



SKRIPSI

**PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBAHAN
DASAR SELULOSA SABUT (*FIBER*) KELAPA SAWIT
DENGAN PENAMBAHAN SORBITOL DAN CMC (*CARBOXY
METHYL CELLULOSE*)**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperleh Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Material Universitas Malikussaleh

oleh,

KARTINI DAHRI

190190032

**PROGRAM STUDI TEKNIK MATERIAL
JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
LHOKSEUMAWE**

2024

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Kartini Dahri

Nim : 190190032

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari Tugas Akhir, buku atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karta atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri.

Apabila ternyata terdapat dalam Tugas Akhir saya bagian-bagian yang memenuhi standar penjiplakan maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebahagian atau seluruh hak gelar kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Lhokseumawe, 5 Februari 2024

Saya yang membuat pernyataan



Kartini Dahri

NIM. 190190032

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi	Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i> Berbahan Dasar Selulosa Sabut Kelapa Sawit Dengan Penambahan Sorbitol dan CMC (<i>Carboxy Methyl Cellulose</i>)
Nama Mahasiswa	Kartini Dahri
NIM	190190032
Program Studi	Teknik Material
Jurusan	Teknik Kimia
Fakultas	Teknik
Perguruan Tinggi	Universitas Malikussaleh
Pembimbing Utama	Dr. Ir. Rozanna Dewi, S.T., M.Sc., I.P.M
Pembimbing Pendamping	Agam Muarif, S.Si., M.Si.
Ketua Penguji	Dr. Zulnazri, S.Si., M.T
Anggota Penguji	Rizka Nurlaila, S.Si., M.Si

Lhokseumawe, 1 Februari 2024

Penulis,



Kartini Dahri

NIM. 190190032

Menyetujui:

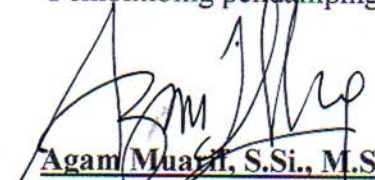
Pembimbing utama,



Dr. Ir. Rozanna Dewi, S.T., M.Sc., I.P.M.

NIP. 1975091220021210003

Pembimbing pendamping,



Agam Muarif, S.Si., M.Si.

NIP. 199107132020121007

Mengetahui:

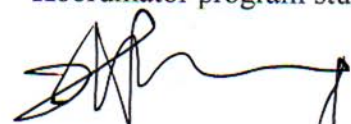
Ketua Jurusan,



Dr. Lukman Hakim, S.T., M.Eng.

NIP. 197005082005011001

Koordinator program studi,



Dr. Zulnazri, S.Si., M.T.

NIP. 197512312006041002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada kita semua. Shalawat serta salam kita ucapkan keharibaan Nabi Muhammad SAW serta kepada sahabat dan keluarga beliau. Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan Kesehatan, kesempatan, dan kekuatan sehingga penulis dapat melaksanakan serta menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat, terutama kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Fithra, S.T., M.T., I.P.M., Asean Eng. Selaku Rektor Universitas Malikussaleh.
2. Bapak Dr. Muhammad Daud, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
3. Bapak Dr. Lukman Hakim, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
4. Bapak Dr. Zulnazri, S.Si., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Material Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
5. Ibu Dr. Ir. Rozanna Dewi, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama dalam penelitian ini.
6. Bapak Agam Muarif, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pendamping pada penelitian ini.
7. Staf pengajar dan administrasi Prodi Teknik Material Universitas Malikussaleh.
8. Seluruh rekan-rekan yang telah membantu penulis hingga saat ini.
9. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

Lhokseumawe, 5 Februari 2024

Kartini Dahri
NIM. 190190032

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena telah berhasil menyelesaikan tugas akhir ini, serta berkat usaha dan doa dari kedua orang tua akhirnya tugas akhir ini bisa terselesaikan dengan baik dan lancar, walaupun jauh dari kata sempurna namun penulis bangga telah mencapai di titik ini.

Untuk itu sebagai ucapan terimakasih atas dukungan dan bantuannya penulis mempersembahkan skripsi ini kepada :

1. Dua surgaku ialah Ibunda tercinta Nurmadiyah dan ayahanda A. Sulaiman, keduanya lah yang membuat segalanya menjadi mungkin sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan ini dengan lancar di Universitas Malikussaleh. Terimakasih atas kepercayaan yang telah diberikan atas izin merantau dari kalian, serta pengorbanan, cinta, doa, motivasi, semangat dan nasehat.
2. Saudara - Saudaraku tercinta Maulana Malik Ibrahim, Siti Zaddatun dan Rindu Silvana Nur. terimakasih atas doa serta dukungan kepada penulis.
3. Ketiga anak kecilku, Zayyan Assyauqi Ibrahim, Abhizat Raka Janu dan Adyakhshan Ehan Dipta. Terimakasih selalu menjadi *moodbooster* penulis.
4. Kepada Dosen Pembimbing Utama Ibu Dr.Ir.Rozanna Dewi., ST. M,Sc. IPM yang sudah membimbing penulis hingga penulis mendapatkan gelar, Serta kepada Bapak Agam Muarif, SSi., M.Si selaku Dosen Pembimbing Pendamping serta Dosen wali penulis yang senantiasa membimbing penulis hingga selesai.
5. Seluruh Dosen dan Administrasi Teknik Material yang telah memberikan ilmu.
6. Sahabat seperjuangan sekaligus kakak dan abang saya Milda, Cindi, Chairil, Ahja, Ahmad dan Said. Terimakasih selalu setia mendampingi.
7. Teman teman teknik material angkatan 2019. Terimakasih sudah kebersamaian penulis.

8. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri, Kartini Dahri. Terimakasih sudah bertahan sejauh ini. Terimakasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum berhasil. Terimakasih karena tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dan maaf karna pernah salah dalam mengambil langkah. Ini merupakan pencapaian yang harus dirayakan untuk diri sendiri. Berbahagialah selalu dimanapun kamu berada, kar. *Proud of me*. Apapun, kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri <3.

**PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBAHAN
DASAR SELULOSA SABUT (*FIBER*)KELAPA SAWIT
DENGAN PENAMBAHAN SORBITOL DAN *CARBOXY
METHYL CELLULOSE* (CMC)**

ABSTRAK

Plastik ramah lingkungan (*biodegradable*) merupakan plastik yang dapat terurai dengan cepat dibandingkan dengan plastik konvensional. Telah dilakukan pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar selulosa sabut kelapa sawit dengan penambahan sorbitol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC). Penggunaan CMC dapat meningkatkan kuat tarik dan mempercepat waktu degradasi bioplastik. Sorbitol sebagai plastisizer untuk meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas bioplastik. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh konsentrasi CMC yang tepat untuk menghasilkan nilai kuat tarik, analisa gugus fungsi (FTIR), Analisa *Thermogravimetri Analysis* (TGA) dan daya serap air serta lama waktu degradasi plastik *biodegradable*. Pembuatan plastik *biodegradable* menggunakan perlakuan konsentrasi CMC 0%, 10%, 20% dan 30% dan konsentrasi Sorbitol 10%, 20%, 30% dan 40% ditambahkan selulosa 50gr, *Polypropilena* 25gr . Hasil menunjukkan bahwa plastik *biodegradable* sorbitol 10% : 0%, 10%, 20% dan 30% memiliki kuat tarik sebesar 5,47MPa, 5,94 MPa, 8,36 MPa dan 11,13 MPa. Hasil uji tarik dan nilai elongasi terbaik pada konsentrasi sorbitol 10% : CMC 30% dan nilai elongasi sebesar 3,82%. Nilai *modulus young* terbaik pada konsentrasi sorbitol 10% : CMC 20% sebesar 361,83 MPa. Presentase daya serap air terendah pada konsentrasi sorbitol 20% : CMC 20% sebesar 5,19 %. Hasil biodegradasi terendah pada konsentrasi sorbitol 10% : CMC 10% sebesar 19,37%. Hasil biodegradasi tertinggi pada konsentrasi sorbitol 40% : CMC 30% sebesar 39,21%. Hasil pengujian FTIR pada konsentrasi sorbitol 10% : 30% menunjukkan adanya gugus –OH pada bilangan gelombang yaitu 3352.28 cm⁻¹. Hasil analisis TGA total *weight loss* yaitu 95,640%. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwasanya kuat tarik pada plastik *biodegradable* sesuai dengan *japanese industrial standard* (JIS).

Kata Kunci: *plastic biodegradable, biodegradability, selulosa serat sabut sawit, sorbitol, CMC*

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Literatur.....	6
2.1.1 Penelitian Terdahulu	6
2.1.2 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya.....	6
2.1.3 Keaslian Penelitian	6
2.2 Plastik.....	7
2.3 Plastik <i>Biodegradable</i>	8
2.4 Selulosa.....	9
2.5 Plastik <i>polypropilen</i>	11
2.6 Sorbitol sebagai <i>Plasticizier</i>	13
2.6 Sabut Kelapa Sawit.....	14

2.7	<i>Carboxy Methyl Cellulose (CMC)</i>	15
2.9	Sifat Mekanik.....	16
2.10	Uji Daya Serap.....	19
2.11	<i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	19
2.12	Uji <i>Biodegradability</i>	21
2.13	Analisa <i>Thermogravimetric Analysis (TGA)</i>	21
2.14	Review Penelitian Sebelumnya	22
BAB III METODE PENELITIAN		25
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3.2	Alat dan Bahan.....	25
3.2.1	Alat-Alat	25
3.3	Variabel Penelitian.....	26
3.3.1	Variabel Tetap.....	26
3.3.2	Variabel Bebas	26
3.3.3	Variabel Terikat	26
3.4.1	Pembuatan Serbuk Sabut Kelapa Sawit.....	27
3.4.2	Ekstraksi Selulosa Sabut Kelapa Sawit	27
3.4.3	Pembuatan Film Plastik <i>Biodegradable</i>	28
3.5	Prosedur Analisa	29
3.5.1	Analisa Mekanis	29
3.5.2	Analisa Biodegradabilitas	30
3.5.3	Daya Serap Air.....	30
3.5.4	Analisa <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	30
3.5.5	Analisa <i>Thermogravimetric Analysis (TGA)</i>	31
3.6.1	Pembuatan Serbuk Sabut kelapa sawit	31
3.6.2	Ekstraksi Sabut kelapa sawit.....	32
3.6.3	Pembuatan Film Plastik <i>Biodegradable</i>	34
3.7	Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		36
4.1	Hasil	36

4.1.1 Uji Kuat Tarik.....	36
4.1.2 Uji Daya Serap Air.....	36
4.1.3 Uji <i>Biodegradability</i>	37
4.2 Pembahasan	42
4.2.1 Uji kuat tarik	42
4.2.2 Biodegradasi	45
4.2.3 Uji Daya Serap Air	48
4.3.4 Uji FTIR.....	50
4.2.5 Analisa <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA).....	51
BAB V PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN A PERHITUNGAN	A-1
LAMPIRAN B DATA PENGAMATAN.....	B-1
LAMPIRAN C GAMBAR DAN DOKUMENTASI	C-1
LAMPIRAN D DOKUMENTASI ADMINISTRASI	D-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kimia Selulosa	9
Gambar 2. 2 Struktur Lignin, Selulosa, dan Hemiselulosa	11
Gambar 2. 3 Polimerisasi propena menjadi polipropilena	11
Gambar 2. 4 Taksisitas polipropilena.....	12
Gambar 2. 5 Sabut Kelapa Sawit	14
Gambar 2. 6 Alat Uji Tarik pada Plastik.....	16
Gambar 2. 7 Diagram Hubungan Antara Tegangan Dan Regangan	17
Gambar 2. 8 Spesimen Uji Tarik.....	18
Gambar 2. 9 Alat Uji <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	20
Gambar 3. 1 Serat sabut kelapa sawit	27
Gambar 3. 2 Diagram Alir <i>Milling</i> Sabut Kelapa Sawit	31
Gambar 3. 3 Diagram alir <i>pre-delignifikasi</i>	32
Gambar 3. 4 Diagram Alir <i>delignifikasi</i>	33
Gambar 3. 5 Diagram Alir Pembuatan Film Plastik <i>Biodegradable</i>	34
Gambar 4. 1 Rumus Ekstrapolasi Sorbitol 10%.....	39
Gambar 4. 2 Rumus Ekstrapolasi Sorbitol 20%.....	39
Gambar 4.3 Rumus Ekstrapolasi Sorbitol 30%.....	40
Gambar 4. 4 Rumus Ekstrapolasi Sorbitol 40%.....	40
Gambar 4. 5 Grafik pengujian mekanik.....	43
Gambar 4.8 Laju Biodegradasi	45
Gambar 4. 9 Konsentrasi Sorbitol 10% : CMC 0%, 10%, 20%, 30%	47
Gambar 4. 10 Konsentrasi Sorbitol 20% : CMC 0%, 10%, 20%, 30%	47
Gambar 4. 11 Konsentrasi Sorbitol 30% : CMC 0%, 10%, 20%, 30%	47
Gambar 4. 12 Konsentrasi Sorbitol 40% : CMC 0%, 10%, 20%, 30%	48
Gambar 4. 13 Pengaruh jumlah sorbitol dan CMC pada nilai daya serap air.....	49
Gambar 4. 14 Grafik Uji FT-IR	50
Gambar 4. 15 Grafik <i>Thermal TGA</i>	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik mekanik plastik menurut SNI.....	7
Tabel 2. 2 Standar Mutu Bioplastik	9
Tabel 2. 3 Ukuran Spesimen Berdasarkan ASTM D882	18
Tabel 2. 4 Review Penelitian Sebelumnya.....	22
Tabel 3. 1 Ukuran Spesimen Berdasarkan ASTM D88... ..	29
Tabel 3. 3 Rencana Pelaksanaan Penelitian	35
Tabel 4. 1 Hasil Analisis Nilai Kuat Tarik pada plastik <i>biodegradable</i>	36
Tabel 4. 2 Hasil Uji Daya Serap Air	36
Tabel 4. 3 Hasil Uji Biodegradability	37
Tabel 4. 4 Hasil Ekstrapolasi Biodegradabilitas	40

DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

$^{\circ}\text{C}$	= Derajat Celcius
SNI	= Standar Nasional Indonesia
JIS	= Japanese Industrial Standard
SK	= Surat Keputusan
PP	= Polipropena
MPa	= <i>Megapascal</i>
%	= Persen
Gr/mol	= Gram per Mol
Gr/cm^3	= Gram per Sentimeter Kubik
Kg/cm^3	= Kilogram per Sentimeter Kubik
Kal/mol	= kilokalori per Mol
G/cm^3	= Gram per Sentimeter Kubik
W1	= Berat Akhir
W0	= Berat Awal
M1	= Massa Akhir
M0	= Massa Awal
NaOH	= Natrium Hidroksida
NaOCl	= Natrium Hipoklorit
Gr	= Gram
$\frac{w}{w}$	= Persen Massa
cm^{-1}	= Bilangan Gelombang
σ	= Kuat Tarik (MPa)
ε	= Perpanjangan (%)
A	= Luas penampang (mm^2)
F	= Gaya (N)
ΔL	= Pertambahan panjang (mm)
L	= Panjang awal (mm)
y	= Modulus young (MPa)

DAFTAR LAMPIRAN

L.A. 1 Menghitung % Biodegradable	A-1
L.A. 2 Menghitung % Daya Serap Air.....	A-25
L.A. 3 Menghitung Uji Mekanis	A-30
L.B. 1 Tabel Pengamatan Uji Serap Air	B-1
L.B. 2 Tabel Pengamatan Uji Biodegradasi.....	B-2
L.B. 3 Tabel Data Uji Tarik	B-3
L.B. 4 Tabel Data Uji FTIR	B-5
L.C. 1 Analisa Gugus Fungsi (FTIR).....	C-1
L.C. 2 Analisa TGA	C-2
L.C. 3 Analisa Biodegradasi	C-3
L.C. 4 Analisa Uji Daya Serap Air	C-4
L.C. 5 Bahan dan Alat Penelitian.....	C-5
L.C. 6 Dokumentasi peneltian.....	C-8
L.D. 1 Surat Laboratorium	D-1
L.D. 2 Surat Persetujuan Sidang	D-1
L.D. 3 Surat Undangan Sidang	D-3
L.D. 4 Biodata	D-4

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan teknologi dan perubahan pola hidup manusia telah mengakibatkan peningkatan drastis pada limbah plastik di seluruh dunia. Limbah plastik sangat membahayakan lingkungan hingga dapat mengancam kesehatan manusia dikarenakan sulitnya terdegradasi. (koushal et. 2014). Produk plastik sering dipergunakan oleh masyarakat di kehidupan sehari-hari. Salah satu produk plastik yang sering digunakan yaitu plastik wadah makanan. Harganya yang murah menjadikan plastik bagian dari kehidupan manusia. Selain memiliki kelebihan tersebut plastik juga memiliki kelemahan diantaranya bahan baku utama pembuatan plastik yang berasal dari minyak bumi yang jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Plastik juga tidak terurai dengan cepat dan alami oleh mikroba penghancur di dalam tanah. Hal ini mengakibatkan terjadinya penumpukan limbah dan menjadi penyebab pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup. Studi ini mencari informasi pembuatan plastik dari bahan polimer alami yang ada di lingkungan sekitar.

