

**PENGARUH PENAMBAHAN SORBITOL TERHADAP KUALITAS
PLASTIK BIODEGRADABLE DARI PATI BIJI ALPUKAT
DENGAN CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains



Oleh:

LYDIA MARGARETHA

NIM. 16034046/2016

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2020

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN SORBITOL TERHADAP KUALITAS PLASTIK BIODEGRADABLE DARI PATI BIJI ALPUKAT DENGAN CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC)

Nama : Lydia Margaretha
NIM : 16034046
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 02 Februari 2021

Mengetahui:
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Ratnawulan, M.Si
NIP. 19690120 199303 2 002

Disetujui Oleh
Pembimbing



Dr. Ratnawulan, M.Si
NIP. 1960120 199303 2 002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Lydia Margaretha
NIM : 16034046
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGARUH PENAMBAHAN SORBITOL TERHADAP KUALITAS PLASTIK BIODEGRADABLE DAI PATI BIJI ALPUKAT DENGAN CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC)

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 02 Februari 2020

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

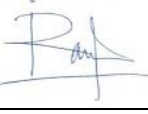
Ketua : Dr. Ratnawulan, M.Si



Anggota : Drs. Gusnedi, M.Si



Anggota : Dr. Ramli, M.Si



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Kualitas Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat dengan Carboxymethyl Cellulose (CMC)” adalah asli karya tulis saya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dari penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali dari pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 02 Februari 2020

Yang membuat pernyataan



Lydia Margaretha

NIM. 16034046

**Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Kualitas Plastik Biodegradable dari
Pati Biji Alpukat dengan Carboxymethyl Cellulose (CMC)**

Lydia Margaretha

ABSTRAK

Selama ini plastik yang digunakan terbuat dari bahan polimer sintetis yang sulit untuk terurai di alam dan ketersediaannya sangat terbatas. Penggunaan plastik sintetis terus meningkat setiap tahunnya dan memberikan dampak berupa pencemaran lingkungan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan mengenai sampah plastik yaitu dengan menggantikan pemakaian plastik sintetis dengan plastik *biodegradable*. Bahan untuk pembuatan plastik *biodegradable* dapat diperoleh dari tanaman salah satunya adalah pati biji alpukat.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi CMC sebelum diberi penambahan sorbitol terhadap ketebalan, nilai kuat tarik dan elongasi plastik biodegradable dari pati biji alpukat, mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi sorbitol sebelum diberi penambahan CMC terhadap ketebalan, nilai kuat tarik dan elongasi plastik biodegradable dari pati biji alpukat dan mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi sorbitol dengan bahan pencampur berupa pati biji alpukat dan CMC terhadap kualitas plastik *biodegradable* yang meliputi uji ketebalan, uji kuat tarik, uji elongasi dan uji biodegradasi plastik *biodegradable*. Penentuan kualitas plastik *biodegradable* didasarkan pada hasil uji ketebalan, uji kuat tarik, uji elongasi dan uji biodegradasi plastik *biodegradable*. Pada penelitian ini dilakukan penambahan sorbitol yang berperan untuk menghasilkan plastik yang elastis dan dilakukan penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) yang berperan dalam meningkatkan kekuatan tarik plastik *biodegradable*. Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahapan. Tahap pertama adalah memvariasi CMC sebanyak 15%, 20% dan 25% (b/b pati) dan sorbitol 0% b/b pati, tahap kedua adalah memvariasikan sorbitol sebanyak 20%, 30%, 40% (b/b pati) dan CMC 0% b/b pati, tahap ketiga adalah memvariasikan sorbitol sebanyak 20%-40% b/b pati dengan bahan pencampur pati biji alpukat sebanyak 3 gram dengan konsentrasi CMC sebanyak 20% b/b pati.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi CMC (tanpa sorbitol) dan penambahan konsentrasi sorbitol (tanpa CMC) serta penambahan konsentrasi sorbitol dengan bahan pencampur pati biji alpukat dan CMC 20% b/b pati memberikan pengaruh terhadap meningkatnya nilai ketebalan dan kuat tarik serta menurunkan nilai elongasi plastik. Penambahan konsentarsi sorbitol sebanyak 20%-40% b/b pati dengan bahan pencampur pati biji alpukat dan CMC 20% b/b pati memberikan pengaruh terhadap meningkatnya persen kehilangan berat plastik biodegradable.

Kata Kunci : Plastik *Biodegradable*, Carboxymethyl Cellulose (CMC), Sorbitol, Biji Alpukat

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Kualitas Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Biji Alpukat dengan Carboxymethyl Cellulose (CMC)”**. Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Program Studi Fisika, Jurusan Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Selama proses penyelesaian skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan serta masukan dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika sekaligus Pembimbing Skripsi yang dengan ikhlas membimbing dan mengarahkan penulis hingga berhasil menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Gusnedi, M.Si selaku Dosen Penguji I dan Bapak Dr. Ramli, M.Si sebagai Dosen Penguji II.
3. Bapak Pakhrur Razi, S.Pd, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Ibu Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Dr. Fatni Mufit, S.Pd, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

6. Bapak dan Ibu Staf Pengajar serta Laboran Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
7. Kak Silvi Veronita, S.Si selaku PLP di Laboratorium Biokimia Universitas Negeri Padang.
8. Sabilil Fallah selaku operator di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Andalas.
9. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan.
10. Teman-teman dan kakak-kakak serta semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikan skripsi ini.

Dalam penulisan skripsi ini penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Padang, 27 Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	1
DAFTAR ISI.....	3
DAFTAR TABEL	5
DAFTAR GAMBAR.....	7
DAFTAR LAMPIRAN	10
BAB I PENDAHULUAN.....	11
A. Latar Belakang	11
B. Rumusan Masalah	16
D. Tujuan Penelitian.....	17
E. Manfaat Penelitian	18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	19
A. Plastik Biodegradable.....	19
B. Pati.....	25
C. Biji Alpukat	30
D. Plasticizer	31
E. Sorbitol	32
F. Carboxymethyl Cellulose (CMC).....	34
G. Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Kualitas Plastik Biodegradable	36
H. Karakteristik Sifat Mekanik Plastik Biodegradable	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	47
A. Jenis Penelitian.....	47
B. Tempat dan Waktu Penelitian	47

C. Variabel Penelitian	48
D. Instrumen Penelitian.....	48
1. Alat	48
2. Bahan	56
E. Pelaksanaan Penelitian.....	59
F. Tahap Pengujian Plastik Biodegradable	67
G. Teknik Pengumpulan Data	71
H. Tahap Analisis Data	77
I. Diagram Alir Penelitian	79
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	82
A. Deskripsi Data	82
B. Analisa Data	92
C. Pembahasan	103
BAB V PENUTUP.....	112
A. Kesimpulan	112
B. Saran	113
DAFTAR PUSTAKA.....	114
LAMPIRAN.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perbandingan Antara Plastik Konvensional dengan Plastik Biodegradable	19
2. Komposisi Kimia dari Pati Bij Alpukat, Pati Biji Durian dan Pati Sagu	29
3. Komposisi Kimia Pati Biji Alpukat.....	31
4. Sifat Fisis Plasticizer Sorbitol dengan Plasticizer Gliserol	34
5. Standar Mutu Bioplastik.....	46
6. Pengamatan Terhadap Ketebalan Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi CMC (Tanpa Sorbitol) dengan Pati Biji Alpukat	71
7. Pengamatan Terhadap Ketebalan Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi Sorbitol (Tanpa CMC) dengan Pati Biji Alpukat	72
8. Pengamatan Terhadap Nilai Kuat Tarik Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC...	72
9. Pengamatan Terhadap Nilai Kuat Tarik Plastik Biodegradable dari Penambahan CMC (Tanpa Sorbitol) dengan Pati Biji Alpukat	73
10. Pengamatan Terhadap Nilai Kuat Tarik Plastik Biodegradable dari Penambahan Sorbitol (Tanpa CMC) dengan Pati Biji Alpukat	73
11. Pengamatan Terhadap Nilai Kuat Tarik Plastik Biodegradable dari Penambahan Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC.....	74
12. Pengamatan Terhadap Nilai Elongasi Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi CMC (Tanpa Sorbitol) dengan Pati Biji Alpukat	75
13. Pengamatan Terhadap Elongasi Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi Sorbitol (Tanpa CMC) dengan Pati Biji Alpukat	75
14. Pengamatan Terhadap Elongasi Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC...	76
15. Pengamatan Terhadap Biodegradasi Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC...	76
16. Hasil Pengujian Ketebalan Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi CMC (Tanpa Sorbitol) dengan Pati Biji Alpukat	84

17. Hasil Pengujian Ketebalan Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi Sorbitol (Tanpa CMC) dengan Pati Biji Alpukat	85
18. Hasil Pengujian Ketebalan Plastik Biodegradable dari Penambahan Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC.....	86
19. Hasil Pengujian Kuat Tarik Plastik Biodegradable Pati Biji Alpukat dengan Penambahan Konsentrasi CMC (Tanpa Sorbitol)	87
20. Hasil Pengujian Kuat Tarik Plastik Biodegradable Pati Biji Alpukat dengan Penambahan Konsentrasi Sorbitol (Tanpa CMC)	87
21. Pengamatan Terhadap Nilai Kuat Tarik Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC...	88
22. Hasil Pengujian Elongasi Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat dengan Penambahan Konsentrasi CMC (Tanpa Sorbitol)	89
23. Hasil Pengujian Elongasi Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat dengan Penambahan Konsentrasi Sorbitol (Sebelum Diberi CMC)	90
24. Hasil Pengujian Elongasi Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC.....	90
25. Hasil Pengujian Biodegradasi Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC...	91
26. Pengamatan Terhadap Nilai Kuat Tarik Plastik Biodegradable dari Penambahan Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC.....	127
27. Hasil Pengujian Elongasi Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC.....	128

