah lingkungan (Analda Souhoka & Latupeirissa, 2018).



**Gambar 7. Struktur Selulosa Asetat**  
(Sumber: Puls et al., 2011)

Derajat substitusi pada selulosa asetat karena menunjukkan gugus hidroksil yang tersubstitusi sehingga terbentuk selulosa asetat. Derajat substitusi selulosa asetat adalah 0-3,5 dan

meningkatnya derajat substitusi akan meningkatkan titik leleh dari selulosa asetat. Titik leleh dari selulosa asetat adalah 170-240°C (Roganda et al., 2013). Berdasarkan derajat substitusinya, selulosa asetat dapat dibagi menjadi tiga sebagai berikut:

1. Selulosa monoasetat dengan derajat substitusi (DS)  $0 < DS < 2$  larut dalam aseton.
2. Selulosa diasetat dengan derajat substitusi (DS) 2,0-2,8 dengan kandungan asetil sebesar 35-43,5%.
3. Selulosa triasetat dengan derajat substitusi (DS) 2,8-3,5 mempunyai kandungan asetil 43,5-44,8%.

Selulosa asetat merupakan hasil reaksi esterifikasi dari selulosa dan asetat anhidrat. Ada tiga proses utama yang biasa digunakan untuk mengubah selulosa menjadi selulosa asetat, yaitu:

1. *Solution process*

Proses ini menggunakan asetat anhidrat sebagai solvent dan asam asetat glasial sebagai diluen, serta asam sulfat sebagai katalis.

2. *Solvent process*

Methylene chloride digunakan sebagai pengganti asam asetat anhidrat dan berfungsi sebagai solven bagi selulosa asetat yang terbentuk.

3. *Heterogenous process*

Cairan organik inert, seperti benzena atau ligroin digunakan sebagai non solvent untuk menjaga selulosa terasetilasi yang telah terbentuk dalam larutan (Nierle, 1966).

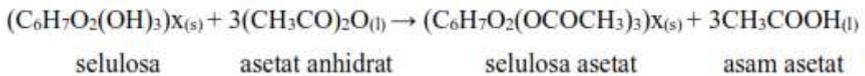
Proses produksi selulosa asetat secara garis besar sebagai berikut (Nierle, 1966):

1. Preparasi meliputi *pretreatment* dan aktivasi

Metode *pretreatment* menggunakan asam asetat dan dipilih bahan yang mengandung  $\alpha$ -selulosa tinggi (99%), seperti selulosa dari kapas. Kadar moisture sebesar 6% dari berat selulosa. Apabila selulosa terlalu kering, maka sejumlah air harus ditambahkan ke asam asetat.

## 2. Asetilasi

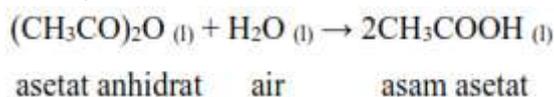
Asetilasi bertujuan untuk memproduksi selulosa asetat primer. Metode ini menggunakan proses batch yang disertai dengan pendinginan pada reaktor. reaksi asetilasi bersifat eksotermis. Proses asetilasi campuran asetat untuk proses esterifikasi terdiri dari 60% asam asetat dan 40% asetat anhidrat. Berikut ini reaksi asetilasi pembuatan selulosa asetat dari selulosa dan asam asetat anhidrat menggunakan katalis asam sulfat:



Proses ini berlangsung pada reaktor tangki berpengaduk pada suhu 40-50°C dan tekanan 1 atm dengan waktu reaksi sekitar 5-8 jam. Suhu operasi tidak boleh lebih dari 50°C. Hal ini untuk mencegah rusaknya rantai selulosa asetat yang telah terbentuk dan mencegah terbentuknya gel, sehingga harus dijaga agar reaksi tetap berlangsung pada kisaran suhu normalnya (Nierle, 1966).

## 3. Hidrolisis dan Netralisasi

Langkah ketiga adalah hidrolisis sisa asetat anhidrat dan dilanjutkan dengan netralisasi katalis asam sulfat yang masih tersisa dalam campuran selulosa asetat primer dari unit asetilasi. Setelah asetilasi, produk reaktor dihidrolisis dalam hidroliser dengan menambahkan sejumlah air yang dimasukkan dalam bentuk larutan asam asetat dengan konsentrasi rendah. Air ditambahkan untuk menghentikan reaksi asetilasi dan memulai proses hidrolisis (Nierle, 1966). Larutan asam asetat encer ditambahkan sebanyak tiga kali jumlah larutan umpan pada proses hidrolisis. Hal ini bertujuan untuk mengubah asetat anhidrat sisa menjadi asam asetat glasial dan mendapatkan selulosa asetat dalam bentuk padatan (Zhou et al., 2004).



Katalis yang digunakan adalah asam sulfat. Asetilasi dengan katalis pekat, seperti asam sulfat 98% dinetralisasi dengan

menambahkan magnesium asetat atau natrium asetat untuk mengurangi kandungan asam sulfat bebas dan mencegah terjadinya depolimerisasi yang berlebihan. Gugus sulfat akan digantikan dengan gugus asetat. Magnesium atau natrium akan mengubah asam sulfat menjadi garam sulfat (Nierle, 1966). Netralisasi dapat menggunakan magnesium asetat atau natrium asetat yang akan menetralkan asam sulfat dan membentuk magnesium sulfat atau natrium sulfat. Kelarutan magnesium sulfat adalah 33,7 g/100 g air dan kelarutan natrium sulfat adalah 19,5 g/100 g air. Kelarutan natrium sulfat yang rendah mempermudah proses pemisahan dari produk, sehingga kemurnian produk yang dihasilkan lebih tinggi.



Natrium asetat Asam Sulfat Natrium Sulfat Asam Asetat

4. *Flake Recovery (precipitation - washing - drying)* Tahap ini dilakukan berdasarkan spesifikasi produk yang diinginkan. Saat tahap *flake precipitation*, larutan selulosa asetat terhidrolisis dicampur dengan larutan asam asetat. Penambahan asam asetat dilakukan dengan cepat dan diaduk dengan putaran yang cepat. Larutan dicampur dengan perlahan hingga terbentuk endapan. Selulosa asetat yang mengendap kemudian dipisahkan dari larutan asam asetat dengan *centrifuge*. Padatan akan dikirim ke *washer* untuk diambil asam asetat dan garam yang tersisa dari netralisasi asam sulfat, lalu dikeringkan menggunakan *dryer*. Padatan selulosa asetat disimpan atau dapat disalurkan dengan berbagai metode transportasi. Padatan ini juga dapat dibuat dalam paket kecil yang dibungkus dalam *multilayer paper bag* yang dilengkapi lapisan penahan uap untuk menjaga kelembaban produk (Nierle, 1966).

## 2.4 *Plasticizer*

Plasticizer adalah jenis bahan organik yang mempunyai massa molekul yang rendah dan dapat membantu untuk melunakkan struktur film yang keras dan kaku. Plasticizer dapat juga dikenal sebagai bahan pemlastis yang dimanfaatkan untuk meningkatkan elastisitas dan fleksibilitas suatu polimer. Plasticizer dapat membantu dalam mengurangi keretakan film dan dapat meningkatkan permeabilitas film terhadap uap air dan gas (Krochta & De Mulder-Johnston, 1997). Plasticizer juga dapat disebut sebagai komponen lain dari edible film. Plasticizer dapat berfungsi dalam memperbaiki sifat film biopolimer baik itu pada sifat fisik maupun sifat mekanik. Polimer akan membentuk film apabila plasticizer harus bersifat kompatibel dan dapat mengurangi kekuatan antar molekul serta dapat meningkatkan mobilitas rantai polimer (Suppakul et al., 2013).

Syarat suatu senyawa yang dapat digunakan sebagai plasticizer dalam pembuatan film ataupun bioplastik adalah bersifat stabil yang artinya tidak terdegradasi oleh panas dan cahaya, tidak menyebabkan perubahan warna pada polimer, tidak menyebabkan korosi (Akbar et al., 2013). Plasticizer yang digunakan bersifat non volatil yang artinya memiliki berat molekul rendah, plasticizer memiliki titik didih tinggi akan tetapi tidak mudah menuap, plasticizer saat ditambahkan dengan material lain tidak menubah sifat fisik dari material tersebut, dapat merubah struktur dimensi objek, menurunkan ikatan rantai antar protein, dan mengisi ruang-ruang yang kosong pada polimer yang dihasilkan, plasticizer harus memiliki elastisitas dan fleksibilitas yang baik, daya kerapuhan yng rendah, ketangguhan tinggi, untuk mencegah retak bahan yang dihasilkan.

Plastisizer memiliki fungsi meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer (Irawan, 2010). Plasticizer yang ditambahkan dengan maksud memperlemah kekakuan dari polimer, meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer. Plasticizer yang digunakan akan larut dalam tiap-tiap rantai polimer sehingga akan mempermudah gerakan molekul polimer.

Penambahan plasticizer dapat menyebabkan kekuatan intermolekuler menurun, meningkatkan fleksibilitas dan menurunkan sifat barrier suatu film. Gliserol dan sorbitol merupakan plasticizer yang efektif karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler. Plasticizer yang ditambahkan dengan bertujuan untuk memperlemah kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer. Plasticizer berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas, elastisitas dan ekstensibilitas material, menghindarkan material dari keretakan, serta meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut (Godwin, 2017).

Kemampuan plasticizer untuk dapat mengurangi interaksi pada polimer tergantung pada konsentrasi, tipe polimer dan jenis plasticizer yang digunakan, berupa ukuran molekul, jumlah gugus hidroksil bebas, dan kompatibilitas plasticizer dengan polimer. Plasticizer yang sering di jumpai adalah gliserol dan sorbitol. Banyak penelitian mengenai bioplastik telah menggunakan berbagai jenis plasticizer, contohnya yaitu seperti gliserol dan sorbitol.

a. Gliserol

Pertama kali gliserol dikemukakan oleh Scheele pada tahun 1779 yang berasal dari Bahasa Yunani glykys yang mempunyai pengertian “manis”. Gliserol dapat diperoleh dengan cara memanaskan campuran timbal monoksida dan minyak zaitun kemudian di ekstraksi dengan air. Gliserol yang bersumber dari hewan dan tumbuhan pada semua lemak dan minyak terdapat dalam bentuk gliserida. Gliserol merupakan produk samping dari reaksi saponifikasi pada proses pembuatan sabun. Gliserol muncul sebagai produk samping proses saponifikasi pada proses produksi sabun, ketika minyak atau lemak terpisah dalam produksi asam lemak atau ketika minyak atau lemak terjadi reaksi esterifikasi dengan alkohol dalam produksi metil ester (Bagnato et al., 2017). Karakteristik gliserol disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Karakteristik Gliserol**

Rumus kimia	$C_2H_5(OH)_3$
Massa molekul	92.09382 g/mol
Densitas	1.261 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas	1,5 Pa.s
Titik lebur	18.2oC

(Sumber: JABBAR, 2017)

Gliserol adalah salah satu jenis alkohol dengan gugus hidroksil yang berjumlah tiga buah. Gliserol (1,2,3 propanetriol) yang memiliki rumus kimia  $HOCH_2CH(OH)CH_2OH$ . Gliserol bentuk liquid seperti sirup, bening, tidak memiliki beraroma, memiliki rasa manis, larut air, dan memiliki titik didih 290°C. Gliserol bersifat higroskopis sehingga dapat dengan mudah menyerap air dan mudah terurai juga oleh alam. Gliserol banyak digunakan sebagai plasticizer karena tanpa penggunaan gliserol, lembar plastik yang dihasilkan keras dan kaku. Penggunaan plasticizer gliserol diperoleh hasil jika plasticizer mampu meningkatkan kualitas bioplastik. Semakin tinggi konsentrasi plasticizer yang digunakan maka plastik yang dihasilkan akan memiliki nilai elongasi yang semakin tinggi pula dan juga lebih elastis. Konsentrasi gliserol yang digunakan sebagai plasticizer akan mempengaruhi nilai perpanjangan (elongasi), dan kuat tarik (tensile strength) pada bioplastik (Ballesteros-Mártinez et al., 2020).

b. Sorbitol

Sorbitol merupakan salah satu jenis pemanis buatan yang sering digunakan untuk dikonsumsi. Sorbitol pertama kali ditemukan pada biji tanaman bunga ros oleh Joseph Boosingault seorang ahli kimia pada tahun 1872. Sorbitol merupakan senyawa monosakarida polyhydric alcohol. Sorbitol yang memiliki rumus kimia  $C_6H_{14}O_6$  dengan nama lain hexitol atau glusitol digunakan sebagai plasticizer karena sorbitol dapat menambah kekuatan daya tarik film plastik serta tahan

pada suhu tinggi dan tidak mengalami karamelisasi seperti gula.