Kemajuan teknologi kimia terkait dengan revolusi industri menjadikan polimer alami sebagai sumber daya yang menciptakan ruang lingkup baru untuk berbagai aplikasi seperti pelapis dalam pembuatan plastik. Dari peneliti awal polimer alami, ditemukan bahan termoplastik komersial pertama, seperti selulosa asetat, nitrat dan elastomer pertama, melalui vulkanisasi karet alam (Krochta, dkk, 1997). Plastik *biodegradable* umumnya dibuat dari bahan selulosa. Bioplastik yang terbuat dari selulosa memiliki kelebihan yaitu nilai kuat tarik yang tinggi dan kemampuan mengikat yang kuat. Hal ini karena fleksibilitas yang tinggi pada selulosa dapat memberikan pengaruh terhadap perpanjangan elongasi sehingga nilai kuat tarik meningkat (Intandiana, dkk, 2019). Bioplastik dapat dikembangkan dengan memanfaatkan sumber alam. Indonesia adalah negara yang sangat potensial untuk dapat memproduksi bioplastik dengan potensi sumber daya alam yang dimilikinya. Salah satunya dengan mengembangkan biopolimer dari

selulosa. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang dibuat dari bahan - bahan alam yang dapat terurai dengan mikroorganisme, sehingga lebih ramah lingkungan di bandingkan dengan plastik konvensional. Mengatasi permasalahan sampah plastik membutuhkan pengembangan biopolimer yang dapat terurai secara hayati, sebagai bahan alternatif dari polimer sintesis. Alternatif pengganti plastik konvensional saat ini adalah jenis plastik *biodegradable* terbuat dari bahan alami yang dapat diperbaharui, yaitu senyawa - senyawa yang terdapat pada tanaman seperti, pati, selulosa, kolagen, kasein protein. Selulosa merupakan salah satu senyawa yang sangat melimpah dan banyak ditemukan di alam, senyawa ini dapat ditemukan pada limbah padat sabut kelapa sawit yang dihasilkan dari industri pengolahan minyak sawit.

Industri kelapa sawit saat ini berkembang sangat pesat, sehingga menghasilkan limbah yang semakin meningkat. Serabut kelapa sawit merupakan limbah padat yang berasal dari ampas perasan buah kelapa sawit yang diambil minyaknya pada stasiun pengepresan kelapa sawit. Serabut kelapa sawit yang mengandung selulosa dapat di hidrolisis menjadi glukosa dengan bantuan enzim atau asam. Serabut kelapa sawit merupakan biomassa lignoselulosa berupa serat, dengan komponen utama selulosa 59%, lignin 28,5%, protein kasar 3,6%, lemak 1,9%, abu 5,6% dan impurities 8% (Wirman, 2016). Beberapa peneliti telah melakukan terobosan untuk pemanfaatan sabut kelapa sawit diantaranya sebagai papan partikel dan pembuatan kertas. Beberapa kelebihan dari sabut kelapa sawit yaitu bahan baku mudah untuk di dapatkan, rendahnya biaya produksi, dan merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Oleh karena itu, penelitian mengenai pemanfaatan limbah sabut kelapa sawit perlu dikembangkan.

Plastik *biodegradable* yang dibuat dengan bahan selulosa asetat memiliki sifat yang rapuh, mudah untuk menyerap air dan kaku sehingga selulosa asetat dicampurkan dengan bahan lain untuk meningkatkan sifat mekaniknya agar layak untuk dijadikan kemasan plastik *biodegradable*, material lain seperti kitosan dan plastisizer sorbitol diharapkan mampu untuk meningkatkan sifat mekanik dari plastik. Kitosan merupakan bahan tambahan alami yang memiliki sifat tidak beracun, antibakteri, polielektrok, antioksidan, pembentuk film, biokompatibilitas

dan biodegradabilitas (Pratiwi, 2014). Pengaruh kitosan dan *plasticizer* gliserol dalam pembuatan plastik *Biodegradable* dari pati talas, dan penelitian yang dikuatkan oleh (Yustinah et al., 2019) yaitu mengenai pengaruh penambahan kitosan dalam pembuatan plastik *biodegradable* dari rumput laut *gracillia* sp dengan pmlastik gliserol. Dari penelitian diatas pengaruh penambahan kitosan dapat meningkatkan sifat mekanik dari plastik *biodegradable* yang dihasilkan dan membuktikan bahwa kitosan memiliki sifat kompatibilitas yang baik.

Bahan lain yang ditambahkan dalam sintesis bioplastik adalah sorbitol yang berfungsi sebagai plastisizer, upaya pembuatan plastik yang bersifat *biodegradable* dengan penambahan plastisizer sorbitol pernah dilakukan oleh Hidayati S & A. Sapta Zuidar, (2015) dalam penelitian tersebut penambahan sorbitol dapat meningkatkan kuat tarik dan elongasi bioplastik yang disintesis, Azizaturrohmah, (2019) juga melakukan sintesis bioplastik dengan membandingkan antara plastisizer gliserol dan sorbitol, dari penelitian ini diperoleh bahwa penggunaan sorbitol menghasilkan kuat tarik, elongasi dan daya serap yang lebih baik jika dibandingkan dengan gliserol.

Sintesis bioplastik berbahan selulosa dari sabut Kelapa sawit dengan penambahan CMC dan plastisizer sorbitol, diharapkan memiliki sifat mekanik yang baik serta memiliki kemampuan *biodegradable* sehingga mampu mengurangi permasalahan limbah plastik yang membahayakan lingkungan karena sifatnya yang toksik dan sulit untuk diuraikan. Pada penelitian ini, sabut kelapa sawit diuji kemampuannya sebagai salah satu alternatif bahan pembuatan plastik *biodegradable*. Pemanfaatan sabut kelapa sawit salah satunya dengan cara mengisolasi selulosanya. Penelitian ini memanfaatkan selulosa sabut kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* dengan penambahan sorbitol dan CMC pada pembuatan plastik *biodegradable* yang bertujuan untuk memperoleh bioplastik yang sifat kuat tarik dan ketahanan air yang baik serta kemampuan biodegradasi yang tinggi dalam waktu yang cepat dan dapat menjadi alternatif pembuatan bioplastik sebagai wadah makanan yang ramah lingkungan.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan pada uraian sebelumnya, maka dapat dijabarkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana metode ekstraksi selulosa dari limbah sabut kelapa sawit?
2. Bagaimana pengaruh penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* dan CMC pada plastik *biodegradable*?
3. Bagaimana Karakteristik plastik *biodegradable* berdasarkan Uji Mekanis, Uji Biodegradabilitas, Uji Daya Serap Air, Analisa *Thermogravimetric Analysis* (TGA), dan Uji *Fourier Transform Infra Merah* (FTIR)

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan maka tujuan penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Mengetahui metode ekstraksi selulosa dari limbah sabut kelapa sawit.
2. Menentukan komposisi plastik *biodegradable* terbaik dari campuran selulosa sabut kelapa sawit dengan penambahan sorbitol dan CMC
3. Menentukan pengaruh penambahan sorbitol dan CMC pada plastik *biodegradable*.
4. Menentukan karakteristik fisik plastik *biodegradable* dengan pengujian mekanis (uji tarik, *elongation*, *modulus young*), Uji Biodegradabilitas, Uji Daya Serap Air, Analisa *Thermogravimetric Analysis* (TGA), Dan Uji *Fourier Transform Infra Merah* (FTIR)
5. Menentukan gugus fungsi yang terdapat dalam plastik *biodegradable* dari campuran selulosa limbah sabut kelapa sawit dan penambahan sorbitol dan CMC dengan pengujian FTIR.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian pada poin sebelumnya, manfaat dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Dapat memberi pemahaman tentang bagaimana metode ekstraksi selulosa dari limbah sabut kelapa sawit.

2. Mengetahui pengaruh penambahan sorbitol dan CMC pada plastik *biodegradable* .
3. Menghasilkan produk plastik ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah sabut kelapa sawit

1.5 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup permasalahan ini tidak terlalu meluas atau melebar, penulisan laporan hasil ini dibatasi dengan beberapa permasalahan saja, yaitu:

1. Permasalahan yang dibatasi ialah metode ekstraksi selulosa dari limbah sabut kelapa sawit beserta pengaruh penambahan sorbitol dan CMC pada pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar selulosa limbah sabut kelapa sawit.
2. Pengaruh penambahan sorbitol dan CMC pada pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar selulosa sabut kelapa sawit.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Khairil afdal dkk (2022), telah melakukan penelitian mengenai “pengaruh konsentrasi sorbitol sebagai *plasticizer* pada pembuatan plastik *biodegradable* dari selulosa tongkol jagung”. Hasil penelitian ini menunjukkan bioplastik yang daya menyerap air yang terbaik diperoleh pada sorbitol konsentrasi 30% dengan penambahan selulosa 0,8 gram dan 1 gram kitosan diperoleh daya serap air 28,38%, pada konsentrasi 50% kuat tarik sebesar 2,7750 mpa, dan elongasi sebesar 16,94% dan terdegradasi hingga 99,03% dalam waktu 9 hari.

2.1.2 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya

Perbedaan dari penelitian sebelumnya terletak pada selulosa yang digunakan, variabel penambahan sorbitol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC). Untuk sorbitol yaitu dipakai dengan konsentrasi 10%, 20%, 30% dan 40%. Sedangkan CMC yang dipakai yaitu 0%, 10% , 20% dan 30%. Pengujian yang akan dilakukan yaitu uji mekanis (uji tarik, *Elongation*, *Modulus Young*), Uji Biodegradabilitas, Uji Daya Serap Air, Analisa *Thermogravimetric Analysis* (TGA), Dan Uji *Fourier Transform Infra Merah* (FTIR) pada plastik *biodegradable* berbahan dasar selulosa Sabut kelapa sawit dengan penambahan sorbitol dan CMC.

2.1.3 Keaslian Penelitian

Peneliti merasa tertarik untuk melakukan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, meskipun terdapat kesamaan dan perbedaan. Perbedaan dari peneliti sebelumnya seperti lokasi penelitian, waktu penelitian hingga perbedaan variabel yang akan diuji serta penambahan serat yang berbeda. Pengujian dilakukan pada plastik *biodegradable*, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penambahan selulosa sabut kelapa sawit, CMC dan sorbitol terhadap uji mekanis (uji tarik, *elongation*, *modulus young*), uji biodegradabilitas, Analisa

Thermogravimetric Analysis (TGA, dan uji daya serap air, serta analisis gugus fungsi plastik menggunakan FT-IR.

2.2 Plastik

Plastik adalah senyawa polimer dengan struktur kaku yang terbentuk dari polimerisasi monomer hidrokarbon yang membentuk rantai panjang. Plastik mempunyai titik didih dan titik leleh yang beragam, hal ini berdasarkan pada monomer pembentukannya. Monomer yang sering digunakan dalam pembuatan plastik adalah propena (C_3H_6), etena (C_2H_4), vinil khlorida (CH_2), nylon, karbonat (CO_3), dan styrene (C_8H_8) (Darni & Utami, 2010). Bahan pembuatan plastik pada awalnya adalah minyak dan gas alam, tetapi plastik yang dihasilkan memiliki kekurangan yaitu sumber yang tidak dapat di perbaharui. Seiring berjalannya waktu perkembangan bahan tersebut diikat dengan bahan sintetik sehingga dapat diperoleh sifat plastik yang diinginkan dengan cara kopolimerisasi, laminasi dan ekstrusi. Komponen utama plastik sebelum membentuk polimer adalah monomer yang merupakan bagian atau rantai terpendek. Salah satu contohnya adalah polimer dalam bentuk plastik. Plastik merupakan bahan polimer yang banyak digunakan sebagai bahan pengemas atau pembungkus.

Tabel 2. 1 Karakteristik mekanik plastik menurut SNI

No	Karakteristik	Nilai
1.	Kuat Tarik (MPa)	24,7 – 302
2.	<i>Elongasi</i> (%)	21 – 220
3.	<i>Hidrofobisitas</i> (%)	99

(Darni dan Herti, 2010)

Sifat-sifat plastik sesuai menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan di Tabel 2.1 Polimer ialah suatu bahan yang terdiri atas unit molekul yang disebut monomer. Polimer alam yang sudah dikenal antara lain selulosa, protein, serta karet alam. Secara garis besar , plastik bisa dikelompokkan sebagai 2 golongan, yaitu:

1. Plastik termoplastik, yaitu plastik yang dapat dicetak berulang kali dengan adanya panas, antara lain *polietilena* (PE), *polipropilena* (PP), dan nilon. Plastik termoplastik fleksibel, mudah terbakar, tahan panas, dan dapat didaur ulang. Plastik termoplastik memiliki rantai lurus.
2. Plastik termoset, yaitu plastik yang apabila mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak ulang karena struktur polimernya berbentuk jaringan 3 dimensi, antara lain *Poly Urethane* (PU), Urea Formaldehida (UF), *Melamin Formaldehida* (MF), dan *poliester*. Plastik termoset bersifat kaku, tidak mudah terbakar, *tahan* terhadap suhu tinggi dan memiliki ikatan silang (Mujiarto, 2005).

2.3 Plastik *Biodegradable*

Plastik *biodegradable* dapat diartikan sebagai *film* kemasan yang dapat di daur ulang dan dapat di hancurkan secara alami. Stevens (2001). Plastik *biodegradable* disebut juga bioplastik, yaitu plastik yang seluruh komponennya berasal dari bahan alami. Plastik *biodegradable* terbagi tiga jenis yaitu *biodegradable film*, *biodegradable coating* dan enkapsulasi. *Biodegradable coating* merupakan jenis *film* yang langsung melapisi produk, sedangkan pada plastik *biodegradable* terbentuk secara tidak langsung tetapi sebagai pelapis dan pengemas. Enkapsulasi adalah kemasan *biodegradable* yang memiliki fungsi sebagai pembawa rasa berbentuk bubuk. *Biodegradable film* berfungsi sebagai penghambat isolasi uap air, penghambat pertukaran gas, pencegahan kehilangan aroma, pencegahan pencucian lemak, perbaikan karakteristik fisik dan pembawa aditif (Austin, 1985).

Komponen utama penyusun plastik *biodegradable* terbagi menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lipida, dan komposit. Hidrokoloid yang cocok digunakan antara lain senyawa protein, polisakarida, alginat, pektin, dan pati. Bahan dasar protein dapat berasal dari jagung, kedelai, kasein, kolagen, gelatin, cornzein, protein susu dan protein ikan. Lipida yang biasa digunakan adalah gliserol, waxes, asil gliserol dan asam lemak, sedangkan komposit terdiri dari matriks yang berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung *filler* (pengisi)

dari kerusakan eksternal dan *filler* berfungsi sebagai penguat gabungan lipida dengan hidrokoloid (Sriwita, 2014).

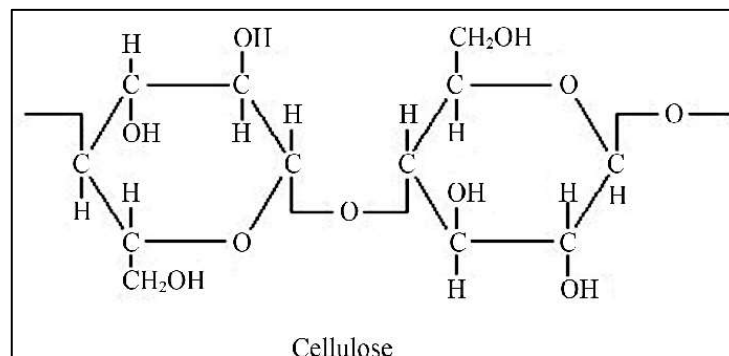
Plastik *biodegradable* merupakan jenis plastik yang terbuat dari biopolimer. Biopolimer adalah polimer yang tersusun atas biomassa yang dapat diperbaharui (Anonim 1, 2006). Selain penyusunnya, perbedaan antara plastik *biodegradable* dengan plastik biasa adalah *biodegradability* atau tingkat penguraian plastik *biodegradable* yang dapat terdegradasi dengan lebih mudah daripada plastik biasa. Hal tersebut menyebabkan plastik *biodegradable* merupakan plastik alternatif yang ramah lingkungan (Anonim 1, 2006).

