

**PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI PATI BATANG KELAPA
SAWIT DAN PATI SAGU DENGAN PENAMBAHAN
POLIVINIL ALKOHOL, GLISEROL, DAN ASAM**

**DI PUSAT PENELITIAN BIOMATERIAL LIPI
(Periode 13 Januari 2020 – 13 Juli 2020)**

TUGAS AKHIR

Oleh
BELLA MEILAWATI
NIM: 1516030



DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl Terima	07/10/22
No Induk Buku	883/TKP/SB/TA/22

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

SUMBANGAN ALUMNI

**PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI PATI BATANG KELAPA
SAWIT DAN PATI SAGU DENGAN PENAMBAHAN
POLIVINIL ALKOHOL, GLISEROL, DAN ASAM**

**DI PUSAT PENELITIAN BIOMATERIAL LIPI
(Periode 13 Januari 2020 – 13 Juli 2020)**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Bidang Teknik dari
Politeknik STMI Jakarta**

Oleh
BELLA MEILAWATI
NIM: 1516030



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

ABSTRAK

PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI PATI BATANG KELAPA SAWIT DAN PATI SAGU DENGAN PENAMBAHAN POLIVINIL ALKOHOL, GLISEROL, DAN ASAM

Oleh

Bella Meilawati

NIM: 1516030

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Untuk mengurangi penggunaan plastik konvensional dan memanfaatkan limbah batang kelapa sawit hasil peremajaan, maka dikembangkan bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio massa pati batang kelapa sawit dengan pati sagu terhadap kuat tarik bioplastik dan karakteristik gugus fungsi bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam. Metode pembuatan bioplastik menggunakan metode *casting* pada *acrylic sheet* dan pemanasan bahan baku dilakukan dengan menggunakan *hot plate* pada suhu 80°C serta kecepatan pengaduk 200 rpm selama 60 menit. Bioplastik dibuat berdasarkan dengan rasio massa pati batang kelapa sawit dan pati sagu sebesar 100/0, 75/25, 50/50, 25/75, dan 0/100 (b/b) dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, asam sitrat, dan asam galat. Hasil penelitian kuat tarik menunjukkan bahwa rasio massa pati batang kelapa sawit dan pati sagu sebesar 25/75 yang ditambahkan polivinil alkohol, gliserol, dan asam sitrat menghasilkan nilai kuat tarik bioplastik yang maksimal yaitu 6,77 MPa. Gugus fungsi bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam sitrat memiliki gugus O-H, C-H, C-O, C=O, sedangkan pada penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam galat memiliki gugus O-H, C-H, C-O, C=O, dan C=C.

Kata kunci: bioplastik, pati batang kelapa sawit, pati sagu, asam sitrat, asam galat, polivinil alkohol, gliserol.

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PEMBUATAN BIOPLASTIK
DARI PATI BATANG KELAPA SAWIT DAN PATI SAGU
DENGAN PENAMBAHAN POLIVINIL ALKOHOL,
GLISEROL, DAN ASAM**

Bella Meilawati
NIM: 1516030
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, September 2020

Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.
NIP.198505112014022001

Dosen Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP.198210012014022001

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

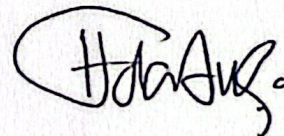
**PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI PATI BATANG KELAPA
SAWIT DENGAN PENAMBAHAN PATI SAGU DAN
POLIVINIL ALKOHOL**

Bella Meilawati
NIM: 1516030
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Cibinong, Agustus 2020

Pembimbing



Dr. Firda Aulya Syamani, S.TP, M.Si.
NIP.197608202005022001

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

**PEMBUATAN BIOPLASTIK
DARI PATI BATANG KELAPA SAWIT DAN PATI SAGU
DENGAN PENAMBAHAN POLIVINIL ALKOHOL,
GLISEROL, DAN ASAM**

Bella Meilawati
NIM: 1516030
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

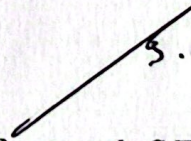
Jakarta, September 2020

Penguji 1

Penguji 2



Ir. Untung Prayudie, MTA.
NIP.196102081991031001



Andi Rusnaenah, S.T., M.T., M.Si.
NIP.197407192011012001

Dosen Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP.198210012014022001

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

**PEMBUATAN BIOPLASTIK
DARI PATI BATANG KELAPA SAWIT DAN PATI SAGU
DENGAN PENAMBAHAN POLIVINIL ALKOHOL,
GLISEROL, DAN ASAM**

Bella Meilawati
NIM: 1516030
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Oktober 2020

Penguji 1



Ir. Untung Prayudie, MTA.
NIP.196102081991031001

Penguji 2



Syaiful Ahsan, S.T., M.T.
NIP.198407162014021001

Penguji 3



Ir. Parulian Leonard Marpaung, S.T., M.M.
NIP.195702141985031002

Dosen Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP.198210012014022001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Bella Meilawati
NIM : 1516030
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul Pembuatan Bioplastik dari Pati Batang Kelapa Sawit dan Pati Sagu dengan Penambahan Polivinil Alkohol, Gliserol, dan Asam:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing, dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka tugas akhir saya dibatalkan.

Jakarta, Oktober 2020



Bella Meilawati

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pembuatan Bioplastik dari Pati Batang Kelapa Sawit dan Pati Sagu dengan Penambahan Polivinil Alkohol, Gliserol, dan Asam” yang merupakan salah satu syarat kelulusan pada Program Studi Teknik Kimia Polimer di Politeknik STMI Jakarta. Untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan tepat waktu.
2. Bapak Rahmat dan Ibu Wardiyati selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberi dukungan moral dan material.
3. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
4. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Ibu Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan laporan ini.
6. Ibu Dr. Firda Aulya Syamani, S.TP., M.Si. selaku pembimbing di Pusat Penelitian Biomaterial LIPI.
7. Bapak Fazhar dan Bapak Budi yang telah membantu dalam memperoleh data pengujian di Pusat Penelitian Biomaterial LIPI.
8. Karyawan-karyawan di Laboratorium Pusat Penelitian Biomaterial LIPI.
9. Teman-teman Teknik Kimia Polimer angkatan 2016 Politeknik STMI Jakarta.
10. Serta dukungan semua pihak yang terkait, mohon maaf apabila selama ini telah membuat kesalahan baik sengaja maupun tidak.

Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan penulisan Laporan Tugas Akhir ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun yang akan dijadikan introspeksi untuk menjadi lebih baik

di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga Laporan Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, September 2020

Penulis

x

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR	vi
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR	vii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Bioplastik	5
II.2 Pati	9
II.2.1 Pati Batang Kelapa Sawit	10
II.2.2 Pati Sagu	12
II.3 <i>Plasticizer</i> Gliserol	14
II.4 Polivinil Alkohol	14
II.5 Asam Sitrat	15
II.6 Asam Galat	16
II.7 Kekuatan Tarik	16
II.8 Gugus Fungsi Bioplastik	19
BAB III METODE PENELITIAN	24
III.1 Waktu dan Tempat	24
III.2 Alat dan Bahan	24
III.2.1 Alat	24
III.2.2 Bahan	24
III.3 Variabel	25
III.3.1 Variabel Tetap	25
III.3.2 Variabel Berubah	25
III.4 Prosedur Penelitian	26
III.4.1 Persiapan Bahan Baku	27
III.4.2 Pembuatan Bioplastik	27
III.4.3 Pengujian Bioplastik	28

BAB IV PEMBAHASAN	30
IV.1 Pengaruh Rasio Massa Pati Batang Kelapa Sawit dan Pati Sagu dengan Penambahan Polivinil Alkohol, Gliserol, dan Asam Terhadap Kuat Tarik Bioplastik	30
IV.2 Gugus Fungsi Bioplastik Pati Batang Kelapa Sawit dan Pati Sagu dengan Penambahan Polivinil alkohol, Gliserol, dan Asam	31
BAB V PENUTUP	35
V.1. Kesimpulan	35
V.2. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Lembar Permohonan Tugas Akhir di Pusat Penelitian LIPI Biomaterial.....	39
Lampiran B	Lembar Keterangan Diterimanya Tugas Akhir di Pusat Penelitian LIPI Biomaterial	40
Lampiran C	Lembar Bimbingan Tugas Akhir	41
Lampiran D	Lembar Surat Tugas Dosen Pembimbing Tugas Akhir.....	43
Lampiran E	Alat-alat.....	44
Lampiran F	Bahan Baku	45
Lampiran G	Hasil Pembuatan Bioplastik.....	46
Lampiran H	Perhitungan	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Bioplastik.....	5
Gambar II.2 Bioplastik berdasarkan jenis asalnya.....	6
Gambar II.3 Rumus struktur amilopektin dan amilosa.....	9
Gambar II.4 Pati batang kelapa sawit.....	11
Gambar II.5 Pati sagu.....	12
Gambar II.6 Hasil spektrum inframerah bioplastik pati singkong termodifikasi/PVA.....	21
Gambar II.7 Hasil spektrum inframerah biofilm dari pati singkong/kitosan/asam galat dengan pengisi serat nanoselulosa.....	22
Gambar III.1 Skema diagram alir pembuatan bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam.....	26
Gambar IV.1 Kuat tarik bioplastik pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam sitrat.....	30
Gambar IV.2 Kuat tarik bioplastik pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam galat.....	30
Gambar IV.3 Spektrum inframerah bioplastik dari pati batang kelapa sawit/PVA/gliserol dengan penambahan asam.....	31
Gambar IV.4 Spektrum inframerah bioplastik dari pati sagu/PVA/gliserol dengan penambahan asam.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Perbandingan plastik konvensional dengan bioplastik.....	8
Tabel II.2 Kandungan amilosa dan amilopektin pada pati.....	9
Tabel II.3 Komposisi kimia pati batang kelapa sawit.....	11
Tabel II.4 Sifat fisik pati batang kelapa sawit.....	11
Tabel II.5 Komposisi kimia pati sagu	12
Tabel II.6 Sifat fisik pati sagu	13
Tabel II.7 Kuat tarik plastik menurut ASTM D882	17
Tabel II.8 Kuat tarik <i>film</i> biopolimer pati batang kelapa sawit/sorbitol	17
Tabel II.9 Kuat tarik bioplastik terhadap konsentrasi pati sagu	18
Tabel II.10 Kuat tarik bioplastik terhadap rasio massa pati/PVA/asam sitrat	18
Tabel II.11 Standar bioplastik berdasarkan <i>Japanese Industrial Standard</i>	19
Tabel II.12 Bilangan gelombang FTIR pada senyawa organik.....	20
Tabel II.13 Bilangan gelombang FTIR pada karbohidrat	21
Tabel III.1 Matriks penelitian pembuatan bioplastik	25
Tabel IV.1 Bilangan Gelombang bioplastik dari pati batang kelapa sawit dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam	33
Tabel IV.2 Bilangan Gelombang bioplastik dari pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam	33

DAFTAR SINGKATAN

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
ASTM	<i>American Standard Testing Machine</i>	16
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>	19
HDPE	<i>High Density Polyethylene</i>	17
LDPE	<i>Low Density Polyethylene</i>	17
UTM	<i>Universal Testing Machine</i>	17
PBS	polibutilen suksinat	8
PCL	polikaprolakton	8
PET	polietilen tereftalat	17
PLA	<i>poly lactic acid</i>	7
PP	polipropilena	17
PVA	polivinil alkohol	8

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Limbah dari sampah plastik yang sudah tidak terpakai sangat berpengaruh keberadaannya di tempat pembuangan sampah maupun di lingkungan sekitar. Hampir 80% limbah yang memenuhi tempat pembuangan sampah adalah plastik konvensional yang sudah tidak digunakan lagi. Hal ini akan berbahaya bagi lingkungan, karena plastik konvensional sulit untuk diuraikan sehingga jumlahnya akan semakin banyak dan menumpuk. Akibatnya dapat menyumbat saluran air, menutup tanah, dan dapat menyulitkan pertumbuhan tanaman. Untuk mengurangi penggunaan plastik konvensional, dikembangkan penelitian mengenai bioplastik (Karan dkk., 2019).