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kondisi Plastik dari Variasi Temperatur Gelatinisasi Pati.....	24
2. Komponen Penyusun Pati	26
3. Struktur Kimia Sorbitol.....	33
4. Struktur Kimia CMC.....	35
5. Proses Biodegradasi Plastik Biodegradable.....	45
6. Timbangan Analitik	49
7. Blender	49
8. <i>Hot Plate</i>	50
9. Saringan	50
10. <i>Magnetic Stirrer</i>	51
11. Oven	51
12. Alat Ultimate Testing Machine Mini	52
13. Gelas Ukur.....	52
14. Gelas Kimia.....	53
15. Botol Semprot.....	53
16. Cetakan	54
17. Mortar dan Lumpang.....	54
18. Termometer	55
19. Mikrometer Sekrup.....	55
20. Desikator	56
21. Pati Biji Alpukat.....	56
22. CMC	57
23. Sorbitol	57
24. Tanah Humus	58
25. Aquades	58
26. Biji Alpukat yang Sudah Dibersihkan.....	59
27. Hasil Endapan Pati	60

28. Proses Penggerusan dan Penyaringan Pati Biji Alpukat	61
29. Menimbang Pati Biji Alpukat.....	62
30. Larutan Pati Biji Alpukat	62
31. Proses Memanaskan Larutan CMC	64
32. Proses Pencampuran Larutan CMC dan Pati Biji Alpukat.....	64
33. Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat	66
34. Pengujian Ketebalan Plastik Biodegradable.....	68
35. Sampel Plastik untuk Pengujian Kuat Tarik.....	69
36. Sampel Plastik untuk Uji Biodegradasi.....	69
37. Proses Pengeringan Sampel Plastik dengan Desikator.....	70
38. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	79
39. Diagram Alir Pembuatan Pati Biji Alpukat.....	80
40. Diagram Alir Pembuatan Plastik Biodegradabe.....	81
41. Lembaran Plastik dari Penambahan CMC 15%, 20%, 25% b/b pati (Sebelum Diberi Penambahan Sorbitol)	83
42. Lembaran Plastik Biodegradable Pati Biji Alpukat dari Penambahan Sorbitol 20%, 30%, 40% b/b pati (Sebelum Diberi Penambahan CMC).....	83
43. Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi CMC (Tanpa Sorbitol) Terhadap Ketebalan Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat	92
44. Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi Sorbitol (Tanpa CMC) Terhadap Ketebalan Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat	93
45. Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi Sorbitol dengan Bahan Pencam pur Pati Biji Alpukat dan CMC 20% b/b pati Terhadap Ketebalan Plastik Bio degradable	94
46. Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi CMC (tanpa sorbitol) Terhadap Kuat Tarik Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat	95
47. Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi Sorbitol (Tanpa CMC) Terhadap Nilai Kuat Tarik Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat	96
48. Grafik Pengaruh Pengaruh Penambahan Konsentrasi Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC 20% b/b pati Terhadap Nilai Kuat Ta	

rik Plastik Biodegradable	98
49. Grafik Pengaruh Penambahan CMC (Tanpa Sorbitol) Terhadap Nilai Elongasi Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat	99
50. Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi Sorbitol (Tanpa CMC) Terhadap Nilai Elongasi Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat	100
51. Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC 20% b/b pati Terhadap Nilai Elongasi Plastik Biodegradable	101
52. Grafik Hasil Uji Biodegradasi Plastik Biodegradable dari Penambahan Konsentrasi Sorbitol dengan Bahan Pencampur Pati Biji Alpukat dan CMC 20% b/b pati	102
53. Plastik Sebelum Diuji Tarik	129
54. Plastik Saat Diuji Tarik	129
55. Plastik dengan Pencampur CMC Sebelum Diuji Tarik.....	130
56. Plastik dengan Pencampur CMC.....	130
57. Plastik dengan Pencampur Sorbitol Sebelum Diuji Tarik.....	131
58. Plastik dengan Pencampur Sorbitol Setelah Diuji Tarik	131
59. Bentuk Fisis Plastik Biodegradable Hasil Pengujian Biodegradasi Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat	132

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Uji Ketebalan	119
2. Perhitungan Uji Biodegradasi	122
3. Data Hasil Pengujian Ketebalan, Kuat Tarik, Elongasi dan Biodegradasi Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat	126
4. Dokumentasi Penelitian	129

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Plastik merupakan bahan baku yang banyak digunakan manusia untuk berbagai keperluan diantaranya digunakan sebagai bahan pembungkus makanan. Hal ini dikarenakan plastik memiliki sifat ringan, mudah dibentuk, kuat dan harganya terjangkau. Plastik yang digunakan saat ini bersumber dari bahan polimer sintentis yang ketersediaannya sangat terbatas di alam. Penggunaan plastik sintetis setiap tahun terus meningkat hal ini dilatarbelakangi dari kebiasaan masyarakat yang sering membuang sampah sembarangan. Sampah yang dihasilkan oleh penduduk Indonesia setiap harinya sebanyak 0,8 kg sampah dan 15% diantaranya berupa sampah plastik (Kholidah, dkk., 2018).

Penggunaan plastik sintetis yang meningkat setiap tahunnya akan memberikan dampak terhadap pencemaran lingkungan hal ini dikarenakan plastik sintetis terbuat dari bahan polimer sintetis yang sulit untuk diurai. Berdasarkan permasalahan diatas maka upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasinya yaitu dengan menggantikan pemakaian bahan plastik sintetis dengan bahan plastik alami yang sifatnya lebih ramah lingkungan, mudah terurai dan mudah didapat di alam yang dikenal dengan nama plastik *biodegradable*.

Plastik *biodegradable* merupakan bahan plastik yang memiliki sifat mudah hancur atau mudah untuk diurai dan aman bagi lingkungan. Plastik *biodegradable* dapat dibuat dari bahan yang mengandung selulosa dan pati (Wardah & Hastuti,

2015). Pati merupakan polimer alami yang diperoleh dari proses ekstraksi tanaman. Pati tersusun dari dua komponen utama yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polisakarida yang memiliki rantai lurus sedangkan amilopektin merupakan polisakarida yang memiliki rantai bercabang. Kadar amilosa yang tinggi pada pati akan menghasilkan plastik dengan sifat lentur dan kuat. Pati dapat ditemukan pada salah satu bagian tanaman yaitu pada bagian biji dan umbinya. Beberapa penelitian terkait pembuatan plastik biodegradable berbahan dasar pati telah dilakukan seperti pembuatan bioplastik berbasis komposit pati sagu carboxymethyl cellulose (CMC) dengan plasticizer sorbitol didapatkan hasil bahwa penambahan filler CMC sebanyak 35-45% b/b pati menyebabkan terjadinya peningkatan terhadap nilai kuat tarik plastik. Nilai kuat tarik plastik yang dihasilkan yaitu sebesar 4,372-7,13 MPa sedangkan penambahan sorbitol sebanyak 20-35% menyebabkan nilai elongasi plastik yang dihasilkan semakin meningkat yaitu sebesar 11,82-29,288% (Septiawan,dkk., 2019).

Selanjutnya pada tahun yang sama Ningsih,dkk (2019) melakukan penelitian terhadap pati ubi nagara dengan bahan pencampur berupa gliserol dan CMC. Analisis dilakukan terhadap karakteristik bioplastik dari penambahan bahan CMC yang meliputi analisis terhadap gugus fungsi bioplastik dengan menggunakan alat spektrofotometer infra merah, uji ketebalan bioplastik, daya serap air, uji ketahanan terhadap uap air, laju transmisi uap air dan pengujian terhadap sifat mekanik bioplastik yang meliputi uji kuat tarik dan elongasi bioplastik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh dari penambahan CMC sebanyak 9% b/b dengan nilai kuat tarik tertinggi yang dihasilkan sebesar 0,5281 N/mm² dan

transmisi uap air terendah sebesar 6,370 g/m²/hari. Namun penggunaan pati sagu dan pati ubi nagara sebagai bahan dasar untuk pembuatan plastik biodegradable dinilai kurang efektif sebab kedua bahan tersebut digunakan sebagai bahan pengganti makanan pokok bagi masyarakat Indonesia. Oleh sebab itu peneliti tertarik untuk menggantikan pemakaian pati sagu dan pati ubi nagara dengan pati biji alpukat. Hal ini dikarenakan biji alpukat memiliki kandungan amilosa dan amilopektin yang cukup tinggi. Biji alpukat memiliki kandungan amilosa sebesar 23% dan amilopektin sebesar 37,7% (Lubis & Linda, 2008). Biji alpukat memiliki kandungan pati yang cukup tinggi yaitu sebesar 80,1%. Kandungan pati biji alpukat yang tinggi yang membuat biji alpukat cocok untuk dijadikan sebagai bahan dasar untuk pembuatan plastik *biodegradable*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai pembuatan dan karakterisasi edible film kitosan dari pati biji alpukat didapatkan hasil bahwa penambahan kitosan pada edible film mengakibatkan nilai kuat tarik dan elongasi plastik yang dihasilkan semakin tinggi namun terjadi penurunan pada sifat kelarutan plastik. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh dari perbandingan pati dan kitosan yaitu 0:100 sebesar 25,53 MPa dan elongasi 17,25% sedangkan nilai kelarutan tertinggi diperoleh dari perbandingan pati dan kitosan yaitu 50:50 sebesar 52,36% (Susilowati & Lestari, 2019). Namun dalam penelitian ini belum dilakukan pengujian terhadap sifat biodegradasi plastik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu bahwa penggunaan plastik *biodegradable* berbahan dasar pati masih memiliki kelemahan sebab plastik yang terbuat dari bahan pati mudah rapuh dan memiliki ketahanan terhadap air yang

rendah. Maka untuk memperbaiki sifat kaku dan rapuh yang dihasilkan dari plastik *biodegradable* berbahan dasar pati digunakanlah bahan tambahan berupa *plasticizer*.