Tabel 2. 2 Standar Mutu Bioplastik

No	Standar Mutu Bioplastik	Nilai
1.	Kuat Tarik (MPa)	1 -10 Mpa
2.	Persen Elongasi (%)	10 – 20 %
3.	Biodegradasi	100 % dalam 60 hari

(Haryati, dkk. 2017)

2.4 Selulosa



Gambar 2. 1 Struktur Kimia Selulosa

(sumber: Nasiya, 2023)

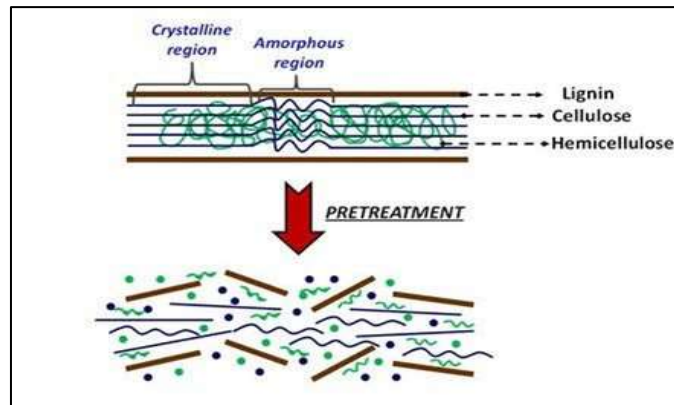
Keberadaan selulosa di alam tidak berbentuk murni tetapi masih berbentuk lignoselulosa. Pada jaringan tumbuhan kayu selulosa dapat ditemukan bersamaan dengan hemiselulosa, pati dan lignin. Gabungan antara selulosa, hemiselulosa dan lignin disebut lignoselulosa (Rowell 2005). Keberadaan antara selulosa dan lignin terikat satu sama lain sehingga dibutuhkan metode tertentu untuk memisahkan antara selulosa dan ligninnya. Selulosa merupakan polimer

dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana n adalah jumlah pengulangan unit gula atau derajat polimerisasi yang bervariasi berdasarkan sumber selulosa dan perlakuan yang diterimanya. Selulosa termasuk polisakarida yang terdiri atas satuan-satuan dan mempunyai massa molekul relatif yang sangat tinggi, tersusun dari 2.000-3.000 glukosa. Selain itu, selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosida dalam rantai lurus. Struktur dasar selulosa berupa suatu selobiosa yaitu dimer dari glukosa. Rantai panjang selulosa terhubung secara bersama melalui ikatan hidrogen dan gaya *van der Waals* (Perez dkk, 2002).

Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman (Saha, 2004). Selulosa mengandung sekitar 50-90% bagian berkrystal dan sisanya bagian *amorf* (Aziz dkk., 2002). Sifat sifat selulosa terdiri dari sifat fisika dan sifat kimia. Selulosa dengan rantai panjang mempunyai sifat fisik yang lebih kuat, lebih tahan lama terhadap degradasi yang disebabkan oleh pengaruh panas, bahan kimia maupun pengaruh biologis, Putera (2012) menyatakan bahwa selulosa sering digunakan sebagai bahan dasar industri kertas, sutera tiruan karena memiliki sifat fisik yang kuat, tahan terhadap panas, bahan kimia maupun pengaruh biologis dan tidak mudah larut dalam air sehingga tidak mudah mengalami kerusakan. Selulosa tidak mudah larut sebab strukturnya yang linier serta bersifat semikristalin. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia juga mekanis. Pada alam, biasanya selulosa berasosiasi menggunakan polisakarida lain mirip hemiselulosa atau lignin menghasilkan kerangka utama dinding sel tumbuhan (Holtzapple dkk, 2003).

Secara alamiah molekul-molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril-fibril yang terdiri dari beberapa molekul selulosa yang dihubungkan menggunakan ikatan glikosidik. Fibril-fibril ini membuat struktur kristal yang dibungkus oleh lignin. Komposisi kimia dan struktur yang demikian membentuk kebanyakan bahan yang mengandung selulosa bersifat kuat serta keras. Sifat kuat serta keras yang dimiliki oleh sebagian besar bahan berselulosa membentuk bahan tersebut tahan terhadap peruraian secara enzimatik. Secara alamiah peruraian selulosa berlangsung sangat lambat (Fan dkk, 1982). Jumlah selulosa dalam serat bervariasi menurut Sumbernya serta umumnya berkaitan

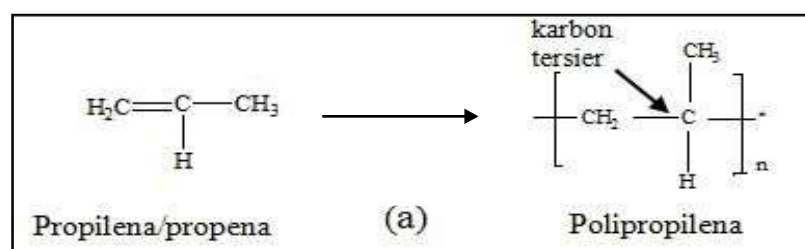
menggunakan bahan-bahan seperti air, pektin, protein, lignin dan substansi-substansi mineral. Selulosa yang diperoleh berasal kayu memerlukan proses yang panjang buat menghilangkan hemiselulosa serta lignin.



Gambar 2. 2 Struktur Lignin, Selulosa, dan Hemiselulosa
(sumber: Syifarobbani, 2015)

2.5 Plastik *polypropilen*

dPolipropilena (PP) adalah polimer yang terbentuk dari monomer propena yang tersusun secara berulang, dengan rumus struktur $(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3)$ (Barleany dkk. 2011). Polipropilena (PP) terdiri dari unsur C dan H, oleh karena itu memiliki sifat non polar. Setiap unit ulang polipropilena mempunyai karbokation pada karbon tersier bersifat sangat stabil, sehingga atom H yang terikat pada karbon tersier tersebut bersifat reaktif dan bersifat non polar. PP mempunyai gugus aktif yang bersifat non polar sebagai pusat reaksi yaitu C tersier (Suharty dkk. 2008). Sifat PP yang non polar membuat PP sulit dilarutkan dalam air namun PP dapat dilarutkan dalam toluena mendidih 66% dan pada silena mendidih 100% (Suharty & Al-Malaika, 1995).

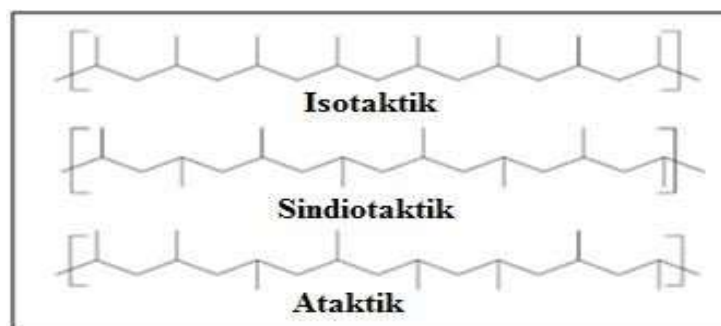


Gambar 2. 3 Polimerisasi propena menjadi polipropilena

(Sumber :Ruangguru)

Polypropylene merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. Propilena mempunyai spesifik graffiti rendah dibandingkan dengan jenis plastik lain. *Polypropylene* mempunyai titik leleh yang cukup tinggi (190-200 °C), sedangkan titik kristalisasinya antara 130-135 °C. *Polypropylene* mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (*hemical resistance*) yang tinggi, tetapi ketahanan pukul (*impact strength*) nya rendah. (Zainuri, 2014)

Polipropilena memiliki struktur zig-zag planar yang dapat terjadi dalam tiga cara yang berbeda-beda tergantung pada posisi relatif gugus metil (CH₃) satu sama lain di dalam rantai polimernya sehingga menghasilkan struktur isotaktik, ataktik dan sindiotaktik. Polipropilena ataktik tidak dapat berubah menjadi polipropilena sindiotaktik atau menjadi struktur lainnya tanpa memutuskan dan menyusun kembali beberapa ikatan kimia. Polipropilena isotaktik dan sindiotaktik merupakan polimer dengan stereoregular tinggi berbeda dengan ataktik. Polipropilena isotaktik adalah polimer yang penting secara komersial, karena mempunyai stereoregular tinggi. Stereoregular yang tinggi merupakan struktur dengan kristalinitas yang tinggi karena tidak mempunyai cabang yang banyak seperti struktur ataktik. Dalam struktur polipropilena ataktik gugus metil terletak cara acak sehingga hal tersebut meningkatkan oksidasi polimer tersebut dikarenakan adanya gugus metil yang reaktif di cabang (Philip dkk. 2004).



Gambar 2. 4 Taksisitas polipropilena

(Sumber : Perpustakaan.uns.id)

Polipropilena mempunyai sifat transparan, ringan dan mudah dibentuk oleh karena itu banyak diaplikasikan pada berbagai bidang, mulai dari bahan

kemasan, perlengkapan rumah tangga, komponen otomotif hingga peralatan elektronik. Polipropilena merupakan suatu termoplastik yang baik digunakan untuk bahan pengemas makanan dan minuman (Alamendah, 2010).

Adapun karakteristik dari Polipropena (PP) pada tabel 2.7 sebagai berikut :

Tabel 2.7 Karakteristik Polipropena (PP)

Karakteristik Bahan	
Rumus Molekul	$(C_3H_6)_n$
Berat Molekul	162,14 g/mol
Titik Lebur	160 °C
Densitas	0,855 g/cm ³ , amorphorus 0.946 g/cm ³ , kristalin

Sumber: Al safrudin (2021)

Polipropilena (PP) memiliki rumus kimia $(C_3H_6)_n$ dengan berat molekul sebesar 162,14 g/mol serta densitas pada karakteristik PP adalah 0,855 g/cm³ pada keadaan amorphorus dan 0.946 g/cm³ pada keadaan kristalin.

2.6 Sorbitol sebagai *Plasticizier*

Sorbitol adalah jenis gula alkohol golongan karbohidrat yang digunakan untuk pemanis buatan yang dapat dikonsumsi (Azizaturrohmah, 2019). Sorbitol memiliki nama lain hexitol atau glusitol (Azizaturrohmah, 2019) Sorbitol selain berfungsi sebagai pemanis pada makanan, senyawa ini dapat digunakan sebagai plasticizer, *Plasticizer* adalah bahan organik yang ditambahkan pada material polimer yang bertujuan untuk mengurangi kekakuan sehingga fleksibilitas dan ekstensibilitas material polimer meningkat (Jannah, 2017)

Sorbitol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis dan tidak berwarna, cairan kental dengan titik lebur 20°C dan memiliki titik didih yang tinggi 290°C. Sorbitol banyak ditemukan pada lemak hewani maupun lemak nabati sebagai ester gliseril pada asam palmitat dan oleat. Sorbitol memiliki keunggulan dalam penggunaannya sebagai plasticizer, senyawa ini dapat meningkatkan kuat tarik dari material polimer. Hal ini terjadi karena sorbitol

memiliki struktur molekul yang besar sehingga tidak mudah masuk ke dalam ikatan untuk mempengaruhi ikatan antar molekul (Azizaturrohmah, 2019).

2.6 Sabut Kelapa Sawit



Gambar 2. 5 sabut Kelapa Sawit

Limbah industri kelapa sawit adalah limbah yang dihasilkan pada saat proses pengolahan kelapa sawit yang digolongkan dalam tiga jenis yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Beberapa limbah yang digolongkan sebagai limbah padat yaitu TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit), cangkang atau tempurung, serabut atau serat, sluge atau lumpur dan bungkil (Prayitno dkk, 2008). Sabut kelapa sawit merupakan salah satu bentuk limbah padat kelapa sawit yang dihasilkan dari pengolahan industri minyak sawit. Sabut kelapa sawit ini juga merupakan salah satu limbah yang cukup besar tapi belum dimanfaatkan secara optimal.

Tabel 2. 3 Komposisi kimia serat sabut kelapa sawit

No	Nama	Jumlah %
1	Selulosa	59,6
2	Lignin	28,5
3	Lemak	3,6
4	Protein kasar	1,9
5	Abu	5,6
6	<i>Impurities</i>	8

(Sumber: Wirman, et al., 2016; Sitanggang, 2014)

2.7 *Carboxy Methyl Cellulose (CMC)*

Selulosa merupakan komponen penting untuk aplikasi baru biomaterial yang diperoleh dari limbah pertanian (Mulyono.A, 2021). Selulosa termasuk salah satu jenis polisakarida dengan rumus umum $(C_6H_{10}O_5)_n$ dan banyak ditemukan di dinding sel tumbuhan sebagai pembentuk struktur material dan umumnya berhubungan dengan lignin dan hemiselulosa yang membuatnya sulit diekstraksi dalam bentuk murni (Habibah dkk. 2013). Selulosa dapat diaplikasikan dalam berbagai bentuk serat asli digunakan dalam tekstil dan kertas atau bentuk turunannya seperti metil selulosa dan karboksi metil selulosa yang biasa dikenal dengan *Carboxy Methyl Cellulose (CMC)* (Nur dkk. 2016).

Carboxy Methyl Cellulose (CMC) tersusun linier, rantai panjang, larut dalam air, dan bersifat polisakarida anionik, jika dimurnikan berwarna putih hingga krem, hambar, tidak berbau, dan berbentuk bubuk (Asl dkk. 2017). Bahan pembuatan CMC dari sumber selulosa tanaman yang jumlahnya sangat melimpah di Indonesia dan kurang dimanfaatkan secara optimal (Lestari dkk. 2013). Penelitian mengenai pembuatan CMC dari berbagai bahan alami sudah banyak dilakukan, diantaranya Penelitian Asl dkk. (2017) tentang sintesis dan karakterisasi CMC dari ampas tebu. Penelitian Nur et al. (2016) tentang sintesis dan karakterisasi CMC yang dihasilkan dari selulosa jerami padi. Penelitian Alabi dkk. (2020) tentang sintesis dan karakterisasi CMC dari selulosa kulit pisang. Pemanfaatan CMC sangat luas dan mudah digunakan sehingga menjadikan sebagai salah satu zat yang diminati dalam industri makanan dan berbagai industri seperti farmasi, detergen, tekstil, dan kosmetik yang berfungsi sebagai penstabil emulsi, pengental dan bahan pengikat (Nur dkk. 2016).

Menurut Nurfauzi dkk. (2018), penambahan CMC pada pembuatan bioplastik dapat meningkatkan kekuatan tarik pada bioplastik. Penelitian yang menggunakan CMC dalam pembuatan bioplastik telah banyak dilakukan, diantaranya penelitian Apriliyanti & Ardiyansyah (2016) mengenai pabrikasi *edible film* dari CMC dan minyak jahe sebagai upaya peningkatan umur simpan roti. Penelitian Nurfauzi dkk (2018) mengenai pengaruh konsentrasi CMC dan suhu pengeringan terhadap sifat mekanik dan sifat degradasi pada plastik *biodegradable*

berbasis tepung jagung. Penelitian Ningsih dkk. (2019) mengenai pengaruh penambahan CMC terhadap karakteristik bioplastik dari pati ubi nagara.

2.9 Sifat Mekanik

Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah film. Kekuatan maksimum atau *tensile strength stress* adalah tegangan maksimum yang dapat dicapai pada diagram tegang regangan (Ardiansyah, R, 2011). Parameter ini menggambarkan kemampuan struktur untuk menahan beban tanpa mengalami kerusakan. Kerusakan dapat terjadi oleh perpecahan yang disebabkan oleh tekanan berlebihan atau kemungkinan juga adanya deformasi struktur (Anggarini, F, 2013).

Proses *strain* merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi perenggangan hingga film terputus. Ukuran dasar dari kekakuan (*stiffness*) sebuah *film* ditunjukkan oleh nilai modulus elastis sehingga penurunan nilai tersebut dapat diartikan bahwa fleksibilitas film meningkat.