Sorbitol yang biasa dijumpai tersedia dalam berbagai jenis polimorfik, seperti butiran, serpihan, ataupun berbentuk pelet. Sorbitol berfungsi sebagai humectan, plasticizer, zat penstabil, zat pemanis, pengencer pada tablet dan kapsul. Penggunaan sorbitol sebagai plasticizer dapat lebih efektif, sehingga film yang dihasilkan dengan permeabilitas oksigen yang lebih rendah dibandingkan kitosan. Penggunaan sorbitol sebagai plasticizer lebih efektif karena mampu mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler sehingga struktur film melunak dan baik untuk menghambat penguapan air dari polimer, dapat larut dalam tiap-tiap rantai polimer sehingga akan mempermudah gerakan molekul polimer (González-Torres et al., 2021)

## 2.5 Bioplastik

Plastik *biodegradable* atau bioplastik merupakan plastik yang dapat digunakan seperti layaknya plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi air dan karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Bioplastik tidak hanya terdiri dari satu zat tetapi meliputi beberapa material dengan sifat dan aplikasi yang berbeda. Menurut *European bioplastics*, material plastik didefinisikan sebagai bioplastik jika material tersebut berbasis bio, bersifat *biodegradable* atau mencakup keduanya. Maksud dari berbasis *bio* atau *biobased* adalah material atau produk yang berasal dari biomassa (tumbuhan) seperti protein, lipid, mikrobiota dan polisakarida. Seiring perkembangan zaman telah ditemukan plastik ramah lingkungan atau disebut plastic biodegradable yang terbuat dari bahan-bahan alami antara lain selulosa, pati, kolagen, kasein, protein, kitosan, khitin, atau lipid dari hewan. Bahan-bahan alami ini termasuk sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan sampah plastic yang dihasilkan dapat didegradasi oleh alam dan mikroorganisme sehingga tidak menjadi beban lingkungan (European Bioplastics e.V., 2020).

Plastik biodegradable merupakan polimer yang dapat berubah menjadi biomassa, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> dan atau CH<sub>4</sub> melalui tahapan depolimerisasi dan mineralisasi. Depolimerisasi terjadi karena kerja enzim seluler yang terdiri atas endo dan ekso enzim. Endo enzim memutus ikatan internal pada rantai utama polimer secara acak, sedangkan ekso enzim memutus unit monomer pada rantai utama secara berurutan. Bagian-bagian oligomer yang terbentuk dipindahkan ke dalam sel dan mengalami mineralisasi membentuk CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, air, garam-garam mineral dan biomassa. Definisi polimer biodegradable dan hasil akhir yang terbentuk dapat beragam bergantung pada polimer, organisme, dan lingkungan. Proses dari biodegradasi tergantung pada kondisi lingkungan sekitar (contohnya lokasi atau temperatur), bahan material dan pengaplikasiannya. Klasifikasi 3 kelompok polimer yang menjadi bahan dasar dalam pembuatan bioplastik, yaitu:

- a. Campuran biopolimer dengan polimer sintetis: film jenis ini dibuat dari campuran granula pati (5-20%) dan polimer sintetis serta bahan tambah. Plastik ini dapat dimakan oleh mikroba dalam tahanan dan matriks plastik dapat hancur sampai partikel-partikel kecil.
- b. Polimer mikrobiologi (poliester): biopolimer ini dihasilkan secara bioteknologis atau fermentasi dengan mikroba genus *Alcalogenes*. Berbagai jenis ini diantaranya polihidroksi butirat (PHB), polihidroksi valerat (PHV), asam polilaktat dan asam poliglukolat. Bahan ini dapat terdegradasi secara penuh oleh bakteri, jamur dan alga. Tetapi karena proses produksi bahan dasarnya yang rumit mengakibatkan harga kemasan bioplastik ini relative mahal.
- c. Polimer pertanian: biopolimer ini tidak dicampurkan dengan bahan sintetis dan diperoleh secara murni dari hasil pertanian. Polimer pertanian ini diantaranya selulosa (bagian dari dinding sel tanaman), kitin (pada kulit Crustaceae) dan pullulan (hasil fermentasi pati oleh *Pullularia Pullulans*). Polimer ini memiliki sifat termoplastik, yaitu mempunyai kemampuan untuk dibentuk atau dicetak menjadi film kemasan. Kelebihan dari polimer jenis ini adalah ketersediaan sepanjang tahun

(renewable) dan mudah hancur secara alami, namun memiliki kekurangan dalam hal penyerapan air yang tinggi. (Vroman & Tighzert, 2009)

Beberapa keunggulan dari bioplastik diantaranya adalah :

- a. Dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub>. Satu metrik ton bio-plastik menghasilkan antara 0,8 sampai 3,2 metrik ton lebih sedikit karbon dioksida dari satu metrik ton plastik berbasis minyak bumi.
- b. Mengatasi masalah semakin berkurangnya sumber minyak bumi dengan kenaikan harga minyak yang semakin meningkat sebagai bahan pembuatan plastik konvensional.
- c. Mengurangi limbah yang dihasilkan oleh plastik konvensional seperti gas metana yang dapat menyebabkan efek rumah kaca.
- d. Meningkatkan perekonomian di pedesaan, harga tanaman seperti jagung telah meningkat tajam di tengah kepentingan global dalam produksi biofuel dan bio-plastik. Negara-negara di seluruh dunia telah memanfaatkan beberapa tanaman sebagai bahan baku alternatif untuk menjaga lingkungan dan ketersediaan energi.

Berdasarkan proses pembuatannya, plastik yang mudah terurai dibedakan atas 3 tipe yaitu (Kennedy & Knill, 1995):

1. Plastik yang dihasilkan dari suatu bahan akibat kerja dari suatu jenis mikroorganisme (prekursor).
2. Plastik yang dibuat berdasarkan hasil rekayasa kimia dari bahan polimer alami seperti serat selulosa dan bahan berpati (amilum).
3. Plastik dengan bahan baku polimer sintetik sebagai hasil dan sintesa minyak bumi seperti poliester kopolimer.

Faktor utama polimer yang dapat terdegradasi secara alamiah adalah polimer alam yang mengandung gugus hidroksil (-OH) dan gugus karboksil (=CO) dan proses degradasi terutama dikarenakan serangan mikroorganisme. Tingkat degradasi bioplastik bervariasi tergantung suhu, stabilitas polimer, dan tersedianya oksigen. Akibatnya, sebagian besar bioplastik dapat terurai pada kondisi

yang dikontrol ketat dalam unit industri kompos. Dalam tumpukan sampah, tanah atau di air, bioplastik masih sulit terdegradasi.

Proses degradasi secara kimia lingkungan terbagi atas 2 lingkungan degradasi, yaitu lingkungan biotik dan abiotik. Degradasi dalam lingkungan biotik umumnya terjadi karena serangan mikroba seperti bakteri, kapang, ganggang dan lainnya, sedangkan proses degradasi pada lingkungan abiotik meliputi degradasi karena sinar UV, panas, hidrolisis, oksidasi dan lainnya.

Proses yang terjadi pada degradasi bioplastik aerobik: (Arutchelvi et al., 2008)



Proses yang terjadi pada degradasi bioplastik anaerobic:



### 3.1. Preparasi Serat Kapuk dengan Proses Delignifikasi dan *Bleaching*

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan bioplastik berbasis selulosa asetat dari serat kapuk, yaitu 250 gram. Serat kapuk tersebut dilakukan isolasi dengan membersihkan impuritis yang masih menempel dengan cara dicuci dan dilakukan pencacahan untuk pemisahan serat kapuk yang bersih dengan serat kapuk yang tidak layak untuk digunakan dalam proses selanjutnya. Hasil serat kapuk yang telah bersih dan bebas dari impuritis kemudian dicuci berulang kali menggunakan aquadest dan dilanjutkan dengan mengangin-anginkan serat kapuk tersebut untuk mengurangi kadar air. Serat kapuk dilakukan pengeringan dengan cara di oven pada suhu 100oC hingga dihasilkan berat konstan yaitu sebanyak 200 gram yang siap digunakan untuk proses selanjutnya. Berikut ini serat kapuk yang telah dibersihkan dari impuritis yang disajikan pada Gambar 8.



**Gambar 8. Serat Kapuk Bebas dari Impuritis**

Proses delignifikasi pada serat kapuk ini bertujuan untuk memutuskan ikatan yang ada di dalam serat kapuk. Proses delignifikasi dilakukan dengan bantuan larutan NaOH 12% (3,4 M)

yang dipanaskan di atas *hot plate* dengan suhu 75°C selama 3 jam hingga berubah warna menjadi coklat yang menandakan keluarnya lignin. Proses delignifikasi dengan bantuan larutan alkali NaOH dapat melarutkan komponen lignin dan komponen hemiselulosa yang terkandung pada serat. Selain itu juga untuk menaikkan aksesibilitas pada permukaan lignoselulosa sehingga jumlah selulosa yang diperoleh meningkat (Wulansari & Supranto, 2016). Proses delignifikasi ini dilakukan sebanyak dua kali yang bermaksud untuk mengoptimalkan keluarnya lignin yang masih terkandung dalam serat kapuk. Hasil serat kapuk yang telah didelignifikasi disaring dan dicuci berulang kali hingga bersih dan netral, kemudian disaring kembali menggunakan corong *buckner* untuk mengurangi kandungan air pada serat kapuk. Serat kapuk yang dihasilkan berwarna coklat yang menandakan kandungan lignin, hemiselulosa, selulosa beta, dan gamma keluar terlarut dan menyisakan selulosa alfa dengan polimerisasi tinggi pada serat tersebut (Rahmatullah et al., 2020). Berikut proses delignifikasi dan tampilan serat kapuk setelah proses delignifikasi yang disajikan pada Gambar 9.



a)



b)

**Gambar 9. a) Proses Delignifikasi b) Serat Kapuk setelah Delignifikasi**

Proses delignifikasi dengan bantuan larutan alkali NaOH dapat melarutkan komponen lignin dan komponen hemiselulosa yang terkandung pada serat. Selain itu juga untuk menaikkan

aksesibilitas pada permukaan lignoselulosa sehingga jumlah selulosa yang diperoleh meningkat (Zhou et al., 2004).

Setelah proses delignifikasi kemudian dilakukan proses bleaching untuk membersihkan atau memucatkan serat kapuk. Proses bleaching dilakukan untuk mendegradasi sisa lignin yang masih terkandung dalam selulosa serat kapuk, sehingga dapat meningkatkan kemurnian selulosa yang diperoleh. Tingkat kemurnian selulosa serat kapuk yang semakin tinggi dapat mempengaruhi hasil selulosa asetat yang berkualitas baik (Wulansari & Supranto, 2016).

Selulosa serat kapuk yang diperoleh setelah delignifikasi dilanjutkan dengan proses *bleaching* yang bertujuan untuk membersihkan atau memucatkan serat kapuk. Proses *bleaching* dilakukan untuk mendegradasi sisa lignin yang masih terkandung dalam selulosa serat kapuk, sehingga dapat meningkatkan kemurnian selulosa yang diperoleh. Tingkat kemurnian selulosa serat kapuk yang semakin tinggi dapat mempengaruhi hasil selulosa asetat yang berkualitas baik. Hal ini didukung oleh pernyataan Bahmid (2014) dalam Nurhayati & Kusumawati (2014) yang menyatakan bahwa selulosa dengan tingkat kemurnian yang tinggi, maka selulosa asetat yang dihasilkan kualitasnya juga semakin baik.