Plasticizer berperan dalam memperbaiki sifat kaku dan rapuh dari plastik berbahan dasar pati sehingga dihasilkan plastik yang bersifat elastis dan fleksibel. *Plasticizer* yang umum digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* diantaranya berupa gliserol dan sorbitol. Dalam penelitian ini *plasticizer* yang digunakan adalah sorbitol. Sorbitol digunakan dalam penelitian ini dikarenakan sorbitol memiliki permeabilitas oksigen yang lebih rendah dibandingkan dengan gliserol (Widyaningsih, dkk., 2012). Permeabilitas merupakan kemampuan bahan untuk melewati partikel gas dan uap air pada suatu unit luasan bahan dalam kondisi tertentu. Permeabilitas bahan digunakan untuk memperkirakan daya simpan produk yang dikemas.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai pembuatan dan karakterisasi bioplastik dari pati biji alpukat-kitosan dengan *plasticizer* sorbitol didapatkan hasil bahwa nilai kuat tarik terbesar diperoleh dari perbandingan massa biji alpukat dengan kitosan yaitu 3:2 sebesar 6,40 MPa, elongasi 6,87%, elastisitas 0,93 MPa sedangkan variasi sorbitol dengan karakteristik kekuatan mekanik terbaik diperoleh dari penambahan sorbitol dengan konsentrasi 40% sebanyak 3 ml. Nilai kuat tarik yang dihasilkan sebesar 2,28 MPa, elongasi 17,58%, elastisitas 0,13 MPa (Afif, dkk., 2018). Penambahan *plasticizer* berupa sorbitol akan mengakibatkan kekuatan tarik menarik intermolekul rantai polimer menjadi berkurang akibat terganggunya ikatan hidrogen antar molekul polimer yang saling berdekatan sehingga plastik yang dihasilkan lebih fleksibel (Hidayati, dkk., 2015).

Supaya plastik *biodegradable* yang dihasilkan memiliki kekuatan mekanis yang baik maka ditambahkan bahan pengisi (*filler*). Bahan pengisi yang biasa digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* adalah kitosan. Namun penggunaan kitosan sebagai bahan pengisi untuk pembuatan plastik *biodegradable* tergolong agak mahal. Oleh karena itu dalam penelitian ini menggunakan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) sebagai bahan pengisi dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Hal ini dikarenakan harganya yang murah dan mudah didapatkan. Sebagai bahan pengisi CMC berperan dalam meningkatkan kekuatan tarik plastik *biodegradable*. Berdasarkan penelitian sebelumnya menyatakan bahwa nilai kuat tarik plastik *biodegradable* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi CMC. Hal ini disebabkan karena penambahan CMC menyebabkan interaksi molekular yang terjadi antara ikatan hidrogen gugus hidroksil (OH) dari pati dan gugus karboksilat (COOH) dari CMC semakin berkurang sehingga gaya tarik menarik yang terjadi pada masing-masing rantai polimer semakin bertambah. Sehingga menyebabkan kekuatan tarik plastik yang dihasilkan semakin meningkat (Elean,dkk., 2018).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Hasanaah, dkk (2016) menyatakan bahwa penambahan CMC memberikan pengaruh terhadap kecepatan biodegradasi yang terjadi pada bioplastik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak bahan CMC yang ditambahkan maka semakin mudah plastik tersebut untuk diurai oleh mikroorganisme. Namun plastik akan sangat sulit untuk larut dalam air hal ini terjadi karena air terjebak di dalam molekul pati sehingga menyebabkan daya larut pati dalam air semakin berkurang. Penambahan CMC akan menghasilkan plastik

dengan struktur permukaan yang lebih halus (Hasanah,dkk., 2016). Terkait dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang membahas mengenai pembuatan bioplastik berbahan dasar pati dapat dilihat bahwa kualitas plastik *biodegradable* ditentukan berdasarkan nilai kekuatan tarik, elongasi dan biodegradasi yang dihasilkan dari plastik biodegradable. Selain itu kualitas plastik biodegradable juga dipengaruhi oleh jenis pati, bahan pengisi (filler) dan plasticizer yang digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable*.

Berdasarkan hasil peninjauan yang telah dilakukan sebelumnya maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan sorbitol terhadap kualitas plastik *biodegradable* dari pati biji alpukat dengan Carboxymethyl Cellulose (CMC). Penentuan kualitas plastik *biodegradable* ditinjau berdasarkan pengujian terhadap sifat mekanis plastik *biodegradable* yang meliputi uji kuat tarik, uji elongasi dan uji biodegradasi plastik *biodegradable*. Maka dari itu penulis mengangkat judul penelitian mengenai “Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Kualitas Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat dengan Carboxymethyl Cellulose (CMC).”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka didapatkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi Carboxymethyl Cellulose (CMC) sebelum diberi penambahan sorbitol terhadap ketebalan, nilai kuat tarik dan elongasi plastik biodegradable dari pati biji alpukat ?

2. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi sorbitol sebelum diberi penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) terhadap ketebalan, nilai kuat tarik dan elongasi plastik biodegradable dari pati biji alpukat ?
3. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi sorbitol dengan bahan pencampur berupa pati biji alpukat dan Carboxymethyl Cellulose (CMC) terhadap kualitas plastik *biodegradable* yang meliputi uji ketebalan, uji kuat tarik, uji elongasi dan uji biodegradasi plastik *biodegradable* ?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas maka peneliti memfokuskan permasalahan sebagai berikut

1. Pati yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari biji alpukat.
2. Bahan *plasticizer* yang digunakan adalah sorbitol.
3. Bahan *filler* yang digunakan adalah CMC.
4. Pengujian yang dilakukan meliputi uji ketebalan, uji kuat tarik, uji elongasi dan uji biodegradasi plastik biodegradable dari biji alpukat.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi CMC sebelum diberi penambahan sorbitol terhadap ketebalan, nilai kuat tarik dan elongasi plastik biodegradable dari pati biji alpukat
2. Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi sorbitol sebelum diberi penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) terhadap ketebalan, nilai kuat tarik dan elongasi plastik biodegradable dari pati biji alpukat

3. Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi sorbitol dengan bahan pencampur berupa pati biji alpukat dan Carboxymethyl Cellulose (CMC) terhadap kualitas plastik *biodegradable* yang meliputi uji ketebalan, uji kuat tarik, uji elongasi dan uji biodegradasi plastik *biodegradable*

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut

1. Mengetahui pemanfaatan plastik *biodegradable* sebagai bahan pengganti plastik sintentis yang sifatnya ramah lingkungan.
2. Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi sorbitol dengan bahan pencampur berupa pati biji alpukat dan Carboxymethyl Cellulose (CMC) terhadap kualitas plastik *biodegradable* yang meliputi uji ketebalan, uji kuat tarik, uji elongasi dan uji biodegrasi plastik *biodegradable* dari pati biji alpukat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Plastik Biodegradable

Plastik *biodegradable* merupakan suatu bahan plastik yang terbuat dari bahan alami, memiliki sifat mudah hancur dan mudah untuk diurai di alam. Berdasarkan bahan bakunya plastik *biodegradable* dibedakan atas dua jenis yaitu plastik *biodegradable* yang terbuat dari bahan bakar fosil (bahan baku petrokimia) contohnya seperti poli (ϵ -kaprolakton) dan PCL serta plastik *biodegradable* yang terbuat dari tanaman contohnya seperti pati dan selulosa (Martina, 2016).

Penggunaan bahan petrokimia dinilai kurang bagus karena bahan ini sulit untuk diurai dan ketersediannya juga sangat terbatas di alam. Penggunaan bahan ini memberikan dampak kurang baik bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu digunakanlah plastik biodegradable yang terbuat dari bahan alam. Plastik yang terbuat dari bahan alam memiliki sifat yang mudah untuk diurai. Berikut ini merupakan tabel yang memperlihatkan perbandingan antara penggunaan plastik konvensional dengan plastik *biodegradable* yang diperlihatkan pada Tabel 1

Tabel 1. Perbandingan Antara Plastik Konvensional dengan Plastik Biodegradable

Aspek	Plastik Konvensional	Plastik Biodegradable
Bahan Baku	Sebagian terbuat dari bahan yang tidak dapat diperbaharui (minyak bumi)	Terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui
Ekonomi	Harga lebih murah	Harga sedikit lebih mahal
Lingkungan	Tidak ramah lingkungan, memerlukan waktu yang cukup lama	Ramah lingkungan karena memerlukan waktu yang relatif

	untuk terurai serta menghasilkan emisi karbon yang tinggi	lebih singkat untuk mengurai mengurainya
--	---	--

(Kamsiati, dkk., 2017: 69)

Selain itu bahan biopolimer dapat digunakan sebagai bahan pengganti plastik sintetis dan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable*. Berikut ini merupakan kelompok bahan biopolimer yang dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable* (Coniwanti, dkk., 2014)

1. Campuran biopolimer dengan polimer sintetis yaitu terbuat dari campuran granula pati dan polimer sintetis.
2. Polimer mikrobiologi (poliester) yaitu dihasilkan secara bioteknologi atau fermentasi dengan mikroba genus *Alcaligenes* seperti PHV (polihidroksi valerat), PHB (polihidroksi butirat).
3. Polimer pertanian yaitu diperoleh secara alami dari hasil pertanian seperti selulosa dan kitin. Polimer ini memiliki keunggulan yaitu mudah hancur.

