

No. Dok: 5005

Copy: 1

D
547-4
Kur
P

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN
PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* ZnO DAN
***PLASTICIZER* SORBITOL TERHADAP KARAKTERISTIK**
BIOPLASTIK DENGAN *BASE* POLIKAPROLAKTON

DI NANO CENTER INDONESIA

(Periode 06 Februari – 06 April 2017)

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi
Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



OLEH :

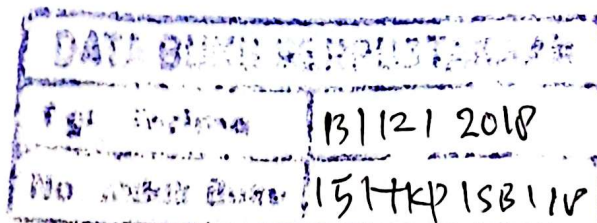
DINNA NURHIDAYAH 1513048

EGA RAHMAWATI SETIAWAN 1513049

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

2017

i



**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN

PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* ZnO DAN *PLASTICIZER*
SORBITOL TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DENGAN *BASE*
POLIKAPROLAKTON.

DISUSUN OLEH:

NAMA : DINNA NURHIDAYAH
EGA RAHMAWATI SETIAWAN

NIM : 1513048
1513049

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, 5 - Juli - 2017

Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Sakri Widhianto, S.Teks, M.M.
NIP. 195303171978031001

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG

JUDUL PENELITIAN :

PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* ZnO DAN *PLASTICIZER* SORBITOL
TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DENGAN *BASE*
POLIKAPROLAKTON

DISUSUN OLEH :

NAMA : 1. Dinna Nurhidayah
2. Ega Rahmawati Setiawan
NIM : 1. 1513048
2. 1513049
PROGRAM STUDI : Teknik Kimia Polimer

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir
Program Studi Teknik Kimia Polimer
Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, 20 November 2017

Penguji I



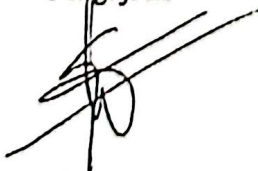
Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Penguji II



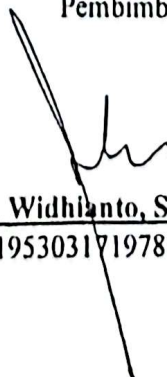
Ir. Parulian Leonard M, MM
NIP. 195702141985031002

Penguji III



Dr. Erfina Oktariani, ST, MT
NIP. 198210012014022001

Pembimbing



Sakri Widhiyanto, S.Teks, MM
NIP. 195303171978031001

LEMBAR PENGESAHAN
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

JUDUL PENELITIAN:

PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* ZnO DAN *PLASTICIZER*
SORBITOL TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DENGAN *BASE*
POLIKAPROLAKTON.

DISUSUN OLEH:

NAMA : DINNA NURHIDAYAH
EGA RAHMAWATI SETIAWAN
NIM : 1513048
1513049
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir
Program Studi Teknik Kimia Polimer
Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, 31 Juli 2017

Penguji I



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Penguji II



Fitia Ika Aryanti, ST, M.Eng
NIP. 198505112014022001

Pembimbing



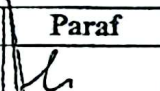
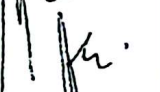







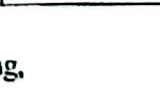
Sakri Widhianto, S.Teks, M.M.
NIP. 195303171978031001

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN LAPORAN TUGAS AKHIR
PENELITIAN

Nama : Dimna Nurhidayah 1513048
Ega Rahmawati Setiawan 1513049

Judul TA Penelitian : Pengaruh Penambahan *Filler ZnO* dan *Plasticizer Sorbitol*
Terhadap Karakteristik Bioplastik Dengan Base
Polikaprolakton

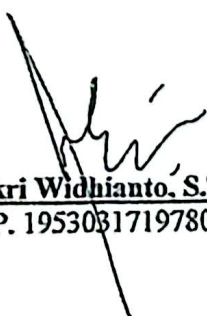
Pembimbing : Sakri Widhianto, S.Teks, M.M.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
02-02-17	-	Konsultasi judul penelitian	
04-04-17	I	Revisi tujuan penelitian dan latar belakang	
17-04-17	II	Penambahan tentang pengemas makanan pada tinjauan pustaka	
26-04-17	III	Revisi diagram proses penelitian	
10-05-17	IV	Penambahan pembahasan tentang nampak fisik dan buah kersen	
22-05-17	V	Penambahan pembahasan untuk mencari porsi bioplastik degradable yang optimum	
31-05-17	V	Revisi kesimpulan & saran	
12-06-17	Power point	Perbaiki background PPT & Penambahan foto sample pada slide	
16-06-17	Power point	Penyempurnaan isi slide	
20-06-17	-	Finalisasi laporan dan power point	

Mengetahui,
Kepala Program Studi
Teknik Kimia Polimer


Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing,


Sakri Widhianto, S.Teks, M.M.
NIP. 195303171978031001

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN

PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* ZnO DAN *PLASTICIZER* SORBITOL TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DENGAN *BASE* POLIKAPROLAKTON.

DISUSUN OLEH:

NAMA : DINNA NURHIDAYAH
EGA RAHMAWATI SETIAWAN
NIM : 1513048
1513049
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Tangerang Selatan, 5 Mei 2017

Telah diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing



Dwi Wahyu Nugroho, M.Si.

NIP: 201508008

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia :

Nama : Dinna Nurhidayah
NIM : 1513048
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul:

**PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* ZnO DAN *PLASTICIZER*
SORBITOL TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DENGAN
BASE POLIKAPROLAKTON**

- 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 karya tulis 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 karya Tugas Akhir saya.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti yang diatas, maka karya Tugas Akhir Penelitian kami ini dibatalkan.

Jakarta, 5 - Juli - 2017
Yang Membuat Pernyataan



Dinna Nurhidayah

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia :

Nama : Ega Rahmawati Setiawan
NIM : 1513049
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul:

**PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* ZnO DAN *PLASTICIZER*
SORBITOL TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DENGAN
BASE POLIKAPROLAKTON**

- 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 karya tulis 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 karya Tugas Akhir saya.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti yang diatas, maka karya Tugas Akhir Penelitian kami ini dibatalkan.

Jakarta, 5 - Juli - 2017
Yang Membuat Pernyataan



Ega Rahmawati Setiawan



Nomor : **023 /SJ-IND.7.2/1/2017**
Lampiran : **1 (satu)**
Perihal : **Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2016/2017**

Jakarta, 13 Januari 2017

Kepada
Yth. Bapak **Sakri Widhianto, S.Teks, MM**
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 26/SJ-IND.7.2 /SK/1/2017 tanggal 10 Januari 2017 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2016/2017, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : **Dinna Nur Hidayah**
No. Induk : **1513048**

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

" Karakteristik Sifat Fisika, Mekanik, dan Anti Mikroba Polimer Polietilen dan Polipropilen dengan penambahan ZnONP . "

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


Direktur
Dr. Mustofa, ST, MT

NIP: 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertiinggal



Nomor : Q22 /SJ-IND.7.2/III/2017
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2016/2017

Jakarta, 13 Februari 2017

Kepada
Yth. Bapak Sakri Widhianto, S.Teks, MM
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 26/SJ-IND.7.2 /SK/1/2017 tanggal 10 Januari 2017 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2016/2017, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Ega Rahmawati Setiawan
No. Induk : 1513049

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

" Karakteristik Sifat Fisika, Mekanik, dan Anti Mikroba Polimer Polietilen dan Polipropilen dengan penambahan ZnONP . "

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



NIP: 19700924 200312 1 001

Tembusan:

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



NANO CENTER INDONESIA

Education, Research & development and Technology Transfer

No : 082/SB/II/2017
Lampiran : -
Perihal : Penelitian

Serpong, 1 Februari 2017

Kepada Yth.
Dekan
POLITEKNIK STMI Jakarta
Di tempat,

Dengan Hormat,

Dengan ini Kami menyatakan bahwa nama – nama yang tercantum di bawah ini:

No	NIM	Nama
1	1513048	Dinna Nurhidayah
2	1513049	Ega Rahmawati Setiawan

diperkenankan untuk melakukan **Penelitian Skripsi** di Nano Center Indonesia sesuai dengan syarat dan ketentuan yang berlaku pada periode **06 Februari – 06 April 2017** Untuk korespondensi lebih lanjut dapat menghubungi tim riset kami, **Puji Siswanti (+6282135234332)**.

Demikian yang dapat kami sampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,

Suryandaru, M.T.

Direktur Nano Center Indonesia

R&D Office :

Gedung Technology Business Incubation Center (TBIC)
Kawasan PUSPIPTEK – Serpong 15310
Telp. : 0828-1708-1847

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini tepat pada waktunya. Penulisan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini dilakukan untuk diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Kami menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini, sangatlah sulit bagi kami untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas berkat Rahmat-Nya kami dapat menyelesaikan penelitian ini.
2. Orang tua, kakak, adik dan semua keluarga kami yang telah memberikan dukungan secara moril maupun material.
3. Dr. Mustofa, ST, MT, selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
4. Ir. Roosmariharso, MBA, selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Sakri Widhianto, S.Teks., MM., selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu kami, memberikan arahan dan masukan dalam menyelesaikan penelitian ini.
6. Dwi Wahyu Nugroho, M.Si., selaku pembimbing penelitian di Nano Center Indonesia yang telah banyak membantu kami, memberikan ilmu, arahan, masukan, dalam melaksanakan penelitian ini.
7. Mas Hamdan, Mas Nanda, Mba Puji, Mas Kurniawan, selaku pihak Nano Center Indonesia yang telah banyak membantu, menyediakan waktu, memberikan arahan dan saran, selama berlangsungnya penelitian.
8. Teman-teman Universitas Teknik Sumbawa selaku teman penelitian di Nano Center Indonesia yang telah berbagi ilmu, memberikan semangat dan pengalaman.

9. Sahabat serta teman-teman Teknik Kimia Polimer 2013 yang selalu memberikan semangat sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian ini.
10. Serta kepada semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu selama penelitian.

Akhir kata, kami berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Laporan Tugas Akhir Penelitian ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu. Apabila ada kekurangan, kami mohon maaf. Kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi perbaikan laporan ini.

Jakarta, Juli 2017

Penulis

ABSTRAK

Saat ini sedang banyak dikembangkan jenis polimer yang bersifat *biodegradable* sebagai pengemas makanan, salah satunya adalah polimer yang berasal dari golongan poliester alifatik, yaitu *polycaprolactone* (PCL). Salah satu cara memperoleh sifat polimer yang diinginkan sesuai dengan aplikasi adalah dengan menambahkan *plasticizer* dan *filler* ke dalam campuran polimer. Penelitian ini membuat *film* bioplastik PCL dengan penambahan *plasticizer* sorbitol dan *filler* ZnO. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan *plasticizer* sorbitol dan *filler* ZnO terhadap karakteristik bioplastik PCL sebagai pengemas makanan serta mengetahui komposisi *plasticizer* sorbitol dan *filler* ZnO yang optimum pada bioplastik PCL sebagai plastik pengemasan. Metode pembuatan *film* bioplastik PCL menggunakan metode *solution casting*. Variasi konsentrasi *filler* ZnO yang ditambahkan adalah sebesar 0%, 1%, 3%, 5% dan 7% dan konsentrasi *plasticizer* sorbitol sebesar 0% dan 3%. *Film* bioplastik PCL yang dihasilkan selanjutnya diuji sifat mekanik, sifat biodegradabilitas, SEM dan susut bobot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan sorbitol 3% dengan variasi konsentrasi ZnO dapat menurunkan nilai kuat tarik namun dapat meningkatkan nilai elongasi, biodegradabilitas dan susut bobot sedangkan penambahan variasi konsentrasi ZnO tanpa sorbitol dapat meningkatkan nilai kuat tarik namun dapat menurunkan nilai elongasi, biodegradabilitas dan susut bobot. Hasil analisa SEM pada sampel bioplastik PCL dengan variasi 1% ZnO tanpa sorbitol dan bioplastik PCL dengan variasi 5% ZnO dengan sorbitol 3%, menunjukkan permukaan yang kurang homogen, masih terdapat persebaran ZnO yang tidak merata. Bioplastik yang terbentuk belum mendapatkan komposisi yang optimum yang mendekati sifat mekanik dari HDPE dan eniplast.

Kata kunci: bioplastik, pengemas makanan, *Polycaprolactone* (PCL), sorbitol, ZnO.

ABSTRACT

Biodegradable polymer is developing as food packaging, one of them is polymer from aliphatic polyester group, polycaprolactone (PCL) one of ways to reach polymer properties what needed is adding plasticizer and filler into blend of polymer. This research is make PCL bioplastic film by adding sorbitol plasticizer and ZnO filler. The purpose of this research is to know addition of sorbitol plasticizer and ZnO filler effect to PCL bioplastic characters as food packaging and to know optimum sorbitol plasticizer and ZnO filler composition as plastic packaging. Method of making PCL bioplastic films is using solution casting method. Variation of ZnO filler concentration added are 0%, 1%, 3%, 5% and 7% and sorbitol plasticizer concentration added are 0% and 3%. After that, PCL bioplastic film are tested mechanic properties, biodegradability properties, SEM and shrinkage. The result of research shows that addition of sorbitol 3% with variation of ZnO concentration can decrease tensile value but it can increase elongation value, biodegradability properties and shrinkage. The result of SEM analyse on PCL bioplastic sample with 5% ZnO and sorbitol 3% variation shows that surface has less homogenous distribution of ZnO is uneven. Bioplastic formed hasn't get the optimum composition to approach mechanic properties of HDPE and enviplast.

Keywords: *bioplastic, food packaging, Polycaprolactone (PCL), sorbitol, ZnO.*

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SEMINAR TA PENELITIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SIDANG TA PENELITIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iv
LEMBAR SURAT TUGAS DOSEN PEMBIMBING	v
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN	vi
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN	vii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	viii
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN LAPORAN TA PENELITIAN	x
HALAMAN SURAT KETERANGAN DITERIMA PENELITIAN	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
ABSTRAK.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR SIMBOL	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Plastik Sebagai Kemasan Makanan.....	5
2.2 Biopolimer.....	8
2.2.1 <i>Polycaprolactone</i> /Polikaprolakton (PCL).....	9
2.2.2 Poliasamlaktat (PLA).....	11

2.2.3 Poliasamglikolat	12
2.3 Bioplastik.....	12
2.4 <i>Plasticizer</i>	13
2.4.1 Sorbitol.....	14
2.4.2 Butil Benzil Phthalate	15
2.4.3 Gliserol.....	15
2.4.4 Polietilen Glikol.....	16
2.5 <i>Filler</i>	16
2.5.1 <i>Zinc Oxide</i> /Seng Oksida (ZnO).....	16
2.5.2 Kalsium Karbonat.....	17
2.5.3 Selulosa	17
2.5.4 <i>Carbon Fiber</i>	18
2.6 Pelarut	18
2.6.1 <i>Dichloromethane</i> /Diklorometan (DCM)	18
2.6.2 Asam Asetat	19
2.7 Karakterisasi.....	20
2.7.1 Uji Sifat Mekanik	20
2.7.2 Uji Morfologi	22
2.7.3 Uji Biodegradabilitas	23
2.7.4 Uji Susut bobot.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2 Alat dan Bahan.....	26
3.2.1 Alat	26
3.2.2 Bahan	26
3.3 Variabel.....	27
3.3.1 Variabel Tetap	27
3.3.2 Variabel Berubah.....	27
3.4 Prosedur Penelitian.....	27
3.4.1 Tahapan Pembuatan Bioplastik PCL	28
3.4.2 Karakterisasi <i>Film</i> Bioplastik.....	31