Proses *bleaching* dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kimia yang reaktif untuk melarutkan sisa lignin yang masih terdapat pada selulosa serat kapuk. Bahan kimia yang digunakan dalam proses *bleaching* yaitu Natrium Hipoklorit (NaOCl) 3,5% (6,7 M) yang dilarutkan dalam *aquadest* dengan rasio 1:1 yang dipanaskan pada temperatur 75°C. Proses *bleaching* dilakukan tidak lebih dari 10 menit, dikarenakan proses *bleaching* yang terlalu lama akan menyebabkan rantai hemiselulosa dan selulosa yang terkandung dalam serat kapuk menjadi rusak. Hal ini didukung oleh pernyataan Onggo dan Astuti (2005) dalam Rahmatullah et al. (2020) dimana rantai hemiselulosa dan selulosa yang dalam serat akan mengalami kerusakan apabila proses *bleaching* selulosa dilakukan terlalu lama.

Serat kapuk hasil proses *bleaching* kemudian dilakukan pencucian menggunakan *aquadest* hingga bersih dan derajat keasaman netral, yang dilanjutkan dengan mengeringkan serat kapuk dalam oven pada temperatur 100°C hingga diperoleh berat konstan. Selulosa serat kapuk yang diperoleh adalah sebanyak 95 gram. Berikut ini proses *bleaching* dan hasil selulosa serat kapuk setelah proses *bleaching* yang disajikan pada Gambar 10.

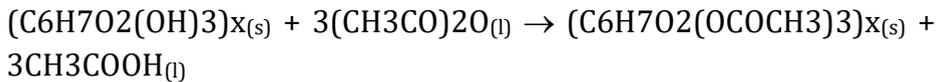


**Gambar 10. a) Proses *Bleaching* b) Selulosa Serat Kapuk setelah *Bleaching***

### **3.2. Proses Sintesa Selulosa Asetat Berbasis Serat Kapuk**

Proses sintesa selulosa asetat dari serat kapuk diawali dengan proses *pretreatment*, yaitu dengan menambahkan larutan asam asetat glasial dan katalis asam sulfat ke selulosa serat kapuk sambil diaduk hingga merata dan tersendam. Proses *pretreatment* dilakukan selama satu jam dengan kondisi kedap udara yang ditutup dengan *aluminium foil*. Tujuan dari proses perendaman ini adalah untuk merenggangkan ikatan kimia selulosa yang padat, sehingga dapat membantu selulosa serat kapuk cepat terasetilasi dan meningkatkan laju reaksi yang terjadi (Rahmatullah et al., 2020). Proses *pretreatment* ini dimaksudkan untuk melemahkan gaya intramolekul yang berupa ikatan hidrogen pada rantai lignoselulosa yang masih cukup kuat (Souhoka & Latupeirissa, 2018).

Proses sintesa selulosa asetat dapat dilakukan dengan proses asetilasi. Proses ini bertujuan untuk memproduksi selulosa asetat primer. Metode ini menggunakan proses batch yang disertai dengan pendinginan pada reaktor. Reaksi asetilasi bersifat eksotermis. Menurut Ketta (1977), proses asetilasi campuran asetat untuk proses esterifikasi terdiri dari 60% asam asetat dan 40% asetat anhidrat. Berikut ini reaksi asetilasi pembuatan selulosa asetat dari selulosa dan asam asetat anhidrat menggunakan katalis asam sulfat:



Selulosa    Asetat Anhidrat    Selulosa Asetat    Asam Asetat

Proses ini berlangsung pada reaktor tangki berpengaduk pada suhu 45°C dan tekanan 1 atm dengan waktu reaksi sekitar 5-8 jam. Suhu operasi tidak boleh lebih dari 50°C. Hal ini untuk mencegah rusaknya rantai selulosa asetat yang telah terbentuk dan mencegah terbentuknya gel, sehingga harus dijaga agar reaksi tetap berlangsung pada kisaran suhu normalnya (Nierle, 1966).

Proses asetilasi yang dilakukan dengan menambahkan campuran asam asetat glasial dan asam asetat anhidrat, serta asam sulfat sebagai katalisator. Reaksi asetilasi yang berlangsung adalah reaksi antara asam asetat anhidrat dan gugus hidroksil selulosa. Setiap sub unit glukosa memiliki tiga gugus hidroksil dan hampir semuanya akan diasetilasi (Dow, 2012). Berikut ini *pretreatment* sintesa dan proses sintesa selulosa asetat dari serat kapuk disajikan pada Gambar



a)



b)

**Gambar 11. a) Pretreatment, b) Sintesa Selulosa Asetat**

Reaksi asetilasi ini dikenal dengan reaksi esterifikasi dan akan mengarah pada pembentukan selulosa asetat yang larut dalam campuran asam (Souhoka & Latupeirissa, 2018). Kemudian ditambahkan asam asetat glasial 70% dan reaksi berlanjut selama 3 jam dengan suhu 50°C. Tujuan penambahan ini untuk menghancurkan kelebihan asam anhidrat yang tersisa setelah reaksi asetilasi. Kemudian setelah reaksi selesai campuran selulosa asetat dengan pelarut yang dihasilkan didiamkan hingga suhu menurun.

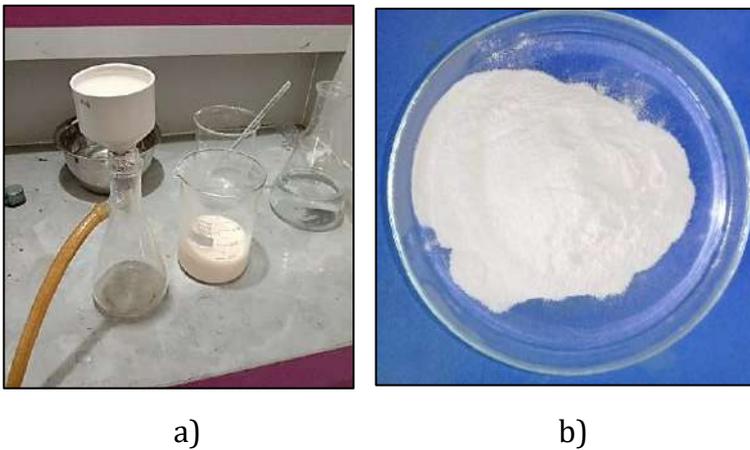
Berdasarkan penelitian Rahmatullah et al. (2022) sebanyak 5 gram serat kapuk yang telah diekstraksi dimasukkan ke dalam labu leher tiga kemudian ditambahkan 50 mL asam asetat glasial dan asam sulfat 98% pada suhu ruangan dan dalam keadaan tertutup. Proses asetilasi dilakukan setelahnya dengan menambahkan campuran 50 mL asetat anhidrat dan 20 mL asam asetat glasial dan dipanaskan dalam water bath pada 50°C sehingga menghasilkan primary Cellulose Acetate (CA). Primary CA ini kemudian ditambahkan asam asetat glasial dan asam sulfat. Reaksi berlangsung dengan variasi waktu reaksi selama 3 jam.

Langkah ketiga adalah hidrolisis sisa asetat anhidrat dan dilanjutkan dengan netralisasi katalis asam sulfat yang masih tersisa dalam campuran selulosa asetat primer dari unit asetilasi. Setelah asetilasi, produk reactor dihidrolisis dalam hidroliser dengan menambahkan sejumlah air yang dimasukkan dalam bentuk larutan asam asetat dengan konsentrasi rendah. Air ditambahkan untuk menghentikan reaksi asetilasi dan memulai proses hidrolisis (Nierle, 1966). Larutan asam asetat encer ditambahkan sebanyak tiga kali jumlah larutan umpan pada proses hidrolisis. Hal ini bertujuan untuk mengubah asetat anhidrat sisa menjadi asam asetat glasial dan mendapatkan selulosa asetat dalam bentuk padatan (Zhou et al., 2004).

Proses purifikasi dilakukan dengan penambahan 25 mL *aquadest* secara perlahan-lahan dan sambil diaduk. Hal ini akan menyebabkan triasetat mulai muncul dan terjadinya reaksi hidrolisa pada gugus hidroksil dalam selulosa triasetat sehingga dikonversi kembali ke gugus hidroksil (Braun et al., 2013).

Kemudian menambahkan *aquadest* kembali sebanyak 500 mL untuk mengoptimalkan keluarnya selulosa asetat dengan diaduk dan didiamkan beberapa menit. Produk yang dihasilkan berupa selulosa asetat yang masih tercampur dengan pelarut asam asetat, sehingga untuk memisahkannya dengan cara difilter vakum menggunakan corong *buchner* dengan ditambahkan *aquadest*.

Selanjutnya untuk menetralisasi dilakukan dengan cara pencucian berulang kali menggunakan air alkali pH 8 dan disaring kembali menggunakan filter vakum hingga diperoleh padatan selulosa asetat yang telah netral. Selulosa asetat yang telah netral kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C hingga berat konstan dan dihaluskan hingga membentuk serbuk (Rahmatullah et al., 2020). Berikut proses purifikasi dan hasil selulosa asetat yang telah kering dan halus yang disajikan pada Gambar 12.



**Gambar 12.: a) Proses Purifikasi, b) Selulosa Asetat Serat Kapuk**

### 3.3. Proses Pembuatan Bio-degradable plastik

Ada beberapa metode pembuatan bioplastik dapat dijelaskan sebagai berikut :

#### 1. Eksfoliasi/Adsorpsi

Pertama-tama, sekumpulan lapisan (layered host) mengalami pengelupasan dalam pelarut (air, toluena, dan lain-lain) yang polimernya dapat larut pada larutan tersebut. Polimer kemudian diserap kedalam lapisan dan melapisinya

ketika pelarut diuapkan, dan lembaran disusun seperti susunan sandwich. Kerugian proses ini adalah penggunaan pelarut dalam jumlah yang besar. Ilustrasinya dapat diperlihatkan pada Gambar 8 (Mishra et al, 2015).

## 2. Polimerisasi In Situ Interkalatif

Polimerisasi in situ merupakan proses konvensional untuk sintesa nanokomposit untuk termoset dan termoplastik. Dengan menggunakan teknik ini pembentukan polimer dapat terjadi dalam lembaran yang terinterkalasi. Reaksi polimerisasi ini dapat terjadi dengan proses pemanasan, radiasi, atau menggunakan inisiator (Ahmadi & Arnata, 2015)

## 3. Interkalasi Larutan/Interkalasi Prepolimer Dari Larutan

Metode ini didasarkan pada pengembangan sistem pelarut dimana biopolimer atau bio-prepolimer, seperti pati dan protein terlarut dan nanofillers anorganik (biasanya silikat). Metode interkalasi dalam larutan melibatkan polimer yang terlarut dalam pelarut organik. Selanjutnya pelarut tersebut diuapkan atau polimer diendapkan. Metode ini membutuhkan pelarut dalam jumlah banyak. Semakin banyak pelarut yang digunakan maka akan membuat lapisan dispersi filler lebih baik. Teknik ini banyak digunakan dalam kasus polimer yang larut dalam air. Proses akhir metode ini adalah penghilangan pelarut, baik dengan cara penguapan maupun pengendapan. Keuntungan dari metode ini adalah nanokomposit terinterkalasi dapat disintesis dengan menggunakan polimer dengan polaritas rendah atau tanpa polaritas.