Gambar 2. 6 Alat Uji Tarik pada Plastik

(Sumber: ZwickRoell Pte. Ltd. Indonesia)

Pada uji tarik, kedua ujung benda uji dijepit, salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat pengukur beban dari mesin uji dan ujung lainnya dihubungkan ke perangkat peregang. Regangan diterapkan melalui kepala-silang yang digerakkan motor dan elongasi beban uji ditunjukkan dengan pergerakan relatif dari benda uji. Beban yang diperlukan untuk menghasilkan regangan tersebut ditentukan dari defleksi *elastic* suatu balok atau proving ring, yang diukur dengan menggunakan metode hidrolis, *optic*, atau elektro mekanik.

Berdasarkan hukum *hooke* polimer yang dilakukan uji tarik akan mengalami perpanjangan hingga mencapai titik putus. Hasil pengujian tarik menghasilkan hubungan antara tegangan dan regangan. Persamaan mencari regangan dan tegangan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (2.2)$$

L_1 = Panjang Awal (m)

L_2 = Panjang Akhir (m)

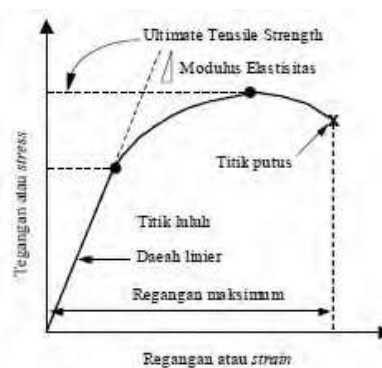
ε = Regangan

Σ = Tegangan (N/m^2)

A_0 = Luas Penampang Bahan Sebelum Dibebani (m^2)

F = Beban yang Diberikan (N)

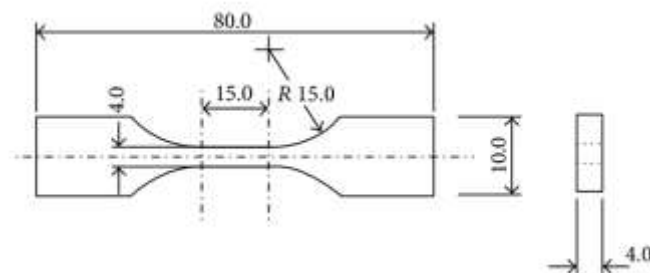
Semua padatan dengan tegangan menimbulkan deformasi elastis. Deformasi elastis adalah suatu regangan yang dapat balik kembali seperti semula (*reversible*) (Sumaryono, 2012). Diagram hubungan antara tegangan dan regangan disajikan pada Gambar 2.6 deformasi elastis akan muncul bila adanya tegangan, bila tegangan konstan deformasi elastis akan konstan, dan hilang bila tegangan dihilangkan. *Tensile strength stress* merupakan tegangan maksimum yang dapat diterima oleh material hingga putus (Sumaryono, 2012). Diagram hubungan antara tegangan dan regangan disajikan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. 7 Diagram Hubungan Antara Tegangan Dan Regangan
(Sumaryono, 2012)

Elongation atau perpanjangan bioplastik memberikan tingkat panjang film ketika dilakukan penarikan sampai putus. *Elongation* berkaitan dengan elastisitas film. Semakin besar nilai *elongation* film maka semakin elastis dan semakin baik plastik *Biodegradable* film tersebut, namun sebaliknya apabila nilai *elongation* rendah maka kurang baik (Ningsih, 2015 ; Nahwi, 2016 ; Nugroho dkk. 2013)

Uji *Modulus Young* didasarkan pada hasil uji kekuatan tarik dan uji perpanjangan pada saat putus untuk mengetahui elastisitas suatu sampel. Standar metode pengujian harus digunakan dalam melakukan penelitian agar pengujian sesuai dan terkontrol secara baik. Uji kekuatan tarik dilakukan agar mengetahui sifat dari suatu material. Setiap material memiliki metode pengujian tarik atau *tensile strength* berbeda dengan yang lain. Dan mempunyai standar pengujian yang berbeda dimana pengujian kali ini menggunakan ASTM D882. Berikut gambar dan ukuran pada spesimen dengan ASTM D882.



Gambar 2. 8 Spesimen Uji Tarik
(Sumber: ASTM D882)

Tabel 2. 4 Ukuran Spesimen Berdasarkan ASTM D882

Spesifikasi	Ukuran (mm)
Ketebalan <math><7\text{mm}</math>, T	2
Lebar,W	25
Panjang,L	100

(Sumber: ASTM, 2002)

Elastisitas modulus adalah seberapa besar tegangan yang diberikan agar material mampu meregang biasa disimbolkan dengan E (Sumaryoono, 2012). Modulus elastisitas menggambarkan perbandingan antara tegangan dan regangan. Dengan persamaan :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots \dots \dots (2.3)$$

E = Modulus Elastisitas (N/m²)

σ = Tegangan (N/m²)

ε = Regangan

2.10 Uji Daya Serap

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui batas kemampuan plastik *biodegradable*, dalam menyerap air sampai batas maksimal. Uji daya serap air (DA%) dilakukan dengan cara mengukur massa sampel bioplastik keadaan kering (W0) dengan massa sampel bioplastik setelah direndam dengan air (W1). Perhitungan persen penyerapan air pada plastik dapat menggunakan persamaan :

$$Da\% = \frac{W1-W0}{W0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

Uji daya serap air diperlukan untuk mengetahui sifat bioplastik hasil penelitian sudah mendekati sifat plastik konvensional atau belum, karena penggunaan plastik yang cukup beragam maka plastik yang dihasilkan harus memiliki ketahanan air yang cukup tinggi.

2.11 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

FTIR adalah salah satu teknis analisis spektroskopi yang menggunakan sinar infra merah dari spektrum elektromagnetik, sehingga akan menghasilkan spektrum mewakili senyawanya. Spektroskopi infrared (FIR) digunakan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsi dan identifikasi senyawa-senyawa organik. Prinsip dari spektroskopi FTIR didasarkan pada interaksi antara tingkat energi getaran (vibrasi).



Gambar 2. 9 Alat Uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)
(Sumber: farmasi.unida.gontor 2020)

Vibrasi atom yang berikatan dalam molekul dengan mengadsorpsi radiasi gelombang elektromagnetik. Molekul yang menyerap radiasi gelombang elektromagnetik IR dalam keadaan vibrasi tereksitasi akan mengalami kenaikan amplitude getaran atom-atom yang terikat. Apabila molekul kembali ke keadaan dasar maka, energi yang terserap akan terbuang dalam keadaan panas. Penyerapan radiasi *infra red* tergantung dari ikatan suatu molekul. Apabila tipe ikatan yang dimiliki suatu molekul berbeda-beda atau berlainan maka penyerapan radiasi *infra red* pada panjang gelombang yang berlainan (Supratman, 2006).

Informasi absorpsi inframerah pada umumnya diberikan dalam bentuk spektrum dengan panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) sebagai absis x dan intensitas absorpsi atau % transmittan sebagai koordinator y. Transmittan adalah perbandingan antara fraksi sinar yang diteruskan oleh sampel (I) dan jumlah sinar yang diterima oleh sampel tersebut (I_0) (Harvey & David, 1956).

Prinsip kerja spektroskopi FTIR adalah radiasi infra merah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi infra merah diserap oleh sampel serta sebagian lagi dilewatkan, yang akan terjadi dari spektrum ialah besarnya absorpsi molekul dan transmisi yang menghasilkan sidik jari molekul dari suatu sampel. seperti sidik jari pada umumnya, struktur sidik jari dari spektrum yang dihasilkan tidak terdapat yang sama. Inilah yang membentuk spektroskopi inframerah bermanfaat

untuk beberapa analisa. Manfaat berita yang bisa diketahui dari FTIR artinya mengidentifikasi suatu senyawa yang tidak diketahui (Anggarini, 2013: 31).

2.12 Uji *Biodegradability*

Biodegradasi merupakan salah satu cabang dari bioremediasi dimana memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan senyawa-senyawa besar atau kompleks menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana sehingga lebih ramah lingkungan (Yani, 2003). Uji *biodegradability* dilakukan untuk mengetahui lamanya waktu yang dibutuhkan oleh plastik untuk terurai di alam dengan sempurna.

Pada penelitian ini, uji biodegradasi dilakukan pada kondisi aerobik dengan bantuan bakteri dan jamur yang terdapat di tanah. Sampel plastik biodegradable diuji dengan menggunakan metode soil burial test yaitu dengan penanaman ke dalam tanah (Subowo dan Pujiastuti, 2003). Metode ini bertujuan untuk melihat persen kehilangan berat sampel pada proses degradasi sehingga akan bisa diperkirakan berapa lama sampel tersebut akan terurai oleh mikroorganisme dalam tanah (Ardiansyah, 2011). Nilai uji biodegradasi diketahui dengan persamaan berikut:

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Nilai W_i merupakan berat kering awal sebelum diletakkan dalam media (g) sedangkan nilai W_f merupakan berat kering akhir (g) (Nur, 2014).

2.13 Analisa *Thermogravimetric Analysis* (TGA)

Thermogravimetri adalah teknik untuk mengukur perubahan berat dari suatu senyawa sebagai fungsi dari suhu ataupun waktu. Hasilnya biasanya berupa rekaman diagram yang kontinu. Analisis termal adalah pengukuran fisika suatu bahan terhadap perubahan suhu dan digunakan untuk mengetahui ketahanan dan kestabilan polimer terhadap panas. Pengukuran analisis termal dapat menggunakan *Thermogravimeter Analysis* (TGA). Alat yang digunakan untuk analisa TGA disajikan pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Alat TGA

Sumber: Azom 2023

2.14 Review Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian ini menggunakan beberapa penelitian sebelumnya sebagai referensi untuk penelitian ini. Adapun tabel 2.4 review penelitian sebelumnya yang digunakan berupa jurnal untuk dijadikan acuan penelitian.

Tabel 2. 5 Review Penelitian Sebelumnya

No	Nama Peneliti	Judul	Variabel	Hasil Penelitian
1.	Iseh Muhammad Zaenal Afidin (2021)	Pengaruh Penambahan Kitosan Dan Sorbitol Terhadap Bioplastik Berbasis Selulosa Asetat Dari Ampas Tebu Skripsi	Sampel yang digunakan adalah Kandungan selulosa 1,5 gr variasi sorbitol sebesar 0,5 ml, 1 ml, 1,5 ml. Penambahan kitosan 1,3 gr dan larutan asam asetat 2% 40 ml	Penambahan sorbitol meningkatkan persen elongasi dari 14,0635 % menjadi 19,9379 % dan menurunkan kuat tarik dari 6,3049 MPa menjadi 0,6309 MPa. Penambahan sorbitol dapat meningkatkan penyerapan air dari 16,68% menjadi 88,73 % sehingga bioplastik bersifat hidrofilik, penambahan sorbitol juga mempercepat proses degradasi bioplastik dari 24 hari menjadi 8 hari.

- | | | | | |
|----|---|--|--|---|
| 2. | Wahyu
Ramadhani
Tamiogy dkk
(2019) | Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Kulit Pinang Sebagai <i>Filler</i> Pada Pembuatan <i>Bioplastik</i> | Sampel yang digunakan adalah Kandungan selulosa 3,5 gr variasi gliserol sebesar 0,5 gr, 1 gr, 1,5 gr. Variasi NaOH 14%, 20%, 25%, Penambahan pati 10 gr dan NaOCL 3,5 gr | Dari hasil penelitian bahwa limbah kulit pinang dapat dikelola sehingga tidak hanya menjadi limbah yang mengganggu lingkungan. |
| 3 | Rozanna Dewi,
Nasrun,Zulnazri,
Medan Riza,
Harry
Agusnar,2019 | <i>Improved Mechanical and Thermal Properties of Modified Thermoplastic Starch (TPS) from sago by using Chitosan</i> | Sampel yang digunakan adalah pati dengan penambahan kitosan untuk meningkatkan sifat mekanik | Penambahan kitosan telah meningkatkan sifat mekanik dan termal termoplastik pati sago termodifikasi (TPS), Konsentrasi optimum penambahan kitosan 1 gr menghasilkan peningkatan kekuatan tarik (200,04 Mpa) dan peningkatan elongasi (24,96%) |
| 4 | Rozanna Dewi,
Nasrun Ibrahim,
Novi Sylvia, 2017 | <i>Thermal behavior of modified thermoplastic starch (TPS) synthesized from sago (Metroxylon Sagu) with</i> | Sampel yang digunakan adalah sintesis pati sago termoplastik melalui mekanisme menggunakan difenilmetana diisosianat | Dari hasil analisis DSC dan TGA, TPS yang dimodifikasikan memiliki karakteristik termal dan stabilitas termal yang baik |

Diphenylmethane diisocyanate and Castor Oil

- | | | | | |
|---|---|--|---|---|
| 5 | Rozanna Dewi, N,Sylvia, Zulnazri, M.Riza,2018 | <i>Mechanical and biodegradability properties of bio composite from sago starch and straw filler</i> | Sampel yang digunakan adalah jerami dan tepung sago | Dari hasil penelitian nilai kuat tarik tertinggi terdapat pada filler 40% dengan perbandingan campuran antara TPS dan PP adalah 1:1,5 sebesar 10,98 Mpa |
|---|---|--|---|---|

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Material, Teknik Kimia dan Pertanian Universitas Malikussaleh, yang dilaksanakan mulai dari bulan Juni 2023-selesai. Beberapa pengujian dilakukan di Institusi lain karena keterbatasan alat seperti *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) di lakukan di Universitas Syiah Kuala dan Uji Mekanis (Uji Tarik, *Elongation*, *Modulus Young*) dilakukan di Universitas Sumatera Utara, Analisa *Thermogravimeter Analysis* (TGA) di Politeknik Negeri Lhokseumawe, serta Uji Biodegradabilitas, Uji Daya Serap Air, dilakukan di Universitas Malikussaleh.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat-Alat

Peralatan yang digunakan dalam menyiapkan sampel pada penelitian ini adalah:

1. Ayakan 60 *Mesh*
2. Tisu
3. Timbangan Digital
4. Spatula
5. Gelas Ukur
6. *Hot Plate*
7. *Oven*
8. Cetakan Besi Ukuran 17 cm X 15 cm Tebal 0,2 cm
9. Gunting
10. Sarung Tangan
11. Wadah
12. Blender
13. *Thermometer*

3.2.2 Bahan

1. Sebuk selulosa sabut kelapa sawit
2. NaOH,
3. NaOCl
4. Aquades.
5. Sorbitol
6. *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC)
7. *Xylene*
8. BPO (*Benzoil Perokside*)
9. MAH (*Maleic anhidrade*)

3.3 Variabel Penelitian

Adapun variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah :

3.3.1 Variabel Tetap

1. NaOCl 3,5%
2. *Aquades* dan larutan NaOCl 3,5% 1:1
3. NaOH 10%
4. Selulosa sabut kelapa sawit 50 gr
5. Ayakan 60 *mesh*
6. *Xylen* = 100 ml
7. Polipropilena 25 gr
8. *Maleic anhidrade* (MAH) = 1% dari volume *xylen*
9. Benzoil peroksida = 0,1% dari berat MAH

3.3.2 Variabel Bebas

1. Sorbitol 10%, 20%, 30%, 40%
2. CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) 0%, 10%, 20%, 30%

3.3.3 Variabel Terikat

1. Uji Mekanis (Uji Tarik, *Elongation*, *Modulus Young*)
2. Uji Biodegradabilitas
3. Uji Daya Serap Air
4. Uji FTIR (*Fourier Transform Infrared*)
5. Uji TGA (*Thermogravimetric Analysis*)

3.4 Prosedur Kerja

Adapun prosedur kerja dalam pembuatan plastik *biodegradable* antara lain yaitu :

3.4.1 Pembuatan Serbuk Sabut Kelapa Sawit

1. Siapkan Sabut Kelapa Sawit
2. Cuci dan keringkan sabut kelapa sawit 2 x 24 jam di luar ruangan
3. Sabut kelapa sawit di blender kering menjadi serbuk sabut kelapa sawit
4. Serbuk sabut kelapa sawit diayak menggunakan 60 *mesh*



Gambar 3. 1 serat sabut kelapa sawit

3.4.2 Ekstraksi Selulosa Sabut Kelapa Sawit

3.4.2.1 Proses *Pre- Delignifikasi*

1. Serbuk Sabut Kelapa Sawit ditambah aquades 1:10
2. Setelah diaduk dan tercampur dipanaskan suhu 100°C selama 2 jam
3. Setelah dipanaskan dan disaring untuk didapat padatan
4. Selanjutnya di oven dengan suhu 100°C dengan waktu 120 menit hingga kering

3.4.2.1 *Delignifikasi*

1. Serbuk Sabut kelapa sawit di masukkan ke dalam larutan NaOH 10% Sampai terendam seluruhnya. Kemudian dipanaskan pada suhu 121°C selama 60 menit .
2. Kemudian di saring untuk mendapatkan padatan serbuk sabut kelapa sawit.
3. padatan dicampur larutan NaOCl 3,5% berat dan *aquades* (perbandingan *aquades* dan larutan NaOCl 3,5% artinya 1:1) dididihkan selama 10 menit
4. Setelah itu disaring dan dicuci kembali menggunakan *aquades*, kemudian di *oven* pada suhu 100°C selama 60 menit sampai kering
5. Terakhir hasil yang didapat berupa serbuk kering.