Pada dasarnya pembuatan plastik *biodegradable* didasarkan pada prinsip termodinamika. Pada awalnya larutan berada pada keadaan stabil dan saat proses perubahan fasa dari cair menjadi padat larutan mengalami ketidakstabilan. Plastik *biodegradable* mengalami fase transisi dari fase cair satu ke fase dua cairan sehingga pada fase tertentu polimer dengan konsentrasi tinggi akan membentuk padatan dan akhirnya dihasilkan lembaran plastik yang tipis (Nafiyanto, 2019). Plastik *biodegradable* memiliki kemampuan untuk terurai 20 kali lebih cepat dibandingkan dengan plastik konvensional (sintetis) yang membutuhkan waktu penguraian yang lebih lama yaitu selama 50 tahun. Plastik *biodegradable* yang terbuat dari bahan pati

dapat dengan mudah untuk diurai oleh bakteri pengurai yang dilakukan dengan memutus rantai yang ada polimer menjadi monomer. Hasil penguraiannya akan menghasilkan senyawa berupa karbon dioksida, air serta senyawa asam organik dan aldehid yang aman bagi lingkungan (Haryati,dkk., 2017).

Proses degradasi plastik *biodegradable* terjadi karena adanya kandungan gugus OH pada pati yang menyebabkan polimer pati mengalami reaksi hidrolisis, terurai menjadi potongan kecil dan akhirnya menghilang di dalam tanah. Polimer pati mengalami degradasi karena terjadinya kerusakan atau penurunan mutu yang diakibatkan dari putusnya ikatan rantai pada polimer dan selain itu juga disebabkan karena adanya aktivitas mikroorganisme seperti jamur dan bakteri yang terjadi pada plastik *biodegradable* (Firmansyah,dkk., 2018).

Adapun faktor yang mempengaruhi proses biodegradasi plastik *biodegradable* diantaranya berupa berat molekul yang dimiliki plastik yaitu semakin berat molekul yang terkandung dalam bahan plastik maka semakin rendah tingkat biodegradasi yang terjadi pada plastik. Selain itu sifat hidrofilik juga akan mempengaruhi kecepatan plastik untuk dapat terurai. Semakin besar sifat hidrofilik yang dimiliki plastik maka akan semakin besar pula proses penyerapan air yang terjadi pada plastik. Sehingga proses penguraian plastik *biodegradable* oleh mikroorganisme akan berlangsung lebih cepat. Mikroorganisme pengurai bioplastik diantaranya seperti *Spingomonas*, *Pseudomonas*, *Lactobacillus sp*, *Streptomyces sp*, *Clostridium tetani* (Novela,dkk., 2018).

a. Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Plastik Biodegradable

Adapun faktor yang mempengaruhi kualitas plastik *biodegradable* berbahan dasar pati diantaranya seperti konsentrasi pati, konsentrasi *plasticizer*, konsentrasi bahan pengisi (*filler*) dan temperatur. Berikut ini merupakan faktor yang mempengaruhi kualitas plastik *biodegradable*

1) Konsentrasi Pati

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai analisa plastik *biodegradable* berbahan dasar nasi aking menyatakan bahwa penambahan massa pati aking akan menyebabkan nilai kuat tarik plastik yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena partikel bioplastik mengalami perubahan fisika yang menyebabkan plastik yang dihasilkan semakin homogen dan struktur yang dihasilkan akan semakin rapat. Sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan terhadap nilai kuat tarik plastik. Semakin tebal plastik maka kuat tarik yang dihasilkan plastik semakin besar (Martina, 2016).

2) Konsentrasi Plasticizer

Semakin banyak plasticizer yang ditambahkan maka nilai kuat tarik yang dihasilkan plastik semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena plasticizer berperan dalam menurunkan ikatan hidrogen pada bahan plastik sehingga plastik yang dihasilkan lebih fleksibel. Interaksi yang terjadi antar rantai molekul polimer semakin berkurang dan menyebabkan terjadinya penurunan terhadap nilai kuat tarik plastik (Haryati,dkk., 2017). Salah satu jenis *plasticizer* yang digunakan untuk pembuatan plastik *biodegradable* adalah sorbitol. Sorbitol memiliki kemampuan untuk menyerap

air (hidrofilik). Penambahan sorbitol akan berdampak terhadap meningkatnya nilai persen pemanjangan bahan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai pembuatan plastik *biodegradable* dari *nata de cassava* yang terbuat dari umbi singkong dengan bahan pencampur yang digunakan berupa sorbitol. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi sorbitol akan menghasilkan plastik *biodegradable* yang lebih transparan. Hal ini disebabkan karena terjadinya pengurangan ikatan hidrogen pada pati sehingga plastik yang dihasilkan lebih transparan. Berdasarkan hasil penelitian yang didapat bahwa pada penambahan sorbitol sebanyak 12% dan 15% akan menghasilkan plastik yang terlihat transparan sedangkan pada penambahan sorbitol 0% plastik yang dihasilkan akan berwarna putih (Hidayati,dkk., 2015).

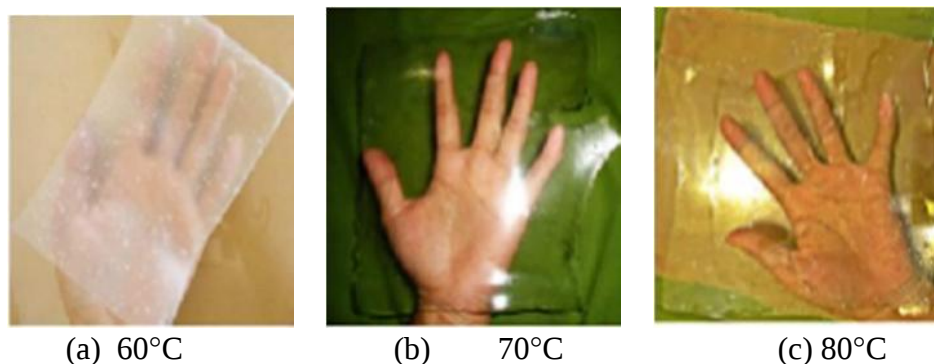
3) Konsentrasi Filler

Bahan pengisi berperan dalam meningkatkan kekuatan mekanis plastik *biodegradable*. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya mengenai pembuatan plastik *biodegradable* yang terbuat dari bahan umbi talas dengan bahan pencampur berupa kitosan dan kalsium silikat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *filler* berupa kitosan dapat meningkatkan kekakuan dan kekuatan tarik dari plastik *biodegradable*. Penambahan kitosan akan memberikan dampak terhadap menurunnya nilai fleksibilitas dan elongasi dari bahan plastik sedangkan penambahan kalsium silikat akan menghasilkan nilai kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan kitosan. Semakin banyak kalsium silikat yang ditambahkan maka kuat tarik plastik yang dihasilkan akan semakin tinggi. Kuat tarik terbaik didapatkan dari penambahan konsentrasi kalsium silikat sebanyak 6% dengan nilai kuat tarik sebesar 9,56 MPa

sedangkan semakin banyak kitosan yang ditambahkan maka semakin sulit bahan tersebut untuk terurai. Hal ini disebabkan karena kitosan bersifat hidrofobik, yang dapat melindungi bahan plastik dari air yang terkandung di dalam tanah (Udjiana,dkk., 2019).

4) Temperatur

Besarnya nilai kuat tarik plastik *biodegradable* dipengaruhi oleh besarnya peningkatan temperatur gelatinisasi pati. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ginting & Sinaga (2014) didapatkan hasil bahwa nilai kuat tarik bioplastik terbaik terjadi pada temperatur 70°C dengan nilai kuat tarik yang dihasilkan sebesar 13,684 MPa sedangkan nilai elongasi terbaik diperoleh pada suhu 80°C yaitu sebesar 6,72%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya bahwa nilai elongasi plastik bertambah seiring dengan meningkatnya temperatur gelatinisasi pati. Berikut ini memperlihatkan kondisi plastik pada saat temperatur gelatinisasi pati dinaikkan dengan variasi larutan pati yang digunakan sebanyak 20% yang diperlihatkan pada Gambar 1



Gambar 1. Kondisi Plastik dari Variasi Temperatur Gelatinisasi Pati

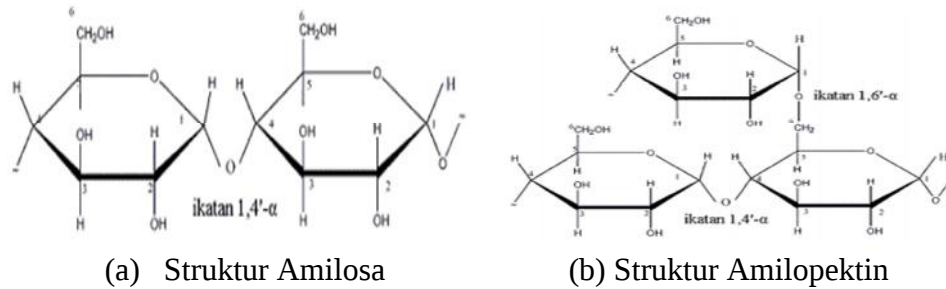
(Ginting & Sinaga, 2014: 2)

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa ketika suhu gelatinisasi pati dinaikkan dari suhu 60°C ke 80°C terlihat bahwa kondisi plastik semakin kelihatan transparan. Pada saat temperatur gelatinisasi pati 60°C plastik yang terbuat dari pati umbi talas terlihat berwarna putih dan ketika suhu dinaikkan plastik semakin terlihat transparan. Hal ini disebabkan karena terjadinya pengurangan ikatan hidrogen pada pati akibat suhu gelatinisasi pati dinaikkan. Apabila diamati plastik yang dihasilkan akan terlihat mudah retak dan rusak pada saat dikeringkan. Nilai elastisitas bahan plastik akan bertambah seiring dengan meningkatnya temperatur gelatinisasi pati. Akibat dari proses gelatinisasi ikatan yang terjadi pada amilosa akan cenderung berdekatan hal ini disebabkan karena adanya ikatan hidrogen (Ginting & Sinaga, 2014).