## 4. Melt Intercalation

Metode melt intercalation pertama kali dilaporkan oleh Vaia et al. Proses pembuatan biokomposit pada metode ini dilakukan secara fisika tanpa memerlukan penambahan pelarut lainnya. Silikat berlapis dicampur dengan matriks polimer dalam molten state, ikatan polimer akan bergerak perlahan-

lahan ke dalam ruang antar lapisannya. Proses penyebaran ikatan polimer ke dalam galeri lapisan silikat menjadi bagian penting pada proses melt intercalation. Sehingga melt intercalation merupakan metode yang ramah lingkungan karena tidak digunakannya pelarut organik yang nantinya dapat menjadi limbah, sementara metode eksfoliasi, polimerisasi in situ interkalatif dan interkalasi larutan menggunakan pelarut tersebut. Selain itu, melt intercalation juga kompatibel dengan proses industri seperti pada injection molding. Pada melt intercalation, pembuatan bionanokomposit dilakukan dengan tujuan untuk menguatkan material, yaitu dengan cara memanaskan dan mendinginkan material (Aripin et al., 2017).

Pada penelitian Rahmatullah et al., (2022) digunakan metode interkalasi prepolimer dari larutan dengan menggunakan gliserol sebagai pelarut. Sebanyak 1 gram selulosa asetat ditambahkan gliserol (20%, 30%, 40% dari berat selulosa asetat) dan sejumlah aseton ke dalam cetakan dengan pengadukan, kemudian didiamkan pada suhu ruangan.

Bioplastik yang dihasilkan dari selulosa asetat serat kapuk dengan menggunakan bahan tambahan pati sebagai perekat dengan rasio 1:1,5. Pencetakan bioplastik dengan menambahkan masing-masing gliserol dan sorbitol sebagai plasticizer dengan konsentrasi 20%, 30%, dan 40%. Hasil bioplastic serat kapuk dapat dilihat pada Tabel berikut.

**Tabel 3. Sampel Bioplastik**

<b>Sampel Bioplastik</b>	<b>Bioplastik</b>
Gliserol 20%	
Gliserol 30%	
Gliserol 40%	
Sorbitol 20%	
Sorbitol 30%	
Sorbitol 40%	

Bioplastik yang dihasilkan terdapat parameter karakteristik yang harus diperhatikan berdasarkan standard. Berikut ini perbandingan hasil karakteristik bioplastik yang dihasilkan dengan SNI bioplastik.

**Tabel 4. Hasil Perbandingan Karakteristik Bioplastik**

Parameter	SNI	Sampel Bioplastik					
	Bioplastik	G20%	G30%	G40%	S20%	S30%	S40%
Densitas (g/mL)	0,941-0,955	0,6020	0,7525	0,8361	0,7525	0,8361	0,9406
Kuat Tarik (MPa)	24,7-302	0,1635	0,0143	0,8175	0,327	0,2044	0,2861
Elongasi (%)	21-220	2,63	1,29	2,59	2,63	1,35	3,94
<i>Modulus young</i> (MPa)	117-137	0,6216	0,1108	0,3156	0,1243	0,1514	0,7261
Ketahanan air (%)	99	62,3	72,39	77,77	62,73	49,61	48,83
Massa terdegradasi	>60% (7 hari)	26,11 (4 hari)	28,46 (4 hari)	39,7 (4 hari)	23,78 (4 hari)	23,36 (4 hari)	32,05 (4 hari)
Waktu terdegradasi	60 hari	27 hari	27 hari	27 hari	27 hari	27 hari	27 hari



#### 4.1. Komposit

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan wetting agent. Beberapa pengertian komposit yaitu pada tingkat dasar komposit dapat diartikan pada molekul tunggal dan kisi kristal, bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit (contoh senyawa, paduan, polymer dan keramik). Pengertian komposit mikrostruktur pada kristal, phase dan senyawa, bila material disusun dari dua phase atau senyawa atau lebih disebut komposit (contoh paduan Fe dan C) dan pengertian komposit makrostruktur yaitu material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan/atau komposisi dan tidak larut satu dengan yang disebut material komposit (definisi secara makro ini sering dipakai) (Sunardi et al., 2015).

Komposit adalah suatu bahan padat yang dihasilkan dari gabungan dua atau lebih bahan yang berbeda untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik yang tidak dapat diperoleh dari setiap komponennya. Bahan komposit terdiri dari matriks yang merupakan fase tersebar dan pengisi sebagai fase disperse, dimana kedua fase ini dipisahkan oleh interfase. Beberapa jenis komposit seperti komposit logam, semen dan komposit plastik. Komposit yang dihasilkan tergantung dari bahan matriks yang digunakan, yaitu berdasarkan logam, bahan anorganik dan bahan organik. Setiap komposit ini berbeda dari segi sifat masing-masing

tergantung dari jenis bahan pengisi atau bahan penguat yang digunakan (Jones, 1999).

Tujuan pembuatan material komposit yaitu untuk memperbaiki sifat mekanik dan/atau sifat spesifik tertentu, mempermudah design yang sulit pada manufaktur, keleluasaan dalam bentuk/design yang dapat menghemat biaya dan dapat menjadikan bahan lebih ringan. Adapun sifat atau karakteristik komposit ditentukan oleh material yang menjadi penyusun komposit, bentuk dan cara penyusunan komposit dan interaksi antar penyusun (Sunardi et al., 2015).

Material komposit mempunyai beberapa keuntungan diantaranya:

- Bobotnya ringan
- Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik
- Biaya produksi murah (Schwartz, 1997)

Komposit bioplastik secara umum adalah paduan antara bioplastik dan penguat. Penguat pada bioplastik yang umum digunakan adalah serat tanaman, partikel mineral, dan jenis bahan ramah lingkungan lainnya. Komposit bioplastik dapat terdiri dari komponen lipida dan hidrokoloid (Nahwi, 2016). Aplikasi dari komposit film terdapat dalam lapisan satu-satu (bilayer), dimana satu lapisan hidrokoloid dan satu lapisan lain merupakan lipida atau dapat berupa gabungan antara lipida dan hidrokoloid dalam satu kesatuan film. Gabungan keduanya dapat digunakan dengan mengambil keuntungan dari suatu komponen lipida dan hidrokoloid. Lipida diketahui dapat meningkatkan ketahanan terhadap penguapan air dan hidrokoloid dapat memberikan daya tahan. Film gabungan antara lipid dan hidrokoloid digunakan sebagai pelapis buah atau sayuran (Santoso et al., 2013).

Komposit bioplastik adalah biokomposit yaitu bahan yang terdiri dari dua atau lebih bahan penyusun yang berbeda (satu berasal secara alami) yang digabungkan untuk menghasilkan bahan baru dengan kinerja yang lebih baik dibandingkan bahan penyusun individu. Bahan penyusunnya adalah matriks dan komponen penguat. Komponen penguat adalah elemen pembawa beban utama yang dapat berupa serat, partikel, dan serpihan. Matriks berfungsi untuk mengikat komponen penguat dan memberikan dukungan

mekanis (Rudin & Choi, 2013). Biokomposit yang sering dipelajari adalah komposit biopolimer yang diperkuat serat alami. Komponen penguatnya adalah serat alami atau ekstrak selulosa yang dikombinasikan dengan matriks bioplastik. Serat alami dapat menambah kekuatan lebih lanjut ke matriks biopolimer yang lebih lemah dan memungkinkan bahan untuk bisa digunakan dalam lebih banyak aplikasi (Sari et al., 2021).

Keunggulan dari komposit yaitu memiliki suatu daya tahan terhadap lingkungan korosif yang baik, rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, sifat mekanik, insulasi yang baik, serta dapat dibuat dalam berbagai bentuk (Mountifield, 1970). Proses sintesis komposit bioplastik diperlukan suatu bahan pemlastis. Bahan pemlastis yang biasanya digunakan adalah monosakarida, disakarida, oligosakarida, atau poliol. Uji biodegradasi komposit bioplastik dilakukan dengan menyimpan di dalam tanah dengan variasi waktu tertentu (Deswita et al., 2010).

#### **4.2. Filler Polypropylene**

Salah satu bagian utama dari komposit adalah filler (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam. Biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia diantaranya adalah kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas dan knaf atau goni. Serat alam memiliki kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia.

Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, kevlar, nylon, dan lain-lain (Hsissou et al., 2021).

Filler atau zat pengisi merupakan suatu zat aditif yang digunakan dan ditambahkan ke dalam matrik polimer, tujuannya untuk meningkatkan karakteristik bahan. Filler umumnya memiliki fungsi tertentu seperti untuk meningkatkan efek mekanik, memperkuat polimer serta untuk mengisi ruang dan mengurangi jumlah resin yang digunakan dalam proses produksi. Interaksi selulosa, kitosan dan sorbitol dapat meningkatkan sifat mekanik bioplastik, kekuatan tertinggi dapat terjadi jika terdapat gugus OH bebas yang masih dapat bersilangan dengan gugus OH lainnya (Jannah et al., 2019).

Filler dapat menghasilkan peningkatan dari sifat mekanik yang lebih spesifik dan sifat fisis. Beberapa Penelitian menunjukkan bahwa filler memiliki peran yang penting dalam mengubah atau memodifikasi sifat suatu bahan polimer, contohnya dengan menambahkan filler pada suatu polimer meningkatkan sifat mekanik, elektrik, termal, optik dan sifat pemrosesan polimer serta meminimalisir biaya produksi (Hsissou et al., 2021).

Alternatif peningkatan kekuatan bioplastik dapat ditempuh dengan cara menggunakan suatu bahan pengisi atau *filler*. Polipropilen memiliki potensi untuk digunakan sebagai *filler* pada pembuatan bioplastik. Polipropilen memiliki sifat hidrofobik tinggi, anti air, dan berat molekul tinggi dengan kandungan utama adalah karbon dan hidrogen (Jangong dkk, 2020). Polipropilen adalah jenis plastik yang sering digunakan karena sifat tahan terhadap bahan kimia (Sahwan et al., 2005).

Penelitian terdahulu untuk melakukan pemanfaatan polipropilen yaitu dengan memanfaatkan serat polipropilen untuk meningkatkan kuat lentur pada beton berpori (Giarto et al., 2020), limbah polipropilen sebagai kemasan sterilisasi peralatan laboratorium (Istini, 2020), pirolisis sampah plastik dari jenis plastik polipropilen menjadi suatu bahan bakar cair *premium-like* (Islami et al., 2019), fotodegradasi air sungai dengan menggunakan polimer polipropilen (Rokayah et al., 2019), dan plastik *biodegradable* dari limbah polipropilen (Pelita et al., 2020).

Polypropylene (PP) adalah suatu bahan yang digunakan untuk pengemas yang paling dominan, ini dikarenakan kinerja pemrosesannya yang sangat baik dan keserbagunaan dengan titik leleh  $160^{\circ}\text{C}$ . Polypropylene memiliki sifat hidrofobik tinggi, anti air, dan berat molekulnya yang tinggi dengan kandungan utamanya adalah senyawa karbon dan hidrogen. Untuk menambahkan polypropylene sebagai filler perlu dilakukannya sintesis dari sampah plastik yang selanjutnya hasil sintesis tersebut dapat dilarutkan ke dalam suatu gliserin dan dipanaskan pada suhu  $350^{\circ}\text{C}$  selama dua jam (Jangong et al., 2021). Polipropilen sering digunakan sebagai bahan plastik kemasan karena sifat mekaniknya yang baik, densitas rendah, dan harga yang terjangkau. Polipropilen adalah plastik yang paling ringan dengan nilai densitas  $0,905\text{ g/cm}^3$ . Keuntungan utama dari plastik polipropilen adalah ketahanan tekanan pada suhu rendah (Ezzati et al., 2008).

