

POTENSI BIOPLASTIK BERBASIS PATI BIJI NANGKA DENGAN SELULOSA SABUT KELAPA SEBAGAI MATERIAL PENGISI

HUSNI RAHMAT DHANI



DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2020

@Hak cipta milik IPBUniversity

IPBUniversity





@Hak cipta milik IPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA*

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Potensi Bioplastik Berbasis Pati Biji Nangka dengan Selulosa Sabut Kelapa sebagai Material Pengisi adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2020

Husni Rahmat Dhani
G44160007

@Hak cipta milik IPBUniversity

IPBUniversity



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



@Hak cipta milik IPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

ABSTRAK

HUSNI RAHMAT DHANI. Potensi Bioplastik Berbasis Pati Biji Nangka dengan Selulosa Sabut Kelapa sebagai Material Pengisi. Dibimbing oleh TETTY KEMALA dan TUN TEDJA IRAWADI.

Bioplastik berbasis pati biji nangka dengan material pengisi selulosa sabut kelapa merupakan salah satu upaya pengendalian dan pemanfaatan limbah untuk mengatasi masalah plastik. Penelitian ini bertujuan membuat bioplastik dari pati biji nangka dengan material pengisi selulosa sabut kelapa, serta memprediksikan sifat bioplastik yang dihasilkan dan potensi pengembangannya. Kadar pati pada biji nangka adalah 30.23% dengan kadar air sebesar 2.09%, sedangkan rendemen selulosa dari sabut kelapa sebesar 31.14% dengan kadar air sebesar 1.97%. Bioplastik secara kasat mata berwarna putih dengan komponen selulosa yang tersebar merata, permukaan sedikit kasar, dan relatif kaku. Kajian terhadap hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa, bioplastik dengan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini berpotensi untuk dikembangkan menjadi bioplastik kemasan dengan densitas tinggi. Penambahan selulosa pada bioplastik ini diprediksi meningkatkan kuat tarik, memperbaiki permukaan penampang, mampu menurunkan nilai pemanjangan, dan menurunkan daya serap air. Bioplastik yang dihasilkan dihubungkan dengan interaksi fisik.

Kata kunci: bioplastik, pati biji nangka, selulosa sabut kelapa.

ABSTRACT

HUSNI RAHMAT DHANI. HUSNI RAHMAT DHANI. Bioplastic Potential Based on Jackfruit Seed Starch with Coconut Fiber Cellulose as Filling Material. Supervised by TETTY KEMALA and TUN TEDJA IRAWADI.

Bioplastics based on jackfruit seed starch with cellulose coir filler material is one of the efforts to control and utilization of waste to solve plastic problems. The research aims to make bioplastics from jackfruit starch with coconut fiber filler material, as well as predict the resulting bioplastic properties and potential development. Starch content in jackfruit is 30.23% with a water content of 2.09%, while the cellulose yield of coir 31.14% with water content of 1.97%. Bioplastics with the naked eye white with cellulose components scattered evenly, the surface is slightly rough, and relatively stiff. Based on the trend of previous research results, bioplastics with these materials have the potential to be developed into high-density packaging bioplastics. This addition of cellulose on bioplastics is predicted to increase strong tensile, improved cross-section surface, as well as able to lower the value of the extension, and absorption of water. The resulting bioplastics are associated with physical interactions.

Keywords: bioplastics, cellulose coconut fiber, jackfruit starch.



@Hak cipta milik IPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

POTENSI BIOPLASTIK BERBASIS PATI BIJI NANGKA DENGAN SELULOSA SABUT KELAPA SEBAGAI MATERIAL PENGISI

HUSNI RAHMAT DHANI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Kimia
pada
Departemen Kimia

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2020**

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



@Hak cipta milik IPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Judul Skripsi : Potensi Bioplastik Berbasis Pati Biji Nangka dengan Selulosa Sabut Kelapa sebagai Material Pengisi

Nama : Husni Rahmat Dhani

NIM : G44160007

Disetujui oleh



Dr Tetty Kemala MSi
Pembimbing I



Prof Dr Tun Tedja Irawadi MS
Pembimbing II

Diketahui oleh



Prof Dr Dyah Iswanti Pradono MSc Agr
Ketua Departemen Kimia

Tanggal Lulus : 12 AUG 2020



@Hak cipta milik IPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia dan nikmat yang telah diberikan pada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini. Tema yang dipilih penulis yakni bioplastik, dengan judul Potensi Bioplastik Berbasis Pati Biji Nangka dengan Selulosa Sabut Kelapa sebagai Material Pengisi.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Dr Tetty Kemala, MSi dan Prof Dr Ir Tun Tedja Irawadi MS selaku pembimbing. Tak lupa penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Rohmat dan Bapak Sunarsa selaku Staf Laboran Laboratorium Kimia Anorganik, serta staf laboratorium lainnya yang telah memberi kesempatan dan bantuannya selama penelitian berlangsung.

Cinta dan kasih penulis sampaikan kepada kedua Ayah, Ibu, keempat kakak tercinta, teman-teman satu bimbingan (Yogi, Hanifah, dan Ismail), Ditha Apriliani, kelompok belajar Wacana *People*, teman-teman Jati *House*, dan teman-teman lainnya yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat.

Bogor, Juli 2020

Husni Rahmat Dhani



@Hak cipta milik IPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
Waktu dan Lokasi	2
METODE	3
Alat dan Bahan	3
Rancangan Percobaan	3
Prosedur Percobaan	3
PEMBAHASAN	5
Pati Biji Nangka	5
Selulosa Sabut Kelapa	6
Bioplastik Pati Biji Nangka-Gliserol-Serat Sabut Kelapa	7
Kajian Pustaka Terhadap Sifat Bioplastik Berbasis Pati dengan Material Pengisi Selulosa	8
SIMPULAN DAN SARAN	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	27
RIWAYAT HIDUP	32

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



DAFTAR TABEL

1	Kandungan pati pada beberapa sumber	9
2	Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada beberapa sumber	10
3	Pengaruh material penyusun terhadap ketebalan dan densitas bioplastik	11
4	Pengaruh material penyusun terhadap sifat mekanik bioplastik	13
5	Karakteristik plastik konvensional menurut SNI-19-4377-1997	18
6	Analisis gugus fungsi menggunakan FTIR	20

DAFTAR GAMBAR

1	Pati biji nangka	6
2	Selulosa sabut kelapa	7
3	Bioplastik pati biji nangka dengan material pengisi selulosa sabut kelapa	8
4	Kandungan pati pada beberapa bahan baku pembuatan bioplastik	9
5	Pengaruh penambahan selulosa terhadap nilai kuat tarik bioplastik	15
6	Pengaruh penambahan selulosa terhadap pemanjangan bioplastik	16
7	Pengaruh penambahan selulosa terhadap daya serap air bioplastik	17
8	(a) Permukaan bioplastik, (b) penampang bioplastik pati biji nangka	19
9	Penampang bioplastik dengan penambahan 15% CNC	19

DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram alir penelitian	27
2	Kadar air pati biji nangka dan selulosa sabut kelapa	28
3	Rendemen pati biji nangka dan selulosa sabut kelapa	29
4	Isolasi pati biji nangka dan selulosa sabut kelapa	30

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

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sampah plastik telah menjadi masalah lingkungan yang membutuhkan perhatian serius dari berbagai pihak karena sifatnya yang sulit diurai. Plastik merupakan suatu polimer yang tersusun dari hidrokarbon yang umumnya berasal dari pengolahan minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Bahan baku tersebut merupakan bahan baku yang terdapat dalam jumlah terbatas dan tidak dapat diperbarui seperti polietilena (PE), polipropilena (PP), polistirena (PS), polivinil klorida (PVC) dan sebagainya yang memiliki ikatan antar monomer yang kuat (Rosato *et al.* 2004). Penggunaan plastik sebagai bahan peralatan rumah tangga didasari oleh sifat plastik yang kedap air, tahan terhadap reaksi kimia maupun biologis, praktis, ringan, mudah didapat, dan murah. Sampah plastik yang sulit terurai oleh mikroorganisme dapat mengakibatkan penurunan kesuburan tanah akibat terganggunya proses penguraian dan menurunnya kandungan oksigen pada tanah (Purwatiningrum 2016).

Kesadaran manusia akan kelestarian lingkungan mendorong manusia mengembangkan plastik yang ramah lingkungan. Bioplastik merupakan plastik yang berasal dari alam dan dapat dengan mudah terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi komponen yang lebih sederhana (Alam *et al.* 2018). Pengembangan bioplastik telah banyak dilakukan sebelumnya dari bahan pati singkong (Lazuardi dan Cahyaningrum 2013), pati sagu (Yuniati *et al.* 2014), serta beberapa biji-bijian yang mengandung pati seperti biji durian (Arini *et al.* 2017), biji alpukat (Lubis *et al.* 2018), dan beberapa sumber pati alternatif yang lain, salah satunya biji nangka. Pemanfaatan biji nangka di Indonesia dirasa kurang optimal, biji nangka hanya dijadikan sumber pangan alternatif di beberapa daerah, sehingga membuka peluang pemanfaatan yang lebih optimal.

Biji nangka umumnya memiliki bobot 8-15% dari berat buahnya (Rengsutthi dan Charoenrein 2011). Menurut Suryadevara *et al.* (2017), dalam satu buah nangka dapat ditemukan sampai 500 biji sehingga terdapat potensi pati yang tinggi pada buah nangka. Pati biji nangka memiliki kandungan amilosa berkisar 24-32%. Sifat fisik pati nangka memiliki keunggulan berupa suhu gelatinisasi tinggi (75-85 °C), kadar lipid rendah, tahan asam dan kerusakan pulp yang lebih rendah dibanding pati singkong dan kentang (Rengsutthi dan Charoenrein 2011). Pemanfaatan biji nangka sebagai bahan baku dalam pembuatan suatu polimer telah dilakukan menjadi monomer asam laktat secara mikrobial sebagai bahan baku poli asam laktat (Nair *et al.* 2016) dan bioplastik (Santana *et al.* 2017).

Bioplastik berbahan pati banyak diteliti dikarenakan proses pengolahan yang mudah, toksisitas rendah dan harganya yang murah (Nevoralova *et al.* 2019). Menurut Sagnelli *et al.* (2016), sifat fisik bioplastik berbahan pati memiliki kelemahan terhadap panas dan air. Hal ini diakibatkan oleh sifat pati mudah menyerap air dan tidak tahan terhadap suhu tinggi. Oluwasina *et al.* (2019), menambahkan bioplastik berbahan pati cenderung lebih rapuh dibandingkan plastik konvensional. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan menambahkan

suatu aditif dan pemlastis yang dapat memperbaiki sifat fisik bioplastik berbahan pati.

Santana *et al.* (2017) telah melakukan pembuatan bioplastik berbahan dasar pati biji nangka dengan pemlastis gliserol, diperoleh bioplastik dengan struktur penyusun yang tidak teratur dan terdapat butiran-butiran kecil pada bioplastik. Sifat permeabelitas uap air yang diperoleh sangat tergantung pada konsentrasi gliserol yang ditambahkan, peningkatan konsentrasi gliserol mengakibatkan penurunan kuat tarik dari plastik. Suatu bahan aditif dapat ditambahkan guna meningkatkan sifat fisik pada bioplastik. Serat sabut kelapa dapat digunakan sebagai material pengisi pada suatu polimer. Sutan *et al.* (2018), telah meneliti pengaruh penambahan serat sabut siwalan terhadap bioplastik berbahan pati kulit singkong, penambahan serat sabut siwalan teramati dapat memperbaiki sifat ketahanan bioplastik terhadap air. Penelitian yang dilakukan Tondang (2018), mengenai pengaruh selulosa serat sabut kelapa sebagai material pengisi pada film berbasis polivinil alkohol, teramati selulosa pada sabut kelapa dapat memperbaiki sifat fisik film yang dibuat berupa penurunan kemampuan uap air seiring peningkatan ketebalan film.

Penggunaan selulosa dari serat sabut kelapa didasari oleh kandungan selulosa yang cukup tinggi pada sabut kelapa. Carrijo *et al.* (2002), melaporkan sabut kelapa terdiri dari serat (*fiber*) dan gabus (*pitch*) yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya. Sabut kelapa terdiri dari 75% serat dan 25% gabus. Potensi selulosa pada serat kelapa cukup tinggi, serat sabut kelapa mengandung lignin (35%-45%) dan selulosa (23%-43%). Penggunaan sabut kelapa sebagai material pengisi pada bioplastik berbasis pati biji nangka diharapkan dapat memberikan sifat fisik maupun kimia yang lebih baik.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan menghasilkan pati biji nangka dan selulosa sabut kelapa yang berpotensi sebagai bahan bioplastik, menghasilkan bioplastik dari pati biji nangka dan selulosa sabut kelapa, melakukan kajian pustaka terhadap sifat mekanik dan fisik bioplastik berbahan dasar berbagai macam pati dengan adanya material pengisi selulosa, serta memprediksi sifat dari bioplastik pati biji nangka dengan material pengisi selulosa sabut kelapa.

Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2019 sampai Juli 2020 dengan dua tipe pengambilan data. Data primer dilakukan di Laboratorium Anorganik, Departemen Kimia, FMIPA, Institut Pertanian Bogor pada bulan Desember 2019 hingga Maret 2020, sedangkan data sekunder diperoleh dari bulan Maret 2020 hingga bulan Juni 2020 dengan melakukan kajian pustaka.

METODE

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah biji angka, sabut kelapa muda, gliserol, aquadest, NaOCl 3%, dan NaOH 10%. Alat-alat yang digunakan pH universal, *blender*, pengaduk magnetik, *hot plate*, oven, sudip, batang pengaduk, neraca analitik, kain saring, ayakan 100 mesh, dan peralatan gelas.

Rancangan Percobaan

Penelitian yang dilakukan menggunakan dua cara pengambilan data, yakni percobaan di laboratorium dan kajian pustaka. Penelitian yang dilakukan di Laboratorium untuk memperoleh data primer meliputi isolasi pati biji nangka, isolasi selulosa sabut kelapa dan pembuatan bioplastik dari biji nangka dengan menambahkan selulosa sabut kelapa sebagai material pengisi. Kegiatan kajian pustaka dilakukan dengan cara mengkaji sifat fisik dan mekanik bioplastik berbahan pati dengan material pengisi selulosa berbagai sumber, serta mempelajari potensi penggunaan pati biji nangka dan selulosa sabut kelapa sebagai material penyusun bioplastik (Lampiran 1).

Prosedur Percobaan

Preparasi Pati Biji Nangka

Pembuatan pati biji nangka diawali dengan membersihkan biji nangka yang diperoleh dari Pasar Babakan Raya, biji nangka yang telah dibersihkan dihaluskan menggunakan *blender*, perbandingan air dan biji nangka yang digunakan pada tahapan penghalusan yakni 5:1. Tahapan penghalusan dilakukan sampai biji nangka benar-benar halus dan sari biji nangka dapat diperoleh secara maksimal. Sari pati biji nangka kemudian disaring menggunakan kain saring sampai diperoleh endapan dan cairan (suspensi pati), pengekstrakan dilakukan sebanyak tiga kali guna memaksimalkan perolehan pati. Endapan lapisan bawah dipisahkan dari air bagian lapisan atas. Ekstrak (suspensi pati) yang dihasilkan kemudian diendapkan selama 24 jam, hingga terbentuk dua lapisan. Air yang hasil pengendapan dibuang dan diperoleh endapan pati basah. Endapan yang diperoleh kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60 °C selama 12 jam, pati yang telah kering dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Hasil yang diperoleh berupa pati nangka yang akan digunakan sebagai bahan pembuatan bioplastik.

Preparasi Selulosa Serat Sabut Kelapa

Preparasi selulosa sabut kelapa merujuk pada percobaan yang telah dilakukan Sutan *et al.* (2018). Sabut kelapa dikeringkan pada sinar matahari selama ± 6 hari dan dihaluskan menggunakan *blender*. Serat sabut kelapa yang diperoleh ditimbang sebanyak 100 g dan ditempatkan dalam gelas piala 1 L. Proses pematangan pulp dilakukan dengan metode *pulping* soda menggunakan

NaOH 10%. Perbandingan serat kelapa dan NaOH 10% yang digunakan berkisar 1:10. Proses ini dilakukan pada suhu 80 °C selama 120 menit dengan pengadukan terus menerus. Setelah itu dilakukan penyaringan, residu yang diperoleh kemudian dicuci dengan aquades sampai pH mendekati netral.

Serat yang diperoleh dipucatkan menggunakan NaOCl 3% selama 60 menit pada suhu 50 °C hingga berubah warna menjadi putih, kemudian dicuci kembali menggunakan akuades hingga pH mendekati netral. Serat sabut kelapa yang telah mengalami proses pemucatan kemudian dihaluskan menggunakan blender dengan menambahkan air sebanyak 2 kali dari jumlah serat yang diperoleh. Serat yang telah halus disaring menggunakan kain saring dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60 °C selama 24 jam atau sampai bobot konstan. Serat yang telah kering kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Hasil yang diperoleh dari tahapan tersebut berupa serat sabut kelapa yang kemudian akan digunakan sebagai material pengisi pada bioplastik.

Persen Rendemen

Pati biji nangka dan selulosa sabut kelapa ditentukan nilai persen rendemen guna mengetahui perolehan bobot pati dan selulosa yang berhasil diisolasi dari bahan yang digunakan. Penentuan persen rendemen dilakukan dengan menimbang sebanyak 100 g sampel yang digunakan sebelum mengalami isolasi, senyawa yang diperoleh ditimbang kembali pada keadaan kering. Nilai persen rendemen ditentukan mengikuti persamaan berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{bobot senyawa target (g)}}{\text{bobot bahan baku (g)}} \times 100\% \quad (1)$$

Kadar Air

Metode penentuan kadar air mengacu pada metode AOAC 935.29 (2012). Penentuan kadar air diawali dengan cawan dibersihkan dan dikeringkan pada suhu 105±0.5 °C selama 30 menit. Cawan dikeringkan hingga diperoleh bobot konstan. Cawan didinginkan dalam desikator dan ditimbang bobot kosongnya. Sebanyak 3 g sampel dimasukkan ke dalam cawan porselen tersebut. Cawan porselen yang telah berisi sampel dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105±2 °C selama 3 jam. Cawan kemudian dikeluarkan dari oven dan didinginkan dalam desikator. Proses pengeringan dilakukan hingga didapatkan bobot konstan. Kadar air dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar air} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

A = bobot sampel sebelum pengeringan (g)

B = bobot sampel setelah pengeringan (g)

Pembuatan Bioplastik

Pati biji nangka, pemlastis dan serat sabut kelapa yang akan digunakan ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Pati biji nangka dilarutkan dalam 45 mL akuades pada suhu 60 °C selama 15 menit.

Pemlastis lalu dicampurkan dengan pati biji nangka dan dihomogenkan selama 15 menit hingga didapatkan pati biji nangka terplastisasi. Selulosa yang sudah ditimbang ditempatkan ke dalam campuran pati biji nangka-glisерol. Campuran tersebut diaduk sampai homogen dengan pemanasan pada suhu 90 °C. Setelah homogen dan terglatinasi sempurna, polipaduan yang terbentuk dicetak pada pelat kaca. Polipaduan yang telah dicetak dikeringudarkan selama 24 jam dan bioplastik dilepaskan. Bioplastik dibuat menggunakan 80% pati dengan menambahkan 15% selulosa sabut kelapa, serta penambahan 5% gliserol. Sifat yang muncul pada bioplastik yang diprediksikan menggunakan kajian pustaka.

Kajian Pustaka Potensi dan Sifat Bioplastik Berbahan Pati dan Selulosa sebagai Material Pengisi

Kajian pustaka dilakukan terhadap karya ilmiah yang melakukan pembuatan dan pengujian sifat bioplastik dengan bahan dasar pati menggunakan pemlastis gliserol dengan penambahan selulosa sebagai material pengisi. Pengujian bioplastik mencakup sifat mekanik dan sifat fisik yang dipengaruhi oleh keberadaan selulosa. Pustaka digunakan dengan kurun waktu penelitian 10 tahun terakhir. Informasi yang diperoleh pada kajian pustaka dikumpulkan, dianalisis, dan dibandingkan, untuk mengetahui potensi penggunaan pati biji nangka dan selulosa yang berasal dari sabut kelapa sebagai bahan pembuat bioplastik.

PEMBAHASAN

Pati Biji Nangka

Pati biji nangka diperoleh dengan cara mengekstrak pati dari biji nangka yang telah dihaluskan menggunakan pelarut air. Pati biji nangka yang diperoleh secara kasat mata berwarna putih bersih dan memiliki tekstur yang halus (Gambar 1). Kadar pati yang diperoleh dari 100 g biji nangka berkisar 30.24%. Menurut Rengsutthi dan Charoenrein (2011), kandungan amilosa pada biji nangka berkisar antara 24-32% dari bobot biji nangka tersebut. Menurut Santana *et al.* (2017), pati biji nangka memiliki 1.17% protein, 0.3% lemak, 0.15% serat, 0.21% abu, 30.08% amilosa dan 60.93% amilopektin dari bobot pati, dengan kelembaban 7.16%. Kandungan senyawa lain yang menyertai pati perlu diketahui guna diperoleh hasil yang diharapkan. Kadar lemak yang berlebih pada pati akan mengakibatkan beberapa hasil yang tidak diharapkan diantaranya warna bioplastik menjadi kekuningan dan beraroma tidak sedap.

Pati biji nangka yang dihasilkan memiliki kadar air yang rendah yakni sebesar 2.09%. Hasil tersebut memungkinkan terbentuknya bioplastik yang lebih baik dan memiliki umur simpan pati yang relatif lebih lama. Menurut Setiani *et al.* (2013) kadar air berpengaruh pada umur simpan bahan pati sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik, namun untuk pati yang akan digunakan secara langsung, kadar air pati tidak memberikan pengaruh yang terlalu besar. Berdasarkan SNI 01-3451-1994 kadar air yang terkandung pada tepung tidak diperbolehkan melebihi 15% karena kadar air yang terlalu tinggi dapat memicu pertumbuhan jamur pada tepung, sehingga akan memperpendek umur simpan.



Gambar 1 Pati biji nangka

Selulosa Sabut Kelapa

Selulosa diperoleh dengan cara melarutkan komponen lignin (delignifikasi) pada sabut menggunakan NaOH 10%. Penggunaan NaOH ditujukan untuk melarutkan komponen pengotor berupa lignin dengan cara merusak struktur lignin dan mengembangkan struktur selulosa (Tondang 2018). Isroi *et al.* (2017), menambahkan lignin memiliki sifat yang lebih mudah larut dalam alkali sedangkan selulosa cenderung sukar larut dalam alkali. Berdasarkan derajat polimerisasi dan kelarutan selulosa terhadap NaOH, Nuringtyas (2010) menggolongkan selulosa menjadi tiga jenis, yaitu α -selulosa yang memiliki rantai polimerisasi yang panjang (600-15000) dan tidak larut terhadap NaOH 17.5%, β -selulosa dengan rantai polimerisasi bersar 15-90 dan larut terhadap NaOH 17.5%, serta γ -selulosa dengan rantai polimerisasi kurang dari 15 dan dapat terlarut dalam NaOH 17.5%.

NaOH 10% digunakan agar komponen α , β , dan γ pada selulosa dapat diperoleh. Saleh *et al.* (2009), dalam penelitiannya mengenai pengaruh konsentrasi pelarut, temperatur dan waktu pemasakan pada pembuatan pulp dari sabut kelapa muda, konsentrasi NaOH 10% dan waktu perlakuan 120 menit pada tempratur 80°C memberikan pengaruh pelepasan lignin sebesar 14.74% dengan kandungan selulosa sebesar 79.50%, namun hasil yang diperoleh tanpa mengalami proses pemucatan. Meunsri *et al.* (2011), melakukan penelitian mengenai pengaruh penghilangan lignin pada sabut kelapa menggunakan NaOCl terhadap biokomposit basis gluten gandum, menunjukkan hasil kandungan lignin berkisar 21.42% pada temperatur 90 °C, nilai kadar lignin pada sabut kelapa mengalami penurunan pada kondisi sebelum perlakuan sebesar 42.10%. Selulosa dan hemiselulosa yang diperoleh berkisar 43.75% dan 24.83%, hasil ini menunjukkan penggunaan NaOCl dapat melarutkan komponen lignin pada sabut kelapa.

Proses delignifikasi menghasilkan selulosa yang memiliki tekstur yang lebih halus namun berwarna lebih gelap. Proses pemucatan selulosa (*bleaching*) dilakukan menggunakan larutan NaOCl. Menurut Sghaier *et al.* (2012), selain berfungsi sebagai pemucat, NaOCl dapat juga melarutkan hemiselulosa dan lignin, sehingga proses pemurnian selulosa dapat optimal. Isolasi selulosa sabut kelapa hasil delignifikasi dan pemucatan diperoleh sebesar 31.14% dari bobot sabut yang digunakan. Serat selulosa yang dihasilkan secara kasat mata memiliki warna putih

kekuningan dengan tekstur halus (Gambar 2). Hasil yang diperoleh sesuai dengan percobaan yang dilakukan Lubis *et al.* (2018) terhadap isolasi selulosa dari pohon aren. Selulosa yang dihasilkan memiliki kadar air sebesar 1.97%. kadar air ini tergolong rendah sehingga selulosa sabut kelapa akan memiliki masa simpan yang lebih lama.