B. Pati

Pati digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Pati dapat ditemukan pada bagian biji, umbi dan batang tanaman selain itu pati digunakan sebagai bahan cadangan pada tanaman hijau. Secara umum pati memiliki 2 komponen utama yang terdiri dari amilosa dan amilopektin (Hartati, 2003). Amilosa tersusun dari molekul α -glukosa dengan ikatan glikosida α -(1-4) yang akan membentuk rantai linier, memiliki sifat dapat larut dalam air, memiliki berat molekul rata-rata yaitu sebesar 10.000-60.000 gr/mol sedangkan amilopektin terdiri dari rantai amilosa (ikatan α (1-4) yang saling terikat membentuk cabang dengan ikatan glikosida α -(1-6), memiliki berat molekul rata-rata yaitu 60.000-100.000 gr/mol, tidak larut dalam air dan memiliki sifat yang lengket. Kandungan amilosa dan

amilopektin berpengaruh terhadap sifat mekanik yang dihasilkan dari bahan plastik. Berikut ini merupakan struktur amilosa dan amilopektin yang diperlihatkan pada Gambar 2



Gambar 2. Komponen Penyusun Pati

(Murni, 2015: 2)

Semakin banyak kandungan amilosa pada pati maka pati yang dihasilkan akan semakin kering dan kurang lengket sedangkan semakin banyak kandungan amilopektin pada pati maka pati yang dihasilkan akan semakin lengket. Semakin tinggi kandungan amilosa pada pati maka akan semakin lentur dan kuat plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena struktur amilosa memungkinkan terjadinya pembentukan ikatan hidrogen antar molekul glukosa dengan penyusunnya. Pada dasarnya pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar pati didasarkan pada prinsip gelatinisasi. Diawali dari proses peresapan air ke dalam granula yang mengakibatkan ukuran granula terus membengkak dan akhirnya pecah sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan kekentalan (viskositas) pada granula pati akibat air terjebak di dalam butiran pati dan tidak dapat bergerak bebas. Peningkatan granula menyebabkan kekentalan pada granula dan akhirnya granula berubah menjadi larutan kanji yang kental (Haryati, dkk., 2017).

Berdasarkan penelitian sebelumnya menyatakan bahwa plastik *biodegradable* dapat dibuat dari bahan alami salah satunya adalah pati. Pati didapatkan dengan cara mengekstrak dari beberapa bagian tumbuhan seperti biji, umbi dan batang tanaman. Beberapa penelitian terkait pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar pati telah dilakukan seperti pembuatan plastik *biodegradable* yang terbuat dari pati biji durian. Berdasarkan penelitian Arini,dkk (2017) yang menggunakan biji durian sebagai bahan dasar untuk pembuatan bioplastik dimana larutan pati biji durian yang digunakan sebanyak 5 ml dan larutan kitosan sebanyak 3 ml serta gliserol sebanyak 0,2 ml. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kuat tarik rata-rata yang dihasilkan dari pati biji durian yaitu sebesar 0,1158 MPa, elongasi sebesar 2,1825% dan modulus young sebesar 4,1515 MPa (Arini,dkk., 2017). Namun hasil pengujian terhadap nilai kuat tarik dan elongasi bioplastik yang didapat masih tergolong rendah dan belum memenuhi standar kuat tarik dan elongasi plastik *biodegradable* selain itu bahan bakunya yang sulit untuk didapatkan karena buah durian termasuk ke dalam buah musiman yang hanya dapat dijumpai pada waktu tertentu saja. Berdasarkan penelitian sebelumnya menyatakan bahwa pembuatan plastik *biodegradable* juga dapat dibuat dari bahan kulit pisang.

Berdasarkan hasil penelitian Widyaningsih,dkk (2012) yang menggunakan pati kulit pisang sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* dengan bahan pencampur yang digunakan berupa sorbitol dan kalsium karbonat didapatkan hasil bahwa penambahan sorbitol dan kalsium karbonat sebagai bahan *plasticizer* dan *filler* dapat meningkatkan sifat fisis dan mekanis *film* dari pati kulit pisang. Penambahan sorbitol dan kalsium karbonat pada pati kulit pisang akan menurunkan daya regang

film. Penambahan plasticizer akan mengurangi ikatan hidrogen yang terjadi antar rantai molekul polimer sehingga akan terjadi gaya tarik menarik antar molekul pada rantai polimer yang saling berdekatan dan hal ini akan menyebabkan terjadi penurunan terhadap daya regang *film* bioplastik. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan bahwa persentase elongasi terbaik diperoleh dari variasi komposisi kalsium karbonat sebanyak 0,4% dan sorbitol sebanyak 40% yaitu sebesar 19,81%. Penambahan *plasticizer* akan menghasilkan plastik yang bersifat fleksibel. Penurunan terbesar berat film bioplastik dari pati kulit pisang terjadi pada hari ke-30. (Widyaningsih,dkk., 2012).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Putri,dkk (2019) menyatakan bahwa nilai kuat tarik dan elastisitas plastik mengalami peningkatan saat penambahan konsentrasi CMC sebanyak 0%-10% (b/b pati) dengan nilai kuat tarik yang dihasilkan berkisar 1,1277-3,5597 MPa dan saat penambahan konsentrasi CMC 15%-20% (b/b pati) nilai kuat tarik plastik *biodegradable* mengalami penurunan. Nilai kuat tarik plastik *biodegradable* yang optimum diperoleh dari penambahan CMC sebanyak 10% b/b pati. Semakin tinggi konsentrasi CMC akan menyebabkan nilai kuat tarik plastik *biodegradable* semakin menurun hal ini disebabkan karena struktur molekul polimer memiliki bentuk amorf dengan rantai bercabang dan tidak tersusun rapat sehingga jarak antar molekul semakin jauh dan ikatan yang terjadi antar molekul polimer semakin rendah sehingga gaya yang dibutuhkan untuk memutuskan ikatan rantai polimer semakin rendah (Putri.,dkk, 2019).

Senyawa yang dimanfaatkan dalam pembuatan plastik *biodegradable* adalah karbohidrat (selulosa dan pati) serta protein. Selain itu pembuatan plastik

biodegradable dapat dibuat dari pati biji alpukat. Berdasarkan penelitian sebelumnya menyatakan bahwa kadar pati yang dihasilkan biji alpukat yaitu sebesar 80,1% sedangkan kadar pati biji durian yang dihasilkan sebesar 42,1% dan kadar pati yang dihasilkan pati sagu yaitu sebesar 85,08%. Berikut ini merupakan tabel yang memperlihatkan komposisi kimia dari pati biji alpukat, biji durian dan pati sagu yang diperlihatkan pada Tabel 2

Tabel 2. Komposisi Kimia dari Pati Bij Alpukat, Pati Biji Durian dan Pati Sagu

Komponen	Biji Alpukat	Biji Durian	Pati Sagu
Kadar pati (%)	80,1	42,1	85,08
Amilosa (%)	43,3	26,6	27
Amilopektin (%)	37,7	73,4	73

(Winarti dan Purnomo, 2006; Firmasnyah,dkk., 2018; Mandei, 2016)

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kandungan pati terbesar diperoleh dari pati sagu. Namun penggunaan pati sagu dinilai kurang efektif untuk dijadikan sebagai bahan baku untuk pembuatan plastik *biodegradable* hal ini dikarenakan pati sagu digunakan sebagai bahan pengganti makanan pokok bagi masyarakat Indonesia maka dari itu digunakanlah biji alpukat sebagai bahan baku untuk pembuatan plastik *biodegradable*. Kandungan amilosa yang tinggi pada pati biji alpukat berperan dalam menentukan sifat plastik *biodegradable*. Amilosa berperan dalam menentukan kekuatan dan kelenturan dari bahan plastik *biodegradable*. Karena kandungan pati dan amilosa yang tinggi pada biji alpukat menjadikan biji alpukat cocok digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan plastik *biodegradable*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai karakterisasi bioplastik dari rumput laut dan pati singkong dengan penambahan pati biji alpukat diperoleh hasil bahwa bioplastik yang terbuat dari biji alpukat dengan bahan pencampur rumput laut dan pati singkong dapat terurai setelah 14 hari dengan tingkat degradasinya sebesar 53,54%. Pati mengalami hidrolisis menjadi glukosa oleh mikroorganisme dan kemudian dimetabolisme menjadi karbon dioksida dan air. Berdasarkan percobaan yang dilakukan diperoleh hasil bahwa kekuatan pemanjangan yang dihasilkan dari pati biji alpukat sebesar 1,01 MPa. Salah satu faktor yang mempengaruhi kuat tarik plastik dari pati biji alpukat adalah kandungan amilosa pada biji alpukat. Amilosa berperan dalam pembentukan lembaran film plastik yang kuat. Semakin tinggi kandungan amilosa maka semakin tidak elastis bahan plastik yang dihasilkan (Putri, 2019).