Kristalinitas yang tinggi memberikan kuat tarik yang besar, kekakuan, dan kekerasan. Kekuatan yang tinggi membuat PP banyak digunakan dalam beragam aplikasi. PP disusun oleh monomer-monomer yang merupakan senyawa dengan struktur  $(\text{CH}_2=\text{CHCH}_3)$ . Polipropilen yang dibentuk dengan monomer ini melalui proses polimerisasi adisi secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.4. Monomer polipropilen  $(\text{CH}_2=\text{CHCH}_3)$  diperoleh dari hasil samping pemurnian minyak bumi. Polipropilen  $(\text{CH}_2-\text{CHCH}_3)_n$  merupakan suatu jenis polimer termoplastik yang mempunyai sifat melunak dan meleleh jika dipanaskan pada suhu tinggi (Sidik, 2018). Sifat kelarutan polipropilen sama dengan sifat kelarutan yang dimiliki polietena yaitu tidak larut pada suhu ruang. Polipropilen banyak digunakan pada bagian dalam mesin pencuci, komponen mobil, kursi, tangkai pegangan, kotak, keranjang, pipa, isolator listrik, kemasan (berupa lembaran tipis) makanan, dan barang (Schmidt, 2021).

### 4.3. Campuran Polypropylene di Selulosa Asetat berbasis serat kapuk

Proses asetilasi dengan menambahkan senyawa asam asetat glasial dan asam asetat anhidrat, serta asam sulfat sebagai katalisator. Reaksi asetilasi yang berlangsung adalah reaksi antara asam asetat anhidrat dan gugus hidroksil selulosa. Setiap sub unit glukosa memiliki tiga gugus hidroksil dan hampir semuanya akan diasetilasi (Maiti & Bidinger, 1981). Asam asetat glasial ditambahkan untuk menghancurkan kelebihan asam anhidrat yang tersisa setelah reaksi asetilasi. Kemudian setelah reaksi selesai campuran selulosa asetat dengan pelarut yang dihasilkan didiamkan hingga temperatur menurun. Terakhir dilakukan proses purifikasi dengan menambahkan aquadest sambil dilakukan pengadukan. keluarnya selulosa asetat dengan diaduk dan didiamkan beberapa menit. Produk berupa selulosa asetat masih tercampur dengan pelarut asam asetat, sehingga harus dipisahkan dengan cara difilter vakum menggunakan corong buchner dengan ditambahkan aquadest.

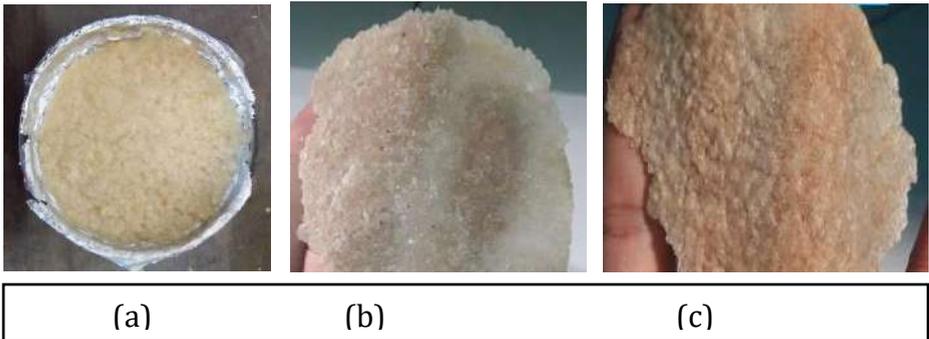


**Gambar 13. Proses sintesa selulosa asetat dengan asam asetat glasial dan asam asetat anhidrat**

### 4.4. Proses pembuatan bio-degradable komposit plastik

Pada proses ini adalah pencampuran antara selulosa asetat dengan polypropylene sebagai polimer aitif. 1 gram selulosa asetat yang sudah jadi kemudian ditambahkan bijih plastik polipropilen, 1,5gr pati, aquades 40ml dan plastisizer (variasi sorbitol; dan gliserol). PP dilelehkan terlebih dahulu pada suhu 200°C selama 30 menit, lalu ditambahkan plastisizer sampai merata. Sebanyak 1,5gr pati dilarutkan kedalam 40ml aquades dan dipanaskan pada suhu

100°C selama 20 menit. Tambahkan 1,0gr selulosa asetat pada larutan pati dan panaskan pada suhu 100°C selama 20 menit. Larutan selulosa asetat kemudian diblending kedalam larutan PP sampai merata. Larutan bioplastik dicetak di cawan petri yang dilapisi aluminium foil dan minyak agar mudah dilepas dan dikeringkan sampai beratnya konstan.



**Gambar 14: a) Proses pembuatan bioplastik, b) bioplastik dengan penambahan PP dan gliserol, c) bioplastik dengan penambahan PP dan sorbitol**

Bioplastik yang dihasilkan dari selulosa asetat serat kapuk menggunakan tambahan pati sebagai perekat dengan rasio 1:1,5. Pencetakan bioplastik dengan penambahan gliserol dan sorbitol sebagai *plasticizer* serta polipropilen sebagai *filler* terlihat pada gambar berikut ini.

**Tabel 5. Hasil Massa Bioplastik Komposit**

Sampel Bioplastik	Bioplastik
Non-Polipropilen (Gliserol)	
Polipropilen dengan Gliserol	
Non-Polipropilen (Sorbitol)	
Propilene dengan Sorbitol	

## 5.1 Kitosan

Kitosan dihasilkan dari kitin dan mempunyai struktur kimia yang sama dengan kitin, terdiri dari rantai molekul yang panjang dan berat molekul yang tinggi. Perbedaan antara kitin dan kitosan adalah pada setiap cincin molekul kitin terdapat gugus asetil ( $-\text{CH}_3\text{-CO}$ ) pada atom karbon kedua, sedangkan pada kitosan terdapat gugus amina ( $-\text{NH}$ ). Kitosan dapat dihasilkan dari kitin melalui proses deasetilasi yaitu dengan cara direaksikan dengan menggunakan alkali konsentrasi tinggi dengan waktu yang relatif lama dan suhu tinggi. Kitosan adalah biopolimer yang mempunyai keunikan yaitu dalam larutan asam, kitosan memiliki karakteristik kation dan bermuatan positif sedangkan dalam larutan alkali, kitosan akan mengendap (Utami et al., 2014).

Kitosan merupakan senyawa tidak larut dalam air, larutan basa kuat dan beberapa larutan organik seperti alkohol, aseton, dimetilformamida, dan dimetilsulfoksida, dan sedikit larut dalam HCl dan  $\text{HNO}_3$ . Kitosan dapat larut dengan baik dengan asam format berkonsentrasi 0,2-100 % dalam air. Kitosan tidak beracun dan mudah terbiodegradasi.

Berat molekul kitosan adalah sekitar 1,2.105 g/mol, bergantung pada proses deasetilasi. Kitosan merupakan modifikasi protein dari kitin yang ditemukan pada kulit udang, kepiting, lobster dan serangga. Kitosan mempunyai sifat yang baik untuk dibentuk menjadi plastik dan mempunyai sifat anti mikrobakterial. Kitosan juga mudah terdegradasi dan mudah digabungkan dengan material lainnya (Suseno et al., 2017). Oleh karena itu penulis melakukan penambahan kitosan pada bioplastik untuk mempelajari sifat mekanik dan kemampuan degradasinya.

Kitosan  $[(C_6H_{11}NO_4)_n]$  menjadi produk deasetilasi kitin yang dapat dihasilkan melalui proses reaksi kimia dan enzimatik, dimana kitosan sendiri termasuk kelimpahan terbesar setelah selulosa. Kitosan dihasilkan dari memproses cangkang invertebrata laut seperti *Crustacea* yang mengandung kitin, selain itu diperoleh dari dinding sel jamur dan alga. Kitosan berupa poliaminosakarida yang dihasilkan dengan cara penghilangan sebagian gugus 2-asetil dari kitin, biopolimer linear dengan 2000-5000 unit monomer saling terikat ikatan glikosidik  $\beta$ -(1-4). Bentuk dari kitosan sendiri adalah padatan *amorf* dengan warna putih kekuningan dan memiliki sifat polielektrolit dan memiliki nilai pH sekitar 4-6,5 (Hasri, 2010).

Ikatan kimia yang dimiliki kitosan lebih pendek dibandingkan kitin. Proses pembentukan kitosan terjadi menjadi dua tahapan, yakni isolasi kitin lalu proses deasetilasi kitin menjadi kitosan atau proses penghilangan gugus asetil. Tahapan isolasi kitin terbagi lagi menjadi tiga bagian, seperti deproteinasi, demineralisasi, dan depigmentasi. Persentase kitosan yang dibentuk ini dipengaruhi pada proses deasetilasi. Tingginya persentase derajat deasetilasi maka semakin baik pula kitosan yang dihasilkan (Azizati, 2019). Aplikasi dari kitosan dapat digunakan sebagai bahan baku baterai cerdas, antibakteri pada produk, pengawet, serta dapat digunakan dalam proses pendaur ulangan air untuk produksi bersih.

Produk lain yang memanfaatkan kitosan adalah dalam pembuatan bioplastik yang berperan sebagai zat aditif mengurangi kecepatan serap air, meningkatkan sifat mekanik, dan mengurangi kelembaban *film* (Saputro & Ovita, 2017). Sifat dari kitosan baik untuk digunakan dalam bahan baku plastik, terlebih lagi memiliki kemampuan sebagai anti mikroba. Kitosan lebih mudah terdegradasi dan mudah untuk digabungkan bersamaan dengan material lainnya. Kitosan lebih tahan terhadap air dikarenakan termasuk senyawa yang bersifat tidak larut dalam air sehingga akan mereduksi sifat bioplastik dari pati yang bersifat hidrofilik.

## **5.2 Pengaruh penambahan chitosan terhadap kualitas bio-degradable plastik**

Beberapa penelitian terdahulu yang terkait penggunaan selulosa asetat sebagai bahan baku pembuatan bioplastik terdahulu terkait penggunaan selulosa asetat sebagai bahan baku pembuatan plastik biodegradable, dimana Brahmana et al., (2021) mengenai sintesis bioplastik dari selulosa tandan kosong kelapa sawit, begitu pula Andahera et al., (2019) melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan jenis dan konsentrasi plasticizer terhadap kualitas bioplastik berbasis selulosa dari tandan kosong kelapa sawit. Penelitian yang dilakukan Afidin (2021) pembuatan bioplastik yang berbasis selulosa asetat dari ampas tebu. Setiap penelitian terdahulu memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing terhadap hasil bioplastik yang diperoleh. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi untuk menghasilkan bioplastik yang memiliki karakterisasi sesuai standar dengan penambahan pati dan kitosan dalam penelitian.

Modifikasi penelitian pembuatan bioplastik dengan penambahan kitosan diharapkan mampu menghasilkan karakteristik bioplastik yang lebih kuat dalam mempengaruhi sifat mekaniknya. Zat antimikrobal yang dimiliki kitosan dapat menjadi nilai tambah sebagai bahan pengawet dalam pembuatan bioplastik. Pati menjadi bagian dari bahan dasar pembuatan bioplastik agar menghasilkan sifat mudah terdegradasi dengan memutus rantai polimer oleh mikroorganisme. Modifikasi penelitian ini tentunya dibutuhkan konsentrasi yang optimum.

## **5.3 Proses pembuatan bio-degradable plastik dengan chitosan**

Pada penelitian Rahmatullah dkk (2022), Selulosa dari serat kapuk yang telah didapatkan dari delignifikasi, kemudian dilanjutkan dengan proses bleaching yang bertujuan untuk membersihkan serat kapuk. Tujuan dari proses bleaching lainnya yaitu untuk memurnikan selulosa yang didapat dengan mendegradasi sisa lignin yang masih terkandung. Semakin tinggi

tingkat kemurnian dari selulosa serat kapuk dapat dinyatakan pula semakin baik kualitas dari selulosa asetat yang dihasilkan.

Penambahan bahan kimia yang reaktif dilakukan saat proses bleaching untuk melarutkan sisa lignin yang ada dengan menggunakan natrium hipoklorit (NaOCl) 3,50% (6,70 M) yang dilarutkan bersama aquadest dengan ratio 1:1. Proses bleaching dilakukan dengan pemanasan pada suhu 75°C di atas hot plate selama kurang dari 10 menit. Proses bleaching yang terlalu lama dapat menyebabkan rantai dari selulosa dan hemiselulosa menjadi rusak karena terjadinya juga degradasi selulosa selama proses bleaching (Karima et al., 2020).