3.4.2 Karakterisasi <i>Film</i> Bioplastik.....	31
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Pembuatan <i>Film</i> Bioplastik PCL.....	34
4.2 Uji Sifat Mekanik	35
4.3 Uji Biodegradabilitas.....	39
4.4 Uji <i>Scanning Electron Miscroscopy</i> (SEM)	42
4.5 Uji Susut bobot.....	44
4.6 Kondisi Optimum Bioplastik PCL Sebagai Plastik Kemasan	47
BAB V PENUTUP.....	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pembentukan Polikaprolakton.....	10
Gambar 2.2	Polikaprolakton (PCL).....	10
Gambar 2.3	Proses Polimer Terplastifikasi	13
Gambar 2.4	ZnO	17
Gambar 2.5	Struktur Diklorometan	19
Gambar 2.6	Struktur Asam Asetat.....	20
Gambar 2.7	<i>LFPlus Series Digital</i>	21
Gambar 3.1	Diagram Proses Pembuatan <i>Film</i> Bioplastik PCL.....	28
Gambar 3.2	Proses Pengujian Sifat Mekanik Sampel	31
Gambar 3.3	Aliran Proses Biodegradasi Dengan Metode <i>Soil Burial Test</i>	32
Gambar 3.4	Aliran Proses Uji Susut Bobot.....	33
Gambar 4.1	Film Bioplastik Tanpa <i>Plasticizer</i>	35
Gambar 4.2	Film Bioplastik Dengan <i>Plasticizer</i> Sorbitol 3%	35
Gambar 4.3	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Filler</i> ZnO dan <i>Plasticizer</i> Sorbitol Terhadap Kuat Tarik <i>Film</i> Bioplastik PCL.....	37
Gambar 4.4	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Filler</i> ZnO dan <i>Plasticizer</i> Sorbitol Terhadap Elongasi <i>Film</i> Bioplastik PCL	38
Gambar 4.5	Pengaruh Variasi <i>Filler</i> ZnO dan <i>Plasticizer</i> Sorbitol Terhadap Degradasi <i>Film</i> Bioplastik PCL.....	41
Gambar 4.6	Permukaan Bioplastik PCL FC2 Dengan Perbesaran 3500x	43
Gambar 4.7	Permukaan Bioplastik PCL FC9 Dengan Perbesaran 3500x	4
Gambar 4.8	Hasil Uji Pengemas Buah Kersen Terhadap Variasi <i>Film</i> Bioplastik PCL&Plastik Komersial Serta Buah Kersen Tanpa Pengemasan ...	46
Gambar 4.9	Buah Kersen Dengan Pengemasan Bioplastik PCL variasi ZnO 3% Tanpa Sorbitol	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Sifat Mekanik HDPE Dengan Enviplast	6
Tabel 2.2	Sifat Fisik Polikaprolakton	10
Tabel 2.3	Sifat Fisik Poliasamlaktat	11
Tabel 2.4	Spesifikasi Alat Uji <i>LFPlus Series Digital Testing</i>	21
Tabel 3.1	Formulasi Pembuatan <i>Film</i> Bioplastik PCL Dengan Variasi Konsentrasi ZnO Dan Tanpa <i>Plasticizer</i> Sorbitol	29
Tabel 3.2	Formulasi Pembuatan <i>Film</i> Bioplastik PCL Dengan Variasi Konsentrasi ZnO Dan <i>Plasticizer</i> Sorbitol 3%.....	30
Tabel 4.1	Hasil Uji Kuat Tarik Dan Elongasi Bioplastik PCL	36
Tabel 4.2	Hasil Uji Biodegradabilitas Bioplastik PCL Dengan Variasi Konsentrasi ZnO 0%,1%,3% Dan 7% Tanpa <i>Plasticizer</i> Sorbitol ...	40
Tabel 4.3	Hasil Uji Biodegradabilitas Bioplastik PCL Dengan Variasi Konsentrasi ZnO 0%,1%,3%&7% Dan <i>Plasticizer</i> Sorbitol 3%	40
Tabel 4.4	Hasil Uji Biodegradabilitas Plastik Komersial.....	40
Tabel 4.5	Hasil Uji Pengemas Buah Kersen Yang Dikemas Dengan <i>Film</i> Bioplastik PCL Dengan Variasi ZnO 0%,1%,3%&7% Tanpa <i>Plasticizer</i> Sorbitol.....	44
Tabel 4.6	Hasil Uji Pengemas Buah Kersen Yang Dikemas Dengan <i>Film</i> Bioplastik PCL Dengan Variasi ZnO 0%,1%,3%&7% Dan <i>Plasticizer</i> Sorbitol 3%.....	44
Tabel 4.7	Hasil Uji Buah Kersen Tanpa Pengemasan Dan Buah Kersen Dengan Pengemasan Plastik Komersial	45
Tabel 4.8	Perbandingan Hasil Karakterisasi Bioplastik PCL Dengan Penambahan <i>Filler</i> ZnO dan <i>Plasticizer</i> Sorbitol Dengan HDPE dan Enviplast.....	48

DAFTAR SIMBOL

A	: Luas penampang (ft^2)
F	: Gaya (N)
W1	: Massa sampel pada hari ke 0 (g)
W2	: Massa sampel pada hari ke 2, 4, 6, 8, 10 (g)
X	: Berat bahan sebelum pengemassan (g)
Y	: Berat bahan setelah pengemassan pada hari ke 1, 2, 3, 4, 5 (g)
ϵ	: Elongasi (%)
σ	: Tegangan tarik (N/mm^2)

BAB I

PENDAHULUAN

MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca : Ibadah, Mengambil : Dosa

1.1 Latar Belakang

Plastik sebagai bahan pengemas dan pelapis mengalami peningkatan kebutuhan setiap tahunnya baik secara nasional ataupun internasional. Peningkatan pemakaian plastik ini menimbulkan masalah serius terhadap lingkungan dikarenakan sulitnya untuk terdegradasi (Putra, Bimo A., 2016). Karena sifatnya yang ringan, kuat, praktis, tahan air, mudah dibentuk dan harga relatif murah menyebabkan plastik menjadi pilihan utama sebagai material yang aplikatif (Dewi, A.P., Zaini, E., & Djamaan., 2014).

Kemasan plastik memiliki beberapa keunggulan yaitu sifatnya kuat tapi ringan, *inert*, tidak karatan dan bersifat termoplastis (*heat seal*) serta dapat diberi warna. Sifat permeabilitas plastik terhadap uap air dan udara menyebabkan plastik mampu berperan memodifikasi ruang kemas selama penyimpanan (Winarno, F.G., 1987)

Akan tetapi, material plastik mempunyai sifat yang merugikan, yaitu adanya zat-zat monomer dan molekul kecil lain yang terkandung dalam plastik yang dapat melakukan migrasi ke dalam bahan makanan yang dikemas (Dewi, A.P., Zaini, E., & Djamaan., 2014) dan sifatnya yang sulit terdegradasi (terurai) di alam, sehingga penggunaan material ini tidak dapat dipertahankan secara meluas dan terus-menerus karena akan menambah persoalan lingkungan dan kesehatan di waktu mendatang.

Untuk mencari jalan keluar dari permasalahan tersebut, berbagai kajian telah dilakukan untuk menghasilkan plastik *biodegradable*. Polimer biodegradabel (biopolimer) merupakan plastik ramah lingkungan yang mengalami penguraian apabila dibuang ke lingkungan, dengan hasil akhir berupa air dan gas karbondioksida tanpa meninggalkan sisa yang beracun dalam kurun waktu yang lebih cepat dibandingkan plastik sintetis. Selain itu juga memiliki sifat tahan air yang sangat baik seperti polimer sintetis, bersifat biokompatibilitas dan bio-

degradabilitas. Biopolimer yang banyak digunakan yaitu Poli(3-hidroksibutirat) atau P(3HB) dan poli(3-hidroksibutirat-ko-3-hidroksivalerat) atau P(3HB-ko-3HV). Kedua biopolimer ini mempunyai sifat yang hampir sama dengan polimer sintetik. Selain itu, biopolimer yang berasal dari golongan poliester alifatik seperti polikaprolakton (PCL) juga banyak dikembangkan saat ini (Dewi, A.P., Zaini, E., & Djamaan., 2014).

Polycaprolactone (PCL) merupakan salah satu poliester *biodegradable* yang menarik dan banyak digunakan. Pada penelitian ini PCL digunakan sebagai *base* dari bioplastik. Untuk menghasilkan bioplastik dengan sifat fisik dan mekanik yang baik maka diperlukan penambahan *filler* dan zat aditif. *Filler* yang ditambahkan kedalam bioplastik polikaprolakton (PCL) adalah ZnO, selain dapat meningkatkan sifat fisik bioplastik, bahan ini juga didapat dengan harga yang relatif murah. Sedangkan aditif yang digunakan berupa *plasticizer* sorbitol, ditambahkan guna untuk menambah sifat pemplastis pada bioplastik tersebut sehingga dapat meningkatkan persentase perpanjangan.

Penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* sudah banyak dilakukan tetapi tidak dengan *base* polikaprolakton melainkan dengan biopolimer lain. Seperti pada bioplastik dari pati singkong (Fathanah, Umi., Lubis, M.R., Rosnelly, C.M., & Moulana, R., 2013), hasil penelitian tersebut bahwa dengan adanya *plasticizer* sorbitol nilai kuat tarik dan elongasi menurun dan dilihat dari hasil uji SEM bahwa permukaan *Filmnya* pun tidak sepenuhnya merata.

Sehingga, akan dibuat plastik *biodegradable* (bioplastik) dengan bahan dasar polikaprolakton (PCL) dengan penambahan *filler* ZnO dan *plasticizer* sorbitol. Penambahan komposisi *filler* ZnO dan *plasticizer* sorbitol akan divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat mekanik, morfologi, biodegradabilitas dan susut bobot pada bioplastik yang terbentuk.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh *filler* ZnO dan *plasticizer* sorbitol dalam PCL terhadap sifat mekanik, morfologi, biodegradabilitas dan susut bobot pada bioplastik yang terbentuk.
2. Berapakah komposisi *filler* ZnO dan *plasticizer* sorbitol yang optimum terhadap bioplastik yang terbentuk.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi:

1. Metode yang digunakan pada pembuatan bioplastik adalah *solution casting*.
2. Sorbitol yang digunakan adalah sorbitol teknis.
3. *Plasticizer* sorbitol yang digunakan adalah variasi konsentrasi 0% dan 3%.
4. *Filler* ZnO yang digunakan adalah variasi konsentrasi 0%, 1%, 3%, 5% dan 7%.
5. Bahan yang dihasilkan pada penelitian ini adalah *Film* bioplastik PCL.
6. Uji mekanik yang dilakukan pada *Film* bioplastik PCL adalah kuat tarik dan elongasi.
7. Uji morfologi yang dilakukan pada *Film* bioplastik PCL adalah SEM.
8. Uji biodegradabilitas yang dilakukan pada *Film* bioplastik PCL adalah *soil burial test*.
9. Uji susut bobot dilakukan dengan cara pengemasan buah kersen dengan bioplastik PCL.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh *filler* ZnO dan *plasticizer* sorbitol dalam PCL terhadap sifat mekanik, morfologi, biodegradabilitas dan susut bobot pada bioplastik yang terbentuk.
2. Mengetahui komposisi *filler* ZnO dan *plasticizer* sorbitol yang optimum terhadap bioplastik yang terbentuk.

1.5 Manfaat Penelitian

Dapat memperoleh alternatif bahan kemasan dengan bahan baku yang dapat terdegradasi sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan, aman bagi kesehatan manusia dan memiliki sifat fungsional yang baik.

1.6 Sistematika Penelitian

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan penjelasan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai plastik sebagai kemasan makanan, biopolimer, bioplastik, polikaprolakton (PCL), *plasticizer*, pelarut, *filler*, dan karakteristik bioplastik.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang tempat dan waktu penelitian, bahan dan alat yang digunakan, variabel penelitian, diagram alir penelitian, prosedur pembuatan, serta prosedur penelitian dengan menggunakan uji sifat mekanik yaitu kuat tarik dan elongasi, uji biodegradabilitas, uji *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan uji susut bobot.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan pembahasan hasil uji mekanik yaitu kuat tarik dan elongasi, uji biodegradabilitas, uji *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan uji susut bobot dengan penambahan *plasticizer* sorbitol dan *filler ZnO* yang telah dilakukan beserta analisisnya.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik Sebagai Kemasan Makanan

Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik, namun ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terbentuk dengan menggunakan zat lain untuk menghasilkan plastik yang ekonomis (Dwiputri, Nanda., 2015). Plastik mempunyai peranan besar dalam kehidupan sehari-hari biasanya digunakan sebagai bahan pengemas makanan dan minuman karena sifatnya yang kuat, ringan, dan praktis. Plastik yang sering digunakan yaitu polimer sintesis seperti polipropilen (PP), polietilen (PE), *polivinil clorida* (PVC), polistiren (PS), dan polietilen tereftalat (PET) (Dwiputri, Nanda., 2015).

Plastik menurut sumbernya dibagi menjadi dua, polimer sintesis dan polimer alam. Plastik bersumber polimer sintesis adalah plastik yang sumbernya tidak terdapat secara alami, seperti *polyester*, polipropilen, polietilen, polikarbonat, dll. Sedangkan polimer alam adalah plastik yang sumbernya terdapat secara alami, plastik ini bersifat ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi kesehatan. Salah satu jenis plastik bersumber polimer sintesis adalah HDPE. HDPE merupakan polietilen dengan jumlah rantai cabang yang lebih sedikit dibandingkan dengan PE. Rantai cabang yang lebih sedikit ini membuat plastik HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Sedangkan salah satu jenis plastik bersumber polimer alam adalah enviplast yang diproduksi oleh PT Inter Aneka Lestari Kimia. Enviplast merupakan kantong plastik yang berbahan baku singkong, singkong dipilih karena mengandung amilosa yang dapat dipecah menjadi amilopektin. Amilopektin inilah yang akan diproses menjadi kantong nabati yang serupa dengan kantong plastik namun dapat terurai oleh mikroorganisme karena berasal dari bahan nabati. Pada tabel 2.1

menunjukkan perbandingan sifat mekanik dari plastik HDPE dengan plastik enviplast.

Tabel 2.1. Perbandingan Sifat Mekanik HDPE Dengan Enviplast

	HDPE	Enviplast
<i>Density (g/cm³)</i>	1.27 – 1.32	0.95
<i>Tensile strength (Mpa)</i>	12 – 18	25
<i>Elongation at break (%)</i>	225 – 300	500 – 600
<i>Surface resistivity (ohm/cm²)</i>	10 ^{7.5} – 10 ¹⁰	10 ¹⁴ – 10 ¹⁵

Sumber: (Saptorahardjo, A., 2016)

Penggunaan plastik sebagai kemasan pangan semakin meningkat seiring dengan perkembangan industri plastik. Namun demikian adanya berbagai kajian mengenai plastik terutama dampaknya terhadap kesehatan, telah membuka wawasan konsumen untuk lebih bijak dalam penggunaan plastik sebagai kemasan pangan. Pada prinsipnya, tidak ada satu pun jenis plastik yang mutlak aman untuk kemasan pangan. Keamanan penggunaan plastik sebagai kemasan pangan didasarkan pada jumlah migran atau monomer plastik (bahan-bahan kimia yang membentuk plastik) yang bermigrasi ke dalam pangan.

Kemasan adalah bungkus atau pelindung dari kata kemas yang kurang lebih artinya rapi atau bersih, jadi kemasan secara sederhana dapat diartikan suatu benda yang digunakan untuk membungkus atau untuk melindungi suatu barang agar rapi atau bersih.

Syarat-syarat kemasan pangan:

- Mempunyai kemampuan atau daya membungkus yang baik untuk memudahkan dalam penanganan, penggunaan, distribusi, penyimpanan dan penyusunan atau penumpukkan.
- Mempunyai kemampuan melindungi isinya dari berbagai risiko dari luar, misalnya perlindungan dari udara panas atau dingin, sinar atau cahaya matahari, bau asing, benturan atau tekanan mekanis, kontaminasi mikroorganisme, higienis dan tidak berbahaya B3.
- Mempunyai kemampuan sebagai daya tarik terhadap konsumen.
- Mempunyai ukuran, bentuk atau bobot yang sesuai dengan norma atau standar yang ada, mudah dibuang, dan mudah dibentuk atau dicetak.

Dalam plastik juga terkandung beberapa aditif yang diperlukan untuk memperbaiki sifat-sifat fisik kimia plastik itu sendiri. Bahan aditif yang ditambahkan tersebut disebut komponen nonplastik yang berupa senyawa anorganik atau organik yang memiliki berat molekul rendah. Bahan aditif dapat berfungsi sebagai pewarna, antioksidan, penyerap sinar UV, anti lekat dan masih banyak lagi (Winarno, F.G., 1987). Kemudahan bahan kemasan dan kemasan plastik dapat ditembus oleh beberapa jenis gas sangat dipengaruhi oleh tipe dan jumlah *plasticizer*, kelembaban udara dan suhu, tipe dan kualitas bahan pelapis (*coating material*) dan tingkat kristalisasi bahan (Mareta, T.D., dan Nur, Shofia., 2011). Penggunaan plastik sebagai bahan pengemas mempunyai keunggulan dibanding bahan pengemas lain karena sifatnya yang ringan, transparan, kuat, termoplastis dan selektif dalam permeabilitasnya terhadap uap air, O₂, CO₂. Sifat permeabilitas plastik terhadap uap air dan udara menyebabkan plastik mampu berperan memodifikasi ruang kemas selama penyimpanan (Winarno, F.G., 1987).

Sistem standarisasi produk pangan yang dikembangkan oleh Direktorat Standarisasi Produk pangan melibatkan tim ahli di bidang terkait dalam mengkaji regulasi yang berkaitan dengan keamanan pangan.

Pada dasarnya terdapat persyaratan-persyaratan yang dapat ditetapkan berkaitan dengan mutu kemasan sehubungan dengan keamanan pangan, diantaranya adalah :

1. Jenis bahan yang digunakan dan yang dilarang untuk kemasan pangan.
2. Bahan tambahan yang diizinkan dan yang dilarang untuk kemasan pangan.
3. Cemar.
4. Residu
5. Migrasi

Syarat lainnya, tidak ada komponen kemasan yang membahayakan kesehatan, plastik harus diuji migrasinya dengan cara yang sudah ditentukan, pewarna tidak boleh termigrasi ke dalam makanan yaitu logam Pb 0.01%, As 0.05%, Hg 0.05%, Cd 0.2%, Se 0.01%, amin primer 0.05% dan Ba 0.01%.

2.2 Biopolimer

Polimer merupakan senyawa yang disusun oleh molekul-molekul yang dicirikan oleh pengulangan berlipat ganda dari satu atau lebih jenis atom atau group atom (biasa disebut unit penyusun) yang dihubungkan satu sama lain dalam jumlah yang cukup sehingga memberikan seperangkat sifat yang tidak bervariasi (berubah atau dipengaruhi) oleh penambahan satu atau beberapa unit penyusunnya. Polimer dikelompokkan menjadi dua, yaitu polimer alami dan polimer sintesis. Polimer alami atau dikenal dengan biopolimer dihasilkan atau diturunkan dari sumber daya alam yang dapat diperbarui, dapat diuraikan dan tidak menghasilkan racun (Dauly, Muhammad R., 2014).