Bioplastik banyak dikembangkan dari bahan berbasis pertanian, salah satunya pati karena mudah terurai secara alami. Shi dkk. (2008) telah melakukan penelitian mengenai bioplastik dari campuran pati jagung dan polivinil alkohol yang ditambahkan gliserol sebagai bahan pemlastis (*plasticizer*), dan asam sitrat sebagai antioksidan. Penambahan asam sitrat pada konsentrasi 5% menghasilkan peningkatan kuat tarik bioplastik dari 39 MPa menjadi 48 MPa. Rachtanapun dan Tongdeesoontorn, (2009) juga telah melakukan penelitian mengenai bioplastik dari campuran tepung beras dan pati singkong dengan penambahan antioksidan asam galat, propil galat, dan butil hidroksi anisol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tertinggi dan elongasi terendah diperoleh dari bioplastik dengan asam galat.

Ahmad dkk. (2011) melakukan penelitian mengenai pembuatan bioplastik dari pati sagu, gliserol sebagai bahan pemlastis (*plasticizer*), dan asam sitrat digunakan sebagai bahan pemlastis tambahan (*co-plasticizer*). Penambahan asam sitrat pada bioplastik menghasilkan adanya bilangan gelombang 1729 cm^{-1} yaitu gugus ester yang disebabkan karena adanya ikatan silang yang terjadi antara pati sagu dan asam sitrat, sehingga meningkatkan kekuatan tariknya. Intensitas serapan meningkat

seiring dengan pertambahan konsentrasi asam sitrat, hal ini dikarenakan asam sitrat dapat lebih mampu berinteraksi dengan ikatan hidrogen antar molekul.

Menurut Cahyaningtyas dkk. (2019) batang kelapa sawit hasil peremajaan dapat dimanfaatkan patinya sebagai bahan baku bioplastik karena jika dibiarkan saja akan menimbulkan masalah baru bagi tanaman kelapa sawit muda. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2019), peremajaan tanaman kelapa sawit terus meningkat setiap tahunnya. Untuk itu, tanaman kelapa sawit yang sudah diremajakan perlu pemanfaatan lebih lanjut.

Ridwansyah dkk. (2007) juga telah melakukan penelitian mengenai pati batang kelapa sawit, pati sagu, dan pati tapioka yang menghasilkan bahwa semua pati memiliki kandungan amilosa dan amilopektin. Kandungan amilosa yang paling besar dihasilkan oleh pati sagu dan kandungan air paling sedikit dihasilkan oleh pati batang kelapa sawit. Kandungan amilosa yang tinggi pada pati dapat meningkatkan sifat mekanis dari bioplastik (Kamsiati dkk., 2017).

Pati dari batang kelapa sawit hasil peremajaan yang memiliki kandungan air rendah dan pati sagu yang memiliki kandungan amilosa cukup tinggi diharapkan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. Berdasarkan uraian penelitian yang sudah dilakukan, perlunya mengetahui kekuatan tarik dan gugus fungsi dari bioplastik sebagai alternatif pembungkus makanan.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. bagaimana pengaruh rasio massa pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, asam sitrat, dan asam galat terhadap kuat tarik bioplastik?
2. bagaimana karakteristik gugus fungsi bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, asam sitrat, dan asam galat?

I.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. bahan utama dari penelitian ini adalah pati batang kelapa sawit dan pati sagu;
2. bahan tambahan dari penelitian ini adalah polivinil alkohol, gliserol, asam sitrat, dan asam galat;
3. rasio persentase massa pati batang kelapa sawit dan pati sagu yaitu 100/0, 75/25, 50/50, 25/75, 0/100 dengan penambahan polivinil alkohol/glisserol/asam sitrat dan polivinil alkohol/glisserol/asam galat;
4. massa seluruh pati yang digunakan berjumlah 5,5 gram;
5. metode pembuatan bioplastik dilakukan dengan metode *casting*;
6. temperatur pemanasan pada proses gelatinisasi pati sebesar 80°C;
7. karakterisasi pengujian bioplastik meliputi sifat mekanis kekuatan tarik, dan analisis gugus fungsi.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. mengetahui pengaruh rasio massa pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, asam sitrat, dan asam galat terhadap kuat tarik bioplastik;
2. mengetahui karakteristik gugus fungsi bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, asam sitrat, dan asam galat.

I.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu:

1. Manfaat bagi akademisi

Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai metode dan hasil pembuatan bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam.

2. Manfaat bagi masyarakat

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai masukan untuk mengurangi limbah sampah plastik konvensional yang dapat menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan.

3. Manfaat bagi industri

Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi bagi industri kemasan plastik bahwa limbah dari hasil peremajaan tanaman batang kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Bioplastik

Bioplastik adalah plastik yang ramah lingkungan dan mudah terurai secara alami. Bioplastik terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui atau polimer alam. Bioplastik memiliki manfaat yang sama dengan plastik konvensional, namun bioplastik mudah terurai oleh mikroorganisme setelah dibuang ke lingkungan (Cahyaningtyas dkk., 2019).

Penggunaan bioplastik ini, dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi plastik konvensional yang terbuat dari minyak bumi, gas alam, dan batu bara (Cahyaningtyas dkk., 2019). Salah satu contoh bioplastik dapat dilihat pada Gambar II.1.

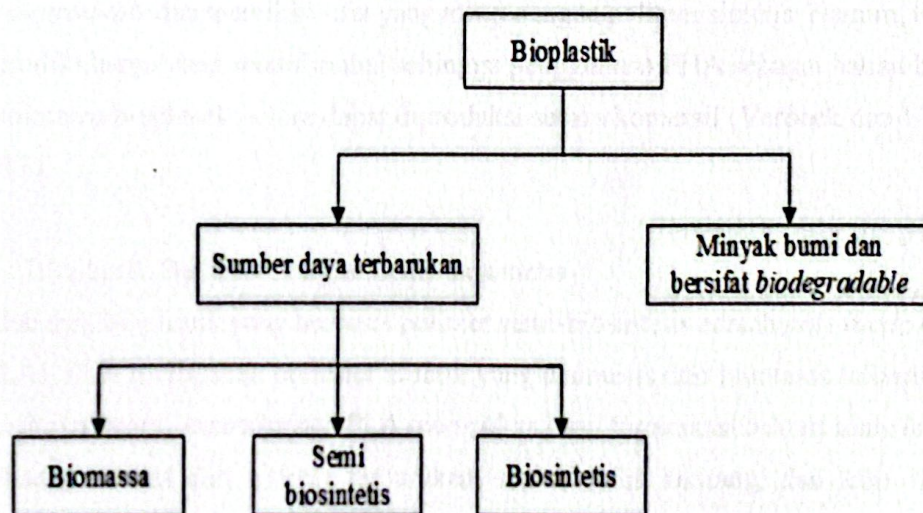


Gambar II.1 Bioplastik

Pengembangan bioplastik dilakukan agar dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, limbah plastik, dan emisi karbon dioksida. Sekitar 50% bioplastik yang digunakan secara komersial dibuat dari pati. Produksi bioplastik berbasis pati dan gliserol sebagai bahan pemlastis (*plasticizer*) banyak digunakan untuk aplikasi kemasan (Marichelvam dkk., 2019).

Bioplastik terbagi menjadi tiga jenis berdasarkan sifatnya, yaitu berbahan dasar alam yang bersifat *biodegradable* dan *non-biodegradable*, serta berbahan dasar minyak bumi yang bersifat *biodegradable*. Plastik berbahan dasar alam dihasilkan dari biomassa terbarukan seperti tanaman ataupun mikroorganisme. Plastik berbahan dasar alam memiliki sifat yang setara dengan plastik yang berbasis fosil, namun plastik berbahan dasar alam akan mengurangi penggunaan kandungan karbon (Karan dkk., 2019).

Biodegradable adalah proses kimia yang dilakukan oleh mikroorganisme, yang memetabolisme bahan menjadi CO₂, air, dan metana (Karan dkk., 2019). Plastik yang mudah terdegradasi biasanya dibuat dari bahan nabati (produk pertanian) yang dapat diperbarui, sehingga dapat terurai dengan cepat dan bersifat ramah lingkungan (Kamsiati dkk., 2017).



Gambar II.2 Bioplastik berdasarkan jenis asalnya (Verbeek dan Uitto, 2017)

Gambar II.2 menunjukkan bahwa berdasarkan jenis asalnya, bioplastik terbagi menjadi dua yaitu bioplastik yang berasal dari polimer berbasis sumber daya terbarukan (biomassa, biosintetis, dan semi biosintetis) dan bioplastik yang berasal dari polimer berbasis minyak bumi (petrokimia) yang bersifat *biodegradable* (Verbeek dan Uitto, 2017). Berikut merupakan bioplastik berdasarkan jenis asalnya.

a. Bioplastik Berbasis Polimer Biomassa

Biomassa sering dianggap efisien untuk pemanfaatan sebagai bahan baku bioplastik. Karakteristik utama dari biomassa yaitu sifatnya yang hidrofilik dan cepat terdegradasi, namun biomassa memiliki kelemahan pada sifat mekanisnya. Polimer berbasis biomassa dapat berupa polisakarida, protein, dan lipid. Polimer yang berasal dari protein biasanya berupa kasein, keratin, kolagen, dan gluten. Sedangkan polisakarida dapat berupa pati, selulosa, hemi-selulosa, kitosan, dan lignin (Verbeek dan Uitto, 2017).

b. Bioplastik Berbasis Polimer Biosintetis

Polimer biosintetis diproduksi dengan cara sintesis biologi antara bakteri dengan berbagai sumber karbon yang alami seperti gula dan lemak, salah satu contoh polimer biosintetis untuk bioplastik adalah polihidroksi alkanooat (PHA). PHA adalah poliester yang disintesis oleh bakteri. PHA adalah polimer yang bersifat *biodegradable* dan memiliki sifat yang mirip dengan polimer sintetis. Namun, PHA memiliki harga yang relatif mahal sehingga penggunaan PHA sebagai bahan baku pembuatan bioplastik belum dapat diproduksi secara komersil (Verbeek dan Uitto, 2017).

c. Bioplastik Berbasis Polimer Semi-biosintetis

Salah satu bioplastik yang berbasis polimer semi-biosintetis adalah *poly lactic acid* (PLA). PLA merupakan poliester alifatik yang disintesis dari biomassa terbarukan dan dapat terurai secara hayati. PLA merupakan hasil fermentasi bakteri asam laktat terhadap substrat dari sumber terbarukan, seperti gula, kentang, dan tebu. PLA memiliki sifat yang sebanding dengan polipropilena, polietilen tereftalat, dan polistirena baik secara sifat mekanis, sifat termal, dan *barrier* nya (Verbeek dan Uitto, 2017).

d. Bioplastik Berbasis Polimer Petrokimia dan *Biodegradable*

Polimer petrokimia yang bersifat *biodegradable* antara lain adalah polibutilen suksinat (PBS). PBS dapat terurai secara hayati namun memiliki sifat seperti polipropilena dan LDPE. Selain PBS, terdapat polimer petrokimia yang dapat

terdegradasi yaitu polikaprolakton (PCL). PCL adalah polimer yang sering digunakan untuk aplikasi *film* bioplastik, pengemas makanan, dan aplikasi medis. Polivinil alkohol (PVA) juga merupakan polimer petrokimia yang dapat terdegradasi. (Verbeek dan Uitto, 2017).

Sifat bioplastik yang ringan dan fleksibel dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan. Bioplastik dapat digunakan untuk pengemas makanan seperti sayur dan buah, karena bahan antioksidan yang ditambahkan ke dalam bioplastik dapat menjaga kesegaran dari makanan dibandingkan dengan makanan yang dikemas dengan plastik konvensional (Kamsiati dkk., 2017).