3.4.3 Pembuatan Film Plastik *Biodegradable*

Pembuatan spesimen plastik komposit dilakukan dengan cara 50 gr selulosa, di masukkan kedalam larutan sorbitol 10%, 20%, 30% , 40% dan CMC 0%, 10%, 20%, 30% dengan berat 12,5 gr. kemudian dicampur dengan PP yang sudah menggunakan proses grafting. Hasil pencampuran dicetak menggunakan *hot press*, dengan parameter proses yaitu temperatur pengepressan 165°C, waktu penahanan 10 menit dan penekanan 1 Psi, Proses pendinginan dilakukan hingga mencapai suhu ruangan. Proses *grafting* sebagai berikut :

1. pencampuran antara alpha-selulosa 50 gr, sorbitol 10%, 20%, 30%, 40% serta variasi cmc 0%, 10% 20%, 30% sebanyak 12,5 gr dan diaduk merata.
2. Ditambahkan 25 gram polipropilena ke dalam 100 ml *xylene*, lalu dimasukan malaik anhidrat 1 % dari volume *xylene* setelahnya benzoil peroksida 0,1 % dari berat MAH.
3. Diaduk sampai homogen pada suhu 125 °C untuk menghasilkan PP-gMA.
4. Pemanasan dan pencampuran antara selulosa, sorbitol , CMC dan PP-gMA, diaduk merata.
5. Kemudian dicetak menggunakan *hot press* selama 10 menit dengan suhu 165°C

6. Plastik diuji untuk mengetahui karakteristik yaitu uji FTIR, uji TGA, uji tarik, uji daya serap air dan uji biodegradabilitas.

3.5 Prosuder Analisa

Adapun prosedur analisa yang dilakukan dalam pembuatan *biodegradable* diantaranya adalah :

3.5.1 Analisa Mekanis

Uji Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*) dan pemanjangan saat putus (*Elongation at Break*) ASTM D882

1. Sampel yang akan diuji terlebih dahulu dikondisikan dalam ruang dengan suhu kelembaban relatif standar ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) selama 24 jam.
2. Sampel akan diuji dipotong sesuai standar
3. Pengujian dilakukan dengan cara kedua ujung dijepit pada mesin pengujian *tensile*
4. Selanjutnya dicatat panjang awal dan ujung tinta pencatat diletakkan pada posisi 0 pada grafik
5. *Knob start* dinyalakan dan alat akan menarik sampel yang putus dan dicatat gaya kuat tarik (F) dan panjang setelah putus.

Tabel 3. 1 Ukuran Spesimen Berdasarkan ASTM D882

Spesifikasi	Ukuran (mm(in))
Ketebalan < 7mm , T	$3,00 \pm 0,4$ ($0,11 \pm 0,02$)
Lebar, W	15(0,59)
Panjang, L	100 (3,937)

Prosedur Uji *Modulus Young* ASTM D882

Uji *Modulus Young* didasarkan pada hasil uji kekuatan tarik dan uji perpanjangan pada saat putus.

1. Diperoleh data nilai kekuatan tarik dari hasil pengujian.
2. Diperoleh data nilai perpanjangan pada saat putus dari hasil pengujian.

3. Ditentukan nilai *Modulus Young* berdasarkan nilai kekuatan tarik dan perpanjangan pada saat putus dari data yang diperoleh

$$\text{Modulus Young (Mpa)} = \frac{\text{kekuatan tarik}}{\text{pemanjangan saat putus}/100} \dots\dots\dots(3.1)$$

3.5.2 Analisa Biodegradabilitas

Analisa biodegradabilitas dilakukan mengikuti acuan ASTM G-21-70 menggunakan metode pengontakan langsung bioplastik dengan tanah (Nurfitasari, 2018).

1. Dipotong sampel bioplastik dengan ukuran 2 x 2 cm pada sembilan sampel bioplastik
2. Ditimbang sampel menjadi massa awal (M0).
3. Dimasukkan sampel pada tanah yang digali sedalam 30 cm selama 16hari.
4. Diangkat sampel dan dibersihkan menggunakan kuas dari residu tanah yang menempel.
5. Ditimbang kembali sampel menjadi massa akhir (M1).
6. Biodegradabilitas bioplastik dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Biodegradabilitas (\%)} = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

3.5.3 Daya Serap Air

1. Sampel bioplastik dipotong menggunakan ukuran 2 x2 cm.
2. Ditimbang menjadi massa awal (W0).
3. Kemudian dimasukkan kedalam gelas berisi aquades selama 1 x 24 jam
4. Kemudian diangkat dan diletakkan diatas kertas saring.
5. Timbang kembali massa bioplastik (W1).
6. Buat menghitung daya serap air memakai rumus (2.1)

3.5.4 Analisa *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

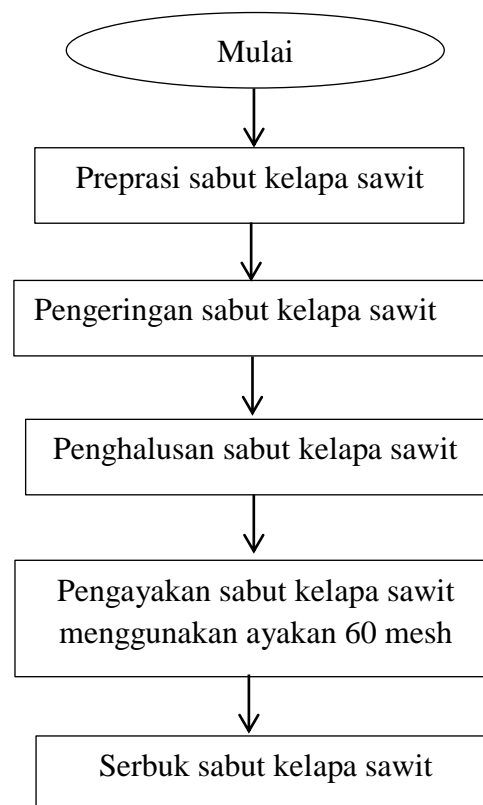
1. Plastik di cetak lalu dikeringkan pada oven menjadi film tipis basah.
2. Kemudian film diseimbangkan pada kondisi ambient (60% RH).
3. Film yang sudah ditimbang lalu dijemur sampai menghasilkan film tipis kering.
4. Selanjutnya semua *spektra film* tipis dicatat didalam metode transmisi pada resolusi 4 cm⁻¹ dengan akumulasi 5 *scan*.

3.5.5 Analisa *Thermogravimetric Analysis* (TGA)

1. Penentuan uji TGA ditentukan sesuai dengan standar ASTM E1131
2. Sampel film plastik ditimbang dan dicatat beratnya.
3. Kemudian disetimbangkan alat yang akan digunakan untuk uji termal.
4. Setelah itu suhu alat dinaikkan dari 30°C ke 600°C, laju pemanasan yang digunakan sebesar 10°C/menit dalam atmosfer terkontrol.
5. Kemudian hasil analisis dicatat.

3.6 Diagram Alir Penelitian

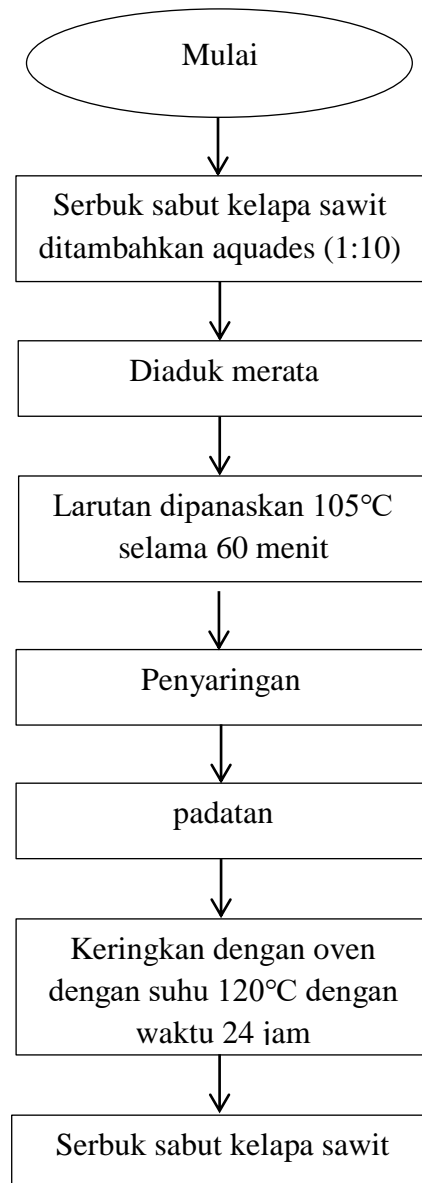
3.6.1 Pembuatan Serbuk Sabut kelapa sawit



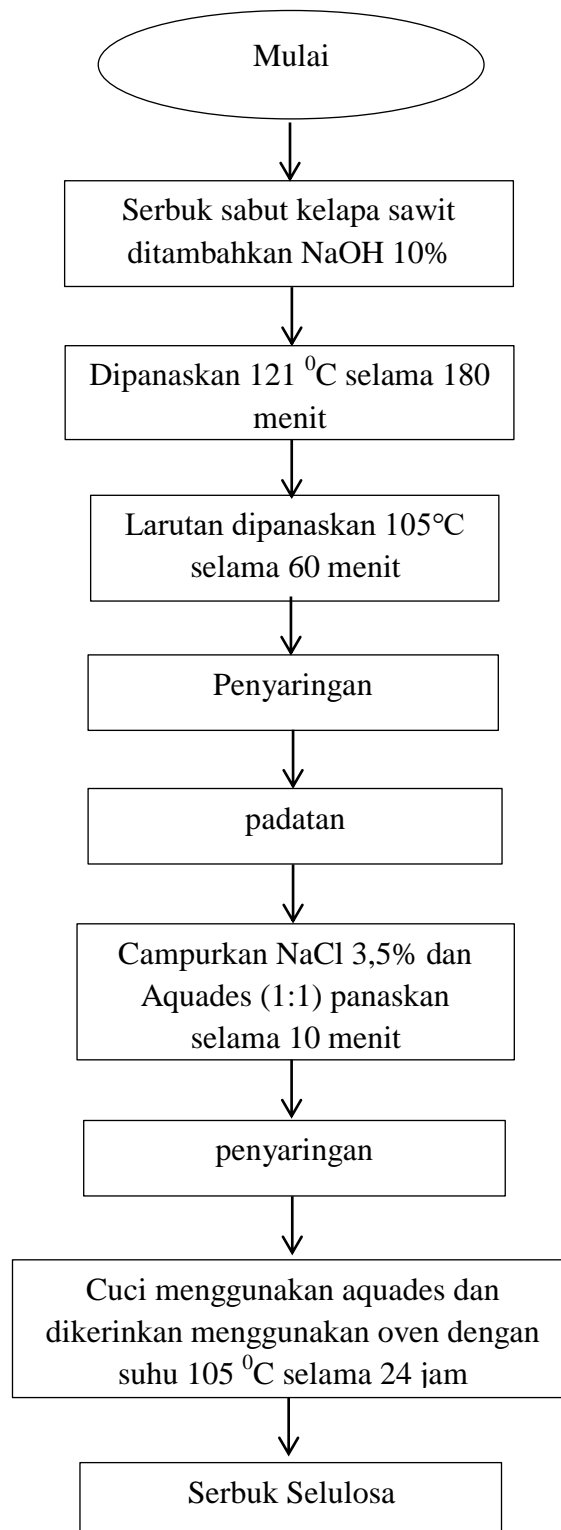
Gambar 3. 2 Diagram Alir *Milling* Sabut Kelapa Sawit

3.6.2 Ekstraksi Sabut kelapa sawit

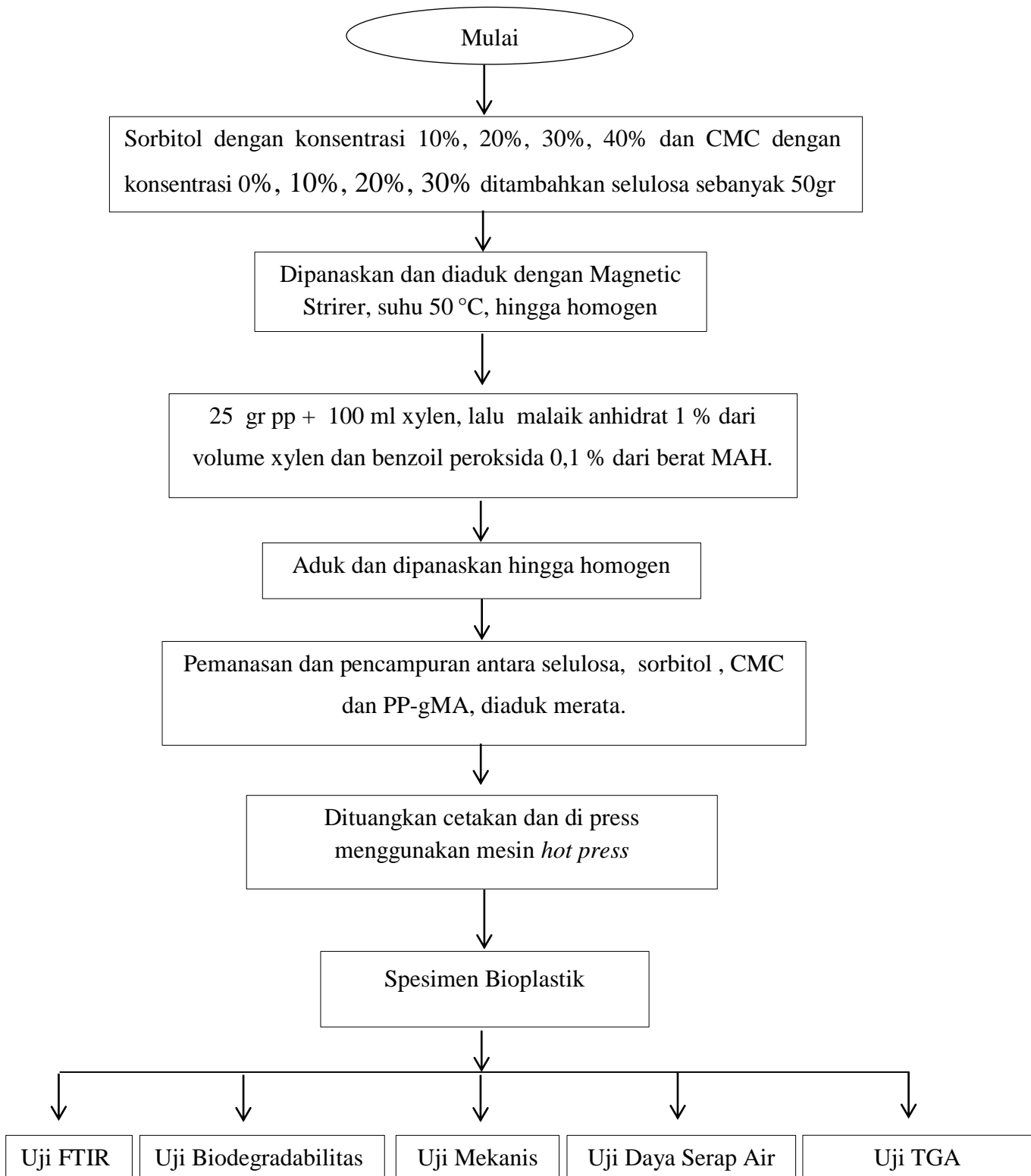
3.6.2.1 Pre-Delignifikasi



Gambar 3. 3 Diagram alir *pre-delignifikasi*

1.6.2.2 *Delignifikasi*Gambar 3. 4 Diagram Alir *delignifikasi*

3.6.3 Pembuatan Film Plastik *Biodegradable*



Gambar 3. 5 Diagram Alir Pembuatan Film Plastik *Biodegradable*

3.7 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Jadwal rencana pelaksanaan kegiatan penelitian yang dilakukan selama 8 bulan. Dapat dilihat pada tabel 3.3