Kandungan lignin pada sabut kelapa sebagai bahan pembuatan bioplastik memberikan pengaruh pada sifat bioplastik yang dihasilkan. Menurut Meunsri *et al.* (2011), kandungan lignin memberikan pengaruh terhadap beberapa sifat fisik dari biokomposit yang dihasilkan. Peningkatan kadar lignin memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan daya serap air biokomposit. Hasil tersebut tidak diharapkan dalam pembuatan bioplastik, karena dapat menurunkan ketahanan bioplastik terhadap air. Menurut Sen *et al.* (2015), keberadaan lignin dapat mengganggu kemampuan selulosa membentuk susunan yang rapat dan teratur. Keberadaan lignin juga dapat meningkatkan porositas suatu bahan, hal tersebut dikarenakan struktur lignin yang cenderung meruah. Keberadaan lignin pada bahan pembuatan bioplastik dapat mengganggu keteraturan susunan dan menciptakan ruang kosong pada bioplastik yang dihasilkan.



Gambar 2 Selulosa sabut kelapa

Bioplastik Pati Biji Nangka-Gliserol-Selulosa Sabut Kelapa

Bioplastik berbasis pati biji nangka dengan adanya material pengisi berupa selulosa serat sabut kelapa akan memberikan perubahan sifat dasar dari bioplastik seiring perubahan konsentrasi bahan yang ditambahkan. Perubahan konsentrasi dari pati biji nangka dan selulosa serat sabut kelapa bertujuan melihat pengaruh yang diberikan oleh selulosa serat sabut kelapa terhadap bioplastik berbasis pati biji nangka terplastisasi gliserol. Menurut Oluwasina *et al.* (2019) penambahan suatu aditif dan material pengisi dapat memperbaiki sifat fisik bioplastik. Pemlastis yang digunakan berupa gliserol. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan Santana *et al.* (2017) penambahan gliserol sebagai pemlastis pada bioplastik berbasis pati biji nangka memberikan pengaruh berupa penurunan kuat tarik, penurunan permeabilitas uap air dan peningkatan ketebalan seiring peningkatan konsentrasi gliserol yang ditambahkan.



@Hak cipta milik IPB University

Gambar 3 Bioplastik pati biji nangka dengan material pengisi selulosa sabut kelapa

Bioplastik dibuat menggunakan pati biji nangka dengan kadar air 2.09% dan kadar air pada selulosa sebesar 1.97% dengan perbandingan pati:serat:gliserol sebesar 80:15:5. Proses plastisasi dilakukan pada suhu 60 °C. Setelah itu dilakukan pemanasan pada temperatur 90 °C, bertujuan agar terjadinya gelatinasi pada polimer yang ditandai dengan perubahan warna putih pada larutan pati biji nangka-gliserol-serat sabut kelapa menjadi transparan. Pati biji nangka memiliki suhu gelatinasi yang cukup tinggi yakni 75-85 °C (Rengsutthi dan Charoenrein 2011). Bioplastik yang dihasilkan secara kasat mata memiliki permukaan yang sedikit kasar, kuat, relatif kaku dan memiliki warna dasar transparan dengan serat yang tersebar rata.

Kajian Pustaka Terhadap Sifat Bioplastik Berbasis Pati dengan Material Pengisi Selulosa

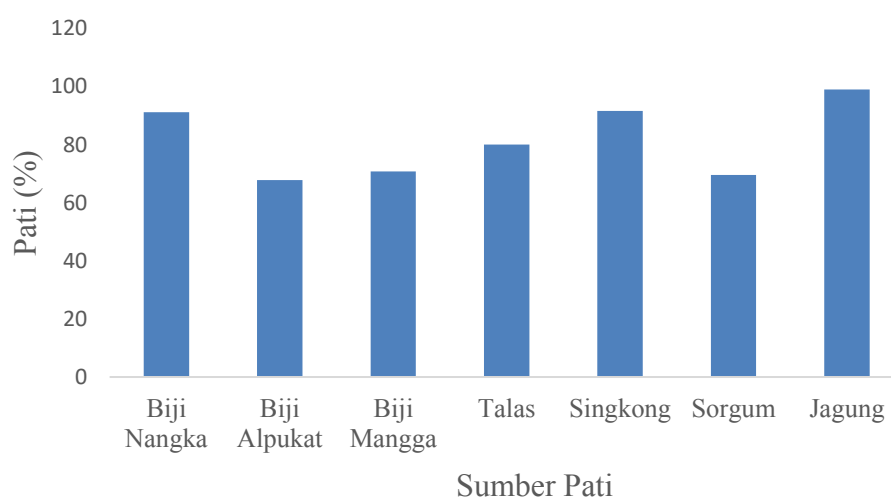
Kadar pati dan komponen pengotor pada pati dapat memberikan pengaruh terhadap sifat bioplastik. Selain itu rasio amilosa dan amilopektin pada pati memegang peranan penting pada pembentukan sifat fisik maupun mekanik bioplastik berbahan dasar pati Zavareze *et al.* (2012). Bioplastik berbahan dasar pati telah banyak diteliti dan dikembangkan dari berbagai macam sumber pati, seperti singkong, talas, batang pohon aren, dan lain sebagainya. Permasalahan bahan tersebut merupakan bahan pangan utama di beberapa daerah, sehingga sumber pati yang berasal dari biji-bijian banyak dikembangkan. Hal tersebut ditujukan untuk meningkatkan pemanfaatan sumber pati potensial. Selain itu pemanfaatan selulosa dari beberapa produk samping pertanian turut dikembangkan sebagai material pengisi pada bioplastik berbahan dasar pati, guna diperoleh sifat mekanik bioplastik yang lebih baik.

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

Tabel 1 Kandungan pati pada beberapa sumber

Bahan Pati	Rendemen (%)	Kadar Amilosa (%)	Kadar Amilopektin (%)	Pati %	Rujukan
Biji Nangka	40	30.08	60.93	91.10	Santana <i>et al.</i> (2017)
Biji Alpukat	24.20	32.47	35.32	67.79	Ginting <i>et al.</i> (2015)
Biji Mangga	-	35.32	45.98	70.76	Septiyosari <i>et al.</i> (2014)
Umbi Talas	28.7	5.55	74.45	80.00	Rahmawati <i>et al.</i> (2012)
Singkong	-	43.83	47.71	91.54	Kartikasari <i>et al.</i> (2016) Widowati (2010)
Sorgum	-	20-30	70-80	69.50	Harzau dan Estiasih (2013)
Jagung	-	26%	73%	99.00	

Rasio amilosa dan amilopektin yang menyusun pati sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik akan mempengaruhi sifat mekanik pada bioplastik. Menurut Santana *et al.* (2017), keberadaan amilosa memungkinkan terbentuknya bioplastik dengan sifat mekanik yang lebih baik, dikarenakan struktur amilosa tanpa percabangan. Nisah (2017), menambahkan keberadaan amilopektin memberikan pengaruh terhadap gelatinasi pada pati. Hal tersebut mendasari penggunaan pati dengan rasio amilosa dan amilopektin yang berimbang, guna diperoleh bioplastik dengan sifat mekanik yang lebih baik. Tabel 1 menunjukkan kandungan amilosa dan amilopektin pada pati dari berbagai bahan baku. Santana *et al.* (2017), memperoleh pati dengan kadar amilosa sebesar 30.8% dan amilopektin sebesar 60.93% pada biji nangka. Biji nangka memiliki kadar amilopektin yang lebih tinggi dari pati yang diperoleh dari biji alpukat, biji mangga dan singkong, sehingga dapat terbentuknya larutan pati yang lebih kental.



Gambar 4 Kandungan pati pada beberapa bahan baku pembuatan bioplastik

Gambar 4 menunjukkan pati biji nangka memiliki potensi yang tinggi jika dilihat dari kadar pati yang terdapat pada biji nangka. Kandungan pati pada biji nangka lebih tinggi dibandingkan pada biji alpukat, biji mangga, talas, dan sorgum. Namun, kadar pati biji nangka lebih sedikit dari pati yang terdapat pada singkong dan jagung. Peranaan singkong dan jagung sebagai bahan pangan pokok di beberapa daerah menjadikan penggunaan pati singkong dan jagung sebagai bahan bioplastik dapat menciptakan kompetitor pangan, sehingga bioplastik berbahan pati biji nangka lebih memungkinkan untuk dikembangkan.

Penggunaan selulosa sebagai bahan pengisi pada bioplastik telah banyak diteliti. Selulosa yang digunakan dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti tandan kosong kelapa sawit (Isroi *et al.* 2017), jerami (Agustin *et al.* 2014), residu lumpur laut (Darni *et al.* 2014), serbuk kayu jati (Septiyosari *et al.* 2014), sabut kelapa (Sen *et al.* 2015), dan beberapa sumber selulosa lain. Terdapat komponen lain yang menyertai dalam sumber selulosa yang digunakan, seperti lignin dan hemiselulosa.

Tabel 2 Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada beberapa sumber

Sumber Selulosa	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Rujukan
Sabut Kelapa	43.44	0.25	45.84	Anggorowati dan Dewi (2013)
Tandan Kosong	36.67	13.16	31.16	Isroi <i>et al.</i> (2017)
Kayu Jati	45.79	-	29.94	Lukmandaru (2010)
Batang rami	26.33	-	18.44	Mudyantini (2008)
Jerami	37.71	21.99	16.62	Pratiwi <i>et al.</i> (2016)

Tabel 2 menunjukkan kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada beberapa sumber selulosa. Teramati sabut kelapa memiliki kandungan selulosa yang lebih tinggi dari tandan kosong kelapa sawit, batang rami, maupun jerami. Namun kadar selulosa pada sabut kelapa lebih sedikit dibandingkan selulosa pada kayu jati. Pemanfaatan sabut kelapa sebagai material pengisi pada bioplastik memiliki potensi untuk dikembangkan secara lebih lanjut, dikarenakan kadar selulosa yang tinggi pada sabut kelapa. Selulosa yang dihasilkan pada tahap isolasi selulosa memiliki tekstur yang halus dan lentur, sehingga diharapkan memberikan pengaruh peningkatan sifat mekanik dan sifat fisik pada bioplastik pati biji nangka yang dihasilkan. Sifat pada bioplastik pati biji nangka dengan material pengisi selulosa sabut kelapa diprediksikan berdasarkan kecenderungan yang diperoleh peneliti terdahulu terhadap sifat bioplastik berbahan dasar pati dan material pengisi selulosa, serta penambahan gliserol sebagai pemlastis.