Pati sebanyak 1,50 gram dilarutkan ke dalam 9,00 mL aquades dan dipanaskan kurang lebih selama 15 menit secara terus-menerus hingga terbentuk gelatin dengan suhu mencapai 70 °C. Kemudian selulosa asetat dapat ditambahkan ke dalam larutan pati sebanyak 1 gram. Kitosan ditambahkan sesuai variasi masing-masing sampel (0,50 gram dan 1,00 gram) dan sorbitol dengan konsentrasi masing-masing 20,00%, 30,00%, dan 40,00%. Larutan diaduk dan dipanaskan pada suhu 50 °C selama 15 menit hingga larutan mengental. Larutan bioplastik dicetak pada cawan petri dengan dilapisi aluminium foil terlebih dahulu, dan dibiarkan hingga kering pada suhu ruang sehingga terbentuk lembaran bioplastik.



**Gambar 15. Biodegradable Plastik dengan Kitosan**

Karakterisasi memberikan informasi tentang sifat-sifat fisis, mekanik maupun termal dari bioplastik berbasis komposit matriks polimer tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan karakterisasi untuk mengetahui sifat-sifat fisis, mekanik serta termal pada komposit matriks polimer yaitu bioplastik dari serbuk daun pisang batu dan carboxyl methyl cellulose yang diperkuat oleh gum arabic. Pada karakterisasi bioplastik dilakukan beberapa analisis, yaitu analisis sifat fisis meliputi densitas, daya serap air, sifat biodegradabilitas dan gugus fungsi ikatan menggunakan Fourier Transform Infra Red (FTIR), untuk analisis sifat mekanis dilakukan uji tarik, perpanjangan putus, dan modulus young menggunakan Universal Testing Machine (UTM), serta untuk analisis sifat termal dilakukan uji termal menggunakan Differential Scanning Calorimetry (DSC).

## 6.1 Karakterisasi Sifat Fisis

### a. Densitas

Densitas merupakan pengukuran massa suatu benda per unit volume. Semakin tinggi densitas (massa jenis) suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Dimana pengujian densitas dengan ASTM D 792-08 untuk geometri material yang berbentuk seperti potongan film bioplastik berbentuk persegi dapat dihitung dengan persamaan:

$$\rho = M_k/v$$

Dengan  $\rho$ : densitas (gram/cm),  $M_k$ : massa sampel (gram) dan  $v$ : volume sampel (cm<sup>3</sup>). Densitas bioplastik secara teori dapat diukur dengan hukum pencampuran (Rule Of Mixture) yaitu:

$$\rho_c = \rho_m \cdot V_m + \rho_f \cdot V_f$$

b. Daya Serap Air

Daya serap air merupakan kemampuan suatu bioplastik dalam menyerap air. Semakin besar air yang diserapnya maka semakin banyak pori-pori yang terdapat dalam material tersebut. Prosedur pengujian daya serap air ini mengacu pada ASTM E 96. Daya serap air juga berpengaruh dengan laju transmisi uap air yang masuk kedalam bioplastik. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang terserap oleh sampel yang direndam selama 24 jam.:

$$DSA = ((mb - mk) / mk) \times 100\%$$

Dengan DSA: Daya serap air (%), mk: massa sampel uji sebelum perendaman (gr), mb : massa sampel uji sesudah perendaman (gr).

c. Sifat Biodegradable

Biodegradable merupakan kemampuan suatu bioplastik untuk mengalami degradasi (pemutusan rantai utama membentuk fragmen-fragmen dengan berat molekul rendah/oligomer) yang disebabkan oleh mikroba yang ada dilingkungan luar baik di tanah maupun di air. Uji degradabilitas dilakukan berdasarkan EN13432 menggunakan metode soil burial test dengan memanfaatkan mikroba tanah dengan mengubur sampel di dalam tanah, dimana waktu penguburan dilakukan selama 45 hari. Setelah dilakukan penguburan, massa sampel ditimbang lagi untuk melihat pengurangan massanya. Persen pengurangan massa didapatkan dengan menggunakan persamaan:

$$\% \text{pengurangan massa} = ((mi - mf) / mk) \times 100\%$$

Dengan massa sampel sebelum proses biodegradasi mi (g) dan massa sampel setelah proses biodegradasi mf (g). Degradasi sampel didapatkan dengan membagi persen massa dengan waktu penguburan, yaitu 45 hari dirumuskan:

$$\% \text{ Degradasi} = \% \text{pengurangan massa} / \text{soil burning time}$$

d. Gugus Fungsi Dengan FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

Jika seberkas sinar inframerah dilewatkan pada suatu sampel polimer, maka beberapa frekuensinya diabsorpsi oleh molekul sedangkan frekuensi lainnya ditransmisikan. Transisi yang terlibat pada absorpsi IR berhubungan dengan perubahan vibrasi yang terjadi pada molekul. Jenis ikatan yang ada dalam molekul polimer (C-C, C=C, C-O, C=O) memiliki frekuensi vibrasi yang berbeda. Adanya ikatan tersebut dalam molekul polimer dapat diketahui melalui identifikasi frekuensi karakteristik sebagai puncak absorpsi dalam spektrum IR. Menurut Hardjono (2007), intensitas pita serapan dalam penentuan gugus fungsi dalam kimia organik cukup dengan intensitas kuat (s), medium (m), dan lemah (w). Manfaat informasi/data yang dapat diketahui dari FT-IR untuk dianalisis adalah identifikasi material yang tidak diketahui, menentukan kualitas sampel, dan menentukan banyaknya komponen dalam suatu campuran. Gugus fungsi bioplastik dapat diidentifikasi berdasarkan metode ASTM E 1252-88, yaitu menggunakan pellet-KBr (Kalium Bromida) pada bilangan gelombang antara 5000 – 400  $\text{cm}^{-1}$  (2 – 25  $\mu\text{m}$ ). Dari analisis gugus fungsi ini dapat diketahui perubahan ikatan yang terjadi.

Spektrum inframerah berupa sidik jari dari suatu sampel menunjukkan puncak absorpsi yang sesuai dengan frekuensi dari getaran yang dihasilkan antara ikatan atom dari sampel. Karena setiap material berbeda antara satu dengan yang lain yang memiliki masing-masing kumpulan atom yang berbeda, maka tidak ada dua senyawa yang menghasilkan spektrum inframerah yang sama. Oleh karena itu, spektroskopi inframerah dapat digunakan untuk analisis kualitatif dari setiap jenis material yang berbeda. Selain itu, ukuran puncak pada spektrum menunjukkan langsung jumlah dari material yang ada.

## 6.2 Karakterisasi Sifat Mekanik

Karakteristik mekanik suatu film kemasan terdiri dari: kuat tarik (tensile strength), persen pemanjangan (elongation to break) dan elastisitas (elastic/young modulus) (Krochta & De Mulder-Johnston, 1997). Parameter-parameter tersebut dapat menjelaskan bagaimana karakteristik mekanik dari bahan film yang berkaitan dengan struktur kimianya. Selain itu, juga menunjukkan indikasi integrasi film pada kondisi tekanan (stress) yang terjadi selama proses pembentukan film.

Tensile Strength (MPa) adalah ukuran untuk kekuatan film secara spesifik, merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film tetap bertahan sebelum putus/sobek (Krochta & De Mulder-Johnston, 1997). Pengukuran ini untuk mengetahui besarnya gaya yang diperlukan untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap luas area film. Kekuatan tarik (%) dipengaruhi oleh bahan pemplastis atau plasticizer yang ditambahkan dalam proses pembuatan film. Persen pemanjangan saat putus merupakan perubahan panjang maksimum film sebelum terputus. Perpanjangan didefinisikan sebagai persentase perubahan panjang film pada saat film ditarik sampai putus.

Kekuatan regang putus merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum film putus atau robek. Pengukuran kekuatan regang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas film untuk merenggang atau memanjang. Perbandingan antara kuat putus dan perpanjangan saat putus dikenal dengan modulus elastisitas. Modulus elastisitas bahan disebut Modulus Young (Krochta and Johnston, 1997).

**BAB**  
**VII**

**APLIKASI BIOPLASTIK**

Bioplastik secara konvensional sering digunakan sebagai bahan kemasan makanan dan minuman, kantong plastik, pengemas souvenir, sedotan air minum (pipet), dan lain-lain. Ada beberapa parameter yang harus diperhatikan karakteristik bioplastik yang dapat digunakan berdasarkan standar dapat disajikan pada tabel antara lain: (Filiciotto & Rothenberg, 2021)

**Tabel 6. Standar Karakteristik Bioplastik**

Parameter	Plastik Konvensional SNI 7118,7:2016	Bioplastik Novamont	Bioplastik enviplast
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	0,95	-	1,27-1,32
WVTR (g.20µm/m <sup>2</sup> .24h)	-	200-900	-
Daya serap air	21,5 (suhu 25°C) 60,09% (suhu 100°C)	-	-
Kuat Tarik (Mpa)	24,7-302	22-36	12-18
Perpanjangan putus (%)	21-220%	21-220%	225-300%
Modulus elastisitas (Mpa)	117-137	90-700	5,3-6
Hambatan pada permukaan (Ω.mm)	-	-	10 <sup>7,5</sup> -10 <sup>10</sup>
MFR (g/10')	-	3,5-7	-
Titik Leleh	-	-	140-160°C

Dengan adanya biplastik yang memiliki standar yang baik diharapkan biodegradable plastik dari serat kapuk dapat menggantikan plastik konvensional di kemudian hari dan dapat mengatasi permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh plastik konvensional, dikarenakan lebih mudah terurai (degradable).

## DAFTAR PUSTAKA

- Afidin, I. M. Z. (2021). *Pengaruh penambahan kitosan dan sorbitol terhadap bioplastik berbasis selulosa asetat dari ampas tebu*. Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang.
- Agrozine. (2022). *Pohon Kapuk Randu , Tak Cuma Menghasilkan Kapas*.
- Ahmadi, B., & Arnata, I. W. (2015). Teknologi Polimer Industri Pertanian. In *Teknologi Polimer*. Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana.
- Akbar, F., Anita, Z., & Harahap, H. (2013). Pengaruh Waktu Simpan Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong Terhadap Sifat Mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2), 11–15.
- Analda Souhoka, F., & Latupeirissa, J. (2018). SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CELLULOSE ACETATE (CA) Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat (CA). *J. Chem. Res*.
- Andahera, C., Sholikhah, I., Islamiati, D. A., & Pusfitasari, M. D. (2019). PENGARUH PENAMBAHAN JENIS DAN KONSENTRASI PLASTICIZER TERHADAP KUALITAS BIOPLASTIK BERBASIS SELULOSA DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 2(2), 1–46. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v2i2.36901>
- Aripin, S., Saing, B., & Kustiyah, E. (2017). STUDI PEMBUATAN BAHAN ALTERNATIF PLASTIK BIODEGRADABLE DARI PATI UBI JALAR DENGAN PLASTICIZER GLISEROL DENGAN METODE MELT INTERCALATION. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 79–84. <https://doi.org/10.22441/jtm.v6i2.1185>
- Arutchelvi, J., Sudhakar, M., Arkatkar, A., Doble, M., Bhaduri, S., & Uppara, P. V. (2008). Biodegradation of polyethylene and polypropylene. In *Indian Journal of Biotechnology*.
- Asmoro, N. W., Afriyanti, A., & Ismawati, I. (2018). EKSTRAKSI SELULOSA BATANG TANAMAN JAGUNG (ZEA MAYS) METODE BASA. *Jurnal Ilmiah Teknosains*. <https://doi.org/10.26877/jitek.v4i1.1710>