Tabel 3. 2 Rencana Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Studi Literatur	■								
2	Pembuatan Proposal	■								
3	Seminar Proposal		■	■	■					
4	Pembuatan Spesimen				■	■	■			
5	Pengujian dan pengambilan Data						■	■		
6	Pembuatan Lamporan Hasil							■	■	
7	Seminar Hasil								■	
8	Sidang									■

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Uji Kuat Tarik

Uji Kuat Tarik pada plastik *biodegradable* pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Nilai Kuat Tarik pada plastik *biodegradable*

Konsentrasi Sorbitol 10 % CMC (%)	Uji Kuat Tarik (MPa)	Elongation (%)	Modulus Young (MPa)
0	5,47	3,07	178,36
10	5,94	2,91	204,16
20	8,36	2,31	361,83
30	11,13	3,82	290,78

4.1.2 Uji Daya Serap Air

Uji Daya Serap Air pada plastik *biodegradable* pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Daya Serap Air

No	Konsentrasi Sorbitol (%)	CMC (%)	Sebelum Perendaman	Sesudah Perendaman	Daya Serap Air (%)
1		0	0.7281	1.3471	45.95
2	10	10	0.9413	1.417	50.54
3		20	0.6839	1.3471	96.97
4		30	1.0642	1.3673	28.48
5	20	0	0.6839	1.3471	96.97

6		10	0.6764	0.8862	31.02
7		20	0.2120	0.2230	5.19
8		30	0.8434	1.0185	20.76
9	30	0	1.0893	1.1256	3.33
10		10	1.3966	1.5633	10.66
11		20	1.1405	1.4049	18.82
12		30	0.8434	1.0185	20.76
13	40	0	0.9422	1.2542	33.11
14		10	0.7367	0.9480	28.68
15		20	0.7738	0.9420	21.74
16		30	0.9452	1.0902	15.34

4.1.3 Uji Biodegradability

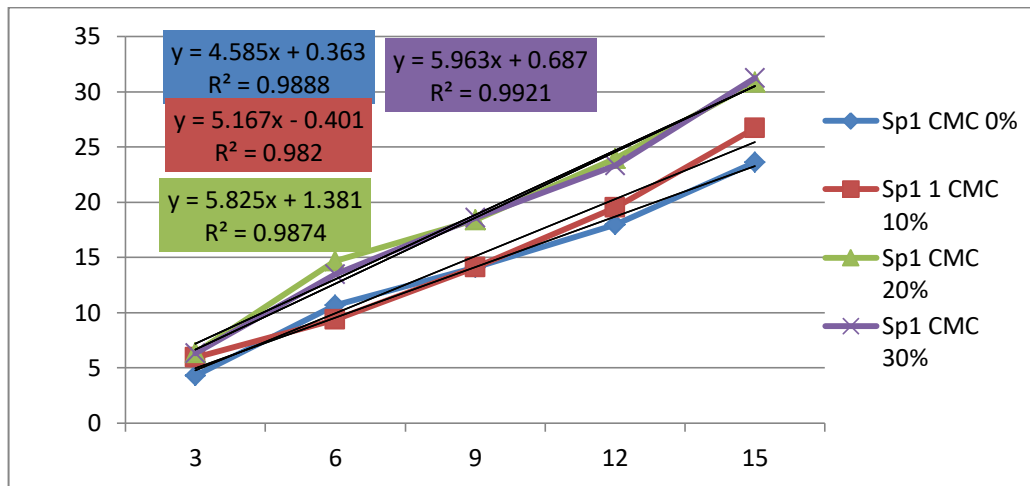
Uji *Biodegradability* pada plastik *biodegradable* pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Uji *Biodegradability*

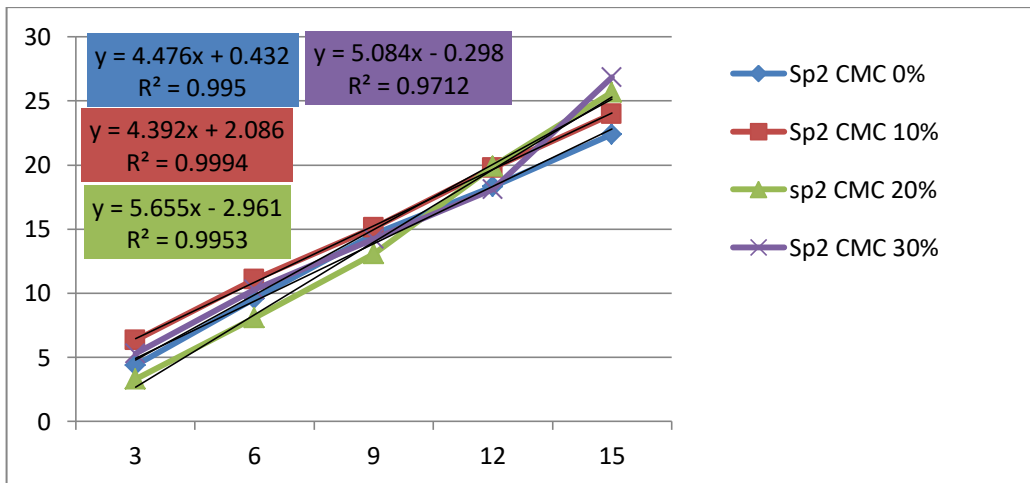
No	Konsentrasi Sorbitol (%)	Konsentrasi CMC (%)	Analisis				
			Hari ke – (%)				
			3	6	9	12	16
1	10	0	2.68	6.66	9.66	12.69	19.37
2		10	5.21	10.18	12.32	17.78	21.7
3		20	5.59	9.14	13.67	16.27	25.47
4		30	4.59	10.4	15.-7	20.97	26.1

5	20	0	4.4	9.57	14.6	18.33	22.4
6		10	6.36	11.09	15.1	19.79	23.97
7		20	3.3	8.09	13.06	19.9	25.67
8		30	5.31	10.29	14.25	18.09	26.83
9	30	0	2.99	9.01	14.92	18.38	22.9
10		10	3.94	9.73	15.15	19.13	23.34
11		20	6.61	11.82	16.77	23.95	25.52
12		30	6.26	9.62	14.53	19.09	26.68
13	40	0	4.3	10.67	14.09	17.94	23.59
14		10	5.92	9.34	14.07	19.49	26.68
15		20	6.37	14.69	18.41	23.94	30.87
16		30	6.32	13.47	18.56	23.32	31.21

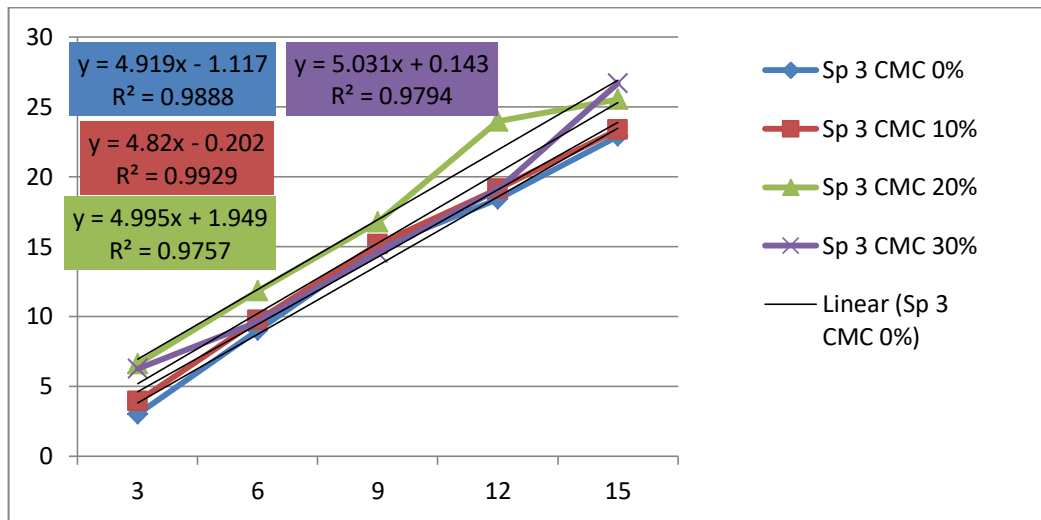
Pengujian biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui berapa lama setiap sampel mengalami degradasi. Cara untuk mengetahui laju biodegradabilitas pada sampel menggunakan perhitungan Ekstrapolasi, agar dapat memperkirakan nilai suatu variabel melampaui interval pengamatan aslinya berdasarkan hubungannya dengan variabel lainnya. pada plastik *biodegradable* untuk perkiraan penguraian plastik pada Gambar 4.1



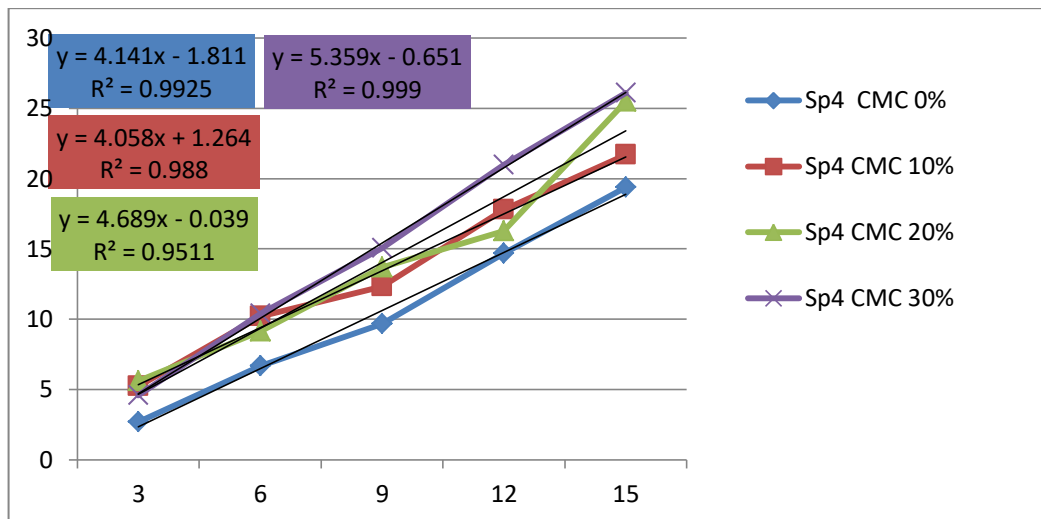
Gambar 4. 1 Rumus Ekstrapolasi Sorbitol 10%



Gambar 4. 2 Rumus Ekstrapolasi Sorbitol 20%



Gambar 4.3 Rumus Ekstrapolasi Sorbitol 30%



Gambar 4. 4 Rumus Ekstrapolasi Sorbitol 40%

Laju Ekstrapolasi pada *plastic biodegradable* untuk perkiraan penguraian plastik

Tabel 4. 4 Hasil Ekstrapolasi Biodegradabilitas

Hari	Konsentrasi (%)															
	Sorbitol 10%				Sorbitol 20%				Sorbitol 30%				Sorbitol 40%			
	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%
3	2.68	5.21	5.59	4.59	4.4	6.36	3.3	5.31	2.99	3.94	6.61	6.26	4.3	5.92	6.37	6.32
6	6.66	10.18	9.14	10.4	9.57	11.09	8.09	10.29	9.01	9.73	11.82	9.62	10.67	9.34	14.69	13.47
9	9.66	12.32	13.67	15.07	14.6	15.1	13.06	14.25	14.92	15.15	16.77	14.53	14.09	14.07	18.41	18.56
12	14.69	17.78	16.27	20.97	18.33	19.79	19.9	18.09	18.38	19.13	23.95	19.09	17.94	19.49	23.94	23.32
15	19.37	21.7	25.47	26.1	22.4	23.97	25.67	26.83	22.9	23.34	25.52	26.68	23.59	26.68	30.87	31.21
18	23.03	25.61	28.09	31.50	27.28	28.43	30.96	30.20	28.39	28.71	31.91	30.32	27.873	30.60	36.33	36.46
21	27.17	29.67	32.78	36.86	31.76	32.83	36.62	35.2	33.31	33.53	36.91	35.3	32.45	35.76	42.15	42.42
24	31.31	33.72	37.47	42.22	36.2	37.22	42.27	40.37	38.23	38.35	41.90	40.39	37.04	40.93	47.98	48.39
27	35.45	37.78	42.16	47.58	40.71	41.61	47.93	45.45	43.15	43.17	46.90	45.42	41.62	46.10	53.80	54.35
30	39.59	41.84	46.85	52.93	45.19	46.00	53.58	50.54	48.07	47.99	51.89	50.45	46.21	51.26	59.63	60.31

Hari	Konsentrasi (%)															
	Sorbitol 10%				Sorbitol 20%				Sorbitol 30%				Sorbitol 40%			
	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%
33	43.7	45.90	51.54	58.29	49.66	50.39	59.24	55.62	52.99	52.81	56.89	55.48	50.79	56.43	65.45	66.28
36	47.88	49.9	56.22	63.65	54.14	54.79	64.89	60.7	57.91	57.63	61.88	60.51	55.38	61.60	71.28	72.24
39	52.02	54.01	60.91	69.01	58.62	59.18	70.55	65.79	62.8	62.45	66.88	65.54	59.96	66.77	77.10	78.20
42	56.16	58.07	65.60	74.37	63.09	63.57	76.20	70.87	67.74	67.27	71.87	70.57	64.55	71.93	82.93	84.16
45	60.30	62.13	70.29	79.73	67.57	67.96	81.86	75.96	72.66	72.09	76.87	75.60	69.13	77.10	88.75	90.13
48	64.44	66.19	74.98	85.09	72.04	72.35	87.51	81.04	77.58	76.91	81.86	80.63	73.72	82.27	94.58	96.09
51	68.58	70.2	79.67	90.45	76.52	76.75	93.17	86.1	82.50	81.73	86.86	85.6	78.30	87.43	100	100
54	72.72	74.30	84.36	95.81	81	81.14	98.82	91.21	87.42	86.55	91.85	90.70	82.89	92.60		
57	76.86	78.36	89.05	100	85.47	85.53	100	96.29	92.34	91.37	96.85	95.73	87.47	97.77		
60	81.00	82.42	93.74		89.95	89.92		100	97.26	96.19	100	100	92.06	100		
63	85.15	86.48	98.43		94.42	94.31			100	100			96.64			
66	89.29	90.54	100		98.90	98.71							100			

Hari

Konsentrasi (%)

	Sorbitol 10%				Sorbitol 20%				Sorbitol 30%				Sorbitol 40%			
	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%	CMC 0%	CMC 10%	CMC 20%	CMC 30%
69	93.43	94.59			100	100										
72	97.57	98.65														
75	100	100														

4.2 Pembahasan

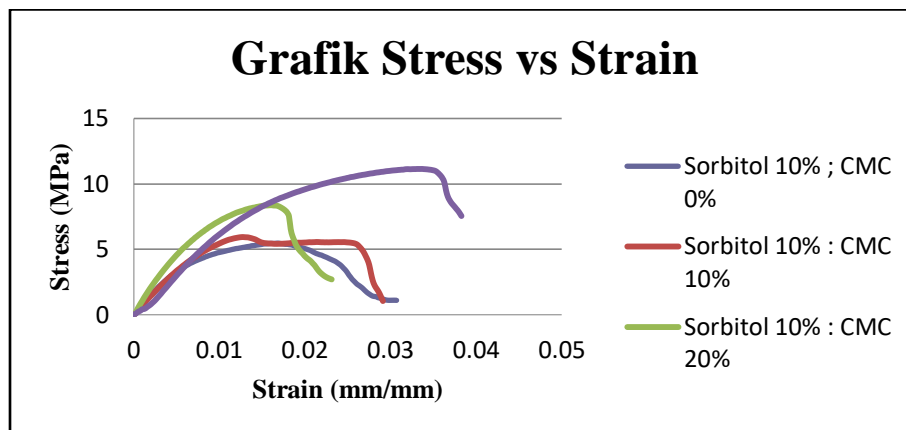
Selulosa yang terdapat di dalam Sabut kelapa sawit dilakukan proses *delignifikasi* untuk menghilangkan lignin merendam serbuk sabut kelapa sawit ke dalam larutan NaOH 10% dengan perbandingan 1:1 dipanaskan menggunakan *autoclave* dengan suhu 121 °C selama 180 menit. Hasil selulosa yang di dapat sebanyak 67,5 gr dari 100 gr sabut kelapa sawit.