Ketebalan dan bobot jenis material pada suatu polimer merupakan salah satu parameter penting yang mempengaruhi sifat polimer tersebut, terutama dalam pembuatan plastik biopolimer. Ketebalan dan bobot jenis bioplastik sangat dipengaruhi oleh komponen penyusun dari bioplastik. Menurut Katili *et al.* (2013), ketebalan pada bioplastik dipengaruhi oleh banyaknya fraksi terlarut, luas dan volume cetakan. Santana *et al.* (2017) dan Zavareze *et al.* (2012),

menambahkan sifat bahan dasar penyusun bioplastik memberikan pengaruh yang sangat kuat pada ketebalan bioplastik berbasis pati. Kemampuan gelatinasi bahan pati membentuk pasta yang kental memberikan hasil peningkatan ketebalan bioplastik. Penambahan material pengisi pada bioplastik dapat memberikan pengaruh terhadap ketebalan dan densitas bioplastik, hal tersebut dipengaruhi oleh kemampuan material pengisi untuk mengisi ruang kosong pada bioplastik. (Darni *et al.* 2018)

Tabel 3 Pengaruh material penyusun terhadap ketebalan dan densitas bioplastik

Jenis Pati	Pemlastis	Pengisi	Jumlah Pengisi	Ketebalan (mm)	Densitas (g/mL)	Rujukan
Pati biji Nangka	Gliserol 30%	-		0.159	-	Santana <i>et al.</i> (2017)
Pati singkong	Gliserol 10%	-		0.09	-	Nafilah dan Sedyadi (2019)
Pati Kentang	Gliserol 30%	-		0.10	-	Zavareze <i>et al.</i> (2012)
Pati Ubi Nagara	Gliserol 30%	<i>Carboxymethyl Cellulose</i> (CMC)	3%	0.157	-	Ningsih <i>et al.</i> (2019)
Pati Sorgum	Gelatin 25%	Mikro Fibril Selulosa	3%	-	1.246	Darni <i>et al.</i> (2018)
Pati Sorgum	Gliserol 25%	Selulosa Rumput Laut	25%	-	0.15	Darni <i>et al.</i> (2014)
Pati Jagung	Gliserol 30%	Serat Sabut kelapa	15%	-	1.224	Sen <i>et al.</i> (2015)
Pati Kulit Singkong	Sorbitol 30%	<i>Microcrystalline Cellulose</i>	6%	-	0.725	Maulida <i>et al.</i> (2017)
Pati Singkong	Gliserol 33.3%	<i>Microcrystalline Cellulose</i>	15%	-	1.38	Abdullah <i>et al.</i> 2020

Tabel 3 menunjukkan perubahan komposisi bahan penyusun terhadap peningkatan ketebalan dan bobot jenis dari bioplastik yang dihasilkan peneliti sebelumnya. Santana *et al.* (2017), melaporkan peningkatan konsentrasi pati terhadap suatu bioplastik, dapat memberikan dampak berupa peningkatan ketebalan bioplastik yang dihasilkan. Kemampuan gelatinasi amilopektin dan amilosa pada pati memungkinkan terbentuknya pasta yang lebih kental, sehingga komponen terlarut pada bahan lebih banyak berperan dalam menyusun struktur bioplastik. Hasil tersebut ditunjukkan pula oleh penelitian yang dilakukan Budiman *et al.* (2017), terhadap karakteristik bioplastik dari pati buah lindur. Zavareze *et al.* (2012), menambahkan, rasio kadar amilosa dan amilopektin pada bahan pati yang digunakan akan memberikan pengaruh berupa peningkatan

ketebalan. Pati dengan kadar amilopektin yang tinggi akan memiliki kemampuan pembentukan pasta yang tinggi pula, sehingga bioplastik menjadi lebih tebal.

Menurut Nafilah dan Sedyadi (2019), penambahan suatu pemlastis pada bioplastik tidak memberikan dampak penambahan ketebalan yang signifikan. Apriyani (2014) menambahkan, peningkatan ketebalan dipengaruhi oleh jumlah material padatan dalam larutan bahan bioplastik. Menurut Santana *et al.* (2017), kandungan amilosa pada pati biji nangka yang berkisar 24%-32% dapat dikategorikan tinggi. Amilosa memegang peranan penting dalam proses gelatinasi dan retrogradasi, sehingga peningkatan konsentrasi pati biji nangka dapat memberikan pengaruh berupa penambahan ketebalan bioplastik yang dihasilkan. Kandungan amilosa yang tinggi memungkinkan terbentuknya lapisan pati yang lebih teratur dikarenakan bentuknya yang sederhana tanpa percabangan. Krogars *et al.* (2003) menambahkan struktur amilosa yang tidak bercabang mengakibatkan amilosa memiliki sifat kristalin, sifat inilah yang memungkinkan film dengan kandungan amilosa tinggi memiliki ketebalan yang meningkat.

Penambahan material pengisi pada suatu bioplastik dapat memberikan pengaruh terhadap ketebalan dan bobot jenis bioplastik. Penelitian yang dilakukan oleh Ningsih (2019), mengenai bioplastik dari pati ubi nagara dengan penambahan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), menunjukkan penambahan selulosa memberikan dampak berupa peningkatan ketebalan pada bioplastik. Selain peningkatan ketebalan penambahan selulosa juga memberikan dampak berupa peningkatan bobot jenis bioplastik. Hal tersebut dikarenakan struktur rantai lurus pada selulosa mampu menyusup pada ruang kosong bioplastik (Darni *et al.* 2014). Keberadaan komponen lain pada bahan pengisi dapat memberikan dampak yang tidak diharapkan pada bioplastik. Menurut Azmi (2017), keberadaan lignin dan hemiselulosa dapat memungkinkan terbentuknya ruang kosong pada susunan bioplastik, dikarenakan struktur lignin yang meruah. Kandungan selulosa pada sabut kelapa yang berkisar 43.75% dapat dikategorikan tinggi sehingga pengaplikasian serat selulosa dari sabut kelapa sebagai material pengisi pada bioplastik biji nangka memungkinkan untuk dikembangkan. Ketebalan bioplastik akan mengalami peningkatan sering penambahan serat selulosa yang ditambahkan karena kemampuan selulosa untuk mengisi ruang kosong pada bioplastik.

Penelitian yang dilakukan Sen *et al.* (2015), dilakukan menggunakan serat sabut kelapa tanpa mengalami tahapan pelepasan lignin dan pemucatan, sehingga bioplastik yang dihasilkan terpengaruh oleh keberadaan lignin dan komponen pengotor lain. Keberadaan lignin pada bioplastik, akan membuat susunan bioplastik yang tidak rata dan penurunan sifat mekanik bioplastik. Menurut Chaiwong *et al.* (2019), keberadaan lignin pada biokomposit dapat menurunkan interaksi adhesi antar-muka komponen penyusun matriks, dikarenakan lignin merupakan poli-phenol dengan struktur yang besar. Oleh karena itu, proses penghilangan lignin pada bahan selulosa yang akan digunakan perlu dilakukan. Rantai lurus serat selulosa memungkinkan untuk menyusup pada ruang kosong bioplastik, sehingga dapat membentuk susunan yang lebih rapat.

Menurut Rosato (2004), bioplastik dikategorikan memiliki densitas tinggi apabila memiliki nilai densitas di atas 0.941 g/cm^3 . Merujuk pada kecenderungan hasil yang diperoleh pada penelitian terdahulu (Tabel 3), terhadap ketebalan dan densitas bioplastik berbahan dasar pati dengan adanya material pengisi selulosa, bioplastik pati biji nangka dengan material pengisi selulosa sabut kelapa memiliki

potensi untuk dikembangkan sebagai bahan kemasan. Kecenderungan sifat pati pada biji nangka yang memiliki kandungan amilosa dan amilopektin yang tinggi, serupa dengan kandungan pati singkong pada penelitian yang dilakukan Abdullah *et al.* (2020), dengan penambahan 15% selulosa. Bioplastik dari pati biji nangka diprediksikan akan memiliki densitas diatas 1.38 g/cm^3 pada penambahan 15% selulosa dan nilai densitas akan terus meningkat seiring penambahan selulosa. Kandungan selulosa yang tinggi pada sabut kelapa sebesar 43.44% (Tabel 2), memungkinkan terbentuknya bioplastik dengan densitas tinggi.

Nilai Ketebalan dan densitas pada suatu bioplastik memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik bioplastik, sehingga perlu dilakukannya pengujian terhadap sifat mekanik bioplastik. Sifat mekanik suatu polimer dapat diketahui dengan cara pengukuran uji tarik polimer tersebut. Terdapat dua macam analisis yang dapat dilakukan dalam uji tarik yakni, pengujian kekuatan tarik dan persen pemanjangan. Kuat tarik merupakan tegangan maksimal yang dapat ditahan oleh bioplastik ketika diberikan suatu beban. Sedangkan persen pemanjangan dapat diartikan pertambahan panjang pada bioplastik sebelum bioplastik terputus ketika diberikan suatu beban (Agustin *et al.* 2014). Sifat mekanik pada bioplastik memiliki nilai yang beragam tergantung pada jenis dan sifat bahan yang digunakan, guna memprediksikan potensi sifat mekanik yang muncul pada bioplastik, perlu dilakukan pengkajian terhadap berbagai aspek yang mempengaruhi pada sifat mekanik bioplastik.

Tabel 4 Pengaruh material penyusun terhadap sifat mekanik bioplastik

Basis	Pemlastis	Pengisi	Kuat Tarik (Mpa)	Persen Elongasi (%)	Daya Serap Air (%)	Rujukan
Pati biji nangka	Gliserol 40%	-	-	40.8	-	Santana <i>et al.</i> (2017)
Pati biji nangka	Gliserol 20%	-	58.83	22.5	20.98	Anggraeni (2013)
Pati kentang	Gliserol 30%	-	4.87	58.33	19.73	Zavareze <i>et al.</i> (2012)
Pati kulit singkong	Gliserol 20%	Selulosa Siwalan 10%	2.094	24.44	44.057	Sutan <i>et al.</i> (2018)
Pati biji Mangga	Gliserol 15%	Selulosa Serbuk Kayu Jati 20%	6.4	16.67	18.23	Septiyosari <i>et al.</i> (2014)
Pati Jagung	Gliserol 30%	Serat Sabut kelapa 15%	2.340	-	50.26	Sen <i>et al.</i> (2015)
Pati Biji Alpukat	Gliserol 4 mL	Selulosa Ijuk 6:4	0.99	15.66		Azmi (2017)
Pati Jagung	Gliserol 30%	Cellulose Nano-Cristal Jerami 15%	26.0	3.6	10.10	Agustin <i>et al.</i> (2014)



Lanjutan Tabel 4. Pengaruh material penyusun terhadap sifat mekanik bioplastik

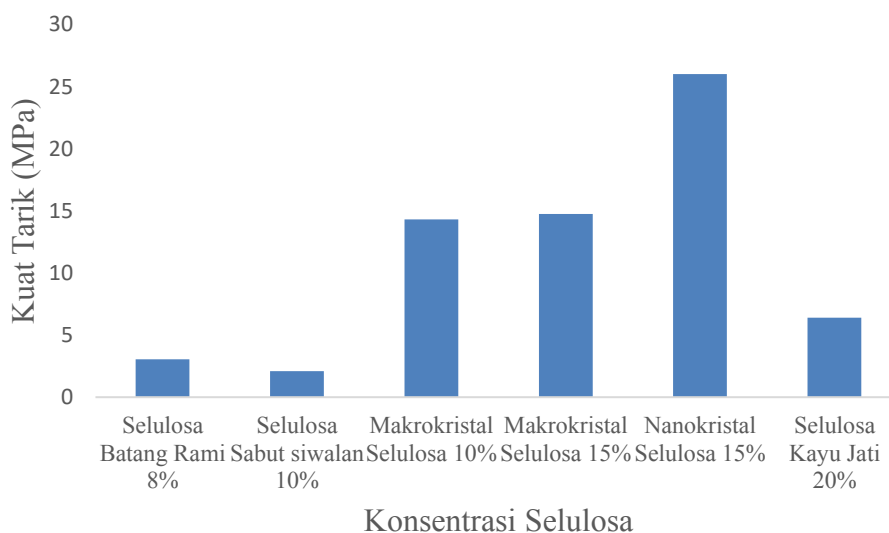
Basis	Pemlastis	Pengisi	Kuat Tarik (Mpa)	Persen Elongasi (%)	Daya Serap Air (%)	Rujukan
Pati Umbi Nagara	Gliserol 30%	<i>Carboxymethyl Cellulose (CMC)</i> 12%	0.4739	116.1	56.60	Ningsih <i>et al.</i> (2019)
Pati Singkong	Gliserol	<i>Microcrystal Cellulose</i> 10%	14.3	1.45	27	Intandiana <i>et al.</i> (2019)
Pati Singkong	Gliserol 33.3%	<i>Microcrystal Cellulose</i> 15%	14.75	3.0	-	Abdullah <i>et al.</i> (2020)
Pati Biji Alpukat	Gliserol 30%	<i>Microcrystal Cellulose (MCC)</i> Pohon Aren 7:3	1.3	5.99	-	Lubis <i>et al.</i> (2016)
Pati Tapioka	Gliserol 30%	Selulosa Rami 8%	3.06	41.71	-	Syafri <i>et al.</i> (2018)

Tabel 4 menunjukkan sifat mekanik yang muncul pada bioplastik berbahan pati, pemlastis gliserol, dan material pengisi berupa selulosa. Setiap komponen penyusun bioplastik memberikan dampak terhadap sifat mekanik bioplastik (Sen *et al.* (2015)). Kemampuan interaksi antar komponen penyusun bioplastik dapat memberikan dampak pada kuat tarik, persen pemanjangan, dan daya serap air pada bioplastik. Interaksi yang terjadi antara komponen bioplastik merupakan interaksi secara fisik (Kemala *et al.* 2010). Interaksi fisik yang berlangsung terjadi antara pati, pemlastis dan material pengisi yang ditambahkan.