Biopolimer banyak dilirik oleh industri karena beberapa alasan, yaitu :

- Sumber daya alam yang tak terbatas
- *Bio-compatible* and *biodegradable* (dapat diuraikan)
- Mempunyai sifat mekanis yang baik
- Telah dirancang dan dioptimalkan secara alami untuk memenuhi suatu tugas tertentu
- Mudah untuk membuatnya dengan sifat seperti yang diinginkan.

Polimer alami yang banyak tersebar di alam antara lain pati, karet, khitosan, selulosa, protein dan lignin (Dauly, Muhammad R., 2014).

Walaupun biopolimer memiliki keunggulan kompetitif dari segi ketersediaan bahan baku yang dapat diperbaharui dan kelimpahannya, juga kemudahannya untuk didegradasi di lingkungan, namun pada aspek lainnya, secara umum biopolimer memiliki kekuatan mekanik yang lebih lemah dibandingkan polimer sintesis. Tentu hal ini dapat mengurangi peluang aplikasi biopolimer. Selain itu, sifat *insulator* (tidak dapat menghantarkan listrik) dari biopolimer membatasi aplikasi biopolimer dalam aplikasi *device electronic* dan *smart material*. Modifikasi sifat mekanik dan kemampuan menghantarkan listrik dari berbagai biopolimer telah banyak dilaporkan, baik dengan metode penyisipan elektrolit, logam, ataupun *filler conductive* melalui teknik komposit (Dauly, Muhammad R., 2014).

- Jenis Biopolimer

Ada tiga kelompok biopolimer yang menjadi bahan dasar dalam pembuatan plastik kemasan *biodegradable*, yaitu:

1. Campuran Biopolimer dengan Polimer Sintetis

Plastik jenis ini dibuat dari campuran granula pati (5-20%) dan polimer sintesis serta bahan tambahan (prooksidan dan autooksidan). Bahan ini memiliki nilai biodegradabilitas yang rendah.

2. Polimer Mikrobiologi (*Polyester*)

Biopolimer ini dihasilkan secara bioteknologis atau fermentasi dengan mikroba *genus Alcaligenes*. Biopolimer jenis ini diantaranya polihidroksi butirat (PHB), polihidroksi valerat (PHV), asam polilaktat (*polylactic acid*) dan asam poliglikolat (*polyglycolic acid*). Bahan ini dapat terdegradasi secara penuh oleh bakteri jamur dan alga. Namun oleh karena proses produksi bahan dasarnya yang rumit mengakibatkan harga kemasan *biodegradable* ini relatif mahal.

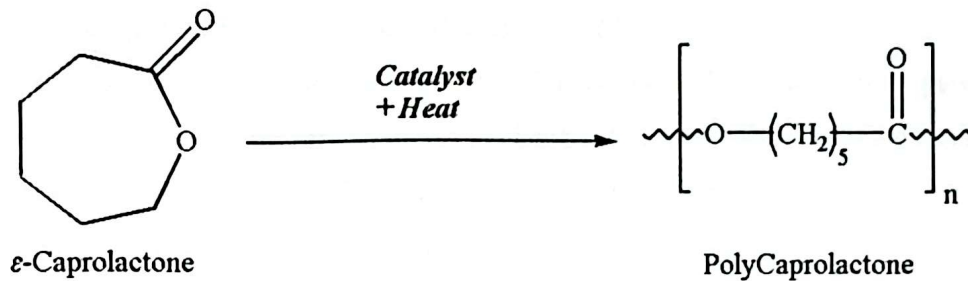
3. Polimer Pertanian

Biopolimer ini tidak dicampur dengan bahan sintesis dan diperoleh secara murni dari hasil pertanian. Polimer hasil pertanian mempunyai sifat termoplastik, sehingga mempunyai potensi untuk dibentuk atau dicetak menjadi plastik kemasan. Keunggulan polimer jenis ini adalah tersedia sepanjang tahun dan mudah hancur secara alami (*biodegradable*). Beberapa polimer pertanian yang potensial untuk dikembangkan adalah pati gandum, pati jagung dan kentang (Suri, 2014).

2.2.1 Polycaprolactone/Polikaprolakton (PCL)

Pada tahun 1973 ditemukan suatu semikristalin poliester alifatik yaitu *Polycaprolactone/Polikaprolakton* (PCL). Poliester ini ternyata tahan air dan mudah dibentuk menjadi lembaran, botol dan perlengkapan plastik lainnya. PCL merupakan plastik *biodegradabel* yang bersifat termoplastik dibentuk oleh proses polimerisasi pembukaan cincin dari monomer ϵ -kaprolakton. Untuk mempercepat proses polimerisasi dapat digunakan katalis seperti Sn oktoat. Alkohol dengan

berat molekul rendah digunakan sebagai inisiator dan berfungsi juga mengontrol berat molekul polimer (Gunatillake, P.A., & Andhikari, R., 2003).



Gambar 2.1. Pembentukan Polikaprolakton

Sumber: Gunatillake & Andhikari, 2003

PCL memiliki sifat tahan terhadap air, minyak, pelarut, dan klorin, mempunyai kekentalan rendah, mudah diproses secara termal, serta mempunyai titik leleh yang rendah, memiliki sifat mekanik yang cukup baik. Dengan titik leleh yang relatif rendah, dapat diproses dengan mudah menggunakan metode konvensional. Sifat fisik polikaprolakton dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Sifat Fisik Polikaprolakton

Sifat Fisik	Nilai
Suhu transisi kaca (°C)	-60
Titik leleh (°C)	60
Kuatan tarik (Mpa)	4
Elongasi (%)	800-1000
Densitas (g/cm ³)	1,145

Sumber: Lu, Y., & Chen, S. C., 2004



Gambar 2.2. Polikaprolakton (PCL)

PCL telah banyak digunakan dalam bidang yang berbeda seperti perancah dalam rekayasa jaringan, dalam mikroelektronik, sebagai perekat dan sebagai kemasan (Labet, & Thielemans, 2009). Baru-baru ini PCL juga di gunakan untuk kerajinan tangan, *prototype*, mainan, 3D *sculpture* dll.

Penggunaan PCL sebagai bioplastik sudah pernah dilakukan, seperti pada penelitian (Dewi, Zaini & Djamaan., 2014) PCL dilakukan pencampuran (*blending*) dengan polistiren dan P(3HB-ko-3HV) untuk memperbaiki sifat dari bioplastik tersebut. Hasil penelitian tersebut bahwa penambahan PCL dan P(3HB-ko-3HV) pada polistiren dapat meningkatkan terjadinya penguraian di lingkungan dan mendapatkan nilai kuat tarik dan titik leleh yang cukup baik walaupun tidak lebih baik dibanding dengan kuat tarik dan titik leleh *polistirene* murni. Pada penelitian ini PCL yang digunakan sebagai base tidak dilakukan pencampuran dengan polimer lain akan tetapi menggunakan *filler* dan *plasticizer* untuk memperbaiki sifat dari bioplastik PCL.

2.2.2 Poliasamlaktat (PLA)

Poliasamlaktat diproduksi pertama kali pada tahun 1932 oleh Wallace Carothers. Poliasamlaktat merupakan poliester termoplastik *linear* yang mengandung ikatan ester dan diproduksi dari sumber yang dapat diperbaharui. Ikatan ester tersebut menyebabkan PLA dapat terdegradasi secara hidrolisis baik melalui reaksi kimia maupun secara enzimatik. PLA mempunyai sifat biodegradabel, artinya PLA dapat terdegradasi secara alami oleh panas, cahaya, bakteri, maupun oleh proses hidrolisis. PLA dapat digunakan sebagai bahan pengemas karena tahan terhadap makanan berlemak dan sifat mekanisnya lebih baik daripada polimer komersial seperti polistirena. PLA dapat digunakan dalam industri medis karena PLA bersifat biokompatibel, tidak beracun, serta tidak menimbulkan alergi (Rosida, Anna. 2007).

Table 2.3. Sifat Fisik Poliasamlaktat

Sifat Fisik	Nilai
Suhu transisi kaca (°C)	55 – 70
Titik leleh (°C)	130 – 215
Kalor leleh (J g ⁻¹)	8.1-93.1
Densitas	1.25

PCL telah banyak digunakan dalam bidang yang berbeda seperti perancah dalam rekayasa jaringan, dalam mikroelektronik, sebagai perekat dan sebagai kemasan (Labet, & Thielemans, 2009). Baru-baru ini PCL juga di gunakan untuk kerajinan tangan, *prototype*, mainan, *3D sculpture* dll.

Penggunaan PCL sebagai bioplastik sudah pernah dilakukan, seperti pada penelitian (Dewi, Zaini & Djamaan., 2014) PCL dilakukan pencampuran (*blending*) dengan polistiren dan P(3HB-ko-3HV) untuk memperbaiki sifat dari bioplastik tersebut. Hasil penelitian tersebut bahwa penambahan PCL dan P(3HB-ko-3HV) pada polistiren dapat meningkatkan terjadinya penguraian di lingkungan dan mendapatkan nilai kuat tarik dan titik leleh yang cukup baik walaupun tidak lebih baik dibanding dengan kuat tarik dan titik leleh *polistirene* murni. Pada penelitian ini PCL yang digunakan sebagai base tidak dilakukan pencampuran dengan polimer lain akan tetapi menggunakan *filler* dan *plasticizer* untuk memperbaiki sifat dari bioplastik PCL.

2.2.2 Poliasamlaktat (PLA)

Poliasamlaktat diproduksi pertama kali pada tahun 1932 oleh Wallace Carothers. Poliasamlaktat merupakan poliester termoplastik *linear* yang mengandung ikatan ester dan diproduksi dari sumber yang dapat diperbaharui. Ikatan ester tersebut menyebabkan PLA dapat terdegradasi secara hidrolisis baik melalui reaksi kimia maupun secara enzimatik. PLA mempunyai sifat biodegradabel, artinya PLA dapat terdegradasi secara alami oleh panas, cahaya, bakteri, maupun oleh proses hidrolisis. PLA dapat digunakan sebagai bahan pengemas karena tahan terhadap makanan berlemak dan sifat mekanisnya lebih baik daripada polimer komersial seperti polistirena. PLA dapat digunakan dalam industri medis karena PLA bersifat biokompatibel, tidak beracun, serta tidak menimbulkan alergi (Rosida, Anna. 2007).

Table 2.3. Sifat Fisik Poliasamlaktat

Sifat Fisik	Nilai
Suhu transisi kaca (°C)	55 – 70
Titik leleh (°C)	130 – 215
Kalor leleh (J g ⁻¹)	8.1-93.1
Densitas	1.25

<i>Yield strength</i> , Mpa	49
Elongasi, %	2.5

2.2.3 Poliasamglikolat

Poliasamglikolat (PGA) adalah poliester alifatik *linear* yang paling sederhana. PGA telah digunakan dalam pengembangan benang operasi sintetik. Monomer glikolida disintesis dari dimerisasi asam glikolida. Polimerisasi pembukaan cincin menghasilkan bahan dengan berat molekul yang tinggi dengan perkiraan residual monomer 1-3%. PGA merupakan polimer kristalinitas tinggi (45-55%), dengan titik leleh yang tinggi (220-225 °C) dan suhu transisi gelas 35-40 °C. Tingginya derajat kristalinitas menyebabkan PGA tidak larut dalam kebanyakan pelarut organik. Serat dari PGA memperlihatkan kekuatan dan modulus yang tinggi serta terlalu keras jika digunakan sebagai benang operasi. Benang operasi yang terbuat dari PGA akan hilang kekuatannya sekitar 50% setelah dua minggu dan akan hilang 100% pada minggu keempat dan akan benar-benar terabsorpsi dalam 4 sampai 6 bulan. Glikolida telah dikopolimersasi dengan monomer lainnya untuk mengurangi sifat kaku pada serat yang dihasilkan (Suprayogi, Hendra., 2007).

2.3 Bioplastik

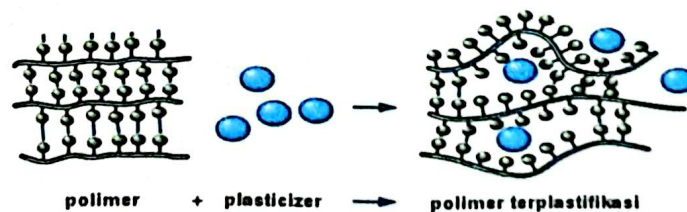
Bioplastik atau disebut juga *biodegradable plastik*. *Biodegradable* didefinisikan sebagai kemampuan mendekomposisi bahan menjadi karbondioksida, metana, air, komponen anorganik atau biomassa melalui mekanisme enzimatik mikroorganisme, yang bisa diuji dengan pengujian standard dalam periode waktu tertentu. *Biodegradable plastik* adalah plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Plastik *biodegradable* merupakan suatu bahan dalam kondisi dan waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimianya oleh pengaruh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan alga. Plastik *biodegradable* dapat pula diartikan sebagai suatu material polimer yang berubah menjadi senyawa dengan berat molekul rendah dimana paling sedikit satu atau

beberapa tahap degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami (Nisa, Ardiani M., 2015).

2.4 Plasticizer

Plasticizer adalah bahan berbobot molekul rendah yang ditambahkan dalam materi pembentuk *Film* polimerik yang dapat menurunkan suhu transisi gelas polimer (Han, J., 2005). Namun menurut Gennadios (2002) *plasticizer* adalah substansi bersifat *non volatile*, memiliki titik didih yang tinggi, tidak memisah dan ketika ditambahkan ke dalam materi lain dapat mengubah sifat fisik dan mekanik dari material tersebut. *Plasticizer* dapat meningkatkan daya aliran dan sifat termoplastik bahan plastik dengan penurunan viskositas polimer, suhu transisi gelasnya (T_g), suhu pelelehan (T_m) dan modulus elastis produk akhir. *Plasticizer* juga dapat menurunkan tenaga ikatan antar molekul mereduksi gaya *Van der Waals* serta menambah kekenyalan (Syarief, 2007).

Sifat dari *plasticizer* ditentukan oleh struktur kimianya sebab kemampuannya dalam memplastis dipengaruhi oleh polaritas dan fleksibilitas molekul. *Plasticizer* mampu menempatkan dirinya di antara molekul polimer sehingga mengganggu interaksi polimer-polimer dan meningkatkan fleksibilitas (Gambar 2.3).



Gambar 2.3. Proses Polimer Terplastifikasi

Sumber : Nisa, Ardiani M., 2015.

Proses plastisasi pada prinsipnya adalah dispersi molekul *plasticizer* ke dalam fasa polimer. Jika *plasticizer* mempunyai gaya interaksi dengan polimer, proses disperse akan berlangsung dalam skala molekul dan terbentuk larutan polimer-*plasticizer* yang disebut kompatibel. Sifat fisik dan mekanis polimer-terplastisasi yang kompatibel ini merupakan fungsi distribusi dari sifat komposisi *plasticizer* yang masing-masing komponen dalam sistem. Bila antara *plasticizer* dengan polimer tidak terjadi pencampuran koloid yang mantap berarti polimer dan *plasticizer* tidak kompatibel dan akan menghasilkan sifat fisik berkualitas rendah

(Ardiansyah, Ryan., 2011). Beberapa jenis *plasticizer* yang dapat digunakan dalam pembuatan *edible Film* antara lain: gliserol, *butil benzil phthalate*, polietilen glikol (PEG) dan sorbitol (Putra, Bimo A., 2016). Pada penelitian ini *plasticizer* yang digunakan adalah sorbitol.

2.4.1 Sorbitol

Sorbitol pertama kali ditemukan dari *juice Ash berry (Sorbus aucuparia L)* di tahun 1872. Setelah itu, sorbitol banyak ditemukan pada buah-buahan seperti apel, *plums*, pir, ceri, kurma, *peaches* dan *apricots*. Sorbitol adalah senyawa monosakarida *polyhidric alcohol*. Nama kimia lain dari sorbitol adalah hexitol atau glusitol dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Struktur molekulnya mirip dengan struktur molekul glukosa hanya yang berbeda gugus aldehyd pada glukosa diganti menjadi gugus alkohol (Dwiputri, Nanda. 2015).

Sorbitol dinyatakan GRAS (*Generally Recognized As Safe*) atau secara umum dikenal sebagai produk yang aman oleh *U.S. Food and Drug Administration* dan disetujui penggunaannya oleh Uni Eropa serta banyak negara di seluruh dunia. Mencakup Australia, Austria, Kanada dan Jepang (Suara merdeka, 2008).

Sifat-sifat Kimia :

- Berbentuk kristal pada suhu kamar
- Berwarna putih tidak berbau dan berasa manis
- Larut dalam air, *glycerol* dan *propylene glycol*
- Sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat dan *phenol*
- Tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik (Perry, 1950)

Sifat-sifat fisika sorbitol :

- *Specific gravity* : 1.472 (-5 °C)
- Titik lebur : 93 °C (*Metasable form*) 97,5 °C (*Stable form*)
- Titik didih : 296 °C
- Kelarutan dalam air : 235 g/100 g H₂O
- Panas pelarutan dalam air : 20.2 KJ/mol
- Panas pembakaran : -3025.5 KJ/mol

Sorbitol digunakan sebagai *plasticizer* pada pembuatan bioplastik. Bioplastik yang terbuat dari polimer alam (biopolimer) merupakan plastik ramah lingkungan

yang mengalami penguraian apabila dibuang ke lingkungan, namun di samping itu bioplastik mempunyai kekurangan pada sifat fisik dan mekaniknya, hal ini yang tidak memungkinkan bioplastik dapat digunakan secara luas seperti plastik komersial. Untuk menghilangkan kekurangan dari bioplastik tersebut maka digunakan sorbitol sebagai *plasticizer* untuk mengurangi kerapuhan, meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan *Film*. Selain sorbitol mudah di dapat, sorbitol merupakan *plasticizer* yang efektif karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler (Putra, Bimo A., 2016).