Tabel II.1 Perbandingan plastik konvensional dengan bioplastik

Aspek	Plastik Konvensional	Bioplastik
Bahan baku	Dibuat dari bahan yang tidak dapat diperbarui (minyak bumi)	Dibuat dari bahan yang dapat diperbarui
Teknologi	Sudah banyak dikembangkan	Tahap pengembangan
Sosial	Banyak dikenal masyarakat	Tahap pengenalan kepada masyarakat
Ekonomi	Harga lebih murah	Harga lebih mahal
Lingkungan	Tidak ramah lingkungan	Ramah lingkungan

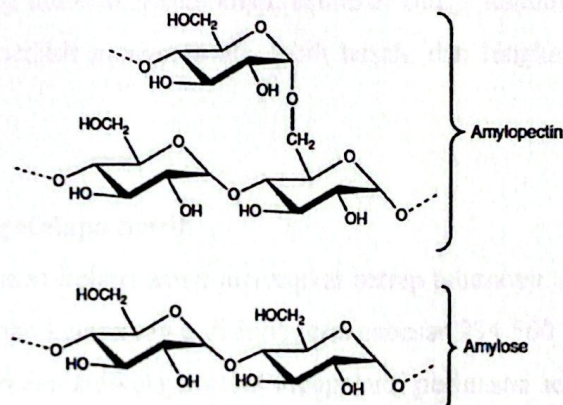
Sumber: Kamsiati dkk., 2017

Tabel II.1 menunjukkan perbandingan bioplastik dengan plastik konvensional. Di Indonesia, bioplastik sebagai bahan pengemas mulai digunakan oleh beberapa industri waralaba jasa boga. Bioplastik dapat terdegradasi lebih cepat karena bersifat ramah lingkungan. Oleh karena itu, harga bioplastik relatif lebih mahal dibandingkan dengan plastik konvensional (Kamsiati dkk., 2017).

Pengembangan bioplastik memiliki peluang yang tinggi seiring dengan tingginya tuntutan untuk mengupayakan pelestarian lingkungan. Bahan baku bioplastik yang merupakan bahan alami dapat menurunkan penggunaan bahan bakar fosil yang semakin lama semakin berkurang (Kamsiati dkk., 2017).

II.2 Pati

Pati merupakan karbohidrat polimer yang terdiri dari sejumlah unit glukosa yang bergabung dengan ikatan glikosidik serta terdiri dari amilosa dan amilopektin (Verbeek dan Uitto, 2017). Pati merupakan bahan baku yang banyak tersedia di Indonesia. Pati dapat digunakan untuk berbagai keperluan, baik untuk bahan pangan maupun non-pangan. Pati juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik (Kamsiati dkk., 2017). Rumus struktur amilopektin dan amilosa dapat dilihat pada Gambar II.3.



Gambar II.3 Rumus struktur amilopektin dan amilosa (Verbeek dan Uitto, 2017)

Pati tersusun dari amilopektin (*poly- α -1,4-D-glucose* dan *poly- α -1,6-D-glucose*) dan amilosa (*poly- α -1,4-D-glucose*) yang terdiri dari dua gugus fungsional yaitu gugus hidroksil (-OH) dan ikatan eter (C-O-C). Kandungan amilosa dan amilopektin menghasilkan bioplastik dengan karakteristik yang berbeda dan mempengaruhi sifat mekanisnya (Kawijia dkk., 2017).

Tabel II.2 Kandungan amilosa dan amilopektin pada pati

Tipe Pati	Kandungan amilosa (%)	Kandungan amilopektin (%)	Referensi
Sagu	36,14	63,86	Ridwansyah dkk., 2007
Batang kelapa sawit	28,76	71,24	
Tapioka	30,74	69,26	
Jagung	28,00	72,00	Marichelvam dkk., 2019
Kentang	17,80	82,80	
Singkong	18,60	81,40	

Tabel II.2 menyajikan kandungan amilosa dan amilopektin yang terdapat pada beberapa pati. Kandungan amilosa yang tinggi cenderung membentuk kristal yang menghasilkan sifat mekanis yang lebih kuat dibandingkan amilopektin yang berbentuk amorf. Kandungan amilopektin yang cukup tinggi juga dapat menyebabkan pati berwarna jernih, tidak mudah menggumpal, memiliki daya pemekat yang tinggi, dan tidak mudah pecah (Kawijia dkk., 2017).

Kandungan amilosa dan amilopektin berpengaruh pada sifat fisika dan kimia. Semakin tinggi kandungan amilosa, maka akan lebih banyak menyerap air, lebih kering, dan kurang melekat. Sebaliknya, semakin tinggi kandungan amilopektin maka akan lebih sedikit menyerap air, lebih basah, dan lengket (Kamsiati dkk., 2017).

II.2.1 Pati Batang Kelapa Sawit

Luas area perkebunan kelapa sawit meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 1980, luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia sebesar 294.560 Ha, hingga tahun 2019 luas area perkebunan kelapa sawit mengalami perluasan sebesar 12.034.515 Ha. Namun, peremajaan tanaman kelapa sawit juga meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2018, sekitar 428.760 Ha perkebunan kelapa sawit perlu diremajakan karena terdapat tanaman yang mengalami kerusakan dan sudah tidak dapat memproduksi buah lagi. Pada tahun 2019, terdapat peningkatan luas area perkebunan kelapa sawit yang harus diremajakan sekitar 438.756 Ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019).

Sedangkan penanganan limbah batang kelapa sawit saat ini hanya dibakar, dan bila dibakar akan mencemarkan udara. Selain itu, limbah batang kelapa sawit hasil peremajaan yang dibiarkan begitu saja akan menimbulkan masalah baru bagi tanaman kelapa sawit baru karena dapat menjadi sarang serangga, hama, dan tikus. Untuk mengoptimalkannya, pemanfaatan limbah batang kelapa sawit hasil peremajaan tersebut dapat dilakukan, salah satunya pemanfaatan patinya sebagai bahan baku bioplastik (Cahyaningtyas dkk., 2019). Pati batang kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar II.4.



Gambar II.4 Pati batang kelapa sawit (Ridwansyah dkk., 2007)

Tabel II.3 Komposisi kimia pati batang kelapa sawit

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Air	10,65
Protein	0,96
Lemak	0,37
Abu	0,68
Karbohidrat	88,02

Sumber: Ridwansyah dkk., 2007

Tabel II.3 menunjukkan komposisi kimia dari pati batang kelapa sawit. Kandungan air pada pati batang kelapa sawit cukup rendah yaitu 10,65%. Jika kandungan air lebih dari 14%, pati dikhawatirkan akan menjadi tempat pertumbuhan mikroorganisme sehingga dapat jamur yang bersarang pada bioplastik dari pati tersebut (Kawijia dkk., 2017). Untuk sifat fisik dari pati batang kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel II.4.

Tabel II.4 Sifat fisik pati batang kelapa sawit

Sifat Fisik	Keterangan
Bentuk granula	Bulat
Ukuran granula (μm)	8,90 – 29,30
Derajat putih (% terhadap BaSO_4)	83,02
Kejernihan pasta (%T)	15,4

Sumber: Ridwansyah dkk., 2007

Berdasarkan Tabel II.4 pati batang kelapa sawit memiliki ukuran granula yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran granula pati sagu dan pati tapioka. Derajat putih pada pati batang kelapa sawit juga lebih rendah dibandingkan dengan pati sagu. Perbedaan derajat putih ini disebabkan karena sumber ataupun jenis asal patinya, batang kelapa sawit memiliki senyawa polifenol yang dapat memberikan warna

kecoklatan pada pati. Kejernihan pasta pada pati batang kelapa sawit juga lebih rendah dibandingkan dengan pati sagu, hal ini menunjukkan bahwa pati batang kelapa sawit bersifat *opaque* (Ridwansyah dkk., 2007).

II.2.2 Pati Sagu

Pati sagu dapat ditemukan dengan mudah (berlimpah di bumi) dan memiliki harga yang relatif murah. Namun, pati sagu memiliki kekurangan yaitu bersifat rapuh. Sifat mekanis yang baik sangat penting untuk dimiliki bioplastik yang terbuat dari bahan pati. Oleh karena itu, diperlukan bahan pemlastis (*plasticizer*) untuk mengurangi kerapuhan dan memperbaiki sifat mekanisnya (Syafri dkk., 2019). Pati sagu dapat dilihat pada Gambar II.5.



Gambar II.5 Pati sagu (Ridwansyah dkk., 2007)

Pati sagu dapat dimanfaatkan untuk aplikasi bahan pangan dan non-pangan. Untuk bahan pangan, pati sagu dimanfaatkan sebagai bahan baku mie dan bahan tambahan fungsional pati resisten. Untuk bahan non-pangan, pati sagu juga dikembangkan sebagai bahan baku industri *subtract* fermentasi butanol-etanol, plastik *biodegradable*, dan bioetanol (Kamsiati dkk., 2017).

Tabel II.5 Komposisi kimia pati sagu

Komposisi	Kandungan (%)
Air	12,15
Protein	0,75
Lemak	0,23
Abu	0,10
Karbohidrat	86,87

Sumber: Ridwansyah dkk., 2007

Komposisi kimia pati sagu dapat dilihat pada Tabel II.5. Pati sagu memiliki kandungan air yang tidak terlalu rendah yaitu 12,15%, namun kandungan abu, protein, dan lemak pada pati sagu rendah. Kandungan abu, protein, dan lemak yang tinggi dapat meningkatkan keburaman sehingga menurunkan derajat putih pada pati (Ridwansyah dkk., 2007).

Tabel II.6 Sifat fisik pati sagu

Sifat Fisik	Keterangan
Bentuk granula	Oval
Ukuran granula (μm)	51,40 – 98,80
Derajat putih (% terhadap BaSO_4)	84,86
Kejernihan pasta (%T)	76,55

Sumber: Ridwansyah dkk., 2007

Tabel II.6 menunjukkan sifat fisik dari pati sagu. Pati sagu berbentuk oval dengan ukuran yang cukup besar. Ukuran granula pati mempengaruhi suhu gelatinisasi dari pati. Pati dengan ukuran granula kecil cenderung memiliki suhu gelatinisasi yang tinggi karena ikatan molekulnya lebih kuat sehingga energi yang diperlukan untuk proses lebih tinggi (Kamsiati dkk, 2017).

Penelitian mengenai pembuatan bioplastik dari pati sagu telah dilakukan oleh Ahmad dkk. (2011). Pembuatan bioplastik dari pati sagu ditambahkan dengan gliserol sebagai bahan pemlastis dan asam sitrat sebagai bahan pemlastis tambahan (*co-plasticizer*). Pembuatan bioplastik dilakukan berdasarkan variasi persentase konsentrasi gliserol sebesar 15%, 20%, 30%, 40% yang menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi pada bioplastik pati sagu dengan konsentrasi gliserol sebesar 30%. Penambahan asam sitrat dilakukan pada bioplastik dengan konsentrasi gliserol 30% dan menghasilkan peningkatan kuat tarik bioplastik sebesar 7,3%. Penambahan asam sitrat mengindikasikan adanya gugus ester pada bioplastik yang disebabkan adanya ikatan silang yang terjadi antara pati sagu dengan asam sitrat, sehingga dapat meningkatkan sifat mekanisnya. Gugus ester terlihat pada bilangan gelombang 1729 cm^{-1} .

II.3 Plasticizer Gliserol

Pemlastis (*plasticizer*) adalah bahan tambahan dalam pembuatan lembaran *film* oleh polimer yang dapat mengubah fisik serta karakteristik mekanis dari bahan lain ketika ditambahkan ke dalamnya (Siregar dkk, 2019). Pemlastis (*plasticizer*) berfungsi meningkatkan elastisitas polimer dari plastik *biodegradable* atau bioplastik (Kamsiati dkk., 2017).

Pemlastis (*plasticizer*) juga merupakan bahan organik yang dapat menurunkan kekakuan dan meningkatkan fleksibilitas polimer. Namun, penambahan *plasticizer* terlalu banyak akan menyebabkan bioplastik bersifat lemah dan rapuh. Bahan yang digunakan sebagai *plasticizer* biasanya adalah gliserol dan sorbitol. Kelebihan dari *plasticizer* yang berbahan gliserol yaitu dapat memberikan fleksibilitas pada struktur pati sehingga dapat dibentuk. Penambahan gliserol akan meningkatkan elastisitas polimer yang dihasilkan (Kamsiati, 2017).

Gliserol memiliki titik leleh 18°C dan titik didih 290°C. Gliserol juga memiliki densitas sebesar 1,2620 g/cm³ dan titik nyala sebesar 177°C. Gliserol merupakan cairan berwarna bening yang memiliki rasa manis namun tidak berbau (Speight, 2002).

II.4 Polivinil Alkohol

Polivinil alkohol (PVA) adalah polimer sintesis yang dihasilkan dari hidrolisis polivinil asetat dan dibentuk dengan polimerisasi vinil asetat. Polivinil alkohol (PVA) merupakan salah satu polimer sintesis yang cocok untuk pencampuran biopolimer yang berfungsi meningkatkan karakteristik sifat mekanisnya. Polivinil alkohol memiliki keunggulan seperti dapat terdegradasi secara alami, larut dalam air, sifat fisik yang baik, memiliki ketahanan kimia yang baik, dan biokompabilitas yang baik (Shi dkk., 2008).