Keberadaan pemlastis pada material bioplastik dapat memberikan dampak berupa peningkatan persen pemanjangan, penurunan kuat tarik, dan peningkatan daya serap air. Hasil tersebut teramati pada penelitian terdahulu (Tabel 4). Penelitian yang dilakukan Anggraeni (2013), menggunakan 80% pati biji nangka dengan 20% gliserol diperoleh nilai kuat tarik sebesar 58.38 MPa dan persen pemanjangan sebesar 22.5%. Sedangkan penelitian Zavareze *et al.* (2012), menggunakan 70% pati kentang dengan 30% pemlastis gliserol diperoleh kuat tarik sebesar 4.87 MPa dan persen pemanjangan 58.33%. Penelitian lain yang dilakukan Sen *et al.* (2018), menggunakan 65% pati jagung, 30% gliserol dan 15% selulosa, diperoleh nilai kuat tarik sebesar 2.34 MPa dan persen pemanjangan sebesar 24.44% (Tabel 4). Nilai kuat tarik yang mengalami penurunan dan peningkatan persen pemanjangan seiring peningkatan konsentrasi gliserol dan penurunan konsentrasi pati, menandakan keberadaan gliserol dan jumlah pati penyusun bioplastik berkontribusi terhadap perubahan sifat mekanik bioplastik. Menurut Santana *et al.* (2017), kemampuan pati dalam membentuk

susunan yang kompak dapat memberikan pengaruh terhadap peningkatan kuat tarik bioplastik. Sedangkan keberadaan pemlastis dapat memberikan pengaruh berupa penurunan kuat tarik dan peningkatan persen pemanjangan pada bioplastik. Menurut Sinaga *et al.* (2014), hal tersebut dikarenakan keberadaan pemlastis dapat mengurangi interaksi hidrogen internal pada interaksi intermolekul penyusun bioplastik.

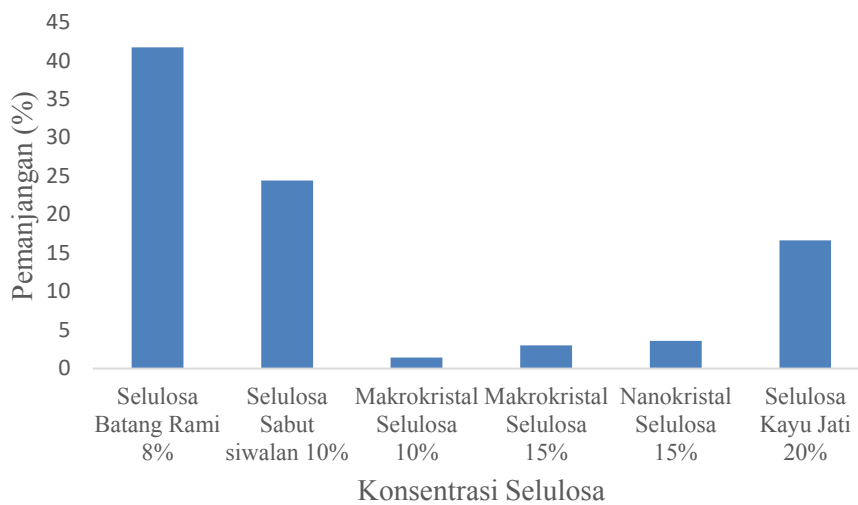
Menurut Kemala *et al.* (2010), penambahan suatu material pengisi pada suatu material bioplastik berbasis pati dapat meningkatkan nilai kuat tarik dan penurunan persen pemanjangan dari plastik. Pengaruh yang ditimbulkan oleh penambahan selulosa sebagai material pengisi pada nilai kuat tarik penelitian terdahulu dapat diamati pada Gambar 5. Konsentrasi material pengisi teramati memberikan perubahan terhadap peningkatan kuat tarik. Menurut Syafri *et al.* (2018), peningkatan nilai kuat tarik seiring penambahan material pengisi menunjukkan terjadinya susunan yang kompak antara pati dan selulosa penyusun bioplastik. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan rantai lurus dan tak bercabang yang dimiliki selulosa. Wicaksana *et al.* (2013), menambahkan sifat kristalinitas selulosa yang tinggi memegang peranan penting dalam pembentukan struktur bioplastik yang kompak. Selain itu, teramati pula ukuran partikel selulosa memberikan peningkatan kuat tarik. Hasil tersebut dapat diamati pada penambahan 20% selulosa dengan ukuran 100 mesh pada penelitian Septiyosari *et al.* (2014), teramati terjadinya penurunan kuat tarik, jika dibandingkan dengan penambahan 15% selulosa dengan ukuran nanometer yang dilakukan Agustin *et al.* (2014). Hal tersebut dikarenakan ukuran partikel yang kecil akan memungkinkan memberikan kontak permukaan yang lebih luas.



Gambar 5 Pengaruh penambahan selulosa terhadap nilai kuat tarik bioplastik

Penurunan persen pemanjangan bioplastik dari peneliti terdahulu dapat teramati pada Gambar 6. Menurut Ginting dan Taringan (2015) penurunan persen pemanjangan pada bioplastik disebabkan oleh penurunan jarak intermolekul yang diakibatkan oleh penambahan material pengisi. Kemampuan material pengisi untuk menyusup pada celah kosong memungkinkan terjadinya penurunan jarak

intermolekul. Kemampuan tersebut dipengaruhi pula oleh ukuran bahan dan perlakuan pada saat pembuatan bioplastik. Penurunan persen pemanjangan tersebut dapat diamati pada penelitian yang telah dilakukan Syafri *et al.* (2018), terhadap penambahan 8% selulosa rami pada bioplastik pati tapioka, diperoleh persen pemanjangan sebesar 41.71%. Sutan *et al.* (2018), melaporkan penambahan 10% selulosa sabut siwalan pada bioplastik pati kulit singkong, diperoleh persen pemanjangan sebesar 24.44%. Sedangkan penelitian yang dilakukan Abdullah *et al.* (2020), menunjukkan penambahan 15% *microcrystal cellulose* terhadap bioplastik pati tapioka, diperoleh persen pemanjangan sebesar 16.67% (Gambar 6).

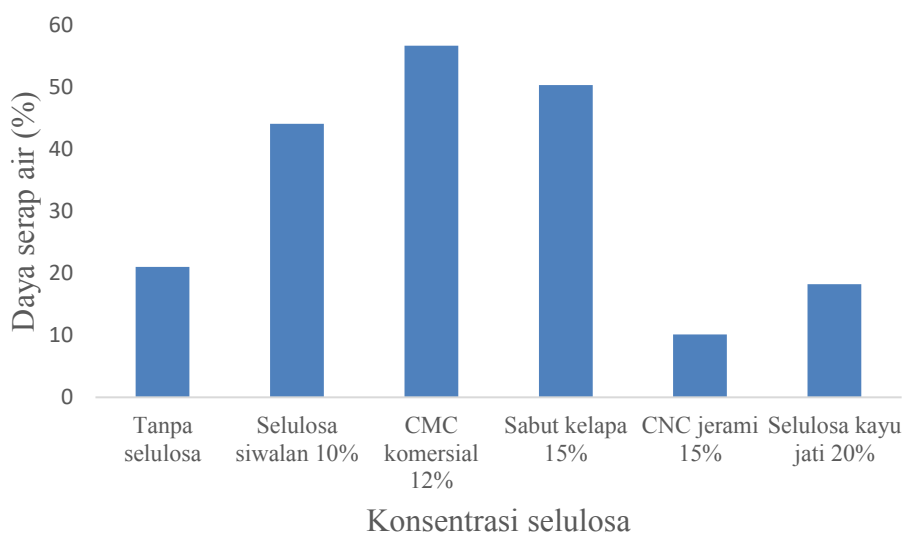


Gambar 6 Pengaruh penambahan selulosa terhadap pemanjangan bioplastik

Hasil yang diperoleh dari beberapa penelitian terdahulu memiliki kecenderungan penurunan persen pemanjangan seiring penambahan selulosa. Nilai sifat mekanik bioplastik dipengaruhi pula oleh ukuran, distribusi material pengisi, dan sifat material pengisi (Agustin *et al.* 2014). Ukuran material selulosa yang tidak homogen dan distribusi material yang tidak merata dilaporkan Wicaksana *et al.* (2013) dalam penelitiannya mengenai penambahan selulosa ampas sagu pada bioplastik dari pati sagu, dapat mengakibatkan penurunan sifat mekanik, baik berupa penurunan kuat tarik maupun penurunan persen pemanjangan. Berdasarkan hasil pada penelitian Anggraeni (2013) terhadap bioplastik pati biji nangka dengan penambahan 20% gliserol, menunjukkan bioplastik dengan nilai kuat tarik dan pemanjangan sebesar 58.83 MPa dan 22.5%. Merujuk pada kecenderungan peningkatan kuat tarik dan penurunan persen pemanjangan yang ditimbulkan oleh keberadaan selulosa pada penelitian terdahulu (Tabel 4), sehingga diprediksikan bioplastik pati biji nangka dengan material pengisi selulosa sabut kelapa akan memiliki nilai kuat tarik diatas 58.83 MPa dan persen pemanjangan dibawah 22.5%. Hasil tersebut didasari oleh kemampuan rantai lurus selulosa untuk mengisi ruang kosong dan membentuk susunan yang kompak pada struktur bioplastik (Syafri *et al.* 2018). Sifat mekanik pada bioplastik dapat ditingkatkan lagi dengan memperkecil partikel selulosa yang

digunakan, sehingga interaksi selulosa dan pati dapat lebih optimal (Abdulah *et al.* 2014).

Analisis daya serap air merupakan analisis yang memegang peranan penting dalam pengujian bioplastik selain uji tarik. Pengujian daya serap air ditujukan untuk mengetahui kemampuan bioplastik dalam menyerap air (Ningsih *et al.* 2019). Kemampuan bioplastik dalam menyerap air juga dipengaruhi oleh sifat, ukuran, dan distribusi bahan. Zavareze *et al.* (2012), melaporkan peningkatan konsentrasi pati pada bioplastik dapat memberikan pengaruh berupa penurunan daya serap air. Menurut Maharani *et al.* (2017) dan Basiak *et al.* (2017), amilosa dapat menurunkan sifat hidrofilik bioplastik dengan cara membentuk suatu jaringan yang rapat, hal tersebut memungkinkan karena rantai lurus amilosa. Keberadaan gliserol sebagai pemlastis dilaporkan oleh Santana *et al.* (2017), memberikan pengaruh berupa peningkatan daya serap air. Menurut Lopez dan Garcia (2012) hasil tersebut dikarenakan pemlastis gliserol dapat mengganggu asosiasi rantai utama bioplastik dan mengurangi kekompakan susunan rantai utama. Sedangkan keberadaan selulosa sebagai material pengisi, dilaporkan oleh Sen *et al.* (2015), Septiyosari *et al.* (2014), dan Ningsih *et al.* (2019), memberikan dampak berupa peningkatan daya serap air pada bioplastik yang dihasilkan.



Gambar 7 Pengaruh penambahan selulosa terhadap daya serap air bioplastik

Gambar 7 menunjukkan pengaruh penambahan selulosa pada penelitian terdahulu. Grafik disusun dari tanpa penambahan material pengisi selulosa hingga dengan penambahan selulosa tertinggi. Teramati bioplastik dari pati biji nangka dengan penambahan 20% gliserol pada penelitian Anggraeni (2013), memiliki ketahanan air yang tinggi. Ketahanan air yang tinggi tersebut dipengaruhi oleh susunan yang teratur antara material penyusun bioplastik. Penambahan selulosa diharapkan dapat memberikan daya serap air yang lebih baik, dengan cara membentuk susunan yang kompak dengan material pati dan gliserol. Menurut Darni *et al.* (2018), selulosa memungkinkan untuk menurunkan sifat hidrofilisitas pati, dikarenakan selulosa memiliki sifat yang tidak larut air dan kemampuan selulosa mengisi ruang kosong pada bioplastik. Penelitian yang telah dilakukan

peneliti sebelumnya, menunjukkan kemampuan selulosa untuk menurunkan daya serap air. Teramati pada Gambar 7, penambahan selulosa pada konsentrasi yang tepat dapat memberikan penurunan daya serap air bioplastik. Septiyosari *et al.* (2014), melaporkan terjadi penurunan daya serap air pada bioplastik dari pati biji mangga, dengan penambahan 20% selulosa kayu jati. Hasil serupa diperoleh Pondang (2018), pada biofilm dari polivinil alkohol, dengan penambahan makro kristal selulosa sebagai material pengisi.