2.4.2 Butil Benzil Phthalate

Benzil butil phthalate (BBP) adalah ester asam ftalat yang dibuat dari benzil alkohol dan n-butanol. BBP muncul di bawah nama dagang misalnya Palatinol BB, Unimoll BB, Sicol 160, atau Santicizer 160. BBP banyak digunakan sebagai *plasticizer* di PVC, dll. BBP diklasifikasikan sebagai racun oleh *European Chemical Bureau* (ECB) dan karenanya penggunaannya di Eropa telah menurun dengan drastis dalam dekade terakhir. BBP dalam aturan *Food and Drugs Administration* (FDA) Amerika diizinkan untuk digunakan sebagai *plasticizer* pada dengan syarat batas ambang migrasi BBP ke makanan (FDA US, 2015). Di Indonesia, Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM RI) mengategorikan BBP sebagai *plasticizer* yang boleh digunakan dengan syarat nilai maksimum migrasi sebesar 30 ppm (Putra, Bimo A., 2016).

2.4.3 Gliserol

Gliserol merupakan senyawa yang banyak ditemukan pada lemak hewani maupun lemak nabati sebagai ester gliseril pada asam palmitat dan oleat. Gliserol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis tidak berwarna, cairan kental dengan titik lebur 20°C dan memiliki titik didih yang tinggi yaitu 290°C. Gliserol merupakan senyawa alkohol yang memiliki tiga gugus hidroksil. Gliserol memiliki nama baku 1,2,3-propanetriol. Gliserol dan sorbitol merupakan *plasticizer* yang efektif karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intramolekuler. Gliserol (1,2,3 propanetriol)

merupakan cairan yang tidak berwarna, tidak berbau dan merupakan cairan kental yang memiliki rasa manis (Ummah, N.A., 2013).

2.4.4 Polietilen Glikol

Polietilen glikol merupakan golongan senyawa polieter dari etilen oksida. Rumus umum polietilen glikol adalah $C_{2n}H_{4n+2}O_{n+1}$ dengan bobot molekul rata-rata sesuai dengan angka yang tertera setelahnya. Polietilen glikol memiliki sifat kelarutan yang baik di dalam air dan pelarut organik, sifat toksik yang rendah, serta tidak bersifat antigen dan immunogen (Nisa, Ardiani M. 2015).

PEG adalah bahan kimia, putih seperti lilin yang menyerupai paraffin. Berupa bentuk padat dalam pada suhu kamar, mencair pada suhu 104°F , memiliki berat molekul rata-rata 1000, mudah larut dalam air hangat, tidak beracun, non-korosif, tidak berbau, tidak berwarna dan memiliki titik lebur yang sangat tinggi (580°F) (Nisa, Ardiani M., 2015).

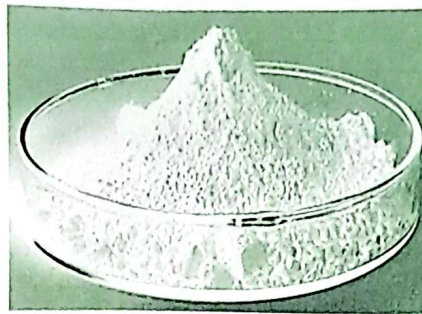
2.5 Filler

Filler berfungsi untuk menguatkan atau mengeraskan material dari suatu komposit. Beberapa jenis penguat yang biasa digunakan antara lain penguat yang berupa *fiber* dan partikel (Nugroho, Fajar A., 2012). Pada penelitian ini digunakan penguat berupa partikel, yaitu partikel *zinc oxide* (ZnO).

2.5.1 Zinc Oxide/Seng Oksida (ZnO)

Seng oksida adalah sebuah senyawa anorganik. ZnO biasanya terlihat dalam bentuk bubuk putih dan hampir tidak larut dalam air (Ardiansyah, Ryan., 2011) ZnO dapat digunakan untuk aplikasi yang luas seperti sel surta, sensor gas dan aplikasi lainnya baik pada divais-divais akustroelektrik, akusto-optik, elektronik maupun optoelektroni (Nugroho, Fajar A., 2012). Pada penelitian ini ZnO digunakan sebagai bahan pengisi untuk menambah kuat pada *Film* bioplastik guna memperbaiki sifat mekanik.

Struktur kristal ZnO menjadi inhibitor potensi mikroba dalam makanan menggunakan pendekatan sistem dengan anti mikroba lain. ZnO juga bersifat antimikroba dan transparan jika digunakan sebagai material *packaging* (Ardiansyah, Ryan., 2011).



Gambar 2.4. ZnO

2.5.2 Kalsium Karbonat

Kalsium karbonat ialah senyawa kimia dengan formula CaCO_3 . Senyawa ini merupakan bahan yang umum dijumpai pada batu di semua bagian dunia, dan merupakan komponen utama cangkang organisme laut, siput, bola arang, mutiara dan kulit telur. Kalsium karbonat merupakan *filler* yang paling umum digunakan dalam industri PVC. Penambahan kalsium karbonat dapat meningkatkan kekuatan plastik, tetapi berat produk yang dihasilkan juga meningkat sehingga biaya pengangkutan menjadi lebih tinggi. Selain itu, kalsium karbonat bersifat abrasif terhadap peralatan yang digunakan, sehingga memperpendek umur pemakaian (Setyawati, Dina., 2010).

2.5.3 Selulosa

Selulosa Merupakan Komponen utama penyusun jaringan dinding sel tumbuh-tumbuhan pada umumnya. Sumber selulosa didapatkan dari tumbuh-tumbuhan, alga, sebagian makhluk hidup dan bakteri. Selulosa merupakan zat karbohidrat (polisakarida) yang mempunyai rumus molekul $2(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ (n adalah derajat polimerisasi). Panjang suatu rangkaian selulosa tergantung pada derajat polimerisasinya. Jika suatu rangkaian selulosa semakin panjang, maka rangkaian selulosa tersebut akan mempunyai serat yang lebih kuat, lebih tahan terhadap pengaruh kimia, cahaya, dan mikroorganisme. Keunggulan material selulosa sangat luas, diantaranya *edibility*, *biocompatibility*, tidak beracun, *non-polluting* dan biaya murah serta melimpah di bumi (Moura, M. R., Mattoso, L. H., & Zucolotto, V., 2012). Selain itu selulosa mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- Dapat terdegradasi oleh hidrolisa, oksidasi, fotokimia, maupun secara mekanis sehingga berat molekulnya menurun.

- Tidak larut dalam air maupun pelarut organik, tetapi sebagian larut dalam pelarut alkali.
- Dalam keadaan kering, selulosa bersifat higroskopis, keras, dan rapuh. Jika selulosa mengandung cukup banyak air maka selulosa bersifat lunak.
- Selulosa dalam kristal mempunyai kekuatan lebih baik jika dibandingkan dengan amorfnya.

2.5.4 *Carbon Fiber*

Carbon fiber atau Serat karbon adalah polimer yang merupakan bentuk grafit. Grafit adalah bentuk karbon murni. Dalam grafit atom karbon disusun menjadi lembaran besar cincin aromatik heksagonal. Lembarannya terlihat seperti kawat ayam. Serat karbon adalah bentuk grafit dimana lembaran ini panjang dan tipis. Serat ini tidak digunakan sendiri. Sebagai gantinya, mereka digunakan untuk memperkuat bahan seperti resin epoksi dan bahan thermosetting lainnya. Komposit diperkuat serat karbon sangat kuat untuk beratnya. Mereka sering lebih kuat dari baja, tapi jauh lebih ringan. Karena ini, mereka dapat digunakan untuk mengganti logam dalam berbagai kegunaan, dari suku cadang untuk pesawat terbang dan pesawat ruang angkasa hingga raket tenis (Nayiroh, 2003).

Sifat-sifat *fiber-carbon*, yaitu sebagai berikut :

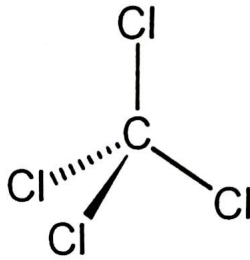
1. Densitas karbon cukup ringan yaitu sekitar 2,3 g/cc.
2. Struktur grafit yang digunakan untuk membuat fiber berbentuk seperti kristal intan.
3. Mempunyai karakteristik yang ringan, kekuatan yang sangat tinggi, kekakuan (modulus elastisitas) tinggi.
4. Memisahkan bagian yang bukan karbon melalui proses
5. Terdiri dari + 90% karbon
6. Dapat dibuat bahan turunan : grafit yang kekuatannya dibawah serat karbon

2.6 Pelarut

2.6.1 *Dichloromethane/Diklorometan (DCM)*

Dichloromethane, CH_2Cl_2 (DCM), juga dikenal sebagai metilen klorida, merupakan senyawa hidrokarbon alifatik terhalogenasi. Ini adalah cairan tak

berwarna dengan penetrasi seperti eter atau bau manis yang ringan, larut dalam air dan larut dalam pelarut organik seperti etanol, eter, fenol, aldehida dan keton. Tingkat penguapan adalah 27,5 DCM uap lebih berat daripada udara. DCM biasanya stabil, tidak mudah terbakar dan tidak meledak bila dicampur dengan udara, suhu di atas 100 °C harus dihindari. (WHO *Regional Office for Europe*, 2000).

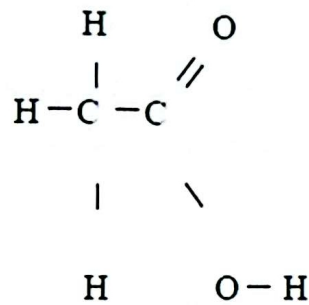


Gambar 2.5. Struktur Diklorometan
Sumber : Wikipedia, 2003

Kegunaan dari DCM adalah poliuretan *foam*, *degreasing* logam, pengupasan dan *degreasing* di industri elektronik, sebagai pelarut (WHO *Regional Office for Europe*, 2000). Pada penelitian ini DCM digunakan sebagai pelarut untuk PCL. Selain DCM, pelarut yang dapat melarutkan PCL pada suhu kamar adalah klorofom, karbon tetraklorida, benzene, toluene, sikloheksanon dan 2-nitropropan (Labet *and* Thielemans, 2009).

2.6.2 Asam Asetat

Nama asam asetat berasal dari kata Latin *asetum*, “*vinegar*”. Asam asetat, asam *etanoat* atau asam cuka adalah senyawa kimia asam organik yang merupakan asam karboksilat yang paling penting di perdagangan, industri, dan laboratorium dan dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam cuka memiliki rumus kimia $\text{CH}_3\text{-COOH}$, CH_3COOH , atau $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$. Struktur asam asetat:



Gambar 2.6. Struktur Asam Asetat

Sumber : Wikipedia, 2016

Asam asetat atau lebih di kenal sebagai asam cuka (CH_3COOH) adalah suatu senyawa berbentuk cairan, tak berwarna, berbau menyengat, memiliki rasa asam yang tajam dan larut di dalam air, alkohol, gliserol, dan eter. Pada tekanan atmosferik, titik didihnya $118,1^\circ\text{C}$. Asam asetat mempunyai aplikasi yang sangat luas di bidang industri dan pangan. Di Indonesia, kebutuhan asam asetat masih harus di import, sehingga perlu di usahakan kemandirian dalam penyediaan bahan (Hardoyono, 2007).

2.7 Karakterisasi

Untuk mengetahui sifat *Film* bioplastik PCL yang telah dibuat maka perlu dilakukan karakterisasi. Karakterisasi sifat *Film* bioplastik meliputi karakterisasi sifat mekanik kuat tarik dan elongasi dengan mesin LFPlus Series Digital, *Scanning Electron Microscopy* (SEM), biodegradabilitas serta uji susut bobot.

2.7.1 Uji Sifat Mekanik

Uji sifat mekanik dari bahan polimer diantaranya adalah uji kuat tarik dan uji elongasi. Kuat tarik merupakan ukuran besarnya beban atau gaya yang dapat ditahan sebelum suatu sampel rusak atau putus. Kekuatan tarik diukur dengan menarik polimer pada dimensi yang seragam. Tegangan tarik (σ) adalah gaya yang diaplikasikan (F) dibagi dengan luas penampang (A) (Rosida, Anna., 2007).

Pengujian kuat tarik akan menghasilkan kurva tegangan-regangan (*stress-strain*). Informasi yang diperoleh dari kurva tegangan-regangan untuk polimer adalah kekuatan tarik saat putus dan perpanjangan saat putus dari bahan. Kekuatan atau tegangan tarik diukur dengan menarik sekeping polimer dengan dimensi yang seragam (Rosida, Anna., 2007).

$$\sigma_{UTS} = \frac{F_{maks}}{A_0}$$

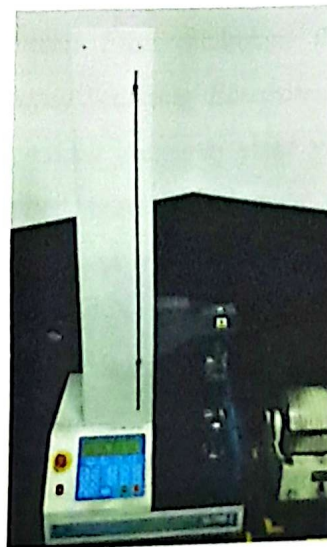
Perpanjangan tarik (elongasi, ϵ) adalah perubahan panjang sampel yang dihasilkan oleh ukuran tertentu panjang spesimen akibat gaya yang diberikan.

Nilai kuat tarik dan elongasi dari bioplastik dapat diukur menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)*. *LFPlus series digital* adalah alat yang mudah digunakan untuk pengukuran kekuatan dan pengujian material, *LFPlus series digital* cocok digunakan untuk pengujian *Film* plastik (AMETEK, 2001). Tabel 2.4 memperlihatkan spesifikasi dari mesin *LFPlus Series*.

Tabel 2.4 Spesifikasi Alat Uji LFPlus Series Digital Testing

Parameter	Keterangan
Kapasitas	1 kN
Kecepatan	0.05 – 1270 mm/min
Akurasi Kecepatan	< 0.2 %
Resolusi Ektensi	1,3 μ m
Panjang Daerah Pengujian	500 mm
Kecepatan Transfer Data	8 kHz
Layar	LCD
<i>Input/Output</i>	RS232 data serial
Energi	115/230 V
Sistem Pengukuran	ISO 7500 : 1999 ASTM E4
Berat	46 Kg

Sumber : *User manual LFPlus Universal Test Machine, AMETEK Inc*



Gambar 2.7. LFPlus Series Digital

Alat *LFPlus Series Digital* terdiri dari beberapa bagian yang penting, yaitu: (Aji, Zulfikar R., 2008)

1. *Crosshead*

Crosshead merupakan sistem penarik beban yang dapat bergerak naik-turun. Pada pengujian sampel, kecepatan *crosshead* perlu diperhatikan sesuai dengan spesifikasi sampel uji. Untuk sampel yang mempunyai *elongasi* kecil maka kecepatan *crosshead* rendah. Hal ini dapat meningkatkan sensitifitas alat uji untuk membaca setiap perubahan pada sampel.

2. Pembaca Beban (*Load Cell*)

Merupakan sistem pembaca beban. *Load cell* mempunyai batas kapasitas, pada alat yang kami gunakan mempunyai kapasitas load cell tidak lebih dari 1 kN. Jika beban melebihi kapasitas *load cell* maka kemungkinan *load cell* akan rusak.

3. Pemegang Spesimen (*Grips*)

Alat pemegang *specimen* harus sesuai dengan spesifikasi sampel. Jenis dan bentuk *grips* tergantung dimensi sampel. Jika jenis dan bentuk *grips* yang digunakan tidak sesuai dengan sampel yang diuji, maka kemungkinan besar akan terjadi kesalahan pada pengujian seperti terjadi *slip* pada pemegang, terbentuknya konsentrasi tegangan pada pemegang *specimen* dan kerusakan bahian *grips*.

2.7.2 Uji Morfologi

Uji morfologi permukaan *Film* dilakukan dengan menggunakan alat *Scanning Electrone Microscope*. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah alat mikroskop yang menggunakan pancaran sinar yang timbul akibat eksitasi elektron untuk melihat partikel berukuran mikron. Sejak tahun 1950 SEM dikembangkan dan banyak digunakan dalam bidang medis maupun dalam pengembangan ilmu pengetahuan. SEM telah banyak digunakan oleh para peneliti untuk menguji dan menemukan berbagai spesimen. Dibandingkan dengan mikroskop konvensional, SEM dapat menunjukkan gambar spesimen lebih jelas dan memiliki tingkat resolusi yang lebih tinggi (Hasanah, S.M., 2009).

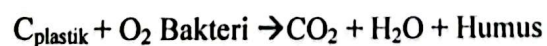
SEM mampu memfoto suatu permukaan dengan perbesaran dari 20 sampai 100.000 kali. Prinsip kerja SEM adalah permukaan contoh dibombardir oleh elektron berenergi tinggi dengan energi kinetik antara 1-25 kV. Elektron yang

langsung menumbuk contoh ini dinamakan elektron primer, sedangkan elektron yang terpantul dari contoh dinamakan elektron sekunder. Elektron sekunder yang berenergi rendah dilepaskan dari atom-atom yang ada pada permukaan contoh dan akan menentukan bentuk rupa contoh (Hasanah, S.M., 2009).