Pada penelitian Guimarães dkk. (2015) dilakukan pembuatan bioplastik dari pati singkong termodifikasi dengan penambahan polivinil alkohol, bahan pemlastis gliserol dan sorbitol. Bioplastik yang dibuat menghasilkan nilai kuat tarik yang

tinggi seiring dengan meningkatnya jumlah polivinil alkohol yang digunakan. Hal ini dikarenakan polivinil alkohol yang memiliki biokompabilitas yang baik.

Pada penelitian yang dilakukan Wu dkk. (2017), menghasilkan pencampuran antara polivinil alkohol dengan pati dapat meningkatkan degradasi pada bioplastik yang berbasis pati, menghasilkan *film* bioplastik yang berwarna transparan, dan memiliki efek antibakteri yang kuat. Adanya peningkatan kekuatan tarik pada *film* bioplastik dapat terjadi dikarenakan adanya ikatan yang kuat antara polivinil alkohol dengan asam sitrat.

II.5 Asam Sitrat

Asam sitrat adalah asam organik yang berbau tajam dengan tiga gugus karboksilat dan satu gugus hidroksil yang terdapat pada beberapa buah-buahan, seperti lemon dan nanas (Shi dkk., 2008). Asam sitrat memiliki rumus kimia $C_6H_8O_7$.

Asam sitrat dapat digunakan sebagai bahan antioksidan pada campuran bioplastik. Selain itu, asam sitrat dipilih sebagai bahan tambahan karena beberapa alasan. Salah satunya, dapat membentuk reaksi esterifikasi antara gugus karboksilat yang dimiliki asam sitrat dengan gugus hidroksil yang dimiliki pati dan polivinil alkohol. Reaksi esterifikasi dapat meningkatkan ketahanan terhadap air. Asam sitrat juga dapat digunakan sebagai agen pengikat silang (*cross-linking*) karena gugus karboksilatnya dapat bereaksi dengan gugus hidroksil dari pati dan polivinil alkohol sehingga dapat meningkatkan interaksi antara molekul dan sifat mekanis serta ketahanan air pada bioplastik. Asam sitrat juga tidak beracun, sehingga cocok digunakan untuk aplikasi kemasan makanan (Shi dkk., 2008).

Bioplastik yang terbuat dari pati biasanya memiliki permeabilitas air yang tinggi karena pati bersifat hidrofilik. Perbaikan sifat hidrofilik pada bioplastik dari pati dapat dilakukan dengan menambahkan agen *cross-linking*. Penambahan asam sitrat dapat mengurangi penyerapan air dan mengurangi permeabilitas uap air dalam pati (Kawijia dkk., 2017).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Wu dkk. (2017), *film* bioplastik dari pati dengan campuran polivinil alkohol yang ditambahkan asam sitrat menghasilkan permukaan *film* yang halus. Asam sitrat dapat meningkatkan pengikatan pati dan polivinil alkohol dan meningkatkan homogenitas padat dari *film* bioplastik. Oleh karena itu asam sitrat dapat meningkatkan kekuatan tarik.

II.6 Asam Galat

Asam galat (*3,4,5-trihydroxybenzoic acid*) adalah senyawa fenolik kecil dengan tiga gugus hidroksil dan dapat larut dalam air. Asam galat dapat berperan sebagai antioksidan. Asam galat juga dapat berperan sebagai agen pengikat silang. Asam galat biasa ditemukan pada teh, kacang-kacangan, anggur, dan buah-buahan. Asam galat juga memiliki efek plastisasi pada beberapa *film*. Asam galat yang dipenetrasikan dalam jaringan protein yang berinteraksi, akan menurunkan densitas dari protein tersebut (Limpisophon dan Scheleining, 2016).

Rachtanapun dan Tongdeesoontorn (2009) telah melakukan penelitian mengenai efek dari antioksidan terhadap bioplastik dari campuran tepung beras dan pati singkong dengan pemlastis sorbitol. Antioksidan yang digunakan adalah asam galat, propil galat, dan butil hidroksi anisol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tertinggi dan elongasi terendah diperoleh dari bioplastik dengan antioksidan asam galat. Kelarutan air tertinggi juga dihasilkan dari bioplastik tepung beras/pati singkong dengan antioksidan asam galat. Hal ini dikarenakan asam galat memiliki polaritas yang lebih tinggi dibandingkan propil galat dan butil hidroksi anisol, sehingga asam galat memiliki interaksi yang lebih pada *film* bioplastik tersebut.

II.7 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah jumlah kekuatan maksimum yang dibutuhkan untuk menentukan titik putus. Kekuatan tarik pada bioplastik diuji dengan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) dengan acuan standar *American Society for Testing and Material* (ASTM) berdasarkan ASTM D882 untuk sifat mekanis lembaran plastik yang tipis (Marichelvam, 2019). Metode ini ditujukan untuk menentukan

nilai kuat tarik pada plastik dengan bentuk lembaran tipis, termasuk *film* bioplastik (ASTM Internasional D882, 2002).

Tabel II.7 Kuat tarik plastik menurut ASTM D882

Material	Kuat Tarik (MPa)
LDPE	23,58
HDPE	47,36
PP	195,81
PET	199,26

Sumber: ASTM D882, 2002

Kekuatan tarik yang dilakukan berdasarkan ASTM D882 mengaplikasikan bentuk spesimen strip. *Film* bioplastik yang digunakan memiliki ketebalan maksimum 0,25 mm. Spesimen untuk kuat tarik berdasarkan ASTM D882 harus memiliki kelebihan panjang setidaknya 50 mm dari pemisahan grip yang digunakan (ASTM Internasional D882, 2002).

Tabel II.8 Kuat tarik *film* biopolimer pati batang kelapa sawit/sorbitol

Sampel	Sorbitol (ml)	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)
1	0,8	4,26	1,87
2	1,0	3,34	7,04
3	1,2	2,79	7,94

Sumber: Siregar dkk., 2019

Pada Tabel II.8 menunjukkan hasil kuat tarik *film* biopolimer pada penelitian yang dilakukan Siregar dkk. (2019) dari pati batang kelapa sawit dengan bahan pemlastis (*plasticizer*) sorbitol. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar jumlah bahan pemlastis sorbitol akan semakin menurun nilai kuat tarik. Hal ini dikarenakan bahan pemlastis dapat mengurangi ikatan hidrogen pada molekul dan menyebabkan lemahnya kuat tarik antar molekul. Namun, semakin besar jumlah sorbitol yang digunakan maka semakin meningkat elongasinya.

Santosa dkk. (2019), melakukan pembuatan bioplastik dari pati sagu dengan gliserol sebagai bahan pemlastis (*plasticizer*). Pembuatan bioplastik dilakukan

berdasarkan variasi persentase konsentrasi pati sagu yaitu 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, dan 10% dengan metode *casting*.

Tabel II.9 Kuat tarik bioplastik terhadap konsentrasi pati sagu

Konsentrasi Pati Sagu (b/v)	Kuat Tarik (MPa)
3	0,14
4	5,80
5	4,80
6	4,83
7	17,44
8	7,61
9	13,52
10	7,26

Sumber: Santosa dkk., 2019

Tabel II.9 menunjukkan hasil kuat tarik *film* bioplastik yang dilakukan Santosa dkk. (2019) dari pati sagu menghasilkan kuat tarik yang cenderung meningkat walaupun juga terdapat penurunan. Nilai kuat tarik diperoleh dari variasi konsentrasi pati sagu (b/v). Nilai kuat tarik cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pati walaupun masih terdapat pola yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh amilosa yang terdapat di dalam pati sagu, kandungan amilosa pada pati sagu memiliki ikatan hidrogen yang dapat memperkuat ikatan antar molekul dalam bioplastik.

Tabel II.10 Kuat tarik bioplastik terhadap rasio massa pati/PVA/asam sitrat

Rasio massa pati/PVA/asam sitrat	Kuat tarik (MPa)	Ketebalan (mm)
1:1:0	33,84	0,0606
3:3:0,08	45,22	0,0648
3:3:1	19,58	0,1150

Sumber: Wu dkk., 2017

Tabel II.10 menunjukkan hasil kuat tarik bioplastik yang dilakukan oleh Wu dkk. (2017) yang terbuat bioplastik dari pati jagung/polivinil alkohol/asam sitrat dan menghasilkan kuat tarik maksimum sebesar 45,22 MPa. Penambahan asam sitrat dapat meningkatkan pengikatan pati dan polivinil alkohol serta meningkatkan kompatibilitas dari *film* bioplastik sehingga meningkatkan kuat tariknya. Adapun

sifat mekanis dan kandungan air pada bioplastik berdasarkan JIS (*Japanese Industrial Standard*) 1975 yang terdapat pada Tabel II.11.

Tabel II.11 Standar bioplastik berdasarkan *Japanese Industrial Standard*

Parameter	Standar JIS (<i>Japanese Industrial Standard</i>)
Ketebalan (mm)	Maks. 0,25 mm
Kuat tarik (MPa)	Min. 0,3 MPa
Persen pemanjangan (%)	Min. 10%
Kadar air (%)	Maks. 13%

Sumber: Tanjung dkk., 2020

II.8 Gugus Fungsi Bioplastik

Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) adalah jenis instrumen yang menggunakan sinar radiasi inframerah untuk menghasilkan interferogram. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) secara perlahan meningkatkan kualitas spektrum inframerah dan dapat meminimalkan waktu yang diperlukan untuk pengumpulan data. Pada spektrometer FTIR, sumber radiasi yang muncul dilewatkan melalui interferometer ke sampel sebelum mencapai ke detektor. Setelah dilakukan penyerapan radiasi inframerah, hasilnya akan dikonversi ke bentuk digital dan ditampilkan pada computer. Terdapat beberapa teknik FTIR yang dapat dilakukan yaitu *Attenuated Total Reflectance Spectroscopy* (ATR), *Specular Reflectance Spectroscopy*, *Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform* (DRIFT), dan *Photo Acoustic Spectroscopy* (PAS) (Stuart, 2004).

Untuk frekuensinya, spektrum inframerah dapat dibagi menjadi tiga wilayah utama yaitu inframerah jauh atau *far-ir* ($< 400 \text{ cm}^{-1}$), tengah atau *mid-ir* ($4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$), dan dekat atau *near-ir* ($13000 - 4000 \text{ cm}^{-1}$), namun penggunaan spektrum daerah tengah ($4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$) lebih sering digunakan. Spektrum inframerah pada suatu material dengan senyawa yang sama dapat terjadi tumpang tindih (*overlap*) bila dilakukan secara bersamaan (Stuart, 2004). Pada spektrum inframerah daerah tengah, Tabel II.12 menunjukkan bilangan gelombang FTIR pada senyawa organik dan Tabel II.13 menunjukkan bilangan gelombang pada karbohidrat.