Bioplastik pati biji nangka tanpa penambahan selulosa memiliki daya serap air sebesar 20.98% pada penelitian Anggraeni (2013) dengan penambahan gliserol 20%. Keberadaan material pengisi berupa selulosa sabut kelapa, diperkirakan akan memiliki daya serap air yang optimal pada rentang penambahan selulosa sebesar 15%-20% selulosa, hal tersebut didasari oleh kecenderungan hasil daya serap air yang diperoleh pada penelitian terdahulu. Penambahan 20% selulosa akan memiliki nilai daya serap air yang serupa dengan hasil yang diperoleh Saptiyosari *et al.* (2014), yakni berkisar 18.23%. Hal tersebut dikarenakan kandungan amilosa dan amilopektin pada bahan pati biji nangka dengan pati biji mangga yang tidak jauh berbeda. Penambahan selulosa berlebih pada bioplastik dapat mengakibatkan peningkatan daya serap air pada bioplastik. Menurut Saptiyosari *et al.* (2014), peningkatan nilai daya serap air diakibatkan oleh selulosa cenderung membentuk interaksi hidrogen intermolekular dengan molekul air. Penurunan daya serap air dapat dilakukan dengan cara membuat selulosa pada keadaan kristalin dan memperkecil ukuran partikel selulosa. Menurut Hermansyah *et al.* (2014) penyerapan air pada selulosa terjadi pada bagian amorf, sedangkan pada keadaan kristalin memiliki ruang kosong yang relatif lebih kecil, sehingga permeabilitas uap air dapat menurun.

Tabel 5 Karakteristik plastik konvensional menurut SNI-19-4377-1997

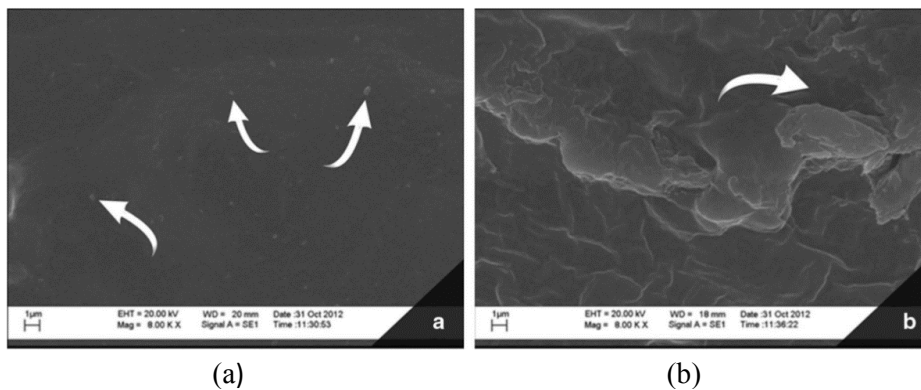
Karakteristik	Nilai
Kuat Tarik (MPa)	24.7-302
Persen Pemanjangan (%)	21-220
Hidrofobisitas (%)	99

Tabel 5 menunjukkan karakteristik plastik konvensional sebagai bahan kemasan sesuai SNI-19-4377-1997. Sifat mekanik yang dihasilkan pada penelitian terdahulu (Tabel 4) belum terdapat hasil yang memenuhi seluruh kriteria plastik konvensional. Penelitian yang dilakukan Anggraeni (2013), memiliki nilai kuat tarik yang memenuhi kriteria SNI-19-4377-1997 sebesar 58.83 MPa dan persen pemanjangan 22.5%, namun nilai daya serap air yang diperoleh sebesar 20.98%, belum memenuhi kriteria plastik konvensional yakni sebesar 1%. Parameter daya tahan air belum dapat dicapai oleh peneliti terdahulu, dikarenakan sifat bahan pati dan selulosa merupakan bahan yang memiliki sifat hidrofilik (Sen *et al.* 2015).

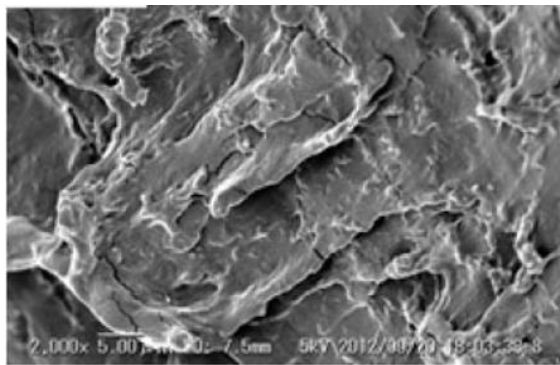
Peningkatan nilai kuat tarik dan penurunan persen pemanjangan agar memenuhi kriteria SNI-19-4377-1997 dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran selulosa dan memastikan selulosa dalam bentuk kristalin, sehingga interaksi antara pati-selulosa-gliserol dapat terjadi lebih kompak. Penurunan daya serap air pada bioplastik berbasis pati dengan material pengisi selulosa dapat diminimalkan dengan memperkecil ukuran selulosa seperti yang dilakukan

Agustin *et al.* (2014), terhadap biplastik dengan material pengisi nano kristal selulosa diperoleh nilai daya serap air berkisar 10.10%, sehingga dimungkinkan diperoleh daya serap air pada biplastik yang lebih rendah, karena struktur biplastik lebih rapat dan teratur. Sehingga perlu dilakukan penghalusan selulosa yang akan digunakan menjadi ukuran nanometer, mengingat terdapat sifat material penyusun selulosa sabut kelapa dan pati biji nangka dengan penelitian Septiyosari *et al.* (2014).

Selain analisis mekanik, analisis morfologis pada biplastik juga memegang peranan yang penting dalam pembuatan suatu biplastik. Analisis morfologi pada biplastik ditujukan agar mengetahui kehomogenan komponen penyusun biplastik. Analisis morfologi dapat dilakukan menggunakan SEM. Penelitian yang dilakukan Santana *et al.* (2017) biplastik dari pati biji nangka menggunakan SEM perbesaran 8000 kali, menghasilkan permukaan yang kurang merata dan terdapat butiran pati yang tidak tergelatinasi secara sempurna (Gambar 8.a). Gelatinasi yang tidak sempurna tersebut dapat disebabkan oleh tingginya suhu gelatinasi pati biji nangka (75–85 °C). Gambar 8.b, menunjukkan terdapat ruang kosong pada penampang biplastik yang dihasilkan. Menurut Azmi (2017), ruang kosong tersebut disebabkan oleh kandungan amilopektin pada sampel yang relatif tinggi. Ruang kosong ini dapat memberikan pengaruh berupa penurunan kuat tarik pada biplastik.



Gambar 8. (a) Permukaan biplastik, (b) penampang biplastik, pati biji nangka (Santana *et al.* 2017)



Gambar 9 Penampang biplastik dengan penambahan 15% CNC (Agustin *et al.* 2014)

Material bioplastik pati biji nangka tanpa penambahan selulosa pada penelitian Santana *et al.* (2017), memiliki struktur penampang yang relatif lebih bergelombang, penambahan 15% nano-kristal selulosa pada penelitian Agustin *et al.* (2014), menunjukkan permukaan penampang yang relatif lebih rata (Gambar 9). Hasil tersebut menunjukkan kemampuan selulosa untuk mengisi ruang kosong pada bioplastik. Ukuran partikel komponen penyusun yang semakin kecil dapat memberikan hasil bioplastik yang lebih homogen, hasil ini akan memberikan pengaruh pada sifat mekanik dari bioplastik (Syafri *et al.* 2018). Hasil serupa ditunjukkan pula pada penelitian Abdullah *et al.* (2020), terhadap bioplastik dengan penambahan makro-kristal selulosa. Penambahan selulosa sabut kelapa dengan ukuran yang telah diperkecil diprediksikan akan memberikan pengaruh berupa permukaan penampang bioplastik yang lebih rata dan homogen.

Selain analisis sifat fisik dan mekanik bioplastik, komponen penyusun bioplastik perlu juga dilakukan analisis gugus fungsi penyusun bioplastik. Analisis gugus fungsi dilakukan menggunakan FTIR. Identifikasi gugus fungsi pada bioplastik dan bahan penyusunnya bertujuan mengetahui interaksi yang terjadi antara penyusun material tersebut. Interaksi yang terjadi dapat berupa interaksi fisik atau kimia. Menurut Harvey (2000) interaksi fisik ditandai dengan penggabungan gugus fungsi antara komponen penyusun, tanpa munculnya gugus fungsi baru pada spektrum yang dihasilkan, sedangkan pada interaksi kimia akan memunculkan gugus fungsi baru pada spektrum bioplastik.

Tabel 6 Analisis gugus fungsi menggunakan FTIR

Rujukan	Spesimen	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
Anggraeni (2013)	Pati biji nangka	3441.01	O-H
		2931.80	C-H
		1651.07	C-H
		1157.29	C=O
		1651.07	C-O
	Bioplastik	3448.72	O-H
		2931.80	C-H
		1627.92	C=O
		1118.71 – 1041.56	C-O
Kaushik <i>et al.</i> (2010)	<i>Cellulose Nano Fiber</i>	3369	O-H
		2922	C-H
	Jerami	1734	C=O
		1200 – 1059	C-O
		897	β -glikosidik
Suwanprateep <i>et al.</i> (2019)	Bioplastik pati-selulosa	3306	O-H
		2932	C-H
		2850	C-H (selulosa)
		1162	C-O
		1346	C=C (lignin)
		1500	C=C (lignin)
		900	β -glikosidik

Tabel 6 menunjukkan hasil analisis gugus fungsi menggunakan FTIR pada penelitian terdahulu. Penelitian yang telah dilakukan Anggraeni (2013) dengan sampel bioplastik biji nangka, spektrum yang dihasilkan menunjukkan gugus fungsi komponen penyusun bioplastik muncul kembali tanpa adanya gugus fungsi

baru. Selulosa memiliki puncak gelombang yang khas pada bilangan gelombang 897 cm^{-1} yang menandakan keberadaan β -glikosidik pada selulosa (Kaushik *et al.* 2010). Suwanprateep *et al.* (2019), melaporkan bioplastik pati beras dengan material pengisi selulosa *mesocarp*, memunculkan keberadaan ikatan β -glikosidik pada bilangan gelombang 900 cm^{-1} dan memunculkan gugus-gugus penyusun bioplastik. Hal tersebut menunjukkan interaksi yang terjadi antara komponen penyusun merupakan interaksi fisik. Menurut Ginting dan Taringan (2015) keberadaan gugus-gugus O–H (alkohol), C–H alkana, rentang gugus C–H aldehida, gugus C=O, dan gugus C–O menunjukkan struktur penyusun bioplastik. Kemunculnya gugus ester atau karbonil pada spektrum FTIR bioplastik menunjukkan bioplastik tersebut dapat terdegradasi. Darni dan Herti (2010) menambahkan hal tersebut dapat terjadi dikarenakan kemampuan gugus karbonil dan ester dalam mengikat molekul air dari lingkungan. Bioplastik pati biji nangka dengan material pengisi selulosa sabut kelapa, diprediksikan akan memunculkan gugus fungsi yang tetap mengindikasikan keberadaan pati, selulosa dan gliserol.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Pati biji nangka dan selulosa sabut kelapa yang diperoleh pada tahapan isolasi, memiliki bentuk berupa serbuk halus berwarna putih. Pati biji nangka diperoleh rendemen sebesar 30.24% dengan kadar air 2.09%, sedangkan selulosa sabut kelapa diperoleh rendemen sebesar 31.14%, dengan kadar air 1.97%. Bioplastik yang dihasilkan secara kasat mata berwarna putih bersih dan material penyusun yang tersebar secara merata. Merujuk pada penelitian terdahulu, mengenai penggunaan pati dan selulosa sebagai bahan penyusun bioplastik, menunjukkan kemungkinan dilakukannya pengembangan potensi pati biji nangka sebagai bahan dasar bioplastik, dengan selulosa sabut kelapa sebagai material pengisi. Bioplastik yang dihasilkan dibentuk oleh interaksi fisik antara komponen penyusun bioplastik. Penambahan selulosa memberikan permukaan penampang yang lebih rata pada bioplastik, sehingga membuktikan kemampuan selulosa untuk mengisi ruang kosong pada struktur bioplastik. Bioplastik pati biji nangka memungkinkan dikembangkan menjadi bioplastik kemasan dengan densitas tinggi. Sifat fisik dan mekanik bioplastik dapat dioptimalkan dengan menggunakan selulosa dengan ukuran nanometer.