Berkas elektron diarahkan pada suatu permukaan spesimen yang telah dilapisi oleh suatu *Film* konduktor. Pelapisan ini bertujuan agar polimer yang digunakan dapat menghasilkan arus listrik sehingga dapat berinteraksi dengan berkas elektron. Bahan yang biasa digunakan untuk pelapisan adalah perak, tetapi jika dianalisis dalam waktu yang lama lebih baik menggunakan emas atau campuran emas dan palladium. Berkas elektron yang berinteraksi dengan spesimen dikumpulkan untuk menghasilkan sinyal. Sinyal ini digunakan untuk mengatur intensitas elektron pada suatu tabung televisi yang diarahkan serentak dengan sinar dari mikroskop. Interaksi berkas elektron dengan spesimen akan menghasilkan pola difraksi elektron yang dapat memberikan informasi mengenai kristalografi, jenis unsur dan distribusinya, dan morfologi dari permukaan bahan (Putra, Bimo A. 2016).

2.7.3 Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui apakah suatu bahan dapat terdegradasi dengan baik di lingkungan. Proses biodegradabilitas dapat terjadi dengan proses hidrolisis (degradasi kimiawi), bakteri/jamur, enzim (degradasi enzimatik), oleh angin dan abrasi (degradasi mekanik), cahaya (fotodegradasi). Proses ini juga dapat dilakukan melalui proses secara anaerobik dan aerobik. Pada penelitian ini uji biodegradasi dilakukan pada kondisi aerobik dengan bantuan bakteri dan jamur yang terdapat di tanah dengan reaksi sebagai berikut :



Metode yang digunakan adalah metode *soil burial test* yaitu dengan metode penanaman sampel dalam tanah. Sampel berupa *Film* bioplastik ditanamkan pada tanah yang ditempatkan dalam pot dan diamati per-hari sampai terdegradasi secara sempurna. Proses degradasi *Film* plastik dalam tanah. Analisis

biodegradasi *Film* plastik dilakukan melalui pengamatan *Film* secara visual (Dwiputri, Nanda., 2015).

Biodegradasi adalah penyederhanaan sebagian atau penghancuran seluruh bagian struktur molekul senyawa oleh reaksi-reaksi fisiologis yang dikatalisis oleh mikroorganisme. Biodegradabilitas merupakan kata benda yang menunjukkan kualitas yang digambarkan dengan kerentanan suatu senyawa (organik atau anorganik) terhadap perubahan bahan akibat aktivitas-aktivitas mikroorganisme. Degradasi secara umum terdiri atas 3 jenis, yakni: (1) degradasi kimia, yaitu degradasi oleh zat kimia; (2) degradasi fisik yang meliputi degradasi termal, mekanik, radiasi dan fotooksidasi; (3) biodegradasi oleh mikroorganisme seperti jamur, bakteri dan aktinomicetes. Proses degradasi kemudian berlanjut dengan jalan memperluas permukaan melalui pengikisan dan pelubangan material polimer. Dengan adanya pengikisan dan pelubangan ini, maka kecepatan degradasi akan meningkat karena lubang yang terbentuk mempercepat difusi oksigen dan enzim ke dalam matriks polimer (Ummah, N.A., 2013).

2.7.4 Uji Susut bobot

Kemasan plastik mulai diperkenalkan pada tahun 1900-an. Kemasan plastik ini diproduksi dengan tujuan untuk melindungi makanan yang ada di dalamnya, agar terhindar dari bakteri yang ada di lingkungan sehingga dapat memperlambat kebusukan pada makanan tersebut.

Respirasi menyebabkan terjadinya susut berat, karena respirasi melibatkan terjadinya pembongkaran senyawa-senyawa organik, sehingga senyawa-senyawa organik akan menurun kandungannya. Respirasi menghasilkan karbondioksida, oksigen dan energi yang berupa panas.

Salah satu cara untuk menahan laju penurunan mutu buah-buahan setelah panen adalah dengan pelilinan, pengemasan dan pendinginan. Pelilinan menahan proses respirasi dan transpirasi serta mengurangi proses evaporasi. Pendinginan bertujuan untuk menekan kecepatan respirasi sehingga masa simpan cukup panjang. Umur simpan produk pangan merupakan parameter ketahanan produk selama penyimpanan terutama jika kondisinya beragam (Sihombing, Yennita., 2015).

Peneliti melakukan uji susut bobot dengan cara mengemas buah kersen untuk melihat kemampuan bioplastik dari PCL dalam melindungi buah kersen dari kehilangan berat, menjaga kesegaran serta warna fisik. Buah kersen akan diamati setiap hari sekali selama lima hari.

Buah kersen memiliki ukuran yang kecil sehingga lebih mudah dalam pembungkusan, mudah di dapat dan yang sering kita lihat bahwa buah kersen yang sudah di panen tidak tahan lama atau mudah busuk dan mudah berubah warna. Atas dasar-dasar tersebut peneliti menggunakan buah kersen sebagai buah yang di amati dalam uji susut bobot.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Nano Center Indonesia di Kawasan Perkantoran Pemerintah Kota Tangerang Selatan Jl. Witanaharja, Pamulang, Banten 15417. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari s.d April 2017.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

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

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| a. <i>Casting</i> (Cetakan dari Kaca) | i. <i>Oven</i> |
| b. <i>Beacker Glass</i> Ukuran 250 ml | j. Keranjang Plastik |
| c. Pipet Ukur | k. <i>Universal Testing Machine</i> |
| d. Pipet Volume | (UTM) |
| e. Kaca Alroji | l. Instrumen SEM |
| f. Spatula | m. <i>Strip Cutter</i> |
| g. <i>Hotplate Stirrer</i> | n. <i>Thickness</i> |
| h. Neraca <i>Digital</i> Analitik | |

Gambar alat dapat dilihat pada lampiran A.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Polikaprolakton (PCL)
- b. Aquadest (H_2O)
- c. Sorbitol ($C_6H_{14}O_6$)
- d. Diklorometan (CH_2Cl_2)
- e. Seng Oksida (ZnO)
- f. Asam Asetat ($C_2H_4O_2$)

Gambar bahan dapat dilihat pada lampiran A.

3.3 Variabel

Pada penelitian ini menggunakan dua jenis variabel, yaitu variabel tetap dan variabel berubah.

3.3.1 Variabel Tetap

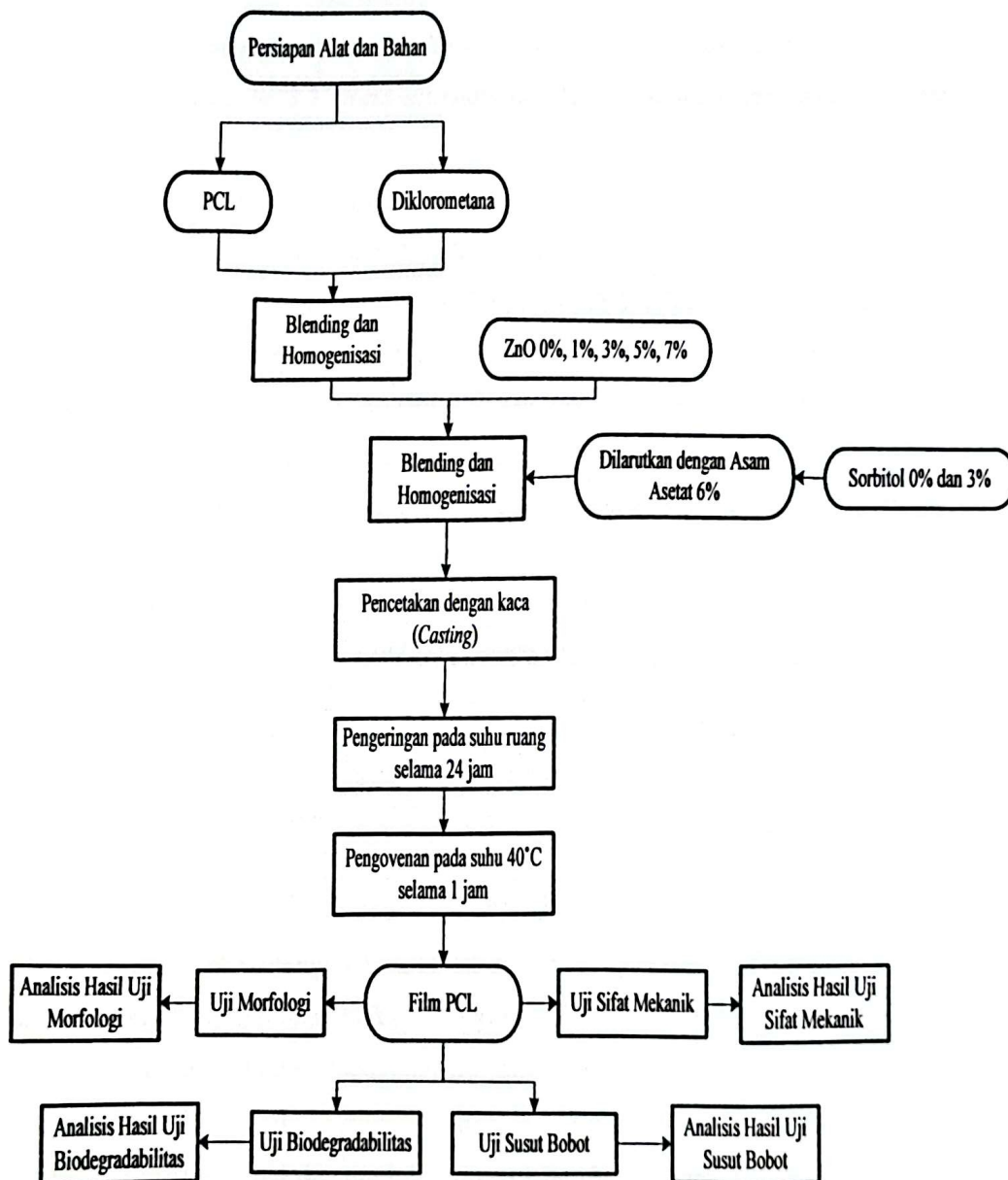
Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini adalah suhu pencampuran (27°C), volume total larutan bioplastik (20 ml), konsentrasi larutan PCL (0,1 g/ml), dan kecepatan pengadukan (200 rpm).

3.3.2 Variabel Berubah

Variabel berubah adalah variabel yang divariasikan selama penelitian berlangsung. Bertujuan untuk mencari titik optimasi atau titik yang terbaik pada setiap penelitian. Variabel berubah yang digunakan selama penelitian ini adalah konsentrasi *plasticizer* sorbitol (0% dan 3%) dan konsentrasi *filler* ZnO (0%, 1%, 3%, 5%, 7%).

3.4 Prosedur Penelitian

Pembuatan *Film* bioplastik PCL dilakukan dengan langkah-langkah pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Proses Pembuatan *Film* Bioplastik PCL

3.4.1 Tahapan Pembuatan Bioplastik PCL

Tahapan pembuatan bioplastik PCL dimulai dengan persiapan alat dan bahan, pembuatan *Film* bioplastik PCL dengan penambahan *filler* ZnO dan *plasticizer* sorbitol untuk memperbaiki sifat mekanik kemudian dilanjutkan dengan uji karakterisasi *Film* bioplastik PCL.

3.4.1.1 Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap prosedur penelitian diperlukan alat dan bahan yang sudah disebutkan pada point 3.2. maka sebelum dimulai penelitian, dipersiapkan alat dan bahan terlebih dahulu.

3.4.1.2 Pembuatan *Film* Bioplastik PCL

Pada pembuatan *Film* bioplastik digunakan metode *solution casting* (pencetakan larutan). Pembuatan *Film* bioplastik PCL dibuat dengan penambahan *filler* ZnO dengan konsentrasi 0%, 1%, 3%, 5%, 7% dan penambahan *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 0% dan 3% dari total volume larutan 20 ml. Larutan PCL dibuat dari sisa total volume larutan 20 ml.

1. Pembuatan *Film* bioplastik PCL dengan variasi konsentrasi ZnO dan Tanpa *Plasticizer*

Tabel 3.1. Formulasi Pembuatan *Film* Bioplastik PCL Dengan Variasi Konsentrasi ZnO Dan Tanpa *Plasticizer* Sorbitol

Sampel	Larutan PCL	ZnO	Sorbitol	Total Larutan
FC1	100%	0%	0%	20 ml
FC2	99%	1%		
FC3	97%	3%		
FC4	95%	5%		
FC5	93%	7%		

Timbang pelet PCL dengan konsentrsi massa 0,1 g/ml kemudian larutan PCL dibuat dengan melarutkan pelet PCL yang sudah ditimbang ke dalam pelarut diklorometan dan diaduk menggunakan *hotplate stirrer* dengan kecepatan 200 rpm pada suhu ruang hingga homogen. Setelah larutan PCL homogen ditambahkan *filler* ZnO dengan konsentrasi 0%, 1%, 3%, 5% dan 7% lalu diaduk menggunakan *hotplate stirrer* dengan kecepatan 200 rpm pada suhu ruang hingga homogen. Setelah campuran larutan bioplastik homogen kemudian campuran larutan bioplastik dituangkan ke cetakan kaca lalu dikeringkan selama 24 jam pada suhu ruang. *Film* bioplastik yang sudah tercetak dan kering kemudian dilepaskan dari cetakan kaca lalu dilakukan pengovenan dengan *dry box* pada suhu 40°C selama 1 jam untuk menghilangkan pelarut diklorometan yang masih tersisa dalam *Film* bioplastik PCL.

2. Pembuatan *Film* bioplastik PCL dengan variasi konsentrasi ZnO dan *Plasticizer* Sorbitol 3%

Tabel 3.2. Formulasi Pembuatan *Film* Bioplastik PCL Dengan Variasi Konsentrasi ZnO Dan *Plasticizer* Sorbitol 3%

Sampel	Larutan PCL	ZnO	Sorbitol	As. Asetat	Total Larutan
FC6	91%	0%	3%	6%	20 ml
FC7	90%	1%			
FC8	88%	3%			
FC9	86%	5%			
FC10	84%	7%			

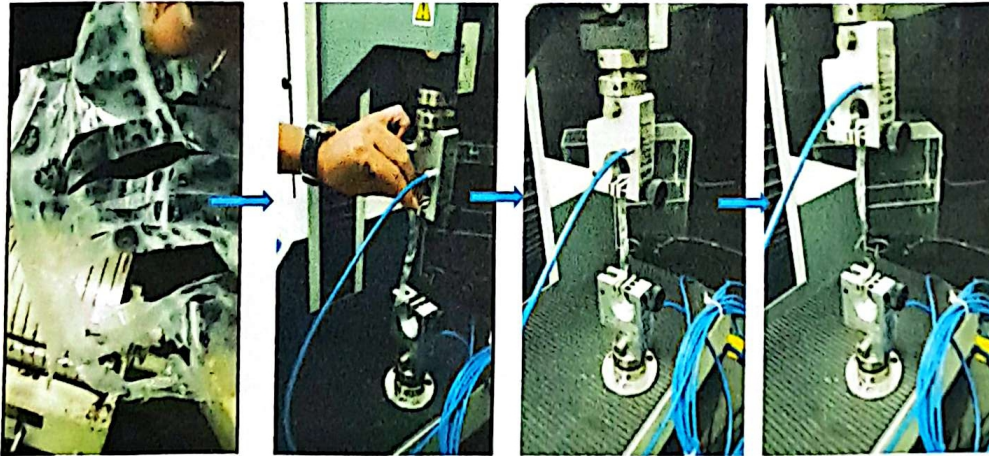
Timbang pelet PCL dengan konsentrasi massa 0,1 g/ml kemudian larutan PCL dibuat dengan melarutkan PCL yang sudah ditimbang kedalam pelarut diklorometan dan diaduk menggunakan *hotplate stirrer* dengan kecepatan 200 rpm pada suhu ruang hingga homogen (*beacker glass* I). Setelah larutan PCL homogen kemudian ditambahkan *filler* ZnO dengan konsentrasi 0%, 1%, 3%, 5% dan 7% (*beacker glass* I) lalu diaduk dengan *hotplate stirrer* dengan kecepatan 200 rpm pada suhu ruang hingga homogen. Dalam *beacker glass* yang berbeda sorbitol dengan konsentrasi 3% dicampur dengan asam asetat konsentrasi 6% menggunakan *hotplate stirrer* dengan kecepatan 200 rpm pada suhu ruang hingga homogen (*beacker glass* II). Setelah homogen larutan campuran sorbitol dengan asam asetat pada *beacker glass* II ditambahkan ke dalam larutan PCL dan ZnO pada *beacker glass* I kemudian diaduk menggunakan *hotplate stirrer* dengan kecepatan 200 rpm pada suhu ruang hingga homogen. Setelah campuran larutan bioplastik homogen kemudian campuran larutan bioplastik dituangkan ke cetakan kaca lalu di keringkan selama 24 jam pada suhu ruang. *Film* bioplastik yang sudah tercetak dan kering kemudian dilepaskan dari cetakan kaca lalu dilakukan pengovenan dengan *dry box* pada suhu 40°C selama 1 jam untuk menghilangkan pelarut diklorometan yang masih tersisa dalam *Film* bioplastik PCL.