Tabel II.12 Bilangan gelombang FTIR pada senyawa organik

Senyawa	Jenis Ikatan	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
Alkana	C-H <i>stretching</i>	3000 – 2800
	C-H <i>bending</i>	1470 – 1380
Alkena	=C-H <i>stretching</i>	3100 – 3000
	C=C <i>stretching</i>	1680 – 1600
	=C-H <i>in-plane bending</i>	1400
	=C-H <i>out-of-plane bending</i>	1000 – 600
Alkuna	≡C-H <i>stretching</i>	3300 – 3250
	C≡C <i>stretching</i>	2260 – 2100
	≡C-H <i>bending</i>	700 – 600
Aromatik	C-H <i>stretching</i>	3100 – 3000
	C=C <i>stretching</i>	1600 – 1430
	C-H <i>in-plane bending</i>	1275 – 1000
	C-H <i>out-of-plane bending</i>	900 – 690
Alkohol dan Fenol	O-H <i>stretching</i>	3600 – 3500
	C-O <i>stretching</i>	1300 – 1000
Eter	C-O <i>stretching</i>	1100, 1250 – 900
Aldehid	C-H <i>stretching</i>	2900 – 2700
	C=O <i>stretching</i>	1740 – 1720, 1720 – 1680
Keton	C=O <i>stretching</i>	1730 – 1700, 1700 – 1680
Ester	C=O <i>stretching</i>	1750 – 1730, 1730 – 1705
	C-O <i>stretching</i>	1300 – 1100, 1310 – 1250
Asam Karboksilat	O-H <i>stretching</i>	3300 – 2500
	C=O <i>stretching</i>	1760 – 1700
	C-O <i>stretching</i>	1300 – 1000
Amina	N-H <i>stretching</i>	3335
	C-N <i>stretching</i>	1360 – 1020
	N-H <i>bending</i>	1650

Sumber: Stuart, 2004

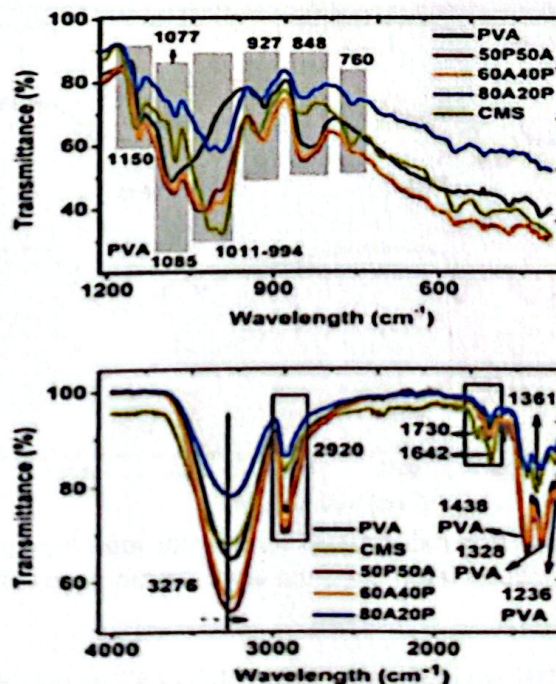
Tabel II.12 menunjukkan gugus fungsi yang dapat dilihat dari bilangan gelombang yang terdapat pada senyawa organik berdasarkan literatur dari Stuart (2004). Pati sebagai bahan baku bioplastik memiliki senyawa alkohol dan eter. Polivinil alkohol memiliki senyawa alkohol dan asam sitrat memiliki senyawa asam karboksilat. Gugus hidroksil dari pati dan polivinil alkohol yang membentuk reaksi esterifikasi dengan karboksilat dari asam sitrat menghasilkan senyawa ester (Shi dkk., 2008).

Tabel II.13 Bilangan gelombang FTIR pada karbohidrat

Tipe Karbohidrat	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
α -D-glukosa	920, 840
β -D-glukosa	915, 900
<i>Methyl α-D-glucopyranoside</i>	900, 845
<i>Methyl β-D-glucopyranoside</i>	850
β -D-fruktosa	873, 869
β -D-sukrosa	910, 869, 850
β -D-selulosa	916, 908
Selulosa	1170 – 1150, 1050, 1030
Lignin	1590, 1510
Hemiselulosa	1732, 1240

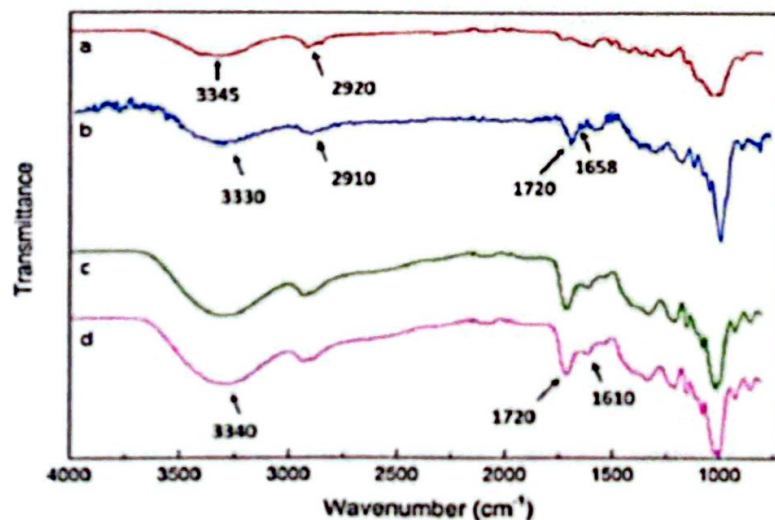
Sumber: Stuart, 2004

Pada Tabel II.13 menunjukkan bilangan gelombang yang terdapat pada karbohidrat dari tanaman berdasarkan literatur Stuart (2004). Pati sebagai bahan baku pembuatan bioplastik, memiliki ikatan glikosidik yang memiliki tipe α -D-glukosa karena polisakarida pada pati terdiri dari amilosa dan amilopektin (*poly- α -1,4-D-glucose* dan *poly- α -1,6-D-glucose*) (Kawijia dkk., 2017).



Gambar II.6 Hasil spektrum inframerah bioplastik pati singkong termodifikasi/PVA (Guimarães dkk., 2015)

Gambar II.6 menunjukkan hasil spektrum inframerah bioplastik dari polivinil alkohol, pati singkong termodifikasi, dan rasio antara pati singkong termodifikasi (A) dengan polivinil alkohol (P) sebesar 50:50, 60:40, 80:20 yang dilakukan oleh Guimarães dkk. (2015). Hasil spektrum menunjukkan adanya ikatan O–H pada bilangan gelombang 3276 cm^{-1} . Pada daerah serapan di sekitar $3000 - 2800\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan C–H *stretching*. Serapan pada daerah 1642 cm^{-1} mengindikasikan deformasi H–O–H. Daerah serapan pada 1410 cm^{-1} dan 1361 cm^{-1} ditunjukkan untuk deformasi pada CH_2 dan C–H. Daerah serapan pada 927 cm^{-1} , 848 cm^{-1} , dan 760 cm^{-1} menunjukkan adanya peregangan C–O dari C–O–C yang terdapat pada ikatan α -1,4 glikosidik. Daerah serapan pada 1730 cm^{-1} dan 1205 cm^{-1} mengindikasikan gugus karbonil yang diperoleh dari esterifikasi pati dengan asam. Puncak serapan pada 760 cm^{-1} mengindikasikan bahwa polivinil alkohol dan pati telah tercampur dengan baik. Pada ikatan O–H, serapan terlihat lebar dengan intensitas yang kuat. Serapan ini sangat penting karena mengindikasikan keberadaan ikatan hidrogen pada polimer.



Gambar II.7 Hasil spektrum inframerah biofilm dari pati singkong/kitosan/asam galat dengan pengisi serat nanoselulosa (Zhao dkk., 2019)

Penelitian yang dilakukan Zhao dkk. (2019) pada Gambar II.7 menunjukkan hasil spektrum inframerah dari serat kanola (a), biofilm pati singkong/kitosan/asam galat (b), biofilm pati singkong/kitosan/asam galat dengan pengisi 0,025 gram serat

nanoselulosa (c), dan biofilm pati singkong/kitosan/asam galat dengan pengisi 0,05 gram serat nanoselulosa (d). Untuk hasil spektrum serat kanola, terdapat bilangan gelombang 3200 – 3600 cm^{-1} yang mengindikasikan gugus O–H dan 2920 cm^{-1} yang mengindikasikan gugus C–H. Untuk spektrum biofilm pati singkong/kitosan/asam galat maupun dengan penambahan serat nanoselulosa terdapat serapan pada bilangan gelombang 3600 – 3200 cm^{-1} yang mengindikasikan gugus O–H, serapan pada 2910 cm^{-1} yang mengindikasikan gugus C–H. Serapan pada daerah sidik jari, mengindikasikan adanya ciri khas polisakarida yaitu pada bilangan gelombang 1500 – 800 cm^{-1} yang merupakan peregangan gugus C–O dan C–C. Serapan baru terlihat pada bilangan gelombang 1720 cm^{-1} menunjukkan adanya peregangan C=O yang disebabkan penambahan asam galat mengindikasikan adanya gugus ester dari reaksi antara gugus hidroksil dari pati/kitosan/selulosa dengan gugus karboksilat dari asam galat. Bilangan gelombang 1658 cm^{-1} yang sangat kuat intensitasnya dipengaruhi oleh jumlah molekul air pada biofilm.

BAB III METODE PENELITIAN

III.1 Waktu dan Tempat

Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Januari – Juli 2020. Pembuatan bioplastik dilakukan di Laboratorium Proses Biomaterial. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Sifat Mekanis dan Laboratorium Pengujian Karakterisasi. Pusat Penelitian Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jalan Raya Jakarta-Bogor km. 46, Cibinong, Bogor, 16911, Indonesia.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Neraca analitik digital
2. Gelas *beaker*
3. Cawan petri
4. Batang pengaduk
5. Termometer
6. Aluminium foil
7. *Acrylic sheet*
8. Kaca preparat
9. *Hot plate*
10. *Magnetic stirrer*
11. *Universal Testing Machine (UTM)*
12. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

III.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pati batang kelapa sawit teknis;
2. Pati sagu teknis;
3. Gliserol teknis;
4. Polivinil alkohol teknis;
5. Asam sitrat teknis;

6. Asam galat PA;
7. Akuades.

III.3 Variabel

Penelitian ini memiliki dua variabel, yaitu variabel tetap dan variabel berubah.

III.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap adalah suatu variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap selama penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. massa gliserol sebanyak 0,275 gram;
2. massa polivinil alkohol sebanyak 3,3 gram;
3. massa asam sitrat dan asam galat sebanyak 0,55 gram;
4. total massa akuades yang digunakan sebanyak 110 gram;
5. waktu pengadukan yaitu 90 menit;
6. kecepatan pengadukan yaitu 200 rpm;
7. temperatur pemanasan gelatinisasi pati sebesar 80°C.

III.3.2 Variabel Berubah

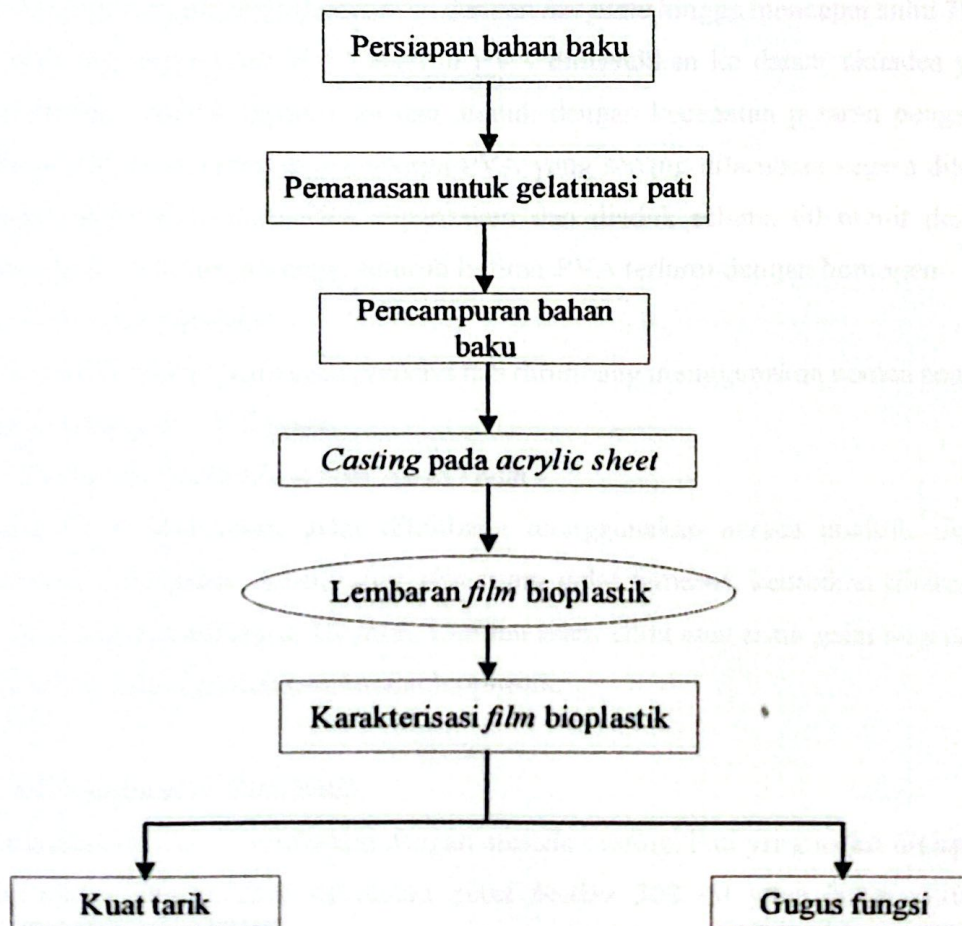
Variabel berubah adalah suatu variabel yang berubah pada setiap penelitian agar didapatkan nilai yang terbaik pada sampel produk bioplastik. Variabel berubah dapat dilihat pada Tabel III.1 mengenai matriks penelitian.