Saran

Bioplastik pati biji nangka dengan material pengisi selulosa sabut kelapa harus dibuat dengan beragam rasio komposisi dan ditentukan sifat bioplastik yang dihasilkan. Sifat Bioplastik meliputi penentuan densitas, ketebalan, permukaan, gugus fungsi, kuat tarik, elongasi dan daya serap air.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah AHD, Putri OD, Fikriyyah AK, Nissa RC, Intandiana S. 2020. Effect of microcrystalline cellulose on characteristics of cassava starch-based bioplastic. *Polymer-Plastics Technology and Materials*. 15(12):1250-1258. doi: 10.1080/25740881.2020.1738465.
- Agustin MB, Ahmmad B, Alonzo SMM, Patriana FM. 2014. Bioplastic based on starch and cellulose nanocrystals from rice straw. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 33(24): 2205–2213. ISSN: 1530-7964.
- Alam MN, Halid T, Illing I. 2018. Efek penambahan kitosan terhadap karakteristik fisika kimia bioplastik pati batang kelapa sawit. 39-44. ISSN:2621-6728.
- Anggraeni Fetty. 2013. Aplikasi plasticizer gliserol pada pembuatan plastic biodegradable dari biji nangka [skripsi]. Semarang (ID): Universitas Negeri Semarang.
- Anggorowati DA, Dewi BK. 2013. Pembuatan bioethanol dari limbah sabut kelapa dengan metode hidrolisis asam dan fermentasi dengan menggunakan ragi tape. *Industri Kreatif*. 3(2): 9-13.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2012. *Official Method of Analysis*. Ed ke-19. Arlington: AOAC
- Arini D, Ulum MS, Kasman. 2017. Pembuatan dan pengujian bioplastik *biodegradable* berbasis tepung biji durian. *Journal of Science and Technology*. 6(3): 276-283. ISSN: 2541-1969.
- Azmi Hidayatul. 2017. Pengaruh penambahan serat ijuk termodifikasi dan plasticizer gliserol terhadap karakteristik bioplastik dari pati biji alpukat (*persea americana* mill) [skripsi]. Medan (ID): Univesitas Sumatra Utara.
- Basiak E, Lenart A, Debeaufort F. 2017. Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*. 98: 348-356. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.01.122.
- Budiman J, Novianti R, Lestari SD. 2017. Karakteristik bioplastik dari pati buah lindur (*Bruguiera gymnorizha*). *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. 7(1): 49-59. ISSN: 2302-6936.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1994. SNI 01-3451-1994. *Tapioka*. Serpong (ID): BSN.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1996. SNI-19-4377-1997. *Plastik Polietilena untuk Kemasan*. Serpong (ID): BSN.
- Carrijo OA, Liz RS, Makishima N. 2002. Fiber of green coconut shell as an agricultural substrate. *Horticultural Brasileia*. 20(4): 218-228. ISSN: 1806-9991.
- Chaiwong W, Samoh N, Eksomtramage T, Kaewtatip K. 2019. Surface-treated oil palm empty fruit bunch fiber improved tensile strength and water resistance of wheat gluten-based bioplastic. *Composites*. 176: 1-7. doi: 10.1016/j.compositesb.2019.107331.
- Darni Y, Herti U. 2010. Study of the manufacture and characteristics of mechanical properties and hydrophobicity of bio-plastics from sorghum starch. *Journal of Chemical and Environmental Engineering*. 7(4): 88-93. ISSN: 2213-3437.

- Darni Y, Lestari H, Lismeri L, Utami H dan Azwar E. 2018. Aplikasi microfibril selulosa dari batang sorgum sebagai bahan pengisi pada sintesis film bioplasik. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 13(1): 15-23. ISSN: 2356-1661.
- Darni Y, Sitorus TM, Hanif M. 2014. Thermoplastic processing of sorgum and cellulose to produce bioplastic. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 10(2): 55-62. ISSN: 1412-5064.
- Ginting MHS, Taringan FR Singgih AM. 2015. Effect of gelatination temperature and chitosan on mechanical properties of bioplastics from avocado seed starch (persea americana mill) with plasticizer glycerol. *International Journal of Engineering and Science*. 4(12): 36-43. ISSN: 2319-1813
- Harvey D. 2000. Modern Analytical Chemistry. New York (US): Mc Graw-Hill.
- Harzau H, Estiasih T. 2013. Karakteristik cookies umbi inferior uwi putih (kajian proporsi tepung uwi: pati jagung dan penambahan margarin). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 1(1): 138-147. ISSN: 2685-2861.
- Hermansyah H, Carissa R, Faiz BM, Deni P. 2014. Food grade bioplastic based on corn starch with banana pseudostem fibre/bacterial cellulose hybrid filler. *Advanced Materials Research*. 997: 158-168. doi: 10.4028scientific/AMR.997.158.
- Intandiana S, Dawam AH, Denny YR, Septiyanto RF, Affifah I. 2019. Pengaruh karakteristik bioplastik pati singkong dan selulosa mikrokristalin terhadap sifat mekanik dan hidrofobitas. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*. 4 (2): 185-195. ISSN: 2502-4787.
- Isroi, Cifriandi A, Wibowo NA dan Syamsu K. 2017. Bioplastic production from cellulose of oil palm empty fruit bunch. *Earth and Environmental Science*. 65: 1-10. doi: 10.1088/1755-1315/65/1/012011.
- Kartikasari SN, Sari P, Subagio A. 2016. Karakterisasi sifat kimia profil amilografi (RVA) dan morfologi granula pati singkong termodifikasi secara biologi. *Jurnal Agroteknologi*. 10 (1): 12-25. ISSN: 2502-4906.
- Katili S, Bayu TH, Irawan S. 2013. Pengaruh konsentrasi plasticizer gliserol dan komposisi khitosan dalam zat pelarut terhadap sifat fisik edible film dari khitosan. *Jurnal Teknologi*. 6 (1):29-38.
- Kaushik A, Singh M, Verma G. 2010. Green nanocomposites based on thermoplastic starch and steam exploded cellulose nanofibrils from wheat straw. *Carbohydrate Polymers*. 82: 337-345. doi: 10.1016/j.carbpol.2010.04.063.
- Kemala T, Fahmi MS, Achmadi SS. 2010. Pembuatan dan pencirian polipaduan polistirena-pati. *Journal of Materials Science*. 12(1): 30-35. doi: 10.17146/jsmi.2010.12.1.4557.
- Krogars K, Heinamaki J, Karjalaenim M, Niskanen A, Leskela M, Yliruusi J. 2003. Enhanced stability of rubbery amylose-rich maize starch film plasticized with combination of sorbitol and glycerol. *International Journal of Pharmaceutic*. 251 (1): 205-208. doi: 10.1016/S0378-5173(02)00585-9.
- Lazuardi GP, Cahyaningrum SE. 2013. Pembuatan dan karakterisasi bioplastik berbahan dasar kitosan dan pati singkong dengan *plastilizer* gliserol. *UNES Journal of Chemistry*. 2(3): 161-166.



- Lopez OV dan Garcia MA. 2012. Starch film from a novel (pachyrhizus ahipa) and conventional sources: development and characterization. *Material Science and Engineering C*. 32: 1931-1940. doi:10.1016/j.msec.2012.05.035
- Lubis M, Harahap MP, Ginting MS, Sartika M, Azmi H. 2018. Production of bioplastic from avocado seed starch reinforced with microcrystalline cellulose from sugar palm fiber. *Journal of Engineering Science and Technology*. 13(2): 381-393.
- Lukmandaru G. 2010. Sifat kimia kayu jati (*Tectona grandis*) pada laju pertumbuhan berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 8 (2): 188-197. ISSN: 1693-3834.
- Maharani Y, Hamzah F, dan Rahmayuni. 2017. Pengaruh perlakuan sodium tripolyphosphate pada pati sagu termodifikasi terhadap ketebalan transparansi dan laju perpindahan laju uap air edible film. *Journal of Material*. 4(2): 1-11. ISSN: 3345-0416.
- Maulida, Siagian M, Tarigan P. 2017. Production of starch based bioplastic from cassava peel reinforced with microcrystalline cellulose avicel PH101 using sorbitol as plasticizer. *Journal of Physics*. 710: 1-8. doi:10.1088/1742-6596/710/1/012012.
- Meunsri P, Kunanopparat T, Menut P, Siriwattanayotin S. 2011. Effect of lignin removal on the properties of coconut coir fiber/wheat gluten biocomposite. *Composite*. 42 : 173-179. doi: 10.1016/j.compositesa.2010.11.002.
- Mudyantini P. 2008. Pertumbuhan kandungan selulosa dan lignin pada rami (*Boehmeria nivea* L. gaudich) dengan pemberian asam giberelat (GA3). *Biodiversitas*. 9 (4): 269-274. ISSN: 1412-033X.
- Nafilah I, Sedyadi E. 2019. Pengaruh Penambahan sorbitol dan gliserol terhadap degradasi bioplastik pati singkong dalam media tanah dan kompos. *Jurnal KRIDATAMA*. 1 (1): 38-48. ISSN: 2656-3932.
- Nair NR, Nampoothiri KM, Banarjee R, Reddy G. 2016. Simultaneous saccharification and fermentation (SSF) of jackfruit seed powder (JFSP) to L-lactic acid and to polylactide polymer. *Bioresource Technology*. 213: 283-288. doi: 10.1016/j.biortech.2016.03.020.
- Nevoralova M, Koutny M, Ujcic A, Horak P, Kredetusova J, Sera J, Ruzek L, Ruzkova M, Krejcikova S, Slouf M, Krulis Z. 2019. Controlled biodegradability of functionalized thermoplastic starch based materials. *Polymer Degradable and Stability*. 170:1-14. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2019.108995
- Ningsih EP, Ariyani D, Sunardi. 2019. Pengaruh penambahan carboxymethyl cellulose terhadap karakteristik bioplastik dari pati umbi nagara (*Ipomoea batatas* L.). *Indonesian of Journal Chemical Research*. 7(1): 77-85. doi: 10.30598/ijcr.2019.7-sun.
- Nisah K. 2017. Uji toksisitas dari penyalut layak makan berbasis pati sagu (Metoxylon sagu). *BIOTIK*. 5 (1): 66-71. ISSN: 2337-9812
- Nuringtyas TR. 2010. Karbohidrat. Yogyakarta (ID): Gajah Mada University perss.
- Oluwasina OO, Olaleye FK, Olusegun SJ, Oluwasina OO, Mohallem NDS. 2019. Influence of oxidized starch on physicochemical, thermal properties, and atomic force micrographs of cassava starch bioplastic film. *International*

- Journal of Biological Macromolecules*. 135:282-293. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.05.150.
- Pratiwi R, Rahayu D, Barliana MI. 2016. Pemanfaatan selulosa dari limbah jerami padi (*Oryza sativa*) sebagai bahan bioplastik. *Indonesian Journal Pharmaceutical Science and Sains*. 3 (3): 83-92. doi:10.15416/ijpst.v3i3.9406
- Purwatinigrum P. 2016. Upaya mengurangi timbunan sampah plastik di lingkungan. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 8(2):141-147. doi: 10.25105/urbanenvirotech.v8i2.1421
- Rahmawati W, Kusumastuti YA, Aryanti N. 2012. Karakteristik pati talas (*Colocasia esculenta L. Schott*) sebagai alternative sumber pati industri di Indonesia. *Jurnal Teknik Kimia dan Industri*. 1 (1): 347-351.
- Rengsutthi K, Charoenrein. 2011. Physico chemical properties of jack fruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as athicener and stabilizer in chilli sauce. *LWT Food Sci Thecno* 44:1309-1313. doi:10.1016/j.lwt.2010.12.019
- Rosato DV, Rosato MV, Rosato DV. 2004. *Plastic Product Material and Procces Selection Handbook*. Oxford (UK): Elsevier Advanced Technology.
- Saleh A, Pakpahan MMD, Angelina N. 2009. Pengaruh konsentrasi pelarut, temperatur dan waktu pemasakan pada pembuatan pulp dari sabut kelapa muda. *Jurnal Teknik Kimia*. 3 (16): 34-44. ISSN: 2339-1960.
- Santana RF, Bonomo RC, Gandolfi OR, Rodrigues LB, Santos LS, Pires CS, Fontan RC, Veloso CM. 2017. Characterization of starch based bioplastic from jackfruit seed plastilized with glycerol. *Journal of Sci Technol*. 55(1): 278-286. doi: 10.1007/s13197-017-2936-6
- Saptiyosari A, Latifah dan Kusumastuti E. 2014. Pembuatan dan karakterisasi bioplastik limbah biji manga dengan penambahan selulosa dan gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 3(2): 158-162. ISSN: 2252-6951.
- Sagnelli D, Hebelstrup KH, Leroy E, Sabate AR, Guilois S, Kirkensgaard J, Mortensen K, Lourdin D, Blennow A. 2016. Plant-crafted starches for bioplastics production. *Carbohydrate Polymers*. 152 : 398-408. doi:10.1016/j.carbpol.2016.07.039.
- Sen R, Upadhayay NC, Pandel U. 2015. Biodegradable composite made from starch and coconut fiber: mechanical strength and biodegradation chracteristics. *International Journal of Engineering Technology Science and Research*. 2: 55-61. ISSN: 2394 – 3386.
- Setiani W, Sudiarti T, Rahmidar L. 2013. Preparasi dan karakterisasi edible film dari poli blend pati sukun-kitosan. *Jurnal Kimia Valensi*. 3(2):100-109. ISSN: 1978-8193.
- Setianto E. 2008. Pencampran serbuk penggergajian batang kelapa dengan termoplastik propilena untuk bahan kemasan jerigen plastic [tesis]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Sghaier AEOB, Chaabouni Y, Msahli S, Sakli F. 2012. Morphological and crystalline characterization of NaOH and NaOCl treated Agave americana L, fiber. *Industrial Corp and Product*. 36: 257-266. doi:10.1016/j.indcrop.2011.09.012
- Sinaga LL, Rejekina MS, Sinaga MS. 2013. Karakteristik Edible film dari ekstrak kacang kedelai dengan penambahan tepung tapioka dan gliserol sebagai

bahan pengemas makanan. *Jurnal Tknik Kimia*. 2(4):12-16. doi: 10.32734/jtk.v2i4.1485

Suryadevara V, Lankapalli SR, Danda LH, Pendyala P, Katta V. 2017. Studies on jackfruit seed starch as a novel natural superdisintegrant for the design and evaluation of irbesartan fast dissolving tablets. *Integr Med Res* 6:280–291. doi:10.1016/j.imr.2017.04.001

Sutan MS, Maharani DM, Febriari F. 2018. Studi karakteristik sifat mekanik bioplastik berbahan pati-selulosa kulit Siwalan (*Borassus flabellifer*). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 6(2):157-171.