3.4.2 Karakterisasi *Film* Bioplastik

Setelah dilakukan pembuatan *Film* bioplastik PCL selanjutnya dilakukan pengujian pada *Film* bioplastik PCL. Karakterisasi ini meliputi:

1. Uji Sifat Mekanik

Uji sifat mekanik dilakukan dengan menggunakan alat *LFPlus series digital* (ISO 7500:1999) untuk mengetahui nilai kuat tarik dan nilai elongasi *Film* bioplastik PCL yang dihasilkan. Sampel yang akan diuji terlebih dahulu di potong menggunakan *strip cutter* kemudian diambil satu *strip* sampel untuk diuji. Pengujian dilakukan dengan cara kedua ujung sampel dijepit pada mesin penguji sampai sampel yang diuji putus. Gambar 3.2 menunjukkan proses pengujian sifat mekanik sampel.



Gambar 3.2 Proses Pengujian Sifat Mekanik Sampel

2. Uji Biodegradabilitas (*Soil Burial Test*)

Film bioplastik PCL yang dihasilkan kemudian di uji sifat biodegradabilitas dengan menggunakan metode *soil burial test* atau metode penguburan dalam tanah. Metode ini bertujuan untuk melihat laju degradasi sampel sehingga akan bisa diramalkan berapa lama sampel tersebut akan terurai oleh mikroorganismenya dalam tanah (Ardiansyah, Ryan., 2011).

Prosedur uji biodegradabilitas dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Siapkan tanah yang berasal dari tempat sampah dan keranjang berdimensi balok.

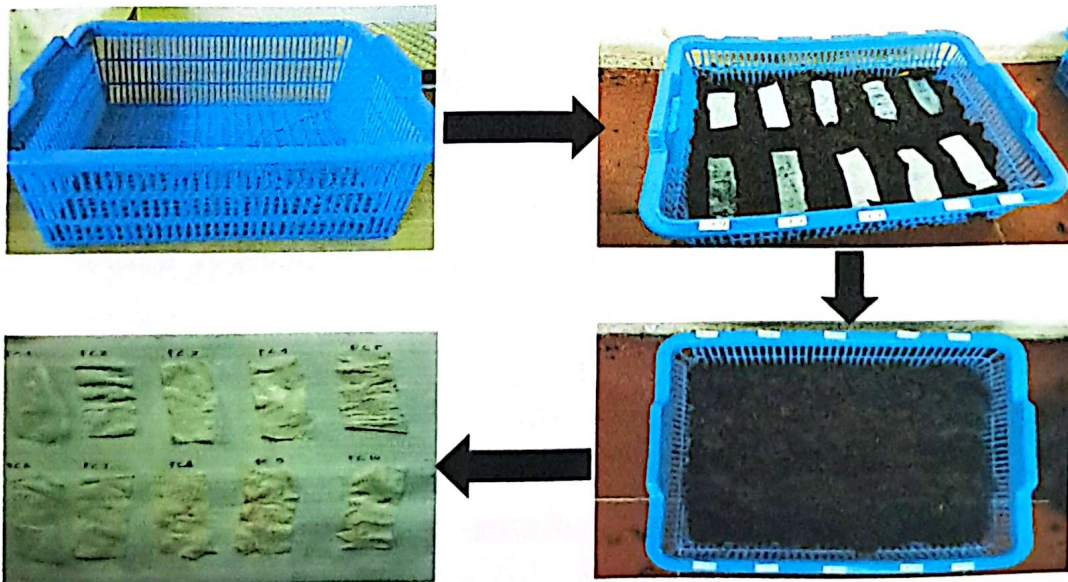
2. Letakkan tanah pada keranjang sampai ukuran setengah keranjang.
3. Siapkan 1 buah sampel bioplastik yang berukuran 2,4x7,5 cm untuk tiap-tiap variasi.
4. Sampel yang telah disiapkan kemudian diletakkan diatas keranjang yang sudah terisi tanah lalu menguburnya kembali dengan tanah.
5. Keluarkan sampel dari dalam tanah setiap dua hari sekali dan mencucinya hingga bersih kemudian dikeringkan dengan cara didiamkan sampai kering.
6. Lalu timbang sampel yang sudah kering menggunakan neraca analitik, setelah ditimbang kubur sampel kembali.
7. Lakukan hal yang sama sampai hari ke-10 pada setiap dua hari sekali.
8. Hitung % kehilangan berat dengan persamaan 3.1.

$$\% \text{ Kehilangan Berat} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

W1: Massa sampel pada hari ke 0 (g)

W2: Massa sampel pada hari ke 2, 4, 6, 8, 10 (g)



Gambar 3.3. Aliran Proses Biodegradasi Dengan Metode *Soil Burial Test*

3. Uji Susut bobot

Bioplastik telah banyak digunakan sebagai pengemas makanan, dalam hal ini buah-buahan untuk memperpanjang umur setelah panen, mengurangi perubahan

kualitas dan kuantitas, serta menghambat pertumbuhan mikroba (Colla, E., Sobral, P.J.A. & Menegalli, F.C., 2006). *Film* bioplastik yang dihasilkan dilakukan uji susut bobot dengan cara pengemasan buah kersen. Sebelum dilakukan pengemasan, buah kersen ditimbang terlebih dahulu, buah kersen di kemas dengan *Film* bioplastik dari tiap-tiap variasi sampel, dikemas dengan plastik komersial dan tanpa pengemasan. Kemudian diletakkan di atas wadah dalam ruangan lalu timbang buah kersen setiap satu hari sekali selama lima hari untuk mengamati perubahan berat buah kersen. Hitung susut bobot kersen dengan persamaan 3.2. (Harahap, Priadi A., 2009)

$$\% \text{ susut bobot} = \frac{(X-Y)}{X} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan:

X: Berat bahan sebelum pengemasan (g)

Y: Berat bahan setelah pengemasan pada hari ke 1, 2, 3, 4, 5 (g)



Gambar 3.4. Aliran Proses Uji Susut bobot

4. Uji Morfologi

Struktur morfologi *Film* bioplastik dianalisis menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang bertujuan untuk mengetahui struktur morfologi permukaan dari *Film* bioplastik PCL. Sampel *Film* dipotong kecil dan di pasang pada penampang visualisasi perunggu dengan menggunakan *double-side tape* lalu permukaan sampel di *coating* dengan emas tipis kemudian sampel dimasukkan kedalam alat SEM dan diamati permukaannya (Nisa, Ardiani M., 2015).

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan *Film* Bioplastik PCL

Pembuatan *Film* bioplastik ini dilakukan dengan cara melarutkan PCL dan mencampurkannya dengan *plasticizer* sorbitol dan *filler* ZnO dengan komposisi yang berbeda-beda (Tabel 3.1 dan Tabel 3.2). *Film* bioplastik PCL yang dihasilkan dapat diamati dengan cara pengamatan visual. Pengamatan dari *Film* tipis tersebut meliputi kehomogenan dan ketransparanan *Film*. *Film* tersebut homogen jika tidak terlihat lagi perbedaan antara komponen-komponen penyusunnya, baik dalam bentuk maupun warna karena komponen-komponennya telah tercampur secara merata (Rosida, Anna., 2007).

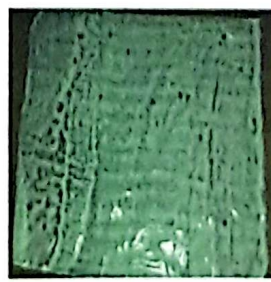
Hasil pembuatan *Film* bioplastik PCL terdapat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Dari gambar 4.1 a dan gambar 4.2. a tersebut menunjukkan *Film* yang transparan dimana komponen-komponen penyusun *Film* tersebut dapat dikatakan homogen. Sedangkan *Film* yang terdapat ZnO, semakin banyak ZnO warna *Film* semakin putih secara visual dapat dikatakan bahwa ZnO tidak sepenuhnya merata pada *Film* bioplastik, hal ini ditunjukkan dengan warna plastik yang tidak merata (Gambar 4.1 b, c, d, e dan Gambar 4.2 c, b). Namun semakin banyak ZnO dan sorbitol terlihat bahwa ZnO sepenuhnya merata pada *Film* bioplastik hal ini ditunjukkan dengan warna plastik yang putih merata (Gambar 4.2 d & e).



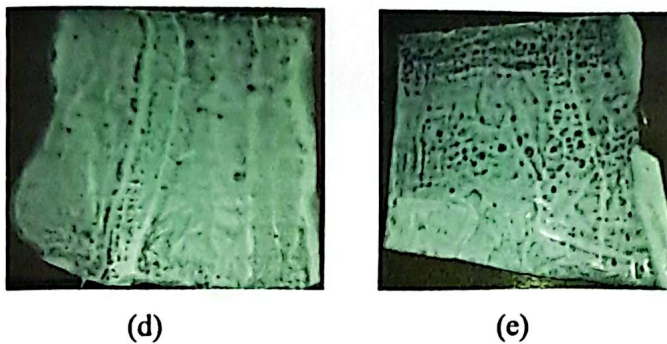
(a)



(b)



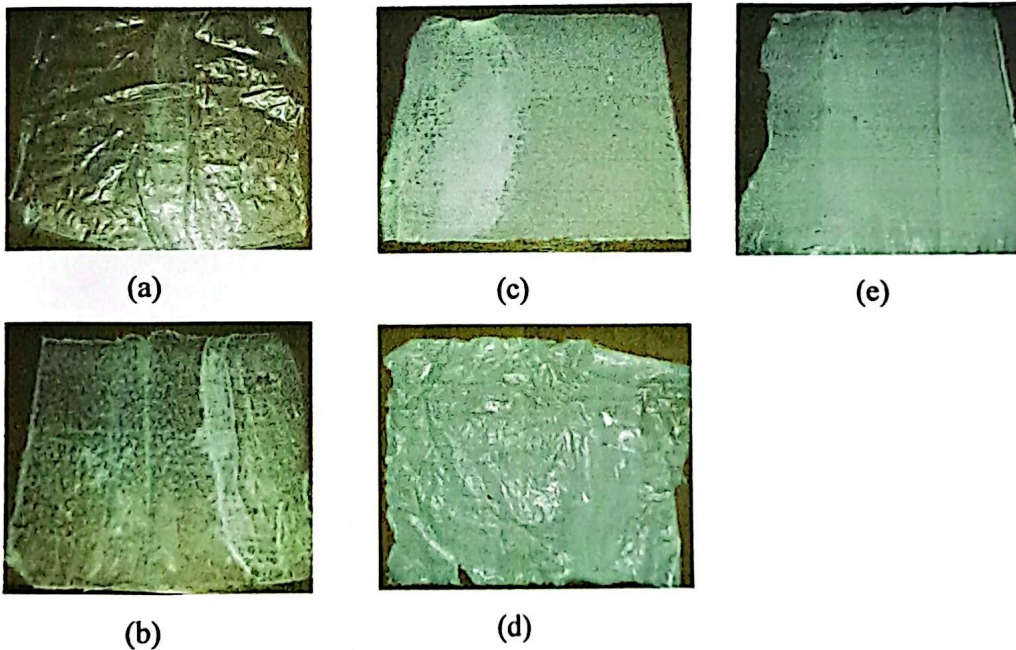
(c)



(d)

(e)

Gambar 4.1. *Film Bioplastik Tanpa Plasticizer:* (a) *Film Bioplastik PCL tanpa ZnO*, (b) *Film Bioplastik PCL dengan 1% ZnO*, (c) *Film Bioplastik PCL dengan 3% ZnO*, (d) *Film Bioplastik PCL dengan 5% ZnO*, (e) *Film Bioplastik PCL dengan 7% ZnO*.



(a)

(c)

(e)

(b)

(d)

Gambar 4.2. *Film Bioplastik PCL dengan Plasticizer Sorbitol 3%:* (a) *Film Bioplastik PCL dengan 0% ZnO dan 3% Sorbitol*, (b) *Film Bioplastik PCL dengan 1% ZnO dan 3% Sorbitol*, (c) *Film Bioplastik PCL dengan 3% ZnO dan 3% Sorbitol*, (d) *Film Bioplastik PCL dengan 5% ZnO dan 3% Sorbitol*, (e) *Film Bioplastik PCL dengan 7% ZnO dan 3% Sorbitol*.

4.2 Uji Sifat Mekanik

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik yaitu kuat tarik dan elongasi dari bioplastik *base* PCL dengan penambahan variasi konsentrasi *filler* ZnO 0%, 1%, 3%, 5%, 7% dan penambahan *plasticizer* sorbitol

konsentrasi 0% dan 3%. Penambahan ZnO dan sorbitol menyebabkan perubahan sifat dari bioplastik, karena sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah komponen-komponen penyusun bioplastik. Sorbitol sebagai *plasticizer* memberikan sifat elastis pada *Film* bioplastik. Hasil uji kuat tarik dan elongasi bioplastik PCL dengan penambahan *filler* ZnO dan *plasticizer* sorbitol dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Uji Kuat Tarik dan Elongasi Bioplastik PCL

Sampel	Kuat Tarik (N/mm ²)	Elongasi (%)
FC1	5,79	25,11
FC2	0,38	13,11
FC3	2,43	17,38
FC4	4,28	19,77
FC5	3,72	20,77
FC6	5,4	22
FC7	4,71	38,27
FC8	3,53	32,79
FC9	2,88	29,89
FC10	4,06	10,02

Keterangan kode sampel:

FC1: Bioplastik PCL dengan 0% ZnO dan 0% sorbitol

FC2: Bioplastik PCL dengan 1% ZnO dan 0% sorbitol

FC3: Bioplastik PCL dengan 3% ZnO dan 0% sorbitol

FC4: Bioplastik PCL dengan 5% ZnO dan 0% sorbitol

FC5: Bioplastik PCL dengan 7% ZnO dan 0% sorbitol

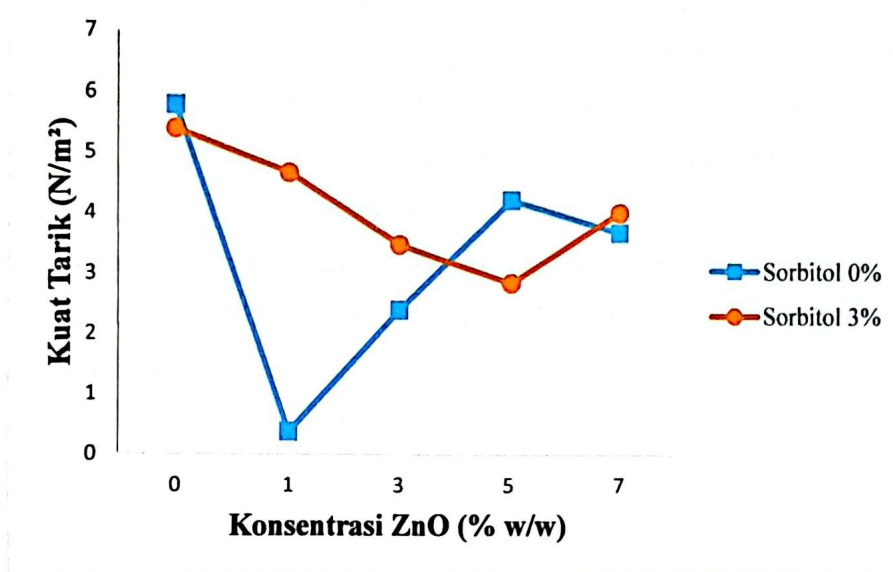
FC6: Bioplastik PCL dengan 0% ZnO dan 3% sorbitol

FC7: Bioplastik PCL dengan 1% ZnO dan 3% sorbitol

FC8: Bioplastik PCL dengan 3% ZnO dan 3% sorbitol

FC9: Bioplastik PCL dengan 5% ZnO dan 3% sorbitol

FC10: Bioplastik PCL dengan 7% ZnO dan 3% sorbitol

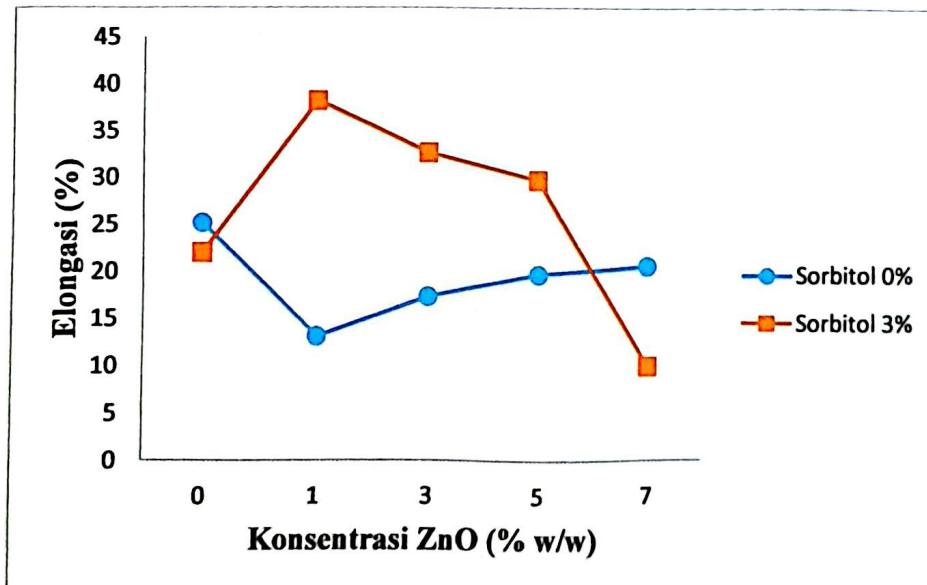


Gambar 4.3. Pengaruh Variasi Konsentrasi *Filler* ZnO dan *Plasticizer* Sorbitol Terhadap Kuat Tarik *Film* Bioplastik PCL

Melalui gambar tersebut dapat dilihat bahwa *Film* bioplastik PCL dengan variasi konsentrasi ZnO dan sorbitol 0% mempunyai nilai kuat tarik antara 0,38 N/mm² hingga 5,79 N/mm². Nilai tertinggi ditunjukkan pada *Film* bioplastik PCL murni/bioplastik tanpa ZnO dan tanpa sorbitol sebesar 5,79 N/mm². Sedangkan dari berbagai variasi konsentrasi ZnO dan sorbitol 0% yang mempunyai nilai kuat tarik tertinggi yaitu pada bioplastik dengan konsentrasi 5% ZnO dan 0% Sorbitol sebesar 4,28 N/mm². Hal ini dikarenakan gugus-gugus pada ZnO akan menangkap elektron dari gugus hidroksil (OH) pada polimer sehingga gugus tersebut dapat berikatan. Kuat tarik dari *Film* bioplastik sangat dipengaruhi oleh kandungan penguat bioplastik yang ditambahkan, karena peningkatan konsentrasi penguat akan menaikkan ikatan hidrogen dalam *Film* bioplastik sehingga kuat tarik *Film* akan semakin tinggi (Amni, Chairul., Marwan., & Mariana, 2015).