Tabel III.1 Matriks penelitian pembuatan bioplastik

Sampel	Pati (% massa total pati)		Asam sitrat (% massa total pati)	Asam galat (% massa total pati)	Total pati (gram)
	Pati batang kelapa sawit	Pati sagu			
1	100	0	10	0	5,5
2	75	25	10	0	
3	50	50	10	0	
4	25	75	10	0	
5	0	100	10	0	
6	100	0	0	10	
7	75	25	0	10	
8	50	50	0	10	
9	25	75	0	10	
10	0	100	0	10	

III.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan tahapan pertama yaitu tahap persiapan bahan baku. Masing-masing bahan baku ditimbang dan dilarutkan dengan akuades. Selanjutnya, tahap pembuatan bioplastik. Pembuatan bioplastik dilakukan dengan cara pemanasan pada *hot plate* hingga pati tergelatinisasi. Pati yang sudah tergelatinisasi dicampurkan dengan bahan pemlastis (*plasticizer*) dan bahan aditif lainnya. Setelah itu, dilakukan *casting* bioplastik pada *acrylic sheet* dan segera dikeringkan. Tahapan terakhir yaitu tahap pengujian. Pada tahap ini, dilakukan uji kekuatan tarik dan uji gugus fungsi pada bioplastik. Skema penelitian dapat dilihat pada Gambar III.1.



Gambar III.1 Skema diagram alir pembuatan bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sago dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam

III.4.1 Persiapan Bahan Baku

a. Persiapan Pati

Pati batang kelapa sawit atau pati sagu ditimbang menggunakan neraca analitik digital sesuai dengan variasi hingga total massa pati sebanyak 5,5 gram. Pati yang telah ditimbang segera dimasukkan ke dalam gelas *beaker* 100 ml. Selanjutnya, pati dilarutkan dengan akuades sebanyak 65 gram. Gelas *beaker* 100 ml yang berisi larutan pati dengan akuades ditutup dengan aluminium foil.

b. Persiapan Polivinil Alkohol (PVA)

Polivinil alkohol (PVA) yang berbentuk butiran ditimbang dengan menggunakan neraca analitik digital sebanyak 3,3 gram. Akuades ditimbang menggunakan neraca analitik digital sebanyak 35 gram. Akuades dimasukkan ke dalam gelas *beaker* 100 ml. Selanjutnya, akuades dipanaskan dengan *hot plate* hingga mencapai suhu 70°C. Setelah mencapai suhu 70°C, butiran PVA dimasukkan ke dalam akuades yang sedikit demi sedikit dipanaskan dan diaduk dengan kecepatan putaran pengaduk sebesar 180 rpm. Gelas *beaker* berisi PVA yang sedang dilarutkan segera ditutup dengan aluminium foil. PVA dipanaskan dan diaduk selama 60 menit dengan menjaga suhu konstan hingga seluruh butiran PVA terlarut dengan homogen.

c. Persiapan Gliserol

Gliserol diletakkan pada kaca preparat dan ditimbang menggunakan neraca analitik digital sebanyak 0,275 gram.

d. Persiapan Asam Sitrat atau Asam Galat

Asam sitrat atau asam galat ditimbang menggunakan neraca analitik digital sebanyak 0,55 gram. Asam sitrat atau asam galat tersebut, kemudian dilarutkan dengan akuades sebanyak 10 gram. Larutan asam sitrat atau asam galat siap untuk digunakan dalam proses pembuatan bioplastik.

III.4.2 Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dilakukan dengan metode *casting*. Pati yang sudah disiapkan sebelumnya dimasukkan ke dalam gelas *beaker* 300 ml yang berisi akuades sebanyak 80,5 gram. Larutan pati tersebut dipanaskan dan diaduk menggunakan *hot plate magnetic stirrer* pada suhu 80°C serta kecepatan pengaduk sebesar 200 rpm. Pati dipanaskan dan diaduk selama 60 menit dengan menjaga suhu konstan. Proses

ini disebut dengan gelatinisasi pati. Pati yang sudah tergelatinisasi akan mengental dan lengket.

Selanjutnya, pati yang telah tergelatinisasi dicampurkan dengan larutan PVA yang sebelumnya sudah dipersiapkan. Pati yang telah dicampurkan dengan larutan PVA dipanaskan dan diaduk dengan suhu yang konstan yaitu 80°C dan kecepatan pengaduk sebesar 200 rpm selama 10 menit. Setelah itu, ditambahkan kembali bahan pemlastis (*plasticizer*) gliserol dengan suhu tetap 80°C dan kecepatan pengaduk yang tetap sebesar 200 rpm selama 10 menit. Setelah pencampuran pati dengan polivinil alkohol dan gliserol, kemudian dicampurkan larutan asam sitrat atau asam galat dengan tetap menjaga suhu konstan 80°C dan kecepatan pengaduk sebesar 200 rpm selama 10 menit.

Setelah semua bahan baku pembuatan bioplastik homogen, segera didiamkan hingga uap panasnya menghilang selama kurang lebih 20 menit. Setelah uapnya menghilang, dilakukan *casting* pada *acrylic sheet* berukuran ($20 \times 20 \times 0,5$) cm untuk membentuk *film* bioplastik. Setelah itu, dilakukan pengeringan agar terbentuk *film* bioplastik. Pengeringan dilakukan selama 3 – 4 hari di dalam ruangan yang bersih dari debu dan kotoran. *Film* bioplastik yang sudah mengering, dapat dicabut dari *acrylic sheet* dengan menggunakan pinset.

III.4.3 Pengujian Bioplastik

Pengujian bioplastik meliputi pengujian sifat mekanis kekuatan tarik dengan UTM (*Universal Testing Machine*), dan pengujian sifat kimia gugus fungsi dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared*).

a. Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya kuat tarik pada bioplastik. Pengujian kekuatan tarik ini dilakukan di Pusat Penelitian Biomaterial LIPI Cibinong menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) merek Shimadzu, autograph 10 kN. Pengujian kekuatan tarik ini dilakukan berdasarkan ASTM D882. Sebelum dilakukan pengujian, sampel terlebih dahulu diukur dimensinya dan jarak

antara *grip* yang terdapat pada alat UTM. Pengujian ini dilakukan sebanyak empat kali pengulangan. Hasil nilai dari kuat tarik dan persen pemanjangan perlu dicatat.

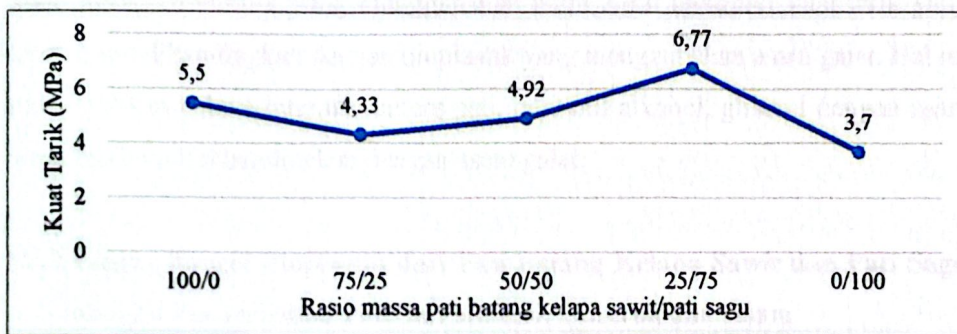
b. Pengujian Gugus Fungsi Bioplastik

Pengujian gugus fungsi dilakukan di Pusat Penelitian Biomaterial LIPI Cibinong. Untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam bioplastik yang terbuat dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam digunakan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR) merek Perkin-Elmer, *spectrum two*. Film bioplastik yang digunakan sebagai sampel dipotong kecil berukuran (1×1) cm. Selanjutnya, sampel akan diuji dengan FTIR pada rentang bilangan gelombang yang berkisar 4000 - 400 cm^{-1} .

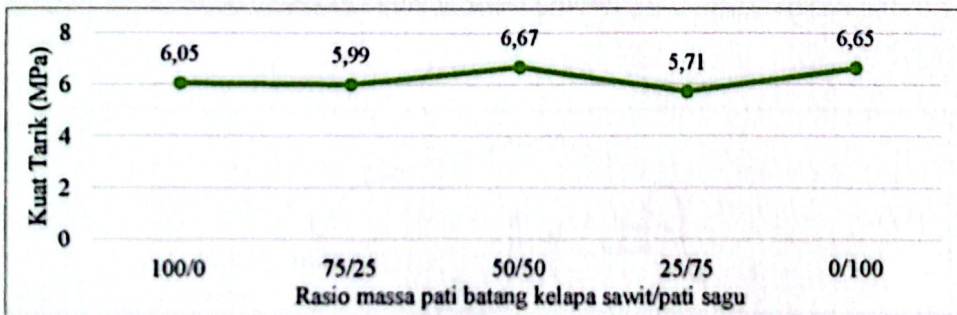
BAB IV PEMBAHASAN

IV.1 Pengaruh Rasio Massa Pati Batang Kelapa Sawit dan Pati Sagu dengan Penambahan Polivinil Alkohol, Gliserol, dan Asam Terhadap Kuat Tarik Bioplastik

Hasil kuat tarik disajikan pada Gambar IV.1 untuk bioplastik yang menggunakan asam sitrat dan Gambar IV.2 untuk bioplastik yang menggunakan asam galat, berdasarkan rasio massa pati batang kelapa sawit dan pati sagu.



Gambar IV.1 Kuat tarik bioplastik pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam sitrat



Gambar IV.2 Kuat tarik bioplastik pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam galat

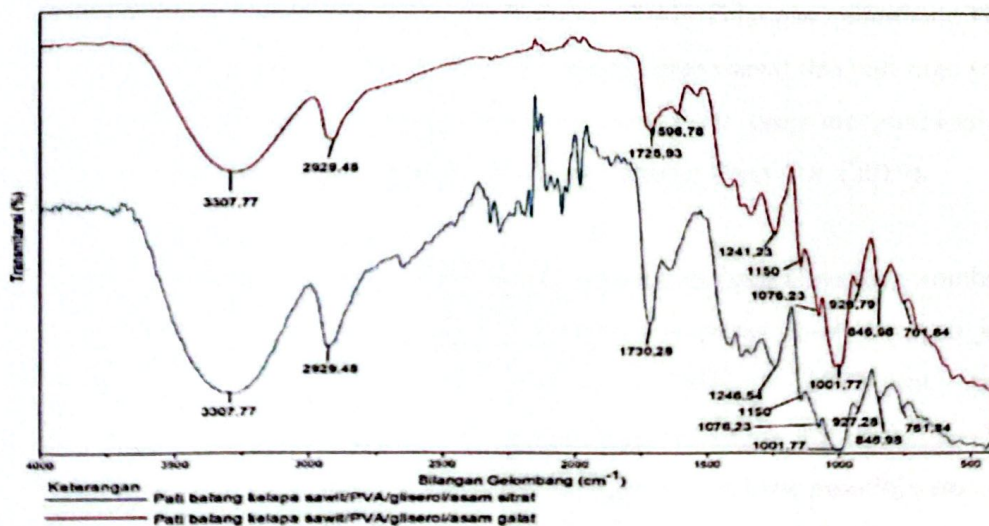
Gambar IV.1 menunjukkan hasil kuat tarik dengan bioplastik yang menggunakan asam sitrat, kekuatan tarik optimum diperoleh dari campuran pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan rasio massa sebesar 25/75. Nilai tersebut mengalami peningkatan sebesar 23% terhadap kuat tarik bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan 45% terhadap kuat tarik bioplastik dari pati sagu. Hal ini menunjukkan

bahwa penambahan persentase massa pati sagu membuat nilai kuat tarik bioplastik meningkat. Hal ini selaras dengan Santosa dkk. (2019). Gambar IV.2 menunjukkan hasil kuat tarik bioplastik yang menggunakan asam galat, kuat tarik optimum diperoleh dari campuran pati sagu dan pati batang kelapa sawit dengan rasio massa sebesar 50/50 yang mengalami peningkatan sebesar 10% terhadap bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan 0,3% terhadap bioplastik dari pati sagu.