Suwanprateep S, Kumsapaya C, Sayan P. 2019. Structure and thermal properties of rice starch-based film blended with mesocarp cellulose fiber. *Materials Today: Proceedings* 17: 2039-2047. doi:10.1016/j.matpr.2019.06.252

Syafri E, Kasim A, Abral H, Asben A dan Sudirman. 2018. Pembuatan dan karakterisasi komposit bioplastik berbasis filler cellulose micro fiber rami. *JUSAMI*. 19(2): 66-71. ISSN: 1411-1098.

Tondang SL. 2018. Pembuatan dan karakterisasi film berbasis CMC hasil esterifikasi selulosa sabut kelapa dengan asam monokloroasetat menggunakan *plastilizer* polivinil alcohol [skripsi]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.

Wicaksono R, Syamsu K, Yuliasih I, Nasir M. 2013. Characteristic of cellulose nanofibers from cassava pulp and its use as tapioca-film reinforcement. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 23 (1): 38-45. ISSN: 2225-0956.

Widowati S. 2010. Karakteristik mutu gizi dan diversifikasi pangan berbasis sorgum (*Sorghum vulgare*). *Jurnal Pangan*. 19 (4): 373-382. ISSN: 2527-6239.

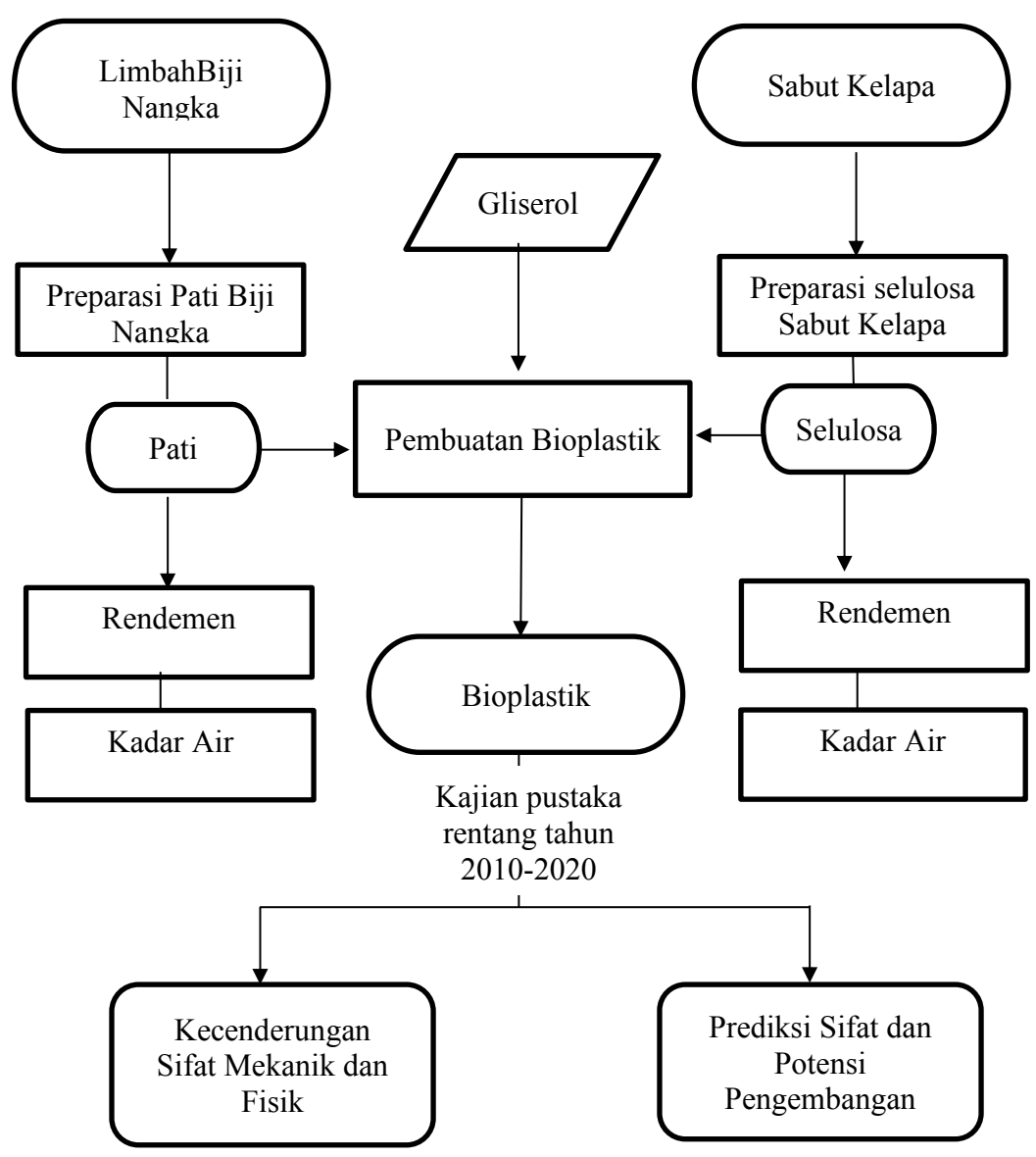
Yuniarti LI, Hutomo GS, Rahim A. 2014. Sintesis dan karakterisasi bioplastik berbasis pati sagu (*Metroxylon sp*). *Jurnal Agrotekbis*. 2(1): 38-46. ISSN: 2338-3011.

Zavareze EDR, Pinto VZ, Klein B, Shanise LME, Elias MC, Hernandez CP, Diaz ARG. 2012. Development of oxidised and heat-moisture treated potato starch film. *Food Chem*. 132: 344-350. doi:10.1016/j.foodchem.2011.10

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

LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram alir penelitian



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

Lampiran 2 Kadar air pati biji nangka dan selulosa sabut kelapa

Kadar air pati biji nangka

Pati	Bobot pati + cawan (g)				Kadar air (%)
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	
A (sebelum)	28.6873	28.8672	28.6874	28.6873	2.09
A (sesudah)	28.0885	28.0884	28.0885	28.08847	
B (sebelum)	29.8104	29.8104	29.8103	29.81036	2.09
B (sesudah)	29.1886	29.1884	29.1900	29.1890	
C (sebelum)	28.8626	28.8627	28.8625	28.8626	2.10
C (sesudah)	28.2687	28.2686	28.2689	28.26873	
				Rerata	2.09
				SD	0.0039

Kadar air serat selulosa sabut kelapa

Pati	Bobot serat + cawan (g)				Kadar air (%)
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	
A (sebelum)	28.6880	28.6881	28.6879	28.68800	1.97
A (sesudah)	28.1228	28.1229	28.1228	28.12283	
B (sebelum)	29.8214	29.8216	29.8216	29.82153	1.97
B (sesudah)	29.2317	29.2316	29.2316	29.23163	
C (sebelum)	28.8620	28.8619	28.8619	28.86193	1.96
C (sesudah)	28.2936	28.2936	28.2935	28.29356	
				Rerata	1.97
				SD	0.00057

Contoh perhitungan

$$\text{Kadar air sampel (\%)} = \frac{\text{bobot sebelum} - \text{bobot setelah}}{\text{bobot sebelum}} \times 100\%$$

$$= \frac{28.6873}{28.08847} \times 100\% = 2.087$$

$$\text{Rerata} = \frac{\sum_i^n \text{ bobot sampel}}{n}$$

$$= \frac{(1.97 + 1.97 + 1.969)}{3} = 1.9697$$

$$\text{SD} = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{\sum_i^n (1.97 - 1.969)^2 + (1.97 - 1.969)^2 + (1.969 - 1.969)^2}{(3-1)}} = 0.00057$$

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

Lampiran 3 Rendemen pati biji nangka dan selulosa sabut kelapa

Contoh perhitungan

$$1. \text{ Rendemen pati biji nangka} = \frac{\text{bobot pati}}{\text{bobot biji}} \times 100\%$$

$$= \frac{30.238}{100.023} \times 100\% = 30.23\%$$

$$2. \text{ Rendemen Selulosa} = \frac{\text{bobot pati}}{\text{bobot biji}} \times 100\%$$

$$= \frac{31.14}{100.001} \times 100\% = 31.14\%$$

@Hak cipta milik IPBUniversity

IPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Lampiran 4 Isolasi pati biji nangka dan selulosa sabut kelapa

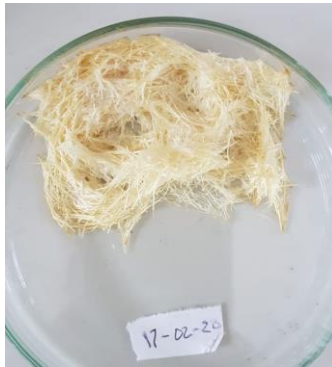
Sabut Kelapa



Delignifikasi



Pemucatan



Selulosa



@Hak cipta milik IPB University

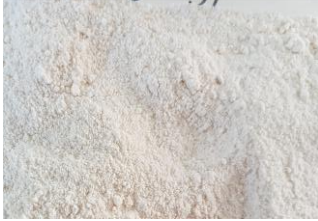
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Biji Nangka



Pati Biji Nangka



@Hak cipta milik IPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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





RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bayah-Lebak, Provinsi Banten, pada tanggal 09 Januari 1998 dari pasangan Suarno dan Yusna. Penulis menyelesaikan Pendidikan menengah atas di MAN 2 Lebak pada tahun 2016 dan pada tahun yang sama penulis lulus seleksi masuk Institut Pertanian Bogor (IPB), melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan diterima di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Selama menjalani Pendidikan di jenjang kuliah, penulis pernah menjadi asisten praktikum Kimia Fisik layanan pada periode 2019/2020. Bulan Juli-Agustus 2019, penulis melaksanakan Praktik Lapangan di Laboratorium PT Pertamina RU VI. Penulis juga pernah aktif sebagai Staf Departemen Kepropesian Ikatan Mahasiswa Kimia (IMASIKA) IPB pada periode 2018/2019. Penulis juga pernah aktif mengikuti beberapa kepanitiaan sebagai anggota Dokumentasi dan Disgn pada acara *Chemistry Carrer Day* 2018, ketua Logistik dan Tranportasi pada acara *Chemistry In Action* 2019, anggota Logistik dan Transportasi pada acara *IPB Busines Festival* 2019.

Penulis memiliki ketertarikan yang lebih pada dunia sastra dan pendakian. Beberapa prestasi yang pernah penulis raih selama bangku kuliah diantaranya, Juara 1 *stand up comedy* tingkat departemen tahun 2017 dan 2018, Juara 1 cipta puisi tingkat departemen tahun 2017 dan 2018, Juara 2 cipta puisi Fakultas pada tahun 2018. Penulis memiliki kesan mendalam pada dunia pendakian, selama berstatus mahasiswa, penulis telah melakukan pendakian sebanyak 10 puncak gunung.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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