Sabut kelapa sawit mengandung selulosa 59,6%, lignin 28,5%, protein kasar 1,9%, lemak 3,6%, Abu 5,6% dan impurities 8%).(Sumber: Wirman, et al., 2016; Sitanggang, 2014). Tingginya kandungan selulosa pada Sabut kelapa sawit memiliki potensi sebagai material *biodegradable film* dikarenakan selulosa mempunyai ciri yang keras dan solid.

4.2.1 Uji kuat tarik

Purwanti (2010) menyatakan kuat tarik merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum putus. Pengukuran tensile strength untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area film untuk merenggang atau memanjang (Dewi dkk. 2021).

Uji kuat tarik yang dilakukan diperoleh hasil bahwa dengan penambahan sorbitol akan menurunkan nilai kuat tarik. Penurunan kuat tarik disebabkan karena adanya sorbitol, penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* dapat mengurangi gaya antar molekul, sorbitol dapat mengganggu interaksi antar molekul sehingga dapat meningkatkan mobilitas rantai bioplastik, Penambahan sorbitol mampu menambah kerapuhan dan mengurangi fleksibilitas bioplastik dengan cara mengganggu interaksi antar molekul yang berdekatan sehingga kekuatan tarik-menarik kekuatan antar molekul berkurang (Hidayati S., & A. Sapta Zuidar, 2015).



Gambar 4. 5 Grafik pengujian mekanik

Tampilan hubungan kekuatan tarik (*Tensile Strength*) terhadap kandungan Sorbitol 10% dan CMC (0, 10, 20 dan 30 %) dapat dilihat pada Gambar 4.5. Pada gambar terlihat bahwa kekuatan tarik terbaik berada pada bioplastik dengan kandungan Sorbitol 10% dengan CMC 30 % yaitu sebesar 11.13 MPa, elongasi 3,82 % dan *modulus young* 290,78 MPa. Hasil Yang didapat sesuai dengan penelitian Rafika Nur Hapsari (2021). bahwa dengan bertambahnya konsentrasi CMC akan meningkatkan kuat tarik bioplastik. Namun terdapat kemungkinan campuran selulosa-Sorbitol-CMC dan polipropilena ini tidak homogen, hal ini disebabkan oleh proses penggilingan, selulosa sabut kelapa sawit yang tidak sempurna. Penggilingan pada tingkat tertentu dapat meningkatkan kekuatan kekuatan tarik. Tapi penggilingan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik, yang mungkin disebabkan terjadinya disintegrasi serat (Nurminah, 2009).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818:2014 bioplastik harus memiliki nilai kuat tarik minimal 13,7 MPa, dari hasil penelitian nilai kuat tarik yang dihasilkan berkisar antara 5,47 MPa – 11,13 MPa yang berarti belum memenuhi Standar Nasional Indonesia. Namun, Menurut *Japaneses Industrial Standard* (JIS-Z-1707:1975) nilai kuat tarik minimal sebesar 3,92 MPa dan diperoleh hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai sudah memenuhi standar minimum.

Menurut Septiawan et al. (2019), nilai kuat tarik akan mengalami

peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi bahan pengisi bioplastik. Hal ini terjadi karena adanya interaksi pembentukan ikatan hidrogen antara bahan bioplastik. Penelitian Tongdeesoontorn et al. (2011) juga menunjukkan hasil bahwa seiring meningkatnya jumlah CMC yang ditambahkan dapat meningkatkan kuat tarik bioplastik yang dihasilkan. Hal ini disebabkan molekul CMC mengandung gugus hidroksil (-OH). Ikatan kompleks ini sangat berpengaruh terhadap peningkatan kuat tarik bioplastik (Santoso, Pratama, Hamzah, & Pambayun, 2010).

nilai *elongation* Pada penelitian ini diperoleh hasil analisa *elongation* tertinggi pada penambahan konsentrasi sorbitol 10% CMC 30% yaitu sebesar 3,82 %, Peningkatan nilai elongasi ini dikarenakan CMC memiliki gel *strength* yang tinggi. Penggunaan CMC dalam jumlah yang lebih besar akan meningkatkan kemampuan mengikat air yang lebih baik sehingga matriks gel dapat meningkatkan persen pemanjangan dari *film*. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818:2014 bioplastik harus memiliki nilai kemuluran berkisar 400% - 1120%, dari hasil penelitian ini kemuluran yang dihasilkan dibawah nilai Standar Nasional Indonesia. Menurut *Japaneses Internasional Standard (JIS-Z-1707:1975)* nilai kemuluran minimal sebesar 10% dan diperoleh hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai belum memenuhi standar minimum.

Nilai *Modulus young* pada konsentrasi sorbitol 10% CMC 0%, 10%, 20% dan 30% pada sampel bioplastik . Nilai terbaik berada pada bioplastik dengan kandungan Sorbitol 10% CMC 20 % yaitu sebesar 361,83 MPa. Data hasil uji *modulus young* ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi CMC mampu meningkatkan nilai *modulus young* dikarenakan Nilai elastisitas dipengaruhi oleh banyak polimer yang ditambahkan, dimana semakin banyak massa CMC yang ditambahkan maka nilai elastisitas akan semakin besar. Nilai elastisitas berbanding lurus dengan nilai kuat tarik dan berbanding terbalik dengan elongasi (Junias aditia, dkk 2023).

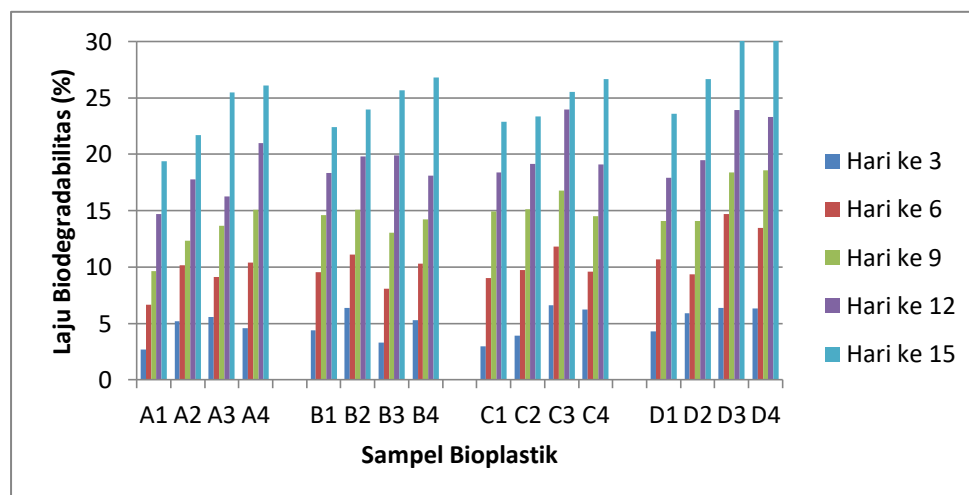
Pada penambahan sorbitol 10% dengan CMC 0%, 10%, 20% dan 30%. Penambahan CMC 30% terus meningkatkan *Modulus Young*, namun tidak lebih besar dari penambahan sorbitol 10% CMC 20%. Saat penambahan konsentrasi

Sorbitol 10% CMC 30%, *Modulus Young* kembali menurun. Hal ini disebabkan oleh ikatan hidrogen yang terbentuk membuat rantai semakin panjang, sehingga elastisitas meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Yuli Darni, dkk. 2014)

4.2.2 Biodegradasi

Biogegradabilitas merupakan parameter yang tidak mempengaruhi kualitas pemakaian bioplastik, tetapi merupakan elemen penting dalam sebuah produk bioplastik. Bioplastik yang memiliki biodegradabilitas yang buruk maka akan berfungsi merusak lingkungan dan tidak berbeda dengan plastik biasanya yang saat ini sudah beredar luas dimasyarakat.

Uji biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh alam terhadap *biofoam* dalam jangka waktu tertentu, sehingga akan diperoleh persentase kerusakan. Selanjutnya, dapat diperkirakan lamanya waktu yang diperlukan oleh *biofoam* untuk terurai di alam secara sempurna dalam tanah (Nurfitasari, 2018)



Gambar 4.6 Laju Biodegradasi

Keterangan

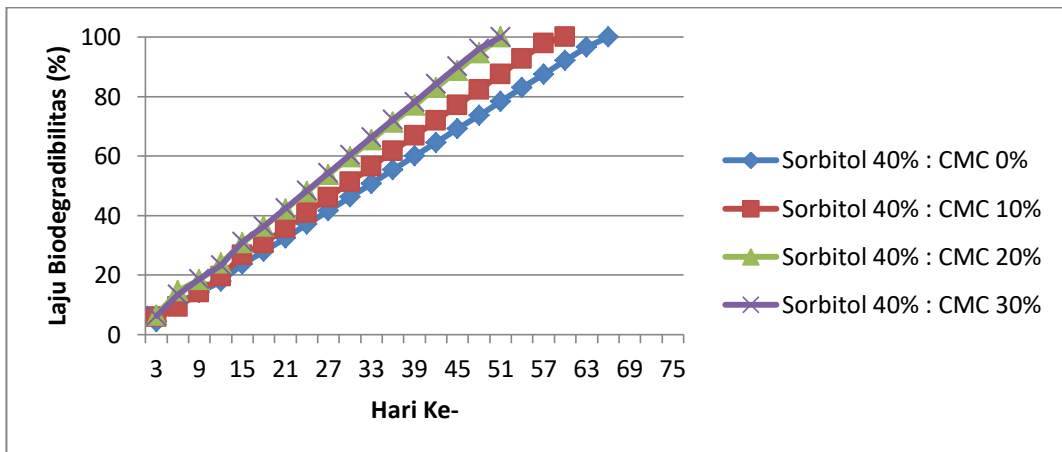
A1 = Sorbitol 10% : CMC 0%
 A2 = Sorbitol 10% : CMC 10%
 A3 = Sorbitol 10% : CMC 20%
 A4 = Sorbitol 10% : CMC 30%
 B1 = Sorbitol 20% : CMC 0%
 B2 = Sorbitol 20% : CMC 10%
 B3 = Sorbitol 20% : CMC 20%
 B4 = Sorbitol 20% : CMC 30%

C1 = Sorbitol 30% : CMC 0%
 C2 = Sorbitol 30% : CMC 10%
 C3 = Sorbitol 30% : CMC 20%
 C4 = Sorbitol 30% : CMC 30%
 D1 = Sorbitol 40% : CMC 0%
 D2 = Sorbitol 40% : CMC 10%
 D3 = Sorbitol 40% : CMC 20%
 D4 = Sorbitol 40% : CMC 30%

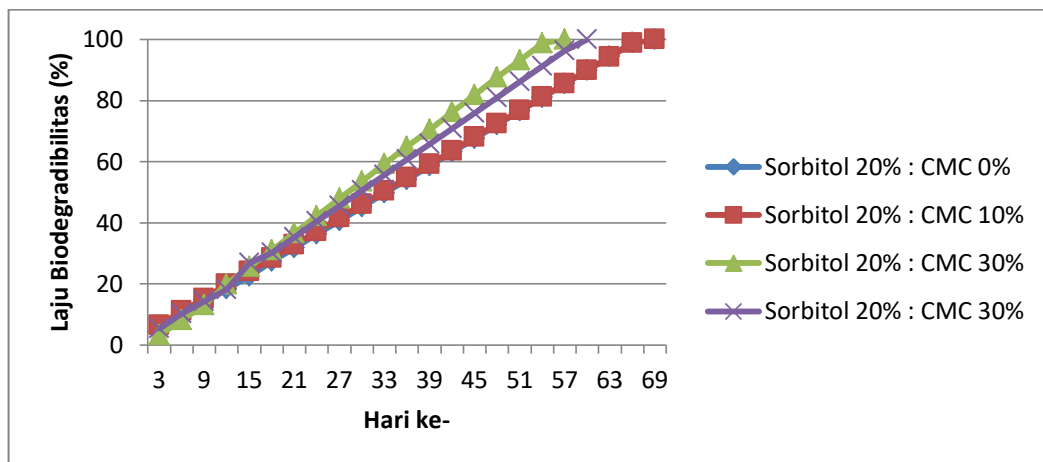
Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa laju biodegradabilitas (%) bioplastik dapat dipengaruhi oleh penambahan Sorbitol dan CMC yang digunakan. Penanaman sampel dilakukan selama 16 hari dengan pengamatan selama tiga hari sekali. Setelah dilakukan penanaman memperlihatkan laju pengurangan massa yang cukup besar yaitu pada sampel Sorbitol 40% : CMC 30% yaitu sebesar 31,21% selama 51 hari. Menurut SNI dari degradasi yaitu sebesar > 60 % selama 1 minggu (Badan Standarisasi Nasional, 2016), maka dari itu hasil yang diperoleh pada penelitian ini belum sesuai dengan SNI.

Pada pengujian ini terjadi peningkatan persentase massa bioplastik yang hilang seiring dengan penambahan Sorbitol pada variasi tertentu. Namun terjadi penurunan persentase pengurangan massa pada variasi tertentu pula. Hal tersebut dapat diakibatkan karena semakin banyaknya Sorbitol dan CMC yang ditambahkan, dimana CMC Dan Sorbitol merupakan polimer alam yang dapat terdegradasi di alam. Menurut Wypich (2003), pada uji biodegradabilitas air dapat menetrasi struktur material dan membantu aktivasi biologi (mikroba) pada material tersebut.

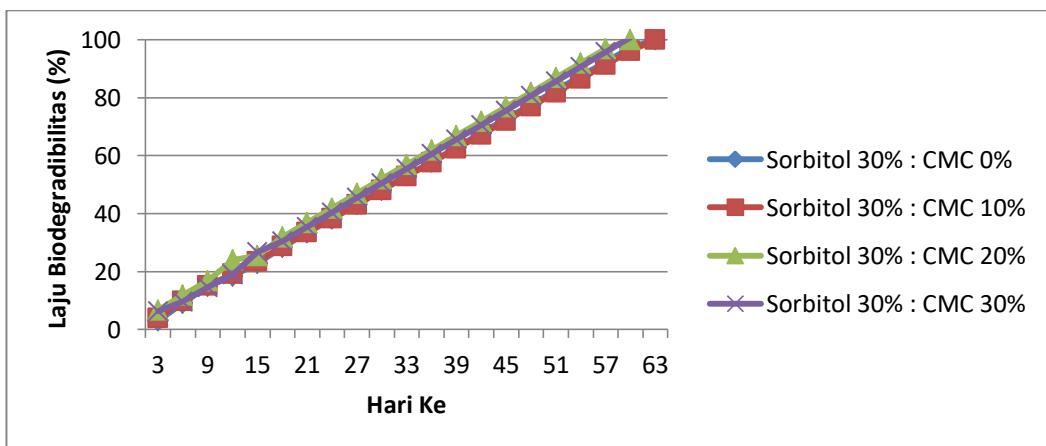
Hasil laju ekstrapolasi dapat dilihat perkiraan terdegradasi plastik secara sempurna, untuk melihat waktu terdegradasi maka digunakan rumus pada gambar 4.1, 4.2 dan 4.3. Laju Ekrapolasi pada plastik biodegradable untuk perkiraan penguraian plastik secara sempurna dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