Melalui gambar 4.3 dapat dilihat bahwa *Film* bioplastik PCL dengan variasi konsentrasi ZnO dan sorbitol 3% mempunyai nilai kuat tarik antara 2,88 N/mm² hingga 5,4 N/mm². *Film* bioplastik PCL yang mempunyai nilai kuat tarik tertinggi pada konsentrasi ZnO 0% dan sorbitol 3% sebesar 5,4 N/mm². Penambahan sorbitol 3% dan konsentrasi ZnO yang berbeda dapat menurunkan kuat tarik *Film*

bioplastik. Menurut Nisa (2015) penambahan ZnO yang merupakan partikel *solid* seharusnya mampu meningkatkan kuat tarik dari *Film*. Namun disisi lain dengan penambahan pemplastis dapat menurunkan nilai kuat tarik karena sifat dari pemplastik yang mampu meningkatkan ruang gerak bebas dari polimer. Purwanti (2010) juga menyatakan bahwa secara umum, dengan penambahan sorbitol sebagai *plasticizer*, molekul-molekul *plasticizer* di dalam larutan tersebut terletak diantara rantai ikatan biopolimer dan dapat berinteraksi dengan membentuk ikatan hidrogen dalam rantai ikatan antar polimer sehingga menyebabkan interaksi antara molekul biopolimer menjadi semakin berkurang. Hal ini menyebabkan berkurangnya kuat tarik *Film* dengan adanya penambahan bahan tambahan (*plasticizer*).



Gambar 4.4. Pengaruh Variasi Konsentrasi *Filler* ZnO dan *Plasticizer* Terhadap Sorbitol Elongasi *Film* Bioplastik PCL

Elongasi adalah sifat mekanik yang erat hubungannya dengan sifat fisik bioplastik, hal ini menunjukkan perubahan panjang bioplastik saat maksimum dengan memperoleh gaya tarik sampai bioplastik putus. Nilai elongasi menunjukkan kemampuan bioplastik untuk memanjang. Melalui gambar 4.4 dapat dilihat hasil elongasi dari *Film* bioplastik PCL dengan dan tanpa sorbitol. Pada *Film* bioplastik PCL dengan variasi konsentrasi ZnO dan tanpa sorbitol. Nilai elongasi tertinggi yaitu pada *Film* bioplastik dengan ZnO 0% dan sorbitol 0%

(*Film control*) sebesar 25,16%. Sedangkan pada *Film* bioplastik PCL dengan variasi konsentrasi ZnO dan sorbitol 3% nilai elongasi tertinggi yaitu pada *Film* bioplastik PCL dengan konsentrasi ZnO 1% dan sorbitol 3% sebesar 38,27%.

Film bioplastik PCL dengan penambahan *plasticizer* mempunyai sifat yang dapat meningkatkan fleksibilitas daripada *Film* bioplastik tanpa *plasticizer*. Konsentrasi *plasticizer* sorbitol 3% menyebabkan kekurangan kekuatan tarik *Film* bioplastik PCL namun menyebabkan elastisitas yang baik bagi *Film* bioplastik PCL. Menurut (Krochta, J.M., 2001) penambahan pemplastis mampu mengganggu ikatan hidrogen intermolekul dan intramolekul sehingga menyebabkan gerak molekul bebas dari polimer meningkat. Pemplastis akan menempatkan dirinya diantara molekul polimer sehingga mengganggu interaksi polimer-polimer dan meningkatkan fleksibilitas *Film* bioplastik.

4.3 Uji Biodegradabilitas

Film bioplastik yang dihasilkan dilakukan uji biodegradabilitas dimana metode yang digunakan adalah metode *soil burial test* yaitu dengan metode penguburan sampel dalam tanah. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui laju degradasi sampel dengan berbagai variasi sehingga akan terurai oleh mikroorganisme dalam tanah. Pengujian biodegradabilitas ini dilakukan pada *Film* bioplastik dengan *base* PCL dengan penambahan *plasticizer* sorbitol konsentrasi 0% dan 3% serta penambahan *filler* ZnO dengan variasi konsentrasi 0%, 1%, 3%, 5% dan 7%. Selain diamati melalui pengamatan *Film* secara visual *Film* plastik juga diamati berdasarkan penurunan berat massa.

Pengujian dilakukan pada tanah yang bersumber dari tempat sampah. Sampel berupa *Film* bioplastik berukuran 2,4x7,5 cm dikubur selama sepuluh hari pada tanah yang ditempatkan dalam keranjang dan diamati setiap dua hari sekali. Sebelum dikubur ke dalam tanah, sampel *Film* bioplastik ditimbang terlebih dahulu, kemudian setiap dua hari sampel yang dikubur dalam tanah dikeluarkan kemudian dicuci dan dikeringkan lalu ditimbang. Adapun untuk mencari persen kehilangan berat menggunakan persamaan (3.1).

Tabel 4.2. Hasil Uji Biodegradabilitas Bioplastik PCL Dengan Variasi Konsentrasi ZnO 0%,1%,3%,5% dan 7% Tanpa *Plasticizer* Sorbitol

Hari Ke-	Massa Bioplastik (g)				
	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5
0	0,08	0,04	0,05	0,09	0,05
2	0,06	0,04	0,04	0,08	0,04
4	0,05	0,04	0,03	0,07	0,03
6	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03
8	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03
10	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02
Rata-rata	0,042	0,032	0,028	0,052	0,03
% Kehilangan Berat	48%	20%	44%	42%	40%

Tabel 4.3. Hasil Uji Biodegradabilitas Bioplastik PCL Dengan Variasi Konsentrasi ZnO 0%,1%,3%,5% dan 7% Dan *Plasticizer* Sorbitol 3%

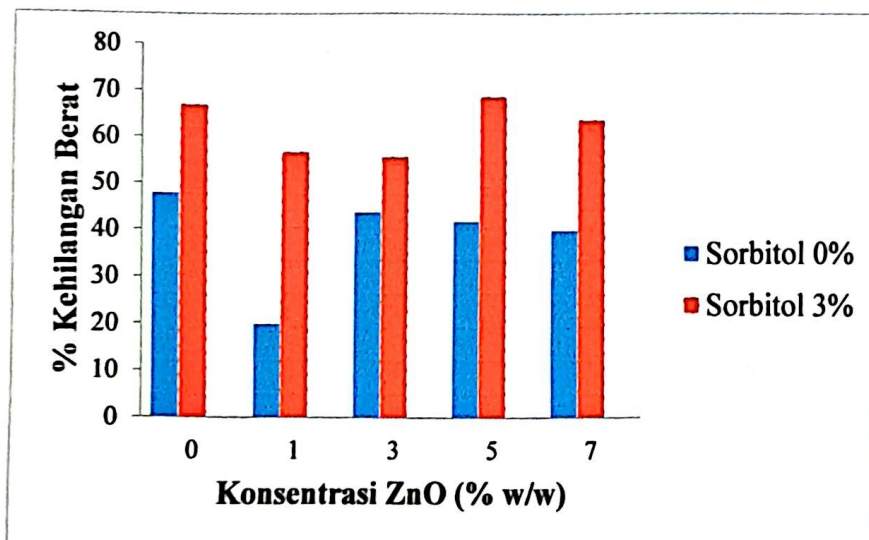
Hari Ke-	Massa Bioplastik (g)				
	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
0	0,03	0,07	0,09	0,09	0,11
2	0,03	0,06	0,08	0,06	0,08
4	0,03	0,05	0,07	0,03	0,06
6	0,02	0,03	0,06	0,02	0,04
8	0,01	0,03	0,05	0,02	0,04
10	0,01	0,03	0,04	0,01	0,04
Rata-rata	0,02	0,04	0,06	0,028	0,052
% Kehilangan Berat	67%	57%	56%	69%	64%

Tabel 4.4. Hasil Uji Biodegradabilitas Plastik Komersial

Hari Ke-	Massa Bioplastik (g)
	Plastik Komersial
0	0,05
2	0,05
4	0,05
6	0,05
8	0,05
10	0,05
Rata-rata	0,05
% Kehilangan Berat	0%

Berdasarkan tabel-tabel tersebut dapat dilihat penurunan berat *Film* bioplastik tanpa *plasticizer* dan *Film* bioplastik dengan sorbitol 3% mulai dari hari ke-0

sampai hari ke-10 penurunan perdua harinya berkisar 0,1 sampai 0,3 g. Maka, *Film* bioplastik tersebut dapat dikatan terdegradasi. Sedangkan untuk *Film* plastik komersial tidak mengalami biodegradasi yang ditandai dengan tidak adanya penurunan berat dari hari ke-0 sampai hari ke-10. Dari hasil perhitungan tersebut kemudian dibuat grafik perbandingan persen kehilangan berat *Film* bioplastik PCL tanpa *plasticizer* dan *plasticizer* sorbitol 3% terhadap konsentrasi *filler* ZnO, seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Pengaruh Variasi *Filler* ZnO dan *Plasticizer* Sorbitol Terhadap Degradasi *Film* Bioplastik PCL

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa penambahan *plasticizer* sorbitol 3% dalam *Film* bioplastik PCL dengan variasi konsentrasi ZnO 0%, 1%, 3%, 5% dan 7% menunjukkan tingkat biodegradabilitas yang lebih tinggi daripada *Film* bioplastik dengan variasi konsentrasi ZnO 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7% tanpa *plasticizer* sorbitol. Hal tersebut dapat terjadi karena sorbitol merupakan salah satu jenis gula yang memiliki unsur karbon yang juga dapat dijadikan sebagai sumber makanan dari bakteri dan sorbitol juga mempunyai gugus hidroksil OH yang menginisiasi reaksi hidrolisis setelah mengabsorpsi air dari tanah (Ardiansyah, Ryan., 2011). Sedangkan polimer PCL merupakan polimer jenis poliester. Degredasi poliester dalam lingkungan berair terjadi melalui pemutusan ikatan pada sambungan ester dari tulang punggung polimer. Reaksi antara air dengan rantai poliester menyebabkan terputusnya ikatan ester menghasilkan

oligomer-oligomer poliester dengan bobot molekul lebih rendah daripada molekul *polyester* awal (Steven, M.P., 2000).

Berdasarkan penyajian tersebut, menunjukkan bahwa PCL dan *plasticizer* sorbitol sama-sama dapat menyerap air. Hal ini berhubungan dengan kemampuan bioplastik dalam menyerap air, yaitu semakin banyak kandungan air suatu material, maka semakin mudah material tersebut untuk terdegradasi. Air merupakan media bagi sebagian besar mikroba dan bakteri. Selain karena sifat dari komponen-komponen penyusun yang memang mudah didegradasi secara alami, bantuan dari bakteri dan hewan pengurai seperti cacing tanah juga mampu mempercepat laju degradasi bioplastik (Anggarini, Fetty., 2013). Maka penggunaan *plasticizer* sorbitol dapat meningkatkan tingkat uji biodegradabilitas pada bioplastik tersebut. Dari gambar 4.5 dapat dilihat tingkat biodegradabilitas yang paling tinggi terdapat pada *Film* bioplastik PCL dengan konsentrasi ZnO 5% dan sorbitol 3% sebesar 69% bioplastik mengalami kehilangan berat yang artinya plastik terdegradasi 69%.

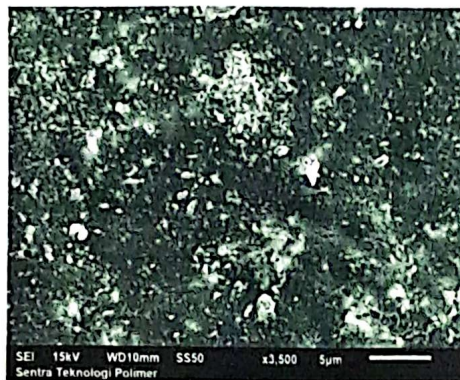
Film bioplastik PCL dengan variasi konsentrasi ZnO tanpa penambahan *plasticizer* sorbitol dimana dalam *Film* bioplastik tersebut hanya terdapat *filler* ZnO sehingga mempunyai tingkat biodegradabilitas yang lebih rendah karena partikel ZnO bertindak sebagai penghalang laju difusi air ke dalam polimer (Marbun, Eldo., 2014). Dapat dilihat pada grafik semakin banyak ZnO tingkat biodegradabilitasnya semakin menurun, namun pada konsentrasi ZnO 1% mengalami penurunan tingkat biodegradabilitas yang paling rendah sebesar 20% yang artinya plastik hanya terdegradasi 20%. Padahal, teori pendukung mengatakan bahwa partikel ZnO bertindak sebagai agen penyerang mikroorganisme sehingga dengan kadar ZnO yang cukup besar, frekuensi penyerangan terhadap mikroorganisme pengurai menjadi tinggi (Wang, Z., 2004).

4.4 Uji *Scanning Electron Miscroscopy* (SEM)

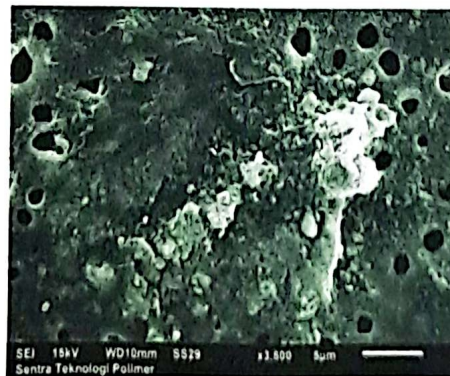
Struktur morfologi *Film* dianalisis menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM). Sampel *Film* dipotong kecil dan di pasang pada penampang visualisasi perunggu dengan menggunakan *double-side tape* lalu permukaan

sampel di *coating* dengan emas tipis untuk memberikan sifat konduktor pada sampel kemudian sampel dimasukkan kedalam alat SEM dan diamati permukaannya. Tujuan uji menggunakan SEM ini adalah untuk melihat permukaan sampel dari bioplastik PCL.

Sampel yang dipilih untuk dilakukan uji SEM ini adalah sampel FC2 & FC9, dimana FC2 & FC9 ini merupakan sampel dengan titik minimum dan optimum dari hasil uji biodegradabilitas (tabel 4.2 dan table 4.3). Hasil SEM dapat dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7.



Gambar 4.6. Permukaan Bioplastik PCL FC2 dengan perbesaran 3.500x



Gambar 4.7. Permukaan Bioplastik PCL FC9 dengan perbesaran 3.500x

Dari kedua gambar permukaan bioplastik hasil SEM di atas, dapat dilihat bahwa terdapat titik-titik putih yang menggambarkan distribusi ZnO. Dalam gambar tersebut terdapat gumpalan putih yang agak besar, ini mengidentifikasi bahwa partikel ZnO mengalami agregasi kelompok sehingga menyebabkan distribusi ZnO tidak tersebar secara merata. Sedangkan pada bioplastik FC9 dengan konsentrasi 5% ZnO dan 3% sorbitol memiliki banyak terlihat lubang-

lubang kecil. Hal ini disebabkan karena bioplastik sudah mulai terdegradasi dan dilihat dari hasil uji biodegradabilitas FC9 adalah yang paling cepat terdegradasi dibanding bioplastik PCL yang lainnya.

4.5 Uji Susut bobot

Film bioplastik PCL yang dihasilkan diaplikasikan sebagai pengemas buah kersen. Buah kersen atau ceri dipilih karena sering kita lihat setelah dipanen buah kersen tidak tahan lama dan mudah berubah warna. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengemas buah kersen selama 5 hari. Kemudian dilakukan pengamatan perubahan berat buah kersen dengan cara menimbang buah kersen setiap hari selama 5 hari baik pada buah kersen yang dikemas dengan *Film* bioplastik, buah kersen yang dikemas dengan plastik komersial maupun buah kersen tanpa pengemasan. Untuk mengetahui persen susut bobot kersen menggunakan persamaan 3.2.