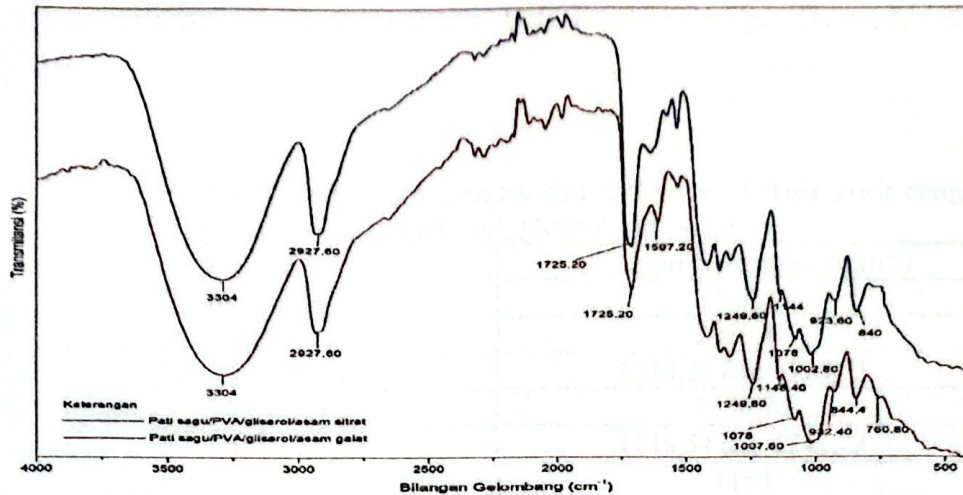
Nilai kuat tarik yang maksimal diperoleh dari bioplastik dari campuran pati sagu dan pati batang kelapa sawit dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam sitrat. Bioplastik yang menggunakan asam sitrat memiliki kuat tarik yang lebih besar dibandingkan dengan bioplastik yang menggunakan asam galat. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara pati, polivinil alkohol, gliserol dengan asam sitrat lebih baik dibandingkan dengan asam galat.

IV.2 Gugus Fungsi Bioplastik dari Pati Batang Kelapa Sawit dan Pati Sagu dengan Penambahan Polivinil alkohol, Gliserol, dan Asam

Analisis gugus fungsi dilakukan pada bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu yang ditambahkan polivinil alkohol, gliserol, dan asam. Analisis gugus fungsi dilakukan berdasarkan literatur Stuart (2004).



Gambar IV.3 Spektrum inframerah bioplastik dari pati batang kelapa sawit/PVA/glisero dengan penambahan asam



Gambar IV.4 Spektrum inframerah bioplastik dari pati sagu/PVA/gliserasam dengan penambahan asam

Gambar IV.3 dan Gambar IV.4 menyajikan gugus fungsi bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam. Bioplastik dari pati sagu yang ditambahkan polivinil alkohol, gliserol, dan asam memiliki intensitas serapan yang lebih tinggi dibandingkan bioplastik dari pati batang kelapa sawit. Bilangan gelombang 1730 cm^{-1} terdapat pada bioplastik dari pati batang kelapa sawit yang ditambahkan polivinil alkohol, gliserol, dan asam sitrat. Hal ini mengindikasikan adanya gugus $\text{C}=\text{O}$ dari karbonil ester yang disebabkan karena reaksi yang terjadi antara asam karboksilat dan gugus hidroksil. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan Ahmad dkk. (2011). Bilangan gelombang 1725 cm^{-1} juga terdapat pada bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu yang ditambahkan polivinil alkohol, gliserol, dan asam galat yang mengindikasikan adanya gugus ester. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan Zhao dkk. (2019).

Hasil spektrum inframerah menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang di sekitar 3300 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya gugus $\text{O}-\text{H}$. Serapan juga terlihat pada bilangan gelombang di sekitar $2929 - 2927\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya gugus $\text{C}-\text{H}$. Bilangan gelombang di sekitar $1200 - 900\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya gugus $\text{C}-\text{O}$. Bilangan gelombang pada 923 cm^{-1} dan 840 cm^{-1} mengindikasikan adanya peregangan pada ikatan $\alpha\text{-1,4-D}$ glikosidik yang

tersusun atas amilosa dan amilopektin. Hal ini selaras dengan Guimarães dkk. (2015).

Tabel IV.1 Bilangan Gelombang bioplastik dari pati batang kelapa sawit dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam

Jenis Ikatan	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
O-H <i>stretching</i>	3307,77
C-H <i>stretching</i>	2929,48
C=O <i>stretching</i>	1730,28 dan 1725,93
C=C <i>stretching</i>	1596,78
C-O <i>stretching</i>	1246,54 dan 1241,23
	1150
	1076,23
	1001,77
	927,28
	846,98
	761,84

Tabel IV.2 Bilangan Gelombang bioplastik dari pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam

Jenis Ikatan	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
O-H <i>stretching</i>	3304
C-H <i>stretching</i>	2927,60
C=O <i>stretching</i>	1725,20
C=C <i>stretching</i>	1597,20
C-O <i>stretching</i>	1249,60
	1144 dan 1148,40
	1002,80 dan 1007,60
	923,60 dan 932,40
	844,40
	840
	760,80

Tabel IV.1 menyajikan rangkuman mengenai bilangan gelombang yang terdapat pada bioplastik dari pati batang kelapa sawit dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, asam dan Tabel IV.2 menyajikan rangkuman mengenai bilangan gelombang yang terdapat pada bioplastik dari pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam. Bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu yang ditambahkan dengan polivinil alkohol, gliserol, dan asam sitrat memiliki gugus fungsi O-H, C-H, C-O, C=O, sedangkan yang ditambahkan

polivinil alkohol, gliserol, dan asam galat memiliki gugus fungsi O–H, C–H, C–O, C=O, dan C=C. Hal ini membuktikan bahwa bioplastik dari pati batang kelapa sawit memiliki gugus fungsi yang serupa dengan bioplastik dari pati sagu.

BAB V PENUTUP

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Rasio massa pati batang kelapa sawit dan pati sagu sebesar 25/75 yang ditambahkan polivinil alkohol, gliserol, dan asam sitrat menghasilkan nilai kuat tarik bioplastik yang maksimal yaitu 6,77 MPa.
2. Bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu yang ditambahkan polivinil alkohol, gliserol, dan asam sitrat memiliki gugus O-H, C-H, C-O, C=O, sedangkan yang ditambahkan polivinil alkohol, gliserol, dan asam galat memiliki gugus O-H, C-H, C-O, C=O, dan C=C.

V.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun saran yang disampaikan antara lain:

1. Perlu dilakukan pengujian migrasi untuk mengetahui perpindahan komponen penyusun bioplastik ke dalam produk saat terdapat kontak antara kemasan dengan produk pangan.
2. Perlu dilakukan pengujian SEM dan biodegradasi untuk mengetahui morfologi bioplastik dan lama waktu sampel bioplastik terdegradasi.
3. Perlu dilakukan variasi massa polivinil alkohol dan gliserol yang digunakan untuk mengetahui hasil optimum pada bioplastik dari pati batang kelapa sawit dan pati sagu dengan penambahan polivinil alkohol, gliserol, dan asam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z., Anuar, H., dan Yusof, Y. (2011): The study of biodegradable thermoplastics sago starch, *Key Engineering Materials, Trans Tech Publication*, 471, 397-402.
- ASTM D882 (2002): Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting, *ASTM International*, 1-10.
- Cahyaningtyas, A. A., Ermawati, R., Supeni, G., Syamani, F. A., Masruchin, N., Kusumaningrum, W. B., Pramasari, D. A., Darmawan, T., Ismadi, Wibowo, E. S., Triwibowo, D., dan Kusumah, S. S. (2019): Modifikasi dan karakterisasi pati batang kelapa sawit secara hidrolisis sebagai bahan baku bioplastik, *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 41, 37-44.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (2019): Statistik perkebunan Indonesia kelapa sawit 2018 – 2020, *Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian*, 25-65.
- Guimarães, M. J., Botaro, V. R., Novack, K. M., Teixeira, F. G., dan Tonoli, G. H. D. (2015): High moisture strength of cassava starch/polyvinyl alcohol-compatible blends for packaging and agriculture sectors, *Journal Polymer Resin, Springer*, 22 (192), 1-18.
- Kamsiati, E., Herawati, H., dan Purwani, E. Y. (2017): Potensi pengembangan plastik biodegradable berbasis pati sagu dan ubikayu di Indonesia, *Jurnal Litbang Pertanian*, 36 (2), 67-76.
- Karan, H., Funk, C., Grabert, M., Oey, M., dan Hankamer, B. (2019): Green bioplastics as a part of a circular bioeconomy, *Trends in Plant Science, Elsevier Ltd., Australia*, 24 (3), 237-249.
- Kawijia, Atmaka, W., dan Lestariana, S. (2017): Studi karakteristik pati singkong utuh berbasis edible film dengan modifikasi cross-linking asam sitrat, *Jurnal Teknologi Pertanian*, 18, 143-152.
- Limpisophon, K., dan Schleining, G. (2016): Use of gallic acid to the enhance the antioxidant and mechanical properties of active fish gelatin films, *Journal of Food Science*, 1-10.
- Marichelvam, M. K., Jawaid, M., dan Asim, M. (2019): Corn and Rice Starch-based bioplastics as alternative packaging materials, *Fibers*, 7, 32, 1-14.
- Rachtanapun, P., dan Tongdeesoontorn, W. (2009): Effect of antioxidant on properties of rice flour/cassava starch film blends plasticized with sorbitol, *Kasetsart Journal of Natural Science*, 43, 252-258.
- Ridwansyah, Nasution, M. Z., Sunarti, T. C., dan Fauzi, A. M. (2007): Karakteristik sifat fisiko-kimia pati kelapa sawit, *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 17, 1-6.
- Santosa, H., Djaeni, M., Ratnawati, Rokhati, N., Setiatun, A. P., dan Afriyanti (2019): Effect of sago starch concentrations, stirring speeds, and lemongrass oil concentration for edible film production using solvent casting method, *The 3rd International Conference of Chemical and Materials Engineering*, 1295, 1-6.
- Shi, R., Bi, J., Zhang, Z., Zhu, A., Chen, D., Zhou, X., Zhang, L., dan Tian, W. (2008): The effect of citric acid on the structural properties and

- cytotoxicity of the polyvinyl alcohol/starch films when molding at high temperature, *Carbohydrate Polymer, Elsevier Ltd.*, **74**, 763-770.
- Siregar, A. H., Nasution, D. Y., Muis, Y., Puspitasari, K., dan Hayati, W. Z. (2019): The characteristics and the making of biopolymer film from oil palm trunk starch (*elaeis guineensis jacq.*) using sorbitol plasticizer, *Journal of Chemical Natural Resource*, **1**, 11-12.
- Speight, J. G. (2002): Chemical and process design handbook, *Mc Graw-Hill Book Company*, 251-252.
- Stuart, B. H. (2004): Infrared spectroscopy: fundamentals and application, *John Wiley and Sons, Ltd.*, 71-178.
- Syafri, E., Jamaluddin, Wahono, S., Asrofi, M., Sari, N. H., dan Fudholi, A. (2019): Characterization and properties of cellulose microfibers from water hyacinth filled sago starch biocomposites, *International Journal of Biological Macromolecules, Elsevier Ltd., Indonesia*, **137**, 119-125.
- Tanjung, M. R., Rostini, I., Ismail, M. R., dan Pratama, R. I. (2020): Characterization of edible film from catfish (*Pangasius sp.*) surimi waste water with the addition sorbitol as plasticizer, *International Scientific Journal*, **28**, 87-102.
- Verbeek, C. J. R., dan Uitto, J. M. (2017): Encyclopedia of polymer science and technology, *John Willey and Sons, Inc.*, New Zeland, 1-8.
- Wu, Z., Wu, J., Peng, T., Li, Y., Lin, D., Xing, B., Li, C., Yang, Y., Yang, L., Zhang, L., Ma, R., Wu, W., Li, X., Dai, J., dan Han, G. (2017): Preparation and application of starch/polyvinyl alcohol/citric acid ternary blend antimicrobial functional food packaging films, *Polymers*, **9**, 1-19.
- Zhao, Y., Huerta, R. R., Saldana, M. D. A. (2019): Use of subcritical water technology to develop cassava starch/chitosan/gallic acid bioactive films reinforced with cellulose nanofibers from canola straw, *The Journal of Supercritical Fluids, Elsevier Ltd.*, **148**, 55-65.