- Azizati, Z. (2019). PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KITOSAN KULIT UDANG GALAH. *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.21580/wjc.v3i1.3878>
- Bagnato, G., Iulianelli, A., Sanna, A., & Basile, A. (2017). Glycerol production and transformation: A critical review with particular emphasis on glycerol reforming reaction for producing hydrogen in conventional and membrane reactors. In *Membranes*. <https://doi.org/10.3390/membranes7020017>
- BAHMID, N. A. (2014). PENGEMBANGAN NANOFIBER SELULOSA ASETAT DARI SELULOSA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK PEMBUATAN BIOPLASTIK. In *English Language Teaching*.
- Ballesteros-Mártinez, L., Pérez-Cervera, C., & Andrade-Pizarro, R. (2020). Effect of glycerol and sorbitol concentrations on mechanical, optical, and barrier properties of sweet potato starch film. *NFS Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.06.002>
- Brahmana, Y., Ginting, M. H., & Rangkuti, I. U. P. R. (2021). Bioplastik Bersumber Bahan Selulosa Tandan Kosong (TKKS) dan Pelepah Kelapa Sawit (PKS). *Agro Fabrica*, 3(1), 1-8.
- Braun, D., Cherdron, H., Rehahn, M., Ritter, H., & Voit, B. (2013). Polymer synthesis: Theory and practice: Fundamentals, methods, experiments, fifth edition. In *Polymer Synthesis: Theory and Practice: Fundamentals, Methods, Experiments, Fifth Edition*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-28980-4>
- British Plastics Federation. (2014). *A History of Plastics*. British Plastic Federation.
- Brown, R. M. (2004). Cellulose Structure and Biosynthesis: What is in Store for the 21st Century? *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*. <https://doi.org/10.1002/pola.10877>
- Brydson, J. A. (1999). Properties and Structure of Polystyrene. In *Plastics Materials*.
- Deswita, Karo. Aloma Karo, Sulungbudi, G. T., & Sudirman. (2010). Sintesis dan Karakterisasi Polimer Komposit Polipropilen

- Menggunakan Filler Tepung Tapioka Untuk Bahan Kemasan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1), 24–29.
- Dow. (2012). METHOCEL Cellulose Ethers Technical Handbook. *Journal of the National Cancer Institute*. <https://doi.org/10.1093/jnci/djs080>
- European Bioplastics e.V. (2020). *Materials – European Bioplastics e.V.* [www.europeanbioplastics.com](http://www.europeanbioplastics.com).
- Ezzati, P., Ghasemi, I., Karrabi, M., & Azizi, H. (2008). Rheological behaviour of PP/EPDM blend: The effect of compatibilization. *Iranian Polymer Journal (English Edition)*, 17(9), 669–679.
- Fengel, D., & Wegener, G. (2011). Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions. In *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. <https://doi.org/10.1515/9783110839654>
- Filiciotto, L., & Rothenberg, G. (2021). Biodegradable Plastics: Standards, Policies, and Impacts. In *ChemSusChem*. <https://doi.org/10.1002/cssc.202002044>
- Firmansyah, Y. W., Fuadi, M. F., Ramadhansyah, M. F., Sugiester S, F., Widyantoro, W., Lewinsca, M. Y., Diyana, S., Marliana, N. I. V., Arumdani, I. S., Pratama, A. Y., Azhari, D., Sukaningtyas, R., & Hardiyanto, A. (2021). Keberadaan Plastik di Lingkungan, Bahaya terhadap Kesehatan Manusia, dan Upaya Mitigasi: Studi Literatur. *Jurnal Serambi Engineering*, VI(4), 2279–2285. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3471>
- Fitri, A. S., & Fitriana, Y. A. N. (2020). Analisis Senyawa Kimia pada Karbohidrat. *Sainteks*. <https://doi.org/10.30595/sainteks.v17i1.8536>
- Giarto, R. B., Achmad, K. A., & Rio, W. Y. (2020). Pemanfaatan Admixture Berupa Sikamen-NN Dan Serat Polipropilen Untuk Meningkatkan Kuat Lentur Beton Berpori. *SIPILSains*, 10(2), 73–82.
- Godwin, A. D. (2017). Plasticizers. In *Applied Plastics Engineering Handbook: Processing, Materials, and Applications: Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39040-8.00025-0>
- González-Torres, B., Robles-García, M. Á., Gutiérrez-Lomelí, M.,

- Padilla-Frausto, J. J., Navarro-Villarruel, C. L., Del-Toro-sánchez, C. L., Rodríguez-Félix, F., Barrera-Rodríguez, A., Reyna-Villela, M. Z., Avila-Novoa, M. G., & Reynoso-Marín, F. J. (2021). Combination of sorbitol and glycerol, as plasticizers, and oxidized starch improves the physicochemical characteristics of films for food preservation. *Polymers*.  
<https://doi.org/10.3390/polym13193356>
- Harsini, T., & Susilowati. (2000). Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Dari Limbah Perkebunan Kakao Sebagai Bahan Baku Pulp Dengan Proses Organosolv. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*.
- Hasri. (2010). Prospek Kitosan dan Kitosan Termodifikasi Sebagai Biopolimer Alami yang Menjanjikan. *Jurnal Chemica*, 11(2), 1–10.
- Hsissou, R., Seghiri, R., Benzekri, Z., Hilali, M., Rafik, M., & Elharfi, A. (2021). Polymer composite materials: A comprehensive review. In *Composite Structures*.  
<https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.113640>
- Irawan, S. (2010). Pengaruh Gliserol terhadap Sifat Fisik/Mekanik dan Barrier Edible Film dari Kitosan. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. <https://doi.org/10.24817/jkk.v32i1.2735>
- Islami, A., Sutrisno, S., & Heriyanti, H. (2019). Pirolisis sampah plastik jenis polipropilena (PP) menjadi bahan bakar cair-premium-like. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*, 3(2), 1–6.  
<https://doi.org/10.17977/um0260v3i22019p001>
- Istini, I. (2020). Pemanfaatan Plastik Polipropilen Standing Pouch Sebagai Salah Satu Kemasan Sterilisasi Peralatan Laboratorium. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(3), 41–46.  
<https://doi.org/10.22146/ijl.v2i3.57424>
- JABBAR, U. F. (2017). *PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP KARAKTERISTIKBIOPLASTIK DARI PATI KULIT KENTANG (Solanum tuberosum. L)*. UIN Alauddin Makasar.
- Jangong, O. S., Heryanto, H., Rahmat, R., Mutmainna, I., Gareso, P. L., & Tahir, D. (2021). Effect of Sugar Palm Fiber (SPF) to the Structural and Optical Properties of Bioplastics

- (SPF/Starch/Chitosan/Polypropylene) in supporting Mechanical Properties and Degradation Performance. *Journal of Polymers and the Environment*, 1(1), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-02019-9>
- Jannah, M., Ahmad, A., Hayatun, A., Taba, P., & Chadijah, S. (2019). Effect of filler and plastisizer on the mechanical properties of bioplastic cellulose from rice husk. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1341/3/032019>
- Jones, R. M. (1999). Mechanics of Composite Materials Jones 1999. In *Mechanics of Composite Materials*.
- Karima, R., Yuanita, E., Amalia, B., Arianita, A., Mailisa, T., & Nugroho, B. (2020). Sintesis Micro-Fibrillated Cellulose dari Serat Tandan Kosong Sawit dengan Hidrolisis Asam Oksalat. *JURNAL SELULOSA*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.25269/jsel.v10i01.281>
- Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan. (2021). *Satistik Perkebunan Non Unggulan Nasional 2020-2022*. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Kennedy, J. F., & Knill, C. J. (1995). Biodegradable plastics and polymers. (Studies in Polymer Science, 12), edited by Y. Doi and K. Fukuda. Elsevier Science, Amsterdam, 1994. pp. xvii+627. price US\$283.00. ISBN 0-444-81708-5. *Polymer International*. <https://doi.org/10.1002/pi.1995.210360311>
- Knoema. (2020). *Kapok production in World*.
- Krochta, J. M., & De Mulder-Johnston, C. (1997). Edible and Biodegradable Polymer Film. *Journal of Food Technology*.
- Maiti, & Bidinger. (1981). Biomolekul Sel Karbohidrat, Protein dan Enzim. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Mountifield, J. (1970). Koppers reinforced plastics - theory and practice. *Composites*. [https://doi.org/10.1016/0010-4361\(70\)90104-7](https://doi.org/10.1016/0010-4361(70)90104-7)
- Muchlisin Riadi. (2018). *Struktur, Jenis, Sifat dan Sumber Selulosa*.
- Nahwi, N. F. (2016). *PADA KARAKTERISTIK EDIBLE FILM DARI PATI KULIT PISANG RAJA , TONGKOL JAGUNG DAN BONGGOL ENCENG GONDOK SKRIPSI Oleh : NAUFAL FADLI NAHWI*.

- Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Nierle, W. (1966). Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technical Technologie. Vol. 6. Complexing Agents to Dextrose and Starch Syrups. Edited by Hermann F. Mark, John J. Mc. Ketta jun., Donald F. Othmer and Anthony Standen. Interscience Publishers, New York, London and Sid. *Starch - Stärke*. <https://doi.org/10.1002/star.19660180611>
- Nurhayati, N., & Kusumawati, R. (2014). Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Pengolahan Agar. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v9i2.103>
- Onggo, H., & Astuti, J. T. (2005). Pengaruh Sodium Hidroksida dan Hidrogen Peroksida terhadap Rendemen dan Warna Pulp dari Serat Daun Nenas. *Journal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 3(1), 37–43.
- Pelita, E., Hidayani, T. R., Sari, R., Rusmar, I., & Yuniarti, T. (2020). Karakteristik plastik biodegradable dari limbah polipropilena dan pati tandan kosong kelapa sawit melalui metode pencampuran kering. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 36(2), 65–72. <https://doi.org/10.20543/mkcp.v36i2.5841>
- Pogorelova, N., Rogachev, E., Digel, I., Chernigova, S., & Nardin, D. (2020). Bacterial cellulose nanocomposites: Morphology and mechanical properties. *Materials*. <https://doi.org/10.3390/ma13122849>
- Pratiwi, R. H. (2014). Potensi Kapuk Randu (Ceiba Pentandra Gaertn.) Dalam Penyediaan Obat Herbal. *WIDYA Kesehatan Dan Lingkungan*.
- Puls, J., Wilson, S. A., & Hölter, D. (2011). Degradation of Cellulose Acetate-Based Materials: A Review. In *Journal of Polymers and the Environment*. <https://doi.org/10.1007/s10924-010-0258-0>
- Raden, Mardiyati; Reza, R., & Steven, Arif; Basuki, S. (2016). SERAT KAPUK SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MIKROKRISTALIN SELULOSA. *Jurnal Sains Materi Indonesia*.