Tabel 4.5. Hasil Uji Susut Bobot Buah Kersen Yang Dikemas Dengan *Film* Bioplastik PCL Dengan Variasi ZnO 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7% Tanpa *Plasticizer* Sorbitol

Hari Ke-	Berat Kersen (g)				
	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5
0	1,75	1,42	1,3	1,74	1,27
1	1,72	1,4	1,27	1,73	1,24
2	1,67	1,37	1,24	1,7	1,18
3	1,64	1,28	1,23	1,62	1,16
4	1,15	1,13	1,2	1,51	1,12
5	1,36	0,89	1,13	1,27	0,96
Rata-rata	1,508	1,214	1,214	1,566	1,132
% Susut Bobot	14%	15%	7%	10%	11%

Tabel 4.6. Hasil Uji Susut Bobot Buah Kersen Yang Dikemas Dengan *Film* Bioplastik PCL Dengan Variasi 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7% ZnO dan *Plasticizer* Sorbitol 3%

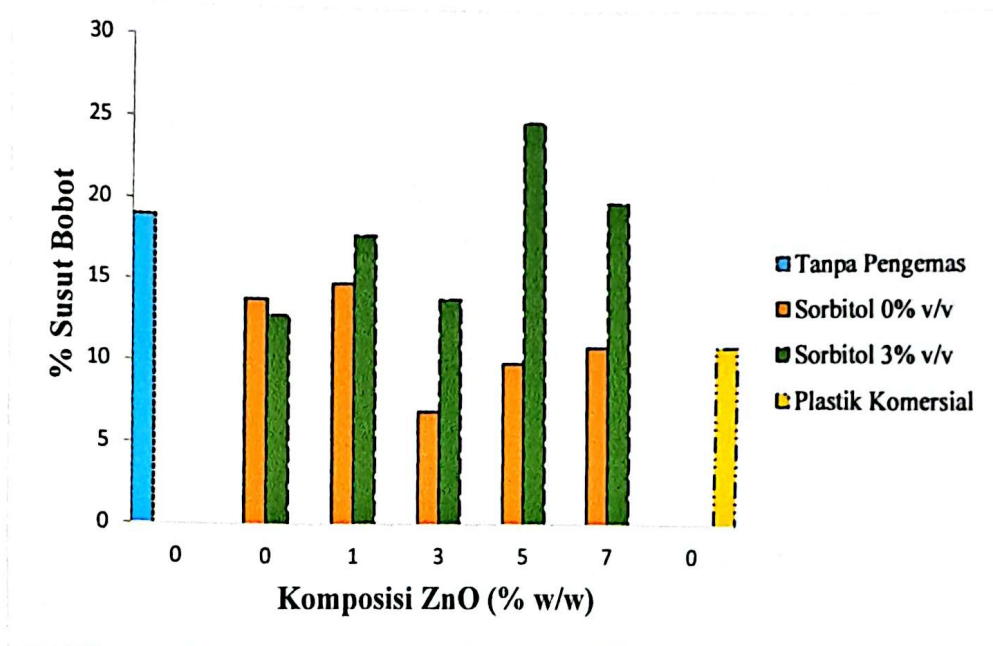
Hari Ke-	Berat Kersen (g)				
	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
0	1,3	1,46	1,53	1,31	0,79
1	1,27	1,45	1,49	1,2	0,76
2	1,23	1,34	1,42	1,09	0,71
3	1,2	1,27	1,38	1,02	0,66
4	1,1	1,12	1,28	0,94	0,6

Hari Ke-	Berat Kersen (g)				
	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
5	0,84	0,77	1	0,66	0,43
Rata-rata	1,128	1,19	1,314	0,982	0,632
% Susut Bobot	13%	18%	14%	25%	20%

Tabel 4.7. Hasil Uji Susut Bobot Buah Kersen Tanpa Pengemasan Dan Buah Kersen Dengan Pengemasan Plastik Komersial

Hari Ke-	Berat Kersen (g)	
	Tanpa Pengemasan	Plastik Komersial
0	0,81	1,67
1	0,79	1,66
2	0,75	1,65
3	0,71	1,62
4	0,66	1,41
5	0,36	1,09
Rata-rata	0,654	1,486
% Susut Bobot	19%	11%

Berdasarkan tabel-tabel tersebut dapat dilihat penurunan berat buah kersen yang dikemas dengan *Film* bioplastik PCL tanpa *plasticizer* sorbitol dan buah kersen yang dikemas dengan plastik komersial mengalami penurunan berat lebih sedikit dibandingkan dengan buah kersen yang dikemas dengan *Film* bioplastik dengan sorbitol 3% dan buah kersen tanpa pengemasan. Dari hasil perhitungan kemudian dibuat grafik perbandingan persen susut bobot kersen yang dikemas dengan *Film* bioplastik PCL tanpa *plasticizer* sorbitol, *plasticizer* sorbitol 3%, buah kersen tanpa pengemasan dan buah kersen yang dikemas dengan plastik komersial terhadap konsentrasi *filler* ZnO, seperti pada gambar 4.8.

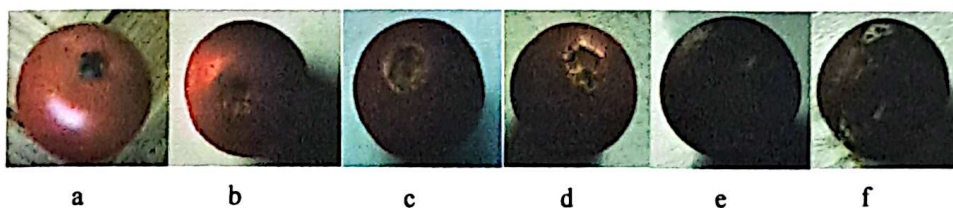


Gambar 4.8. Hasil Uji Pengemas Buah Kersen Terhadap Variasi *Film* Bioplastik PCL Dan Plastik Komersial Serta Buah Kersen Tanpa Pengemasan

Dari grafik dapat dilihat bahwa buah kersen yang dikemas *Film* bioplastik dengan *plasticizer* sorbitol 3% mengalami susut bobot yang lebih tinggi daripada buah kersen yang dikemas dengan *Film* bioplastik tanpa *plasticizer* sorbitol, Susut bobot yang paling tinggi ditunjukkan pada buah kersen yang dikemas dengan *Film* bioplastik PCL dengan konsentrasi 5% ZnO dan 3% sorbitol. Dapat dilihat buah kersen tanpa pengemasan juga mengalami susut bobot yang tinggi, dimana secara alamiah buah yang telah dipetik dari pohonnya akan mengalami proses respirasi. Pada proses respirasi terjadi pembakaran gula atau substrat yang menghasilkan gas CO₂, air dan energi. Air, gas dan energi yang dihasilkan akan mengalami penguapan sehingga buah akan mengalami penyusutan bobot (Wills, R.H., dkk, 1981). Hal tersebut juga sesuai dengan Setyadjit dan Syaifullah (1994) bahwa gula yang dihasilkan pada proses fotosintesis akan dipecah untuk menghasilkan CO₂ dan air pada proses respirasi. Lama kelamaan buah akan kehabisan gula sebagai cadangan makanan, sehingga berat buah berkurang akibat tidak adanya gula dan zat-zat penyusun buah tersebut.

Sorbitol merupakan salah satu jenis gula, oleh karena itu buah kersen yang dikemas dengan *Film* bioplastik PCL dengan sorbitol 3% mengalami susut bobot yang lebih tinggi. Sedangkan, pada buah kersen yang dikemas dengan plastik

komersial mengalami susut bobot yang sedikit hampir sama dengan buah kersen yang dikemas dengan *Film* plastik PCL tanpa sorbitol. *Film* bioplastik PCL tanpa sorbitol hanya mengandung ZnO dimana ZnO bersifat sebagai antimikroba, dengan penambahan ZnO dapat menghambat laju transmisi uap air sehingga buah mengalami penyusutan bobot yang sedikit. Pada grafik tersebut yang paling sedikit mengalami susut bobot adalah buah kersen yang dikemas dengan *Film* bioplastik PCL dengan 3% ZnO dan 0% Sorbitol.



Gambar 4.9. Buah Kersen Dengan Pengemasan Bioplastik PCL Variasi ZnO 3% Tanpa Sorbitol.

- a. Pada hari ke-0
- b. Pada hari ke-1
- c. Pada hari ke-2
- d. Pada hari ke-3
- e. Pada hari ke-4
- f. Pada hari ke-5

Sedangkan bila dilihat dari penampakan buah kersen yang dikemas, rata-rata kersen mengalami perubahan warna pada hari ke-3, mulai membusuk dan berair pada hari ke-4 sehingga pada hari ke-5 banyak buah kersen yang sudah tidak berbentuk bulat karena sudah rusak. Namun, Buah kersen dengan pengemasan bioplastik PCL variasi ZnO 3% tidak mengalami kerusakan bentuk yang begitu parah, hanya terdapat sedikit jamur di bagian luar buah pada hari ke-5. Untuk gambar buah kersen yang lainnya dapat dilihat pada lampiran C.

4.6 Kondisi Optimum Bioplastik PCL Sebagai Plastik Kemasan

Berdasarkan tabel hasil uji sifat mekanik, uji biodegradabilitas dan uji susut bobot dapat dibandingkan seperti yang terlihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Perbandingan Hasil Karakterisasi Bioplastik PCL Dengan Penambahan *Filler* ZnO dan *Plasticizer* Sorbitol Dengan Plastik HDPE dan Enviplast

Sampel	Uji Susut Bobot (%)	Uji Kuat Tarik (N/mm ²)	Uji Elongasi (%)	Uji Biodegradabilitas (%)
FC1	14	5.79	25.16	48
FC2	15	0.38	13.11	20
FC3	7	2.43	17.38	44
FC4	10	4.28	19.77	42
FC5	11	3.72	20.9	40
FC6	13	5.4	22	67
FC7	18	4.71	38.27	57
FC8	14	3.53	32.79	56
FC9	25	2.88	29.89	69
FC10	20	4.06	10.02	64
HDPE	-	25	500 – 600	-
Enviplast	-	12 – 18	225 – 300	-

FC3 mempunyai nilai uji pengemasan dengan susut bobot terendah yaitu 7%, namun selain mempunyai hasil uji sebagai pengemas makanan yang baik, plastik kemasan juga harus mempunyai nilai kuat tarik dan elongasi yang cukup. Dari hasil perbandingan yang diperoleh, dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik dan elongasi dari bioplastik PCL yang terbentuk tidak ada yang mendekati atau melebihi nilai kuat tarik dan elongasi dari HDPE maupun enviplast. Dengan kata lain bahwa bioplastik yang terbentuk belum mendapatkan komposisi yang optimum yang mendekati sifat mekanik dari HDPE dan enviplast

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang kami lakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh *plasticizer* sorbitol dan *filler* ZnO pada bioplastik PCL yaitu:
 - Dari pengujian sifat mekanik, nilai kuat tarik meningkat seiring kenaikan konsentrasi ZnO. Bioplastik PCL dengan *plasticizer* sorbitol (sorbitol 3%) lebih rendah nilai kuat tariknya dibandingkan dengan bioplastik PCL tanpa sorbitol. Akan tetapi, nilai elongasi menurun seiring dengan kenaikan konsentrasi ZnO dan meningkat dengan penambahan *plasticizer*.
 - Hasil uji biodegradabilitas menggunakan metode *soil burial test*. Tingkat biodegradasi sampel menunjukkan bahwa dengan penambahan *plasticizer* sorbitol 3% dapat meningkatkan nilai uji biodegradabilitas. Sedangkan, tanpa penambahan *plasticizer* semakin tinggi ZnO maka tingkat biodegradasi sampel semakin rendah.
 - Dari hasil pengujian SEM dapat terlihat pada permukaan bioplastik PCL bahwa ZnO tidak menyebar secara merata sehingga memperlihatkan gumpalan-gumpalan.
 - Penambahan *plasticizer* sorbitol pada bioplastik PCL dapat meningkatkan susut bobot. Sedangkan, penambahan ZnO pada bioplastik PCL dapat menurunkan susut bobot.
2. Dari hasil perbandingan bioplastik PCL dengan bioplastik HDPE dan enviplast, bioplastik PCL yang terbentuk belum mendapatkan komposisi yang optimum yang mendekati sifat mekanik dari HDPE dan enviplast.

5.2 Saran

1. Dalam pembuatan bioplastik PCL perlu digunakan metode pencetakan plastik yang lain agar mendapatkan lembaran plastik yang merata.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap pembuatan *Film* berbahan dasar Polikaprolakton dengan penambahan *plasticizer* dan *filler* yang lain agar dihasilkan *Film* dengan sifat-sifat yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Zulfikar R. 2008. *Studi Pengaruh Kondisi Pengujian Tarik Pada Film Plastik BOPP (Biaxial Oriented Polypropylene)*. Depok: Universitas Indonesia.
- Amni, Chairul., Marwan., & Mariana. 2015. *Pembuatan Bioplastik Dari Pati Ubi Kayu Berpenguat Nano Serat Jerami dan ZnO*. Jurnal Litbang Industri, Vol. 5 no. 2, Hal 91-99.
- Anggarini, Fetty. 2013. *Aplikasi Plasticizer Gliserol pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Biji Nangka*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Ardiansyah, Ryan. 2011. *Pemanfaatan Pati Umbi Garut Untuk Pembuatan Plastik Biodegradable*. Depok: Universitas Indonesia.
- Colla, E., Sobral, P.J.A. & Menegalli, F.C. 2006. *Effect of Composite Edible Coating from Amaranthus cruentus Flour and Stearic Acid on Refrigerated Strawberry (Fragaria ananassa) Quality*. Latin American Applied Research, Vol. 36, Hal. 249-254.
- Coniwanti, P., Laila, L., & Alfira, R.M. 2014. *Pembuatan Film Plastik Biodegradable dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol*. Jurnal Teknik Kimia, No. 4, Vol. 20, Hal 22-30.
- Dauly, Muhammad R. 2014. *Sintesis dan Karakterisasi Biopolimer Komposit EGN-Carbon Nanotubes*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Dewi, A.P., Zaini, E. & Djamaan, A. 2014. *Manufacture of Plastics Film Containing of Polystyrene, Polycaprolactone, Poly(3-Hidroksibutyrate-co-3-Hidroxyvalerate) and biodegradation Study In Ocean Water*. Vol. 7, no. 2.
- Dwiputri, Nanda. 2015. *Pemanfaatan Biji Durian Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable Dengan Plasticizer (Sorbitol) dan Tepung Tapioka*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Erfan, Ahmad. 2012. *Sintesis Bioplastik dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO dan Penguat Alami Kitosan*. Depok: Universitas Indonesia.
- Gunatillake, P.A., dan Adhikari, Raju. 2003. *Biodegradable Synthetic Polymers For Tissue Engineering*. European Cells and Materials, Vol. 5, Hal. 1-16.
- Hasanah, S.M., 2009. *Optimasi Pembuatan Mikroskop Polipaduan Poliasamllaktat Dengan Polikaprolakton*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hidayati, S., Zuidar, A.S., & Ardiani, A. 2015. *Aplikasi Sorbitol pada Produksi Biodegradable Film dari Nata De Cassa Va*. Reaktor, Vol. 15, No. 3, Hal 196-204.

- Marbun, Eldo. 2012. *Sintesis Bioplastik Dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO Dan Penguat Alami Selulosa*. Depok: Universitas Indonesia.
- Mareta, T.D., & Nur, Shofia. 2011. *Pengemasan Produk Sayuran dengan Bahan Kemas Plastik Pada Penyimpanan Suhu Ruang dan Suhu Dingin*. Mediagro, Vol. 7 No. 1, Hal 26-40.
- Nisa, Ardiani M. 2015. *Pengaruh Penambahan Polietilen Glikol Dan Nanoartikel ZnO Terhadap Sifat Fungsional Kemassan Berbasis Poli Asam Laktat*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Nugroho, F.A., 2012. *Sintesis Bioplastik Dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO Dan Penguat Alami Clay*. Depok: Universitas Indonesia.
- Nurminah, Mimi. 2002. *Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemassan Plastik dan Kertas Serta Pengaruhnya Terhadap Bahan yang Dikemas*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Purbasari, A., Ariani, F.E. & Meidiani, K.R. 2014. *Bioplastik dari Tepung dan Pati Biji Nangka*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Purwanti, Ani. Desember 2010. *Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol*. Jurnal Teknologi, Vol. 3, No. 2 , Hal 99-106.
- Putra, Bimo A. 2016. *Pengaruh Penambahan Plasticizer Butil Benzil Phthalate dan Nanopartikel Seng Oksida Terhadap Sifat Mekanik dan Termal Biokomposit Selulosa Asetat Butirat-Organoclay*. Depok: Universitas Indonesia.
- Rosida, Anna. 2007. *Pencirian Poliblend Poliasamlaktat Dengan Polikaprolakton*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sarasam, Aparna R. 2001. *Chitosan - Polycaprolactone Mixture As Biomaterials - Influence Of Surface Morphology On Cellular Acrivity*. India: Jawaharlal Nehru Technological University.
- Setiawan, H., Reza, F., & Amrullah, A. Juli 2015. *Penentuan Kondisi Optimum Modifikasi Konsentrasi Plasticizer Sorbitol PVA pada Sintesa Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Sorgum dan Chitosan Limbah Kulit Udang*. Vol. 13, No. 1.
- Sihombing, Yennita., 2015. *Kajian Simulasi Pendugaan Umur Simpan Untuk Menentukan Kualitas Buah Manggis (Garcinia Mangostana L.)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Suprayogi, Hendra. 2007. *Pencirian Poliblend Poliasamglikolat Dengan Polikaprolakton*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ummah, N.A., 2013. *Uji Ketahanan Biodegradable Plastic Berbasis Tepung Biji Durian (Durio Zibethinus Murr) Terhadap Air Dan Pengukur Densitasnya*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.