C. Biji Alpukat

Alpukat merupakan tanaman yang dapat tumbuh di daerah tropis. Buah alpukat termasuk buah yang banyak dikonsumsi masyarakat hal ini dikarenakan rasanya yang enak. Bagian buah alpukat yang biasa dikonsumsi adalah dagingnya sedangkan bagian biji dan kulit alpukat biasanya dibuang begitu saja. Selama ini biji alpukat belum dapat dimanfaatkan secara optimal maka upaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan biji alpukat yaitu dengan memanfaatkan biji alpukat sebagai bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable*.

Pati biji alpukat memiliki kandungan amilosa sebanyak 43,3% dan amilopektin 37,7% (Winarti dan Purnomo, 2006). Amilosa berperan dalam menentukan sifat plastik *biodegradable*. Amilosa yang memiliki konsentrasi yang

tinggi akan dengan mudah membentuk gel dan menghasilkan lapisan tipis yang lebih baik dibandingkan dengan amilopektin. Karena kandungan amilosa dan pati biji alpukat yang cukup tinggi sehingga pati biji alpukat cocok untuk dijadikan sebagai bahan dasar untuk pembuatan plastik *biodegradable* selain itu biji alpukat memiliki sifat mudah untuk terurai dan keberadaan biji alpukat yang tersedia melimpah di alam. Berikut ini merupakan komposisi dan sifat dari pati biji alpukat yang dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Komposisi Kimia Pati Biji Alpukat

Komponen	Jumlah (%)	Komponen	Jumlah (%)
Kadar air	10,2	Lemak	tn
Kadar pati	80,1	Serat Kasar	1,21
*Amilosa	43,3	Warna	putih coklat
*Amilopektin	37,7	Kehalusan granula	Halus
Protein	tn	Rendaman pati	21,3

Keterangan : *Amilosa + amilopektin = pati; tn = tidak dianalisa

(Winarti dan Purnomo, 2006)

D. Plasticizer

Plasticizer merupakan bahan yang digunakan untuk menurunkan sifat kaku dari plastik *biodegradable* yang terbuat dari bahan pati. Penambahan bahan *plasticizer* mengakibatkan plastik yang dihasilkan bersifat elastis dan fleksibel. *Plasticizer* yang biasa digunakan untuk pembuatan plastik *biodegradable* adalah gliserol dan sorbitol. Gliserol dan sorbitol banyak digunakan karena kedua bahan tersebut tidak membahayakan kesehatan manusia. Penggunaan sorbitol lebih efektif dibandingkan gliserol hal ini dikarenakan permeabilitas oksigen yang dihasilkan

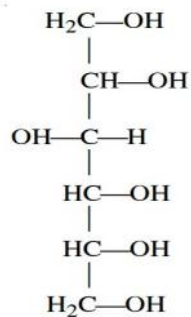
sorbitol lebih rendah dibandingkan dengan gliserol. Penambahan *plasticizer* menyebabkan meningkatnya kelarutan bahan dalam air. *Plasticizer* berperan dalam mengurangi ikatan hidrogen antar polimer sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan terhadap jarak antar molekul polimer sehingga plastik yang dihasilkan lebih fleksibel.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai pengaruh penambahan sorbitol dan kalsium karbonat terhadap karakteristik dan sifat *biodegradasi film* dari pati kulit pisang didapatkan hasil bahwa penambahan sorbitol dan kalsium karbonat sebagai bahan *plasticizer* dan *filler* dapat meningkatkan sifat fisis dan mekanis *film* dari pati kulit pisang. Penambahan sorbitol dan kalsium karbonat pada pati kulit pisang akan menurunkan daya regang film. Penambahan *plasticizer* akan mengurangi ikatan hidrogen antar molekul polimer sehingga gaya tarik menarik yang terjadi antar molekul polimer akan semakin melemah. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan terhadap daya regang *film* bioplastik. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan bahwa presentase elongasi terbaik dari pati kulit pisang diperoleh dari variasi komposisi kalsium karbonat sebanyak 0,4% dan sorbitol sebanyak 40% yaitu sebesar 19,81%. Penambahan *plasticizer* akan menghasilkan plastik yang bersifat fleksibel (Widyaningsih,dkk., 2012).

E. Sorbitol

Sorbitol ($C_6H_{14}O_6$) merupakan gula alkohol yang digunakan sebagai bahan pengganti sukrosa atau bahan pemanis buatan (Aini, dkk., 2016). Sorbitol memiliki sifat mudah larut dalam air, memiliki bentuk serbuk berwarna putih, tidak berbau dan rasanya manis. Sorbitol dapat diperoleh dari tepung umbi tanaman singkong, buah

pir, apel dan ceri (Soesilo, dkk., 2005). Penggunaan sorbitol dipilih dalam pembuatan plastik *biodegradable* dikarenakan harga bahan sorbitol yang murah, mudah untuk didapatkan selain itu sorbitol memiliki permeabilitas oksigen yang lebih rendah dibandingkan dengan gliserol. Permeabilitas oksigen diartikan sebagai kemampuan suatu bahan untuk meloloskan air atau udara seperti oksigen. Permeabilitas berperan dalam menentukan daya simpan plastik. Sorbitol berperan dalam mengurangi ikatan hidrogen intermolekul polimer sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan jarak antar molekul polimer. Berikut ini merupakan gambar yang memperlihatkan struktur kimia dari sorbitol seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3



Gambar 3. Struktur Kimia Sorbitol

(Soesilo, dkk., 2005: 27)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya mengenai aplikasi sorbitol pada produksi *biodegradable film* dari *nata de cassava* (umbi singkong) didapat hasil bahwa penambahan konsentrasi sorbitol berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kelenturan suatu bahan. Hasil penelitian terbaik diperoleh dari penambahan konsentrasi sorbitol sebesar 9% dengan nilai kuat tarik yang dihasilkan 11,76 MPa dan elongasi sebesar 13,28% dan kelarutan sebesar 72,08%. Plastik yang terbuat dari bahan umbi singkong dapat terdegradasi selama 5 minggu (Hidayati, dkk., 2015).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya mengenai pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar umbi singkong sebagai pelapis kertas pembungkus makanan menyatakan bahwa penggunaan *plasticizer* sorbitol akan menghasilkan plastik yang memiliki sifat tidak lengket sedangkan untuk *plasticizer* gliserol akan menghasilkan plastik yang sedikit lengket (Ratnaningtyas, dkk., 2019). Berikut ini merupakan sifat fisis pada *plasticizer* sorbitol dengan *plasticizer* gliserol yang diperlihatkan pada Tabel 4

Tabel 4. Sifat Fisis Plasticizer Sorbitol dengan Plasticizer Gliserol

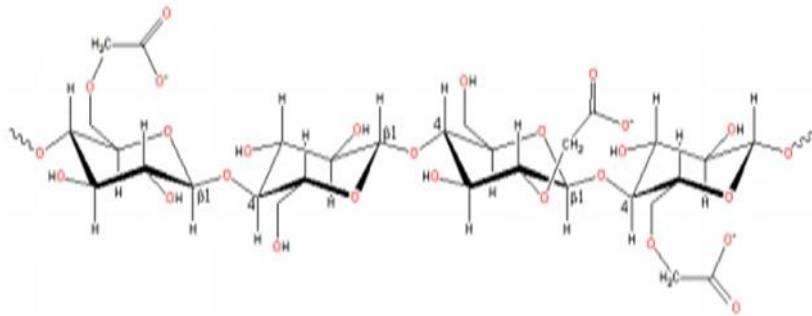
Plasticizer	Volume (ml)	Penampilan Fisik		
		Warna	Tekstur	Permukaan
Sorbitol	8	Bening	Halus	Tidak lengket
	10	Bening	Halus	Tidak lengket
	12	Bening	Halus	Tidak lengket
	14	Bening	Halus	Tidak lengket
	16	Bening	Halus	Tidak lengket
Gliserol	8	Bening	Halus	Sedikit lengket
	10	Bening	Halus	Sedikit lengket
	12	Bening	Halus	Sedikit lengket
	14	Bening	Halus	Sedikit lengket
	16	Bening	Halus	Sedikit lengket

(Ratnaningtyas, dkk., 2019: 5)

F. Carboxymethyl Cellulose (CMC)

Carboxymethyl Cellulose (CMC) merupakan turunan dari selulosa yang memiliki sifat *biodegradable*, tidak berwarna, tidak beracun, tidak berbau dan memiliki pH stabil pada rentang 2-10 (Muin, dkk., 2017). Selain itu CMC berfungsi

sebagai bahan pengikat, pengental, penstabil dan mudah larut dalam air panas maupun air dingin. CMC digunakan dalam dunia industri makanan, kosmetik, farmasi, kertas dan tekstil. Sifat fisis dan kimia CMC ditentukan dari derajat substitusi (DS), distribusi substituent dan derajat polimerisasi. Berikut ini merupakan struktur dari bahan CMC yang diperlihatkan pada Gambar 4



Gambar 4. Struktur Kimia CMC

(Wahyuningtyas & Dinata, 2018: 1)

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai pembuatan bioplastik berbasis komposit pati sagu carboxymethyl cellulose (CMC) dengan plasticizer sorbitol didapatkan hasil bahwa semakin banyak bahan CMC yang ditambahkan maka nilai kuat tarik yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena dalam proses pembuatan bioplastik terjadi pergantian ikatan hidrogen molekul pati dengan ikatan hidrogen yang baru yang terjadi diantara gugus hidroksil pada molukel pati dan karboksil pada CMC sehingga menyebabkan struktur molekul campuran pati dan CMC semakin kompak dan kekuatan tarik yang dihasilkan plastik *biodegradable* akan semakin meningkat (Septiawan, dkk., 2019).

G. Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Kualitas Plastik Biodegradable dari Pati Biji Alpukat dengan Carboxymethyl Cellulose (CMC)

Penentuan kualitas plastik biodegradable didasarkan pada hasil pengujian terhadap sifat mekanik plastik biodegradable yang meliputi uji kuat ketebalan, uji kuat tarik, uji elongasi dan uji biodegradasi plastik biodegradable. Pengujian kuat tarik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan plastik untuk menahan beban. Ada beberapa hal yang mempengaruhi kuat tarik plastik biodegradable salah satunya adalah penambahan pati dalam pembuatan plastik biodegradable. Penambahan pati menyebabkan nilai kuat tarik plastik yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena penambahan pati menyebabkan matrik film yang dihasilkan akan semakin banyak dan struktur matriks film yang dihasilkan semakin rapat serta ikatan yang terjadi antar polimer akan semakin kuat. Sehingga kekuatan plastik untuk menahan sejumlah beban akan semakin besar (Warkoyo,dkk., 2014).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya menyatakan bahwa penambahan konsentrasi pati biji alpukat menyebabkan kadar amilosa yang terbentuk semakin meningkat. Sehingga ikatan hidrogen akan semakin mudah terbentuk dan ikatan yang terjadi pada struktur molekul pati akan saling berikatan dengan kuat membentuk struktur kristalin amilosa. Semakin banyak struktur kristalin yang terbentuk maka semakin besar gaya kohesi yang terjadi pada matriks film. Sehingga menyebabkan nilai kuat tarik plastik mengalami peningkatan. Selain itu penambahan pati biji alpukat akan menyebabkan daya larut film plastik turun hal ini disebabkan karena hanya sedikit kandungan gugus OH yang memungkinkan untuk berikatan dan larut

dalam air. Konsentrasi optimum biji alpukat diperoleh dari penambahan pati biji alpukat sebanyak 3,5% dengan ketebalan plastik yang dihasilkan sebesar 0,1053 mm, kelarutan 22,31% dan ketahanan terhadap air 64,93% (Yudiandani,dkk., 2016).

Peningkatan nilai kuat tarik plastik biodegradable juga dipengaruhi oleh afinitas antar komponen penyusun plastik biodegradable. Afinitas adalah suatu fenomena dimana molekul tertentu memiliki kecenderungan untuk saling bersatu dan berikatan. Peningkatan afinitas polimer menyebabkan ikatan antar molekul polimer semakin banyak terjadi. Kekuatan tarik plastik dipengaruhi oleh ikatan kimia dan penyusunnya. Ikatan kimia yang kuat akan sulit diputus dan untuk memutuskan ikatannya diperlukan energi yang besar (Darni & Utami, 2010).

Penambahan pati dalam pembuatan plastik biodegradable memiliki kelemahan sebab plastik yang terbuat dari bahan pati memiliki sifat tidak tahan terhadap air (hidrofilik) dan mudah rapuh. Oleh sebab itu dilakukan penambahan filler berupa CMC yang berperan dalam meningkatkan kekuatan mekanis plastik. Semakin besar kadar filler CMC yang ditambahkan dalam pembuatan bioplastik maka akan semakin besar pula nilai kuat tarik plastik yang dihasilkan. Penambahan CMC akan meningkatkan gaya tarik menarik antar molekul pati (OH) dengan gugus karboksil (COOH) dari CMC. Hal ini menyebabkan kekuatan tarik plastik semakin meningkat. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yaitu bahwa nilai kuat tarik bioplastik dari bahan pencampur pati sagu dengan modifikator asam sitrat dan filler CMC mengalami peningkatan saat penambahan kadar filler CMC 15-25% (b/b pati) sebesar 4,77-8,23 MPa dan persen elongasi yang dihasilkan biplastik semakin berkurang hal

ini disebabkan karena penambahan CMC akan mengurangi jarak ikatan antar molekulnya (Sari,dkk., 2019).

Supaya plastik biodegradable yang dihasilkan lebih elastis maka ditambahkan bahan plasticizer. Bahan plasticizer yang digunakan berupa sorbitol. Sorbitol dinilai lebih efektif digunakan hal ini disebabkan karena permeabilitas oksigen yang dihasilkan sorbitol lebih rendah dibandingkan dengan plasticizer gliserol. Sorbitol memiliki peranan dalam mengurangi ikatan hidrogen internal polimer sehingga terjadi peningkatan terhadap jarak antar molekul polimer. Sehingga plastik yang dihasilkan lebih elastis dan fleksibel. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya yaitu bahwa karakteristik sifat mekanik bioplastik terbaik diperoleh dari perbandingan massa pati biji alpukat dan kitosan yaitu 3:2 dengan nilai kuat tarik 6,40 MPa, elongasi 6,87% dan variasi sorbitol terbaik diperoleh dari penambahan sorbitol 3 ml dengan nilai kuat tarik 2,28 MPa, elongasi 17,58% (Afif,dkk., 2018).

Plastik biodegradable dibuat dengan tujuan agar plastik yang dihasilkan dapat terurai secara alami dan aman bagi lingkungan. Pengujian biodegradasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan plastik untuk dapat terurai. Pengujian biodegradasi dilakukan dengan menanam sampel plastik ke dalam tanah pada kedalaman tertentu selama beberapa hari. Plastik biodegradable yang telah ditanam di dalam tanah akan terurai secara alami. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Fathurohman,dkk (2020) menyatakan bahwa plastik biodegradable yang terbuat dari pati biji alpukat dengan bahan pencampur berupa kitosan, sorbitol dan asam asetat

glasial terurai secara alami selama 12 hari dengan persen pengurangan massa plastik sebesar 76%.

Penguraian plastik biodegradable terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme seperti jamur dan bakteri yang terjadi di dalam tanah. Mikroorganisme memiliki kemampuan untuk menguraikan plastik biodegradable yang dilakukan dengan memanfaatkan senyawa yang terkandung dalam plastik biodegradable sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya. Kecepatan penguraian plastik biodegradable dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya seperti kelembaman tanah, jenis mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah, suhu, pH dan jenis polimer yang digunakan. Mikroorganisme akan mengubah karbon dalam rantai polimer menjadi karbon dioksida. Akibatnya plastik biodegradable menjadi rapuh dan mudah pecah. Selain itu proses biodegradasi plastik biodegradable dipengaruhi oleh struktur yang dimiliki plastik *biodegradable*. Semakin pendek rantai yang dimiliki polimer maka semakin mudah plastik tersebut untuk terurai (Zulaika, dkk., 2017).

H. Karakteristik Sifat Mekanik Plastik Biodegradable

Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kualitas plastik *biodegradable* berupa uji kuat tarik, uji elongasi dan uji biodegradasi bahan.

1. Uji Ketebalan

Uji ketebalan dilakukan dengan menggunakan alat mikrometer sekrup. Dilakukan dengan mengukur ketebalan pada lima posisi yang berbeda dan hasil yang didapat dari setiap bagian sampel dirata-ratakan. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk mengukur ketebalan plastik biodegradable

$$\text{Ketebalan Rata-Rata} = \frac{(\text{titik 1} + \text{titik 2} + \text{titik 3} + \text{titik 4} + \text{titik 5}) \text{ mm}}{5} \quad (1)$$

2. Uji Kuat Tarik

Uji kuat tarik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan dari bahan plastik pada saat plastik tersebut diregangkan (Arini, 2017). Semakin tinggi nilai kuat tarik plastik maka semakin besar kemampuan plastik untuk melindungi bahan dari tekanan atau benturan. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk mengukur besarnya kekuatan tarik dari bahan yang diuji

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Keterangan :

σ = Kekuatan tarik (MPa)

F = Gaya Kuat Tarik (kgm/s²)

A = Luas permukaan (m²)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya mengenai karakteristik bioplastik dari pati biji durian dan pati singkong yang menggunakan bahan pengisi MCC (*Microcrystalline cellulose*) dari kulit kakao didapatkan hasil bahwa nilai kuat tarik terbaik diperoleh dari pencampuran pati biji durian 50% dengan pati singkong 50% sebesar 7,17 MPa dengan ketebalan 0,27 mm, perpanjangan putus 0,13% dan daya serap air sebesar 91,46% (Nur,dkk., 2020). Nilai kuat tarik plastik *biodegradable* juga dipengaruhi oleh ketebalan plastik yang dihasilkan. Ketebalan dipengaruhi oleh banyaknya fraksi yang terlarut, luas dan volume larutan dalam cetakan. Semakin banyak total padatan yang terdapat dalam larutan maka semakin tebal plastik yang dihasilkan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya mengenai penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* dalam pembuatan *edible film* pati sukun didapatkan hasil bahwa semakin banyak sorbitol yang ditambahkan maka kekuatan tarik plastik akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena sorbitol berperan dalam mengurangi energi yang dibutuhkan molekul untuk melakukan pergerakan. Sehingga kekakuan dan kekuatan tarik plastik juga ikut menurun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan bahwa nilai kuat tarik dan elongasi bioplastik terbaik diperoleh dari penambahan sorbitol sebanyak 0,4% dengan nilai kuat tarik yang dihasilkan sebesar 10,33 MPa dan elongasi sebesar 5,29% dengan ketebalan 0,21 mm (Putra,dkk., 2017).