- Rahman, M. H., & Bhoi, P. R. (2021). An overview of non-biodegradable bioplastics. In *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126218>
- Rahmatullah, Putri, R. W., Rendana, M., Waluyo, U., & Andrianto, T. (2022). Effect of Plasticizer and Concentration on Characteristics of Bioplastic Based on Cellulose Acetate from Kapok (*Ceiba pentandra*) Fiber. *Science and Technology Indonesia*, 7(1), 73–83. <https://doi.org/10.26554/sti.2022.7.1.73-83>
- Rahmatullah, R., Putri, R. W., Rainadi, A. M., Permatasari, A., & Pratama, M. Y. (2020). Pengaruh Waktu Reaksi Dan Aditif Gliserol Pada Sintesis Selulosa Asetat Sebagai Bahan Dasar Bioplastik Dari Serat Kapuk. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 31(1), 34. <https://doi.org/10.28959/jdpi.v31i1.5565>
- Ren, X. (2002). Biodegradable plastics: A solution or a challenge? *Journal of Cleaner Production*. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00020-3](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00020-3)
- Robiah, R.-. (2020). BIOPLASTIK DARI PATI KULIT PISANG RAJA DENGAN BERBAGAI BAHAN PEREKAT. *Jurnal Distilasi*. <https://doi.org/10.32502/jd.v4i2.2208>
- Roganda, G., Sitorus, R., S, Y., Surya, I., & Manurung, R. (2013). Pembuatan Selulosa Asetat Dari A -Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*.
- Rokayah, R., Asri, A., Malino, M. B., & Lapanporo, B. P. (2019). Fotodegradasi Air Sungai Landak dengan Polimer Polipropilena Berfotokatalis Semikonduktor TiO<sub>2</sub>. *POSITRON*, 9(1), 13–20. <https://doi.org/10.26418/positron.v9i1.30947>
- Rudin, A., & Choi, P. (2013). The Elements of Polymer Science and Engineering. In *The Elements of Polymer Science and Engineering*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2009-1-64286-6>
- Sahwan, F. L., Martono, D. H., Wahyono, S., & Wisoyodharmo, L. A. (2005). Sistem Pengelolaan Limbah Plastik di Indonesia. *Jurnal Sistem Pengolahan Limbah J. Tek. Ling. P3TL-BPPT*,

- 6(1), 311–318.
- Santoso, B., Pitayati, P. A., & Pambayun, R. (2013). *PEMANFAATAN KARAGENAN DAN GUM ARABIC SEBAGAI EDIBLE FILM The use of Carrageenan and Gum Arabic for Hydrocolloid Based Edible Film*. 33(2), 140–145.
- Saputro, A. N. C., & Ovita, A. L. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Kitosan-Pati Ganyong (*Canna edulis*) Synthesis and Characterization of Bioplastic from Chitosan-Ganyong Starch (*Canna edulis*). *Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1), 13–21.
- Sari, Y. W., Nuzulia, N. A., Saputra, A., & B, A. (2021). *Pengantar Biomaterial Aplikasi Kesehatan*. IPB Press.
- Scheller, H. V., & Ulvskov, P. (2010). Hemicelluloses. *Annual Review of Plant Biology*. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112315>
- Schmidt, B. V. K. J. (2021). Polymer chemistry: Fundamentals and applications. In *Beilstein Journal of Organic Chemistry*. <https://doi.org/10.3762/bjoc.17.200>
- Sidik, R. (2018). *Studi pengaruh penambahan polypropylene dan low density polyethylene terhadap sifat fisik dan mekanik wood plastic composite untuk aplikasi genteng ramah lingkungan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Souhoka, F. A., & Latupeirissa, J. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat (CA). *Indo. J. Chem. Res.* <https://doi.org/10.30598//ijcr.2018.5-fen>
- Sugiyanto, S. A. S. T. (2013). ANALISA PERILAKU MEKANIK KOMPOSITSERAT KAPUK RANDU MENGGUNAKANMatrik POLYESTER. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(2), 65–72.
- Suliyanthini, D. (2016). Ilmu Tekstil. In *PT RajaGrafindo Persada* (Vol. 290, Nomor 1).
- Sunardi, S., Fawaid, M., & Muhamad, F. R. N. (2015). Variasi Campuran Fly Ash Batubara untuk Material Komposit. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 90–102.
- Suppakul, P., Chalernsook, B., Ratisuthawat, B., Prapasitthi, S., & Munchukangwan, N. (2013). Empirical modeling of moisture sorption characteristics and mechanical and barrier

- properties of cassava flour film and their relation to plasticizing-antiplasticizing effects. *LWT*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.013>
- Suseno, N., Padmawijaya, K. S., Wirana, J. W., & Julio, M. (2017). Pengaruh berat molekul kitosan terhadap kelarutan karboksimetil kitosan. *Seminar Nasional Polimer XI 2017*, 6(September), 1–9. <http://repository.ubaya.ac.id/id/eprint/30735>
- UNEP. (2014). Valuing Plastics: The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry. In *United Nations Environment Programme (UNEP)*.
- Utami, Meilina, R., Latifah, L., & Widiarti, N. (2014). Sintesis Plastik Biodegradable dari Kulit Pisang dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Glisero. *IJCS - Indonesia Journal of Chemical Science*.
- Vert, M., Doi, Y., Hellwich, K. H., Hess, M., Hodge, P., Kubisa, P., Rinaudo, M., & Schué, F. (2012). Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC recommendations 2012). *Pure and Applied Chemistry*, 377–410. <https://doi.org/10.1351/PAC-REC-10-12-04>
- Vroman, I., & Tighzert, L. (2009). Biodegradable polymers. In *Materials*. <https://doi.org/10.3390/ma2020307>
- Wagh, A., Bhavsar, F., & Shinde, R. (2022). Plastic Pollution. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.40921>
- Wijayanti, K. P., Dermawan, N., Faisah, S. N., Prayogi, V., Judiawan, W., Nugraha, T., & Listyorini, N. T. (2016). Bio-Degradeable Bioplastics sebagai Plastik Ramah Lingkungan. *Surya Octagon Interdisciplinary Journal of Technology*, 1(2), 131–153.
- World Population Review. (2023). Plastic Pollution by Country. In *Plastic Pollution by Country*. <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/plastic-pollution-by-country>

- Wulansari, D. S., & Supranto, S. (2016). Pengaruh Waktu dan Konsentrasi NaOH pada Proses Delignifikasi Wheat Bran. *Jurnal Rekayasa Proses*. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.33337>
- Zhou, J., Zhang, L., & Cai, J. (2004). Behavior of Cellulose in NaOH/Urea Aqueous Solution Characterized by Light Scattering and Viscometry. *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics*. <https://doi.org/10.1002/polb.10636>
- Zugenmaier, P. (2008). Cellulose Crystalline Cellulose and Derivatives Characterization and Structures. *Cellulose*.

## CURRICULUM VITAE

### 1. DATA PRIBADI

- a. Nama : Rahmatullah, S.T., M.T.  
b. Jabatan : Dosen Lektor  
c. Faktultas/Prodi : Fakultas Teknik/ Jurusan Teknik Kimia  
d. Email : [rrahmat83@gmail.com](mailto:rrahmat83@gmail.com)  
e. Alamat : Jl. Ki Merogan Ir. Ngabehi 758  
Kertapati Palembang

### 2. RIWAYAT PENDIDIKAN

#### RIWAYAT PENDIDIKAN

Program :	S-1	S-2	S-3
Nama PT	UNIVERSITAS SRIWIJAYA	UNIVERSITAS SRIWIJAYA	
Bidang Ilmu	TEKNIK KIMIA	TEKNIK KIMIA (ENERGY AND ENVIRONMENT TECHNOLOGY AND MANAGEMENT)	
Bidang Keahlian	POLIMER, AGROPROSES, KONVERSI BIOMASSA		

Judul Publikasi	Nama Jurnal/Prosiding/Seminar/Media Massa
Manufacture of Bioplastic Composite Method of Blending Synthetic Polymer (PP) with Natural Polymers from Kapok Fiber ( <i>Ceiba Pentandra</i> )	Chemical Engineering Transactions Vol. 97, 2022 DOI: 10.3303/CET2297041
The Residence Time and Slow Pyrolysis Temperature Effect on Chemical Composition Pyrolysis Gas Product of Durian ( <i>Durio Zibethinus Murr</i> ) Skin	Chemical Engineering Transactions Vol. 97, 2022 DOI: 10.3303/CET2297042
Potential Utilization of <i>Brevundimonas</i> diminuta to Reduce Ammonia in Wastewater	Key Engineering Materials (Volume 920) <a href="https://doi.org/10.4028/p-vhs848">https://doi.org/10.4028/p-vhs848</a>
Pengaruh rasio pati:selulosa:kitosan terhadap karakteristik Wujud fisik bioplastik dari serat kapuk	Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat AvoER 14
Effect of Plasticizer and Concentration on Characteristics of Bioplastic Based on Cellulose Acetate from Kapok ( <i>Ceiba pentandra</i> ) Fiber	Science and Technology Indonesia Vol. 7. No.1 <a href="https://doi.org/10.26554/sti.2022.7.1.73-83">https://doi.org/10.26554/sti.2022.7.1.73-83</a>

Production of Bioherbicide from Sembung Vine ( <i>Mikania Micrantha</i> ) Origin of Bukit Lama Palembang	Chemical Engineering Transactions Vol. 89, 2021 DOI: 10.3303/CET2189052
Proses katalitik gasifikasi kulit durian ( <i>Durio zibethinus</i> ) untuk produksi synthetic natural gas (SNG)	Jurnal Teknik Kimia Vol.27, No.1 <a href="https://doi.org/10.36706/jtk.v27i1.33">https://doi.org/10.36706/jtk.v27i1.33</a>
Pemanfaatan Limbah Kertas Sebagai Bahan Baku Pembuatan Selulosa Asetat	Jurnal Teknik Kimia Vol.26, No.3 <a href="https://doi.org/10.36706/jtk.v26i3.7">https://doi.org/10.36706/jtk.v26i3.7</a>
Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap kadar selulosa pada proses delignifikasi dari serat kapuk sebagai bahan baku <i>biodegradable plastic</i> berbasis selulosa asetat	Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat AvoER 12
Perbandingan kinerja bakteri <i>brevundimonas</i> diminuta dalam pengolahan amoniak limbah cair industri karet dan pupuk secara biologis	Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat AvoER 12
Pengaruh waktu reaksi dan aditif gliserol pada sintesis Selulosa asetat sebagai bahan dasar bioplastik dari Serat kapuk	Jurnal Dinamika Penelitian Industri Vol. 31 Nomor 1 Tahun 2020

## CURRICULUM VITAE

### 2. DATA PRIBADI

- a. Nama : Rizka Wulandari Putri, S.T.,M.T
- b. Jabatan : Dosen Asisten Ahli
- c. Faktultas/Prodi : Fakultas Teknik/ Jurusan Teknik Kimia
- d. Email : [rizkawulandari.unsri@gmail.com](mailto:rizkawulandari.unsri@gmail.com)
- e. Alamat : Jl. Ki Merogan Ir. Ngabehi 758  
Kertapati Palembang

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Program :	S-1	S-2	S-3
2.2.) Nama PT	UNIVERSITAS SRIWIJAYA	UNIVERSITAS SRIWIJAYA	
2.3.) Bidang Ilmu	TEKNIK KIMIA	TEKNIK KIMIA (ENERGY AND ENVIRONMENT TECHNOLOGY AND MANAGEMENT)	
2.4.) Bidang Keahlian	AGROPROSES, PROSES INDUSTRI KIMIA, KONVERSI BIOMASSA		

Judul Publikasi	Nama Jurnal/Prosiding/Seminar/Media Massa
Konversi Lignoselulosa Kulit Durian Menjadi <i>Synthetic Natural Gas (SNG)</i> Melalui Teknologi Gasifikasi Katalitik	JURNAL TEKNIK KIMIA
Pembuatan Biobriket Sekam Padi ( <i>Oryza Sativa</i> ) Dengan Variasi Perekat Tepung Biji Durian ( <i>Durio Zibethinus Murr</i> ) Dan Tepung Kanji	JURNAL TEKNIK KIMIA
The Residence Time And Slow Pyrolysis Temperature Effect On Chemical Composition Pyrolysis Gas Product Of Durian ( <i>Durio Zibethinus Murr</i> ) Skin	Chemical Engineering Transaction



Buku ini merupakan resume serta kilas balik dari penelitian pembuatan biodegradable plastik berbasis selulosa asetat dari serat kapuk dengan segala macam jenis variasi komposisi bahan baku. Serat kapuk merupakan serat alami yang biasa digunakan bahan pengisi kasur dan bantal, yang dari hasil penelitian dapat menjelma menjadi sesuatu yang dapat dimanfaatkan yaitu bahan baku pembuatan biodegradable plastik.

Kehadiran buku ini dapat dijadikan referensi atau rujukan para peneliti dengan bidang penelitian sejenis dan juga dapat dijadikan buku ajar yang berkaitan dengan konversi biomassa, bio-polymer, teknologi material maju sehingga bermanfaat untuk mahasiswa.

 **Bening**  
media PUBLISHING  
[www.bening-mediapublishing.com](http://www.bening-mediapublishing.com)  
☎ 0823 7200 8910

ISBN 978-623-8006-80-9