PROGRAM STUDI SARJANA S1 BAHASA INDONESIA
POLITEKNIK STMI JAKARTA

Jalan Raya Cempaka Putih Timur No. 100
Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10110
Telp. (021) 42000000

Surabaya, 15 Februari 2023

Jakarta, 15 Februari 2023

Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Pusat Persewaan PT. Pratiwi, LRT
Jalan Cempaka Putih Timur No. 100
Jakarta Pusat 10110

Sehubungan dengan permohonan surat pengantar yang telah diterima dari Bapak/Ibu PT. Pratiwi, Jakarta, Kementerian Perhubungan RI, dengan ini kami sampaikan bahwa agar bantuan tersebut dapat segera diproses, kami mohon agar Bapak/Ibu bersedia melakukan koordinasi dengan pihak kami mengenai hal-hal yang berkaitan dengan surat pengantar tersebut.

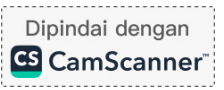
No.	1234	Subang, 15 Februari 2023
Tempat	Jakarta	Pada Hari

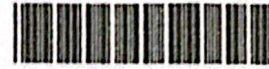
LAMPIRAN

1. Surat permohonan surat pengantar dari PT. Pratiwi, Jakarta, Kementerian Perhubungan RI, dengan ini kami sampaikan bahwa agar bantuan tersebut dapat segera diproses, kami mohon agar Bapak/Ibu bersedia melakukan koordinasi dengan pihak kami mengenai hal-hal yang berkaitan dengan surat pengantar tersebut.

Percaya dan Hormat,

Dr. S. Satrio Nugroho, S.Pd., M.Pd.
Ketua Program Studi





Nomor : 136 /BPSDMI/STMI/XI/2019
Lampiran :
Hal : Permohonan Penelitian

Jakarta, 25 November 2019

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Pusat Penelitian Biomaterial , LIPI
Kawasan Cibinong Science Center Jl. Raya
Bogor KM 46 Cibinong Bogor

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Bidang Kompetensi
1.	Bella Meilawati	1516030	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Pembantu Direktur I,

Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T
NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal



LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
(INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCE)
PUSAT PENELITIAN BIOMATERIAL
(RESEARCH CENTER FOR BIOMATERIALS)

Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong, Bogor 16911, Indonesia
Telp. +6221 87914511, Fax. (+6221) 87914510, E-mail: kontak@biomaterial.lipi.go.id
Website: www.biomaterial.lipi.go.id



Nomor : 2129 /IPH.4/KS.02.03/XII/2019
Lamp. : -
Hal : Perizinan Penelitian
a.n. Bella Meilawati

Cibinong, 17 Desember 2019

Yang terhormat,
Pembantu Direktur I
Politeknik STMI Jakarta
Jl. Letjen Suprpto No. 26
Cempaka Putih
Jakarta

Sehubungan dengan surat Saudara nomor 136/BPSDMI/STMI/XI/2019, tertanggal 25 November 2019, perihal Permohonan Penelitian, dengan ini kami sampaikan, bahwa pada prinsipnya kami dapat menerima mahasiswa berikut:

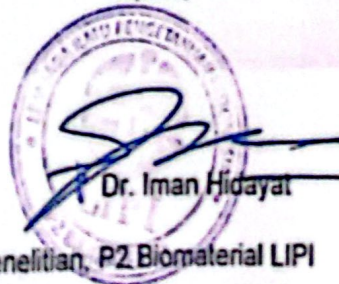
Nama : Bella Meilawati
NIP : 1516030

untuk melakukan kegiatan penelitian di Pusat Penelitian Biomaterial, LIPI, dibawah bimbingan Dr. Firda Aulya Syamani, pada periode 13 Januari – 13 Juli 2020. Mohon untuk mahasiswa yang akan melakukan kegiatan penelitian, dapat melaksanakan ketentuan yang berlaku, yang informasinya dapat diperoleh di Bidang Pengelolaan Penelitian, Pusat Penelitian Biomaterial LIPI.

Biaya administrasi bimbingan adalah sebesar Rp. 500.000,-/mahasiswa/6 bulan, dapat dibayarkan melalui rekening Bank BRI a.n. Bpn 023 Pusat Penelitian Biomaterial, dengan nomor rekening 0012-01-00-1692-30-2, Bank BRI KC Dewi Sartika, Bogor. Mohon konfirmasi kepada kami dalam 1 x 24 jam setelah pelaksanaan pembayaran.

Atas perhatian dan kerja sama yang diberikan, kami ucapkan terima kasih.

Kepala,


Dr. Iman Hidayat

Tembusan:

1. Kepala Bidang Pengelolaan Penelitian, P2 Biomaterial LIPI
2. Dr. Firda Aulya Syamani

Lampiran C Lembar Bimbingan Tugas Akhir

Nama : Bella Meilawati
 NIM : 1516030
 Judul : Pembuatan Bioplastik dari Pati Batang Kelapa Sawit dengan Penambahan Pati Sagu dan Polivinil Alkohol
 Pembimbing : Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
19 November 2019	-	Diskusi tempat penelitian	
2 Desember 2019	-	Memberikan informasi topik penelitian yang diberikan oleh Pembimbing Pusat Penelitian Biomaterial LIPI	
24 Januari 2020	-	1. Perbaikan proposal tugas akhir 2. Mengumpulkan proposal tugas akhir	
16 Maret 2020	I	Perbaikan latar belakang	
4 Mei 2020	I	Perbaikan kesalahan penulisan	
	II	Perbaikan isi tinjauan pustaka	
	III	Perbaikan matriks penelitian	
29 Mei 2020	II	Perbaikan ukuran gambar	
6 Juni 2020	II	Perbaikan penulisan sub-bab	
17 Juni 2020	III	Perbaikan penulisan bab	
15 Juli 2020	II	Perbaikan isi tinjauan pustaka	
	IV	Perbaikan penulisan sub-bab dan isi pembahasan	
27 Juli 2020	IV	Perbaikan isi pembahasan	
4 Agustus 2020	IV	Perbaikan isi pembahasan	
11 Agustus 2020	-	Perbaikan abstrak	
	II	Perbaikan isi tinjauan pustaka	
	III	Perbaikan matriks penelitian	

14 Agustus 2020	IV	Perbaiki isi pembahasan	
	IV	Perbaiki penulisan sub-bab dan isi pembahasan	
19 Agustus 2020	V	Perbaiki kesimpulan dan saran	
26 Agustus 2020	V	Perbaiki kesimpulan	
	-	Perbaiki PPT	

Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer

Dosen Pembimbing

Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.
NIP. 198505112014022001

Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP. 198210012014022001

Nomor : 203 /BPSDMI/STMI/PP/II/2020
Lampiran : 1 (satu)
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 2020

Yth. Ibu DR. Erfina Oktariani, S.T., M. T
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSDMI/STMI/PP/KEP/II/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Bella Meilawati
No. Induk : 1516030

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pembuatan Bioplastik dan Pati Batang Kelapa Sawit dan Pati Sagu Sebagai Plastik Penyerap Oksigen. "

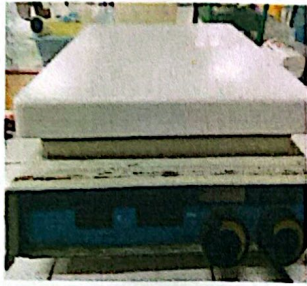
Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.



Tembusan:
1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;



Lampiran E Alat-alat



Hotplate



Neraca analitik digital



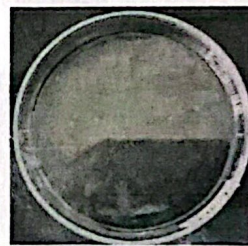
Neraca analitik digital



Gelas beaker



Magnetic Stirrer



Cawan Petri



Acrylic Sheet



Universal Testing Machine



Spektroskopi FTIR



Termometer



Batang pengaduk kaca

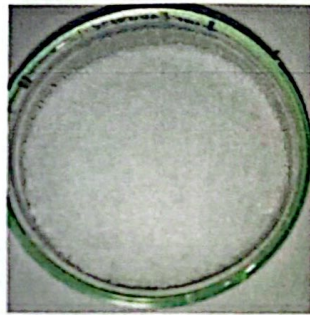
Lampiran F Bahan Baku



Pati Batang Kelapa Sawit



Pati Sagu



Polivinil Alkohol



Gliserol

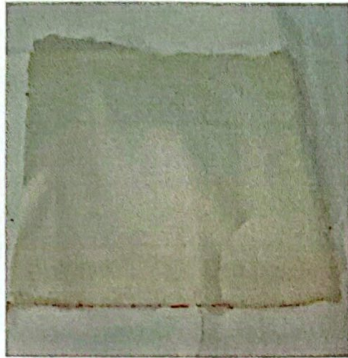


Asam Sitrat

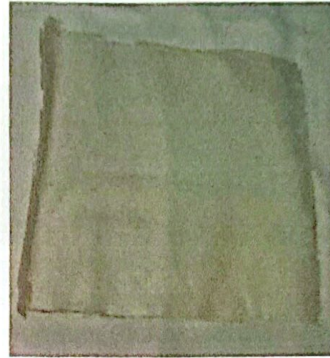


Asam Galat

Lampiran G Hasil Pembuatan Bioplastik



Bioplastik 100% Pati batang kelapa sawit/PVA/Asam sitrat



Bioplastik 75% Pati batang kelapa sawit/25% Pati sagu/PVA/Asam sitrat



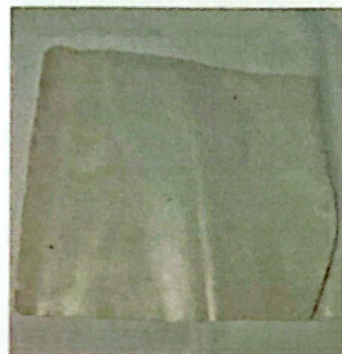
Bioplastik 50% Pati batang kelapa sawit/50% Pati sagu/PVA/Asam sitrat



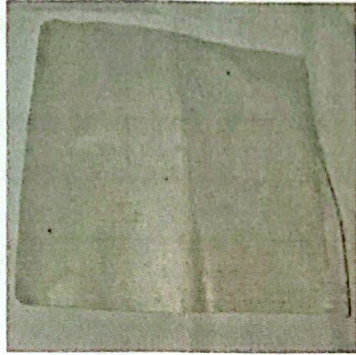
Bioplastik 25% Pati batang kelapa sawit/75% Pati sagu/PVA/Asam sitrat



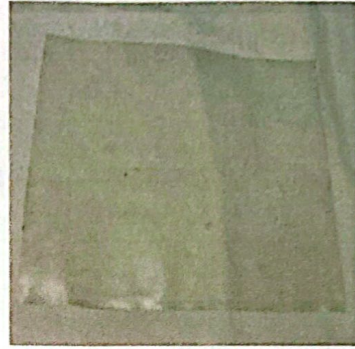
Bioplastik 100% Pati sagu/PVA/Asam sitrat



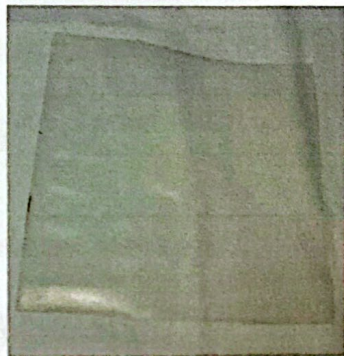
Bioplastik 100% Pati batang kelapa sawit/PVA/Asam galat



**Bioplastik 75% Pati batang
kelapa sawit/25% Pati
sagu/PVA/Asam galat**



**Bioplastik 50% Pati batang
kelapa sawit/50% Pati
sagu/PVA/Asam galat**



**Bioplastik 25% Pati batang
kelapa sawit/75% Pati
sagu/PVA/Asam galat**



**Bioplastik 100% Pati
sagu/PVA/Asam galat**