3. Uji Elongasi

Uji elongasi dilakukan untuk mengetahui perubahan panjang yang terjadi pada saat sebelum dan sesudah bahan plastik tersebut ditarik. Dilakukan dengan membandingkan antara panjang bahan setelah mengalami penarikan dengan panjang

bahan sebelum mengalami penarikan (Arini, 2017). Semakin tinggi nilai elongasi dari bahan plastik maka semakin baik kualitas plastik yang dihasilkan. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai elongasi suatu bahan

$$\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

ε = Elongasi/regangan maksimum (%)

l = Panjang akhir (mm)

l_0 = Panjang awal (mm)

Faktor yang mempengaruhi besar atau kecilnya nilai elongasi pada bahan plastik *biodegradable* diantaranya seperti konsentrasi pati dan *plasticizer* yang digunakan untuk pembuatan plastik *biodegradable*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya menyatakan bahwa penambahan pati dan gliserol akan mempengaruhi nilai elongasi dari bahan plastik *biodegradable*. Penambahan pati dan *plasticizer* akan meningkatkan nilai elongasi plastik *biodegradable* (Wardah & Hastuti, 2015). Penambahan nilai elongasi bahan juga dipengaruhi oleh penambahan *filler* yang digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Hasanah (2017) menyatakan bahwa semakin banyak bahan *filler* yang ditambahkan dalam pembuatan plastik *biodegradable* maka nilai elongasi plastik bioplastik semakin menurun hal ini dikarenakan jarak ikatan antar molekul polimer semakin berkurang karena putusnya ikatan antar molekul polisakarida atau pati (Hasanah, 2017).

4. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah plastik tersebut dapat terurai atau tidak. Dilakukan dengan cara menanam sampel plastik di dalam tanah pada kedalaman tertentu selama 7 hari. Sebelum plastik dimasukkan ke dalam tanah sampel plastik terlebih dahulu ditimbang. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk menghitung persen kehilangan berat sampel plastik sebelum dan sesudah dilakukan uji biodegradasi. Hal ini mengacu pada penelitian yang dilakukan Haryati, dkk., (2017). Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung persen kehilangan berat sampel sebelum dan sesudah uji biodegradasi

$$\% \text{ Kehilangan berat} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

W_1 = Berat sampel plastik sebelum uji biodegradasi

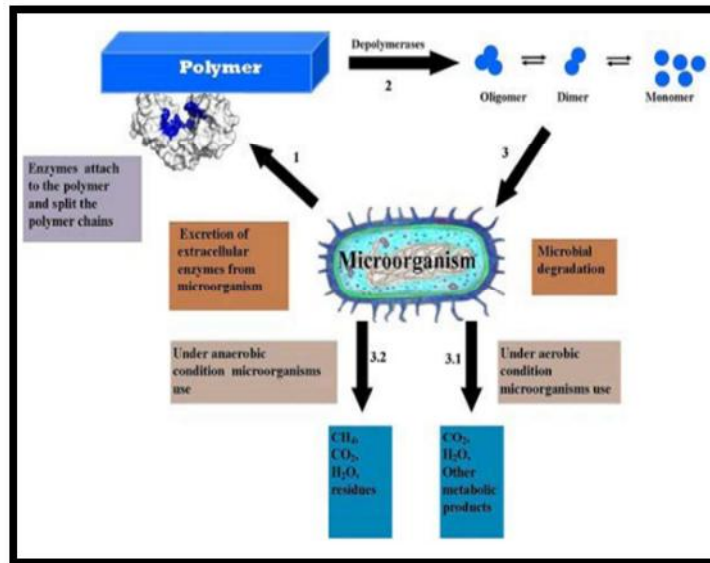
W_2 = Berat sampel plastik setelah uji biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan dengan metode *soil burial test* yaitu dengan menanamkan sampel ke dalam tanah selama beberapa hari. Proses biodegradasi terjadi karena adanya kandungan gugus OH pada *plasticizer* dan pati sehingga *plasticizer* dan pati akan lebih mudah untuk menyerap sejumlah air yang ada di dalam tanah dan dengan bantuan mikroorganisme yang ada di dalam tanah polimer akan dengan mudah untuk diurai. Hal ini memberi dampak terhadap kerusakan yang terjadi pada plastik *biodegradable* sehingga plastik *biodegradable* akan hancur menjadi potongan kecil dan akhirnya menghilang di dalam tanah.

Proses biodegradasi dapat terjadi secara aerobik dan anaerobik. Pada proses biodegrasi yang terjadi secara aerobik dimana mikroba akan menggunakan oksigen sebagai elektron akseptornya dan bahan kimia organik akan dipecah menjadi senyawa organik yang lebih kecil sehingga akan dihasilkan senyawa berupa CO_2 dan air sedangkan pada proses biodegradasi yang terjadi secara anaerobik dimana proses penguraian yang terjadi tidak memerlukan bantuan oksigen. Beberapa bakteri anaerob akan menggunakan besi, mangan, sulfat, nitrat dan CO_2 sebagai elektron akseptornya yang akan digunakan untuk menguraikan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih kecil. Sehingga akan dihasilkan senyawa berupa metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O).

Proses biodegradasi plastik *biodegradable* diawali dari proses menempelnya mikroorganisme pada permukaan polimer. Mikroorganisme akan menggunakan karbon sebagai sumber nutrisinya. Pada tingkat pertama terjadi proses penguraian plastik oleh enzim ekstraseluler sehingga menyebabkan rantai utama pada polimer menjadi terputus dan menyebabkan terjadinya penurunan terhadap berat molekul plastik. Senyawa polimer akan terpecah menjadi beberapa senyawa diantaranya senyawa oligomer, dimer atau monomer. Senyawa dengan berat molekul yang rendah ini akan digunakan oleh mikroba sebagai karbon. Oligomer yang berukuran kecil akan berdifusi ke dalam organisme dan berasimilasi di lingkungan. Saat proses biodegradasi berlangsung secara aerobik akan dihasilkan senyawa berupa karbon dioksida dan air sedangkan pada kondisi anaerobik senyawa yang dihasilkan berupa metana, karbon dioksida dan air. Berikut ini merupakan proses biodegradasi yang

terjadi pada plastik saat kondisi aerobik dan anaerobik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5



Gambar 5. Proses Biodegradasi Plastik Biodegradable

(Fesseha,dkk., 2019: 59)

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai pengaruh penambahan gliserol dan sorbitol terhadap sifat ketahanan air dan biodegradabilitas bioplastik berbahan dasar pati biji durian didapatkan hasil bahwa bioplastik dengan *plasticizer* berupa gliserol 20% dapat terurai sempurna setelah 16 hari sedangkan bioplastik dengan *plasticizer* berupa sorbitol 40% dapat terurai sempurna setelah 22 hari (Firmansyah, dkk., 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Haryati,dkk (2017) menyatakan bahwa penurunan berat plastik terbesar ditunjukkan pada hari ke 14 dengan penurunan berat film sebesar 84% dari berat awal plastik. Berdasarkan hal tersebut dapat dilihat bahwa sampel plastik biji durian memiliki kemampuan degradasi yang besar. Hal ini memberi dampak sehingga terhadap menurunnya daya tahan plastik

(Haryati, dkk., 2017). Berikut ini merupakan standar mutu dari bioplastik yang diperlihatkan pada Tabel 5

Tabel 5. Standar Mutu Bioplastik

Uji	Standar Mutu Bioplastik
Ketebalan	< 0,25 mm
Kuat Tarik	1-10 MPa
Elongasi	10-20%
Biodegradasi	100% dalam 60 hari

(Haryati, dkk., 2017 & Krisna, 2011)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan konsentrasi CMC sebelum diberi penambahan sorbitol memberikan pengaruh terhadap meningkatnya nilai ketebalan dan kuat tarik serta menurunkan nilai elongasi plastik biodegradable dari pati biji alpukat. Nilai kuat tarik tertinggi didapatkan dari penambahan konsentrasi CMC 20% b/b pati dan sorbitol 0% b/b pati (tanpa penambahan sorbitol) yaitu sebesar 9,07 MPa.
2. Penambahan konsentrasi sorbitol sebelum diberi penambahan CMC memberikan pengaruh terhadap meningkatnya nilai ketebalan dan kuat tarik serta menurunkan nilai elongasi plastik biodegradable dari pati biji alpukat. Nilai elongasi tertinggi didapat dari penambahan konsentrasi sorbitol 20% b/b pati dan CMC 0% b/b pati (tanpa penambahan CMC) yaitu sebesar 45,77%.
3. Penambahan konsentrasi sorbitol dengan bahan pencampur pati biji alpukat dan CMC memberikan pengaruh terhadap meningkatnya nilai ketebalan dan kuat tarik serta menurunkan nilai elongasi dan biodegradasi plastik biodegradable. Penambahan konsentrasi sorbitol dengan bahan pencampur pati biji alpukat dan CMC 20% b/b pati akan menyebabkan proses penguraian plastik akan berlangsung lebih lama sedangkan untuk persen kehilangan berat plastik mengalami peningkatan dari hari ke hari. Persen kehilangan berat plastik terbesar didapat dari penambahan konsentrasi sorbitol 20% b/b pati dengan bahan pencampur pati biji

alpukat sebanyak 3 gram serta CMC 20% b/b pati yaitu sebesar 91,67%. Plastik biodegradable yang terbuat dari pati biji alpukat hampir dapat terurai sempurna setelah hari ke-8.

B. Saran

Adapun saran untuk penelitian ini yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sifat termal plastik biodegradable agar plastik biodegradable yang dihasilkan lebih tahan panas.
2. Perlu dilakukan pengujian terhadap struktur morfologi plastik *biodegradable* dengan menggunakan alat SEM.