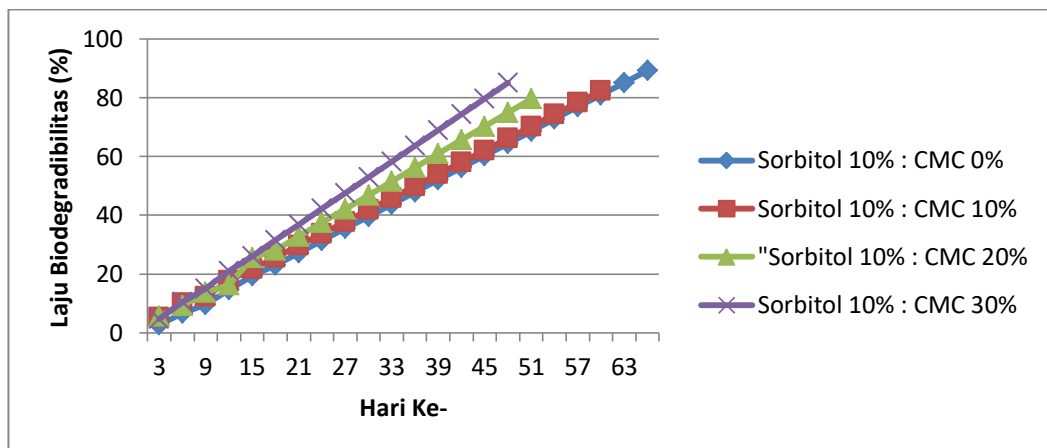
Gambar 4. 7 Konsentrasi Sorbitol 10% : CMC 0%, 10%, 20%, 30%



Gambar 4. 8 Konsentrasi Sorbitol 20% : CMC 0%, 10%, 20%, 30%



Gambar 4. 9 Konsentrasi Sorbitol 30% : CMC 0%, 10%, 20%, 30%

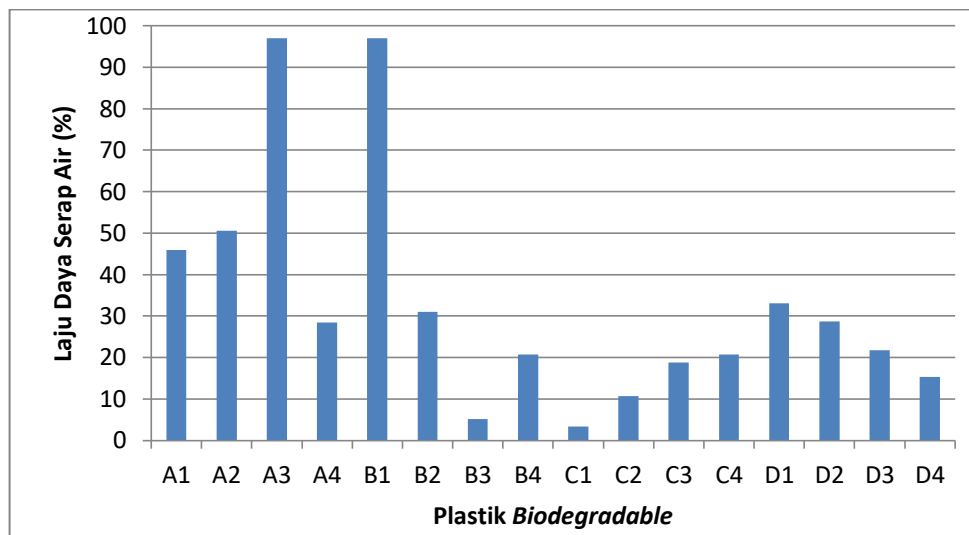


Gambar 4. 10 Konsentrasi Sorbitol 40% : CMC 0%, 10%, 20%, 30%

4.2.3 Uji Daya Serap Air

Tingginya persen penyerapan air disebabkan karena penggunaan *plasticizer* sorbitol, sorbitol bersifat lebih hidrofilik sehingga ikatan polimer yang terbentuk memiliki porositas yang tinggi dan memiliki kemampuan mengikat air yang besar (Situmorang, dkk. 2019). Semakin tinggi konsentrasi CMC maka daya serap air semakin tinggi karena sifat dari CMC adalah hidrofilik.

Uji Daya Serap Air dilakukan di laboratorium teknik kimia untuk mempermudah jalannya penelitian. Uji daya serap air ini dilakukan dengan cara merendam sampel dengan air sampai sampel selama 1 hari. Kemudian di hitung daya serap air nya dengan cara ditimbang sampel sebelum perendaman dan setelah perendaman lalu dikali 100 persen. Adapun grafik daya serap air dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut.



Gambar 4. 11 Pengaruh jumlah sorbitol dan CMC pada nilai daya serap air.

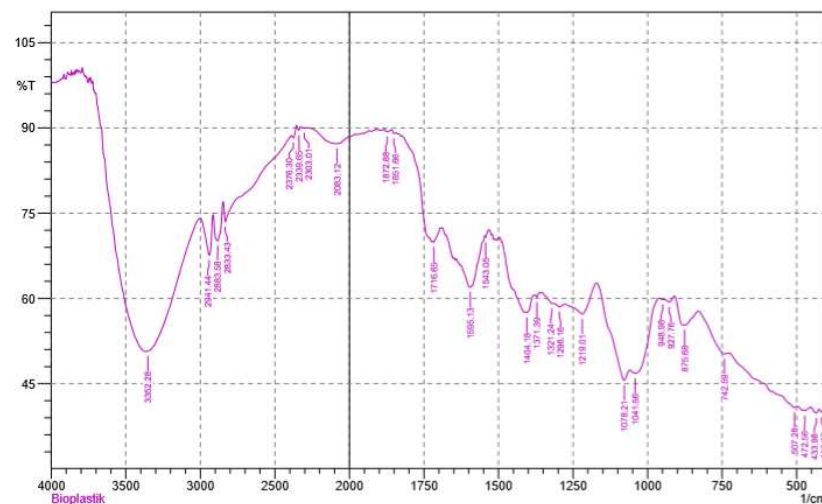
Dari hasil uji daya serap air pada plastik *biodegradable* ini dapat terlihat bahwa pada sampel sorbitol 10% dan 30% seiring dengan penambahan konsentrasi CMC dapat meningkatkan daya serap air, Hal ini juga dijelaskan pada penelitian Siswanti (2008) menyatakan bahwa peningkatan jumlah komponen yang bersifat hidrofilik diduga menyebabkan peningkatan persentase daya serap air bioplastik. namun pada sampel konsentrasi sorbitol 40% mengalami penurunan daya serap air dikarenakan peningkatan pada konsentrasi sorbitol. Hasil ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Riza et al.,(2013), dimana semakin banyak plasticizer yang digunakan akan meningkatkan sifat adhesive molekul sehingga kemampuan air untuk berikatan dengan polisakarida selulosa semakin menurun yang menyebabkan nilai daya serap air juga akan menurun.

Plastik *biodegradable* yang baik ialah plastik yang sukar dalam menyerap air, maka film plastik yang terbaik pada penelitian ini adalah pada film bioplastik dengan konsentrasi sorbitol 20% CMC 20% sebesar 5,19% dengan ketahanan air sebesar 94,81%. Hasil penelitian ini belum memenuhi standart nasional Indonesia ketahana air sebesar 99%. Namun faktor lainnya dari hasil uji daya serap air adalah ketebalan dari sampel yang berbeda disebabkan oleh proses pencetakan sampel plastik *biodegradable* yang kurang merata, serta pengaruh pada proses

melarutkan sampel yang tidak homogen yang menyebabkan plastik yang dihasilkan tidak sempurna.

4.3.4 Uji FTIR

Uji FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) dilakukan untuk menentukan perubahan gugus fungsi pada bioplastik yang dihasilkan. Bioplastik di analisis dengan menggunakan metode spektroskopi FTIR yang berfungsi untuk memberikan informasi mengenai gugus fungsi apa saja yang terdapat pada plastik *biodegradable*. Adapun *spectrum* inframerah dari plastik *biodegradable* dari selulosa sabut kelapa sawit dengan *polypropylene* dengan variasi sorbitol 10% dan CMC30% dapat dilihat pada gambar 4.14. berikut

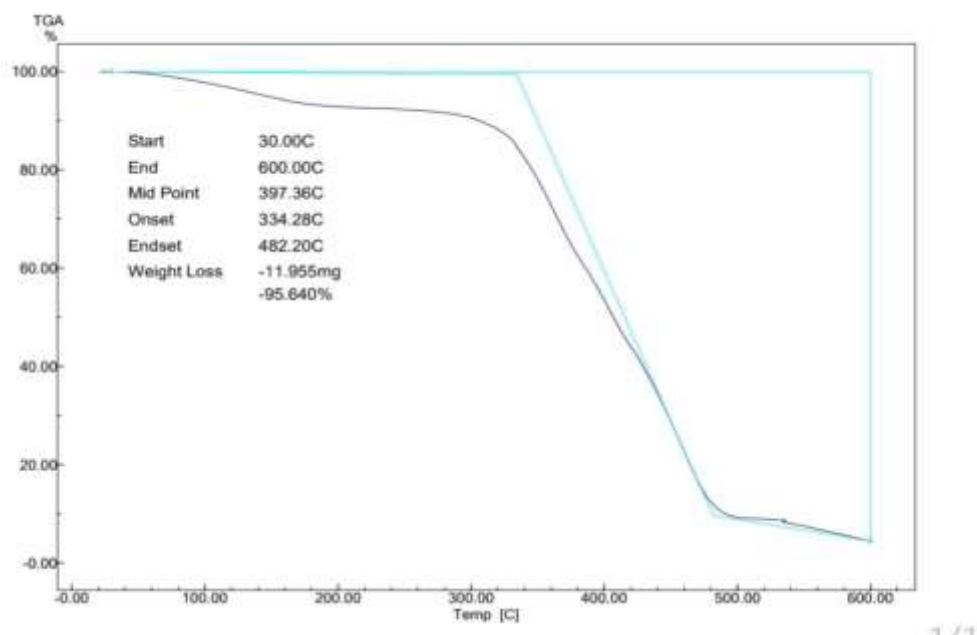


Gambar 4. 12 Grafik Uji FT-IR

Berdasarkan Gambar 4.10, Dapat dilihat bahwa pada gambar diatas terdapat tiga puncak serapan tajam yaitu $2941,44 \text{ cm}^{-1}$, $2883,58 \text{ cm}^{-1}$, dan $2833,43 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan uluran dari gugus C-H dari gugus CH_2 berasal dari amilosa dan gugus polimer polipropilen. *Range* daerah serapan untuk gugus C-H adalah $2700\text{-}3000 \text{ cm}^{-1}$. Pada gambar tersebut juga dicirikan adanya vibrasi ulur Gugus -OH pada sampel ditunjukkan pada bilangan gelombang 3352.28 cm^{-1} . Hal ini sesuai dengan penelitian erni puryati, dkk 2019 bahwa gugus fungsi utama pada pembuatan plastik *biodegradable* dari selulosa dengan filler CMC berupa OH dan CH. Gugus -OH pada selulosa yang berasal dari lignin, hemiselulosa

maupun dari zat-zat ekstraktif (Fengel & Gerd, 1995). Selain itu juga terdapat bilangan gelombang menunjukkan gugus fungsi CO pada gugus alkana *bending* pada puncak serapan pada bilangan gelombang $1716,65 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan ikatan antara selulosa, CMC dan polipropena yang sudah terikat silang. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Tengku Rachmi Hidayani, dkk. 2017)

4.2.5 Analisa *Thermogravimetric Analysis* (TGA)



Gambar 4. 13 Grafik *Thermal TGA*

Uji TGA biasanya digunakan untuk menentukan kemurnian sampel, dekomposisi, degradasi termal, reaksi kimia yang melibatkan perubahan berat bahan karena adsorpsi, desorpsi dan kinetika kimia. TGA adalah teknik pengukuran menggunakan variasi berat sebagai fungsi suhu pemanasan. Karakterisasi ini digunakan untuk menentukan kehilangan berat (*weight loss*) atau peningkatan berat sampel (*gas fixation*). Hasil pengujian TGA pada sampel Sorbitol 10%, CMC 30 %, dapat dilihat pada Gambar 4.15 di atas. Kurva yang dihasilkan pada analisis TGA adalah perubahan massa dan temperatur sebagai kurva TGA yang ditunjukkan pada Gambar 4.15 . Kurva TGA merupakan plot dari % penurunan massa pada sumbu y dan peningkatan temperatur pada sumbu

x. Gambar 4.15 menunjukkan pada suhu termal dari masing-masing variasi tersebut telah mengalami proses endotermik karena terjadinya pembentukan antara , NaOH, selulosa, sorbitol CMC serta polipropena dari bahan yang digunakan *biofoam* selulosa sabut kelapa sawit menunjukkan terjadinya penurunan massa (dekomposisi) pada sampel yang dimulai secara perlahan pada suhu 30.00°C . Pada suhu ini kehilangan berat di akibatkan oleh kontaminan dan bahan tambahan lain yang terkandung dalam *biofoam*. Kehilangan berat secara ekstrim dimulai pada suhu 334.28°C sampai 482.20°C. Pada kondisi ini sebagian besar bahan terdekomposisi dan habis total pada suhu 600°C . Total *weight loss* untuk sampel yaitu 95.640%.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil oleh peneliti antara lain:

1. Nilai uji kuat tarik terbaik di tunjukkan pada sampel plastik sorbitol 10% dengan variasi CMC 30% selulosa yaitu 11,13 Mpa dengan *modulus young* yaitu 290,78 Mpa.
2. Uji biodegradabilitas terbaik terdapat pada sorbitol 40% pada variasi CMC 30% yaitu sebesar 39,21% , serta uji daya serap air terbaik pada sorbitol 20% pada CMC 20% yaitu sebesar 5,19 % .
3. Pada uji gugus kimia penambahan konsentrasi sorbitol pada variasi 10% dan variasi CMC 30%, menunjukkan gugus C-H dari gugus pada bilangan gelombang yaitu 2941.44 cm^{-1} , 2883.58 cm^{-1} , dan 2833.43 cm^{-1} . Gugus -OH pada sampel ditunjukkan pada bilangan gelombang 3352.28 cm^{-1} . Gelombang gugus CO *bending* pada puncak serapan pada bilangan gelombang 1716.65 cm^{-1} yang menunjukkan proses *grafting* pada ikatan antara selulosa, sorbitol, CMC dan polipropena yang sudah terikat silang.
4. Pada uji TGA dari sampel plastik sorbitol 10% dengan variasi CMC 30%, kehilangan berat secara ekstrim pada suhu 334.28°C sampai 482.20°C . Sampel mengalami dekomposisi pada suhu 600°C . Total *weight loss* untuk sampel yaitu 95.640%.

5.2 Saran

Melihat dari hasil pengujian dan pembahasan di atas, Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan selulosa sabut kelapa sawit dengan variasi CMC yang lebih banyak dan pengadukan menggunakan *raw mill* agar campuran lebih homogen sehingga dapat memperbaiki sifat mekanik bioplastik yang memenuhi standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, F. (2013). Aplikasi plasticizer gliserol pada pembuatan plastik biodegradable dari biji nangka (Skripsi). Universitas Negeri Semarang.
- Anggarini, Fetty. 2013. Aplikasi Plasticizer Gliserol Pada Pembuatan *Plastic Biodegradable* dari Biji Nangka. Skripsi. Jurusan Kimia. Universitas Negeri Semarang.
- Anindyawati, T. (2010). Potensi Selulase Dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian Untuk Pupuk Organik. *Berita Selulosa*, 45(2), 70–77.
- Anonim 1. 2006. *Biopolymers and Plastik biodegradables*. Diakses dari: <http://www.biobasics.gc.ca/english/View.asp?x=790> (Tanggal akses: 26 Agustus 2010)
- Apriliyanti, M. W., & Ardiyansyah. (2016). Pabrikasi edible film dari *carboxy methyl cellulose* (CMC) dan minyak jahe sebagai upaya peningkatan umur simpan roti. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 16(2).
- Ardiansyah, R. (2011). Pemanfaatan pati umbi garut untuk pembuatan plastik *biodegradable* (Skripsi). Universitas Indonesia.
- Asl, S. A., Mousavi, M., & Labbafi, M. (2017). Synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose from sugarcane bagasse. *Journal of Food Processing & Technology*, 8(8), 1-6. <https://doi.org/10.4172/2157-Biodegradable>. Depok: Universitas Indonesia.
- Austin, G.T., 1985, Industri Proses Kimia Edisi Kelima, Hal 175-186, Jakarta : Penerbit Erlangga
- Azizaturrohmah, 2019. Perbandingan Plastisizer Gliserol dan Sorbitol Pada Bioplastik Pati Sagu (*Metroxylon* sp.) Dengan Penambahan Minyak Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis* L.) Sebagai Antioksidan. UIN Sunan Ampel
- Darni, Y., & Utami, H. (2010). Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik dan hidrofobitas bioplastik dari pati sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(4), 88–93. Fachry, A.R., dan Sartika, A., 2012. “Hidrofobitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*”. 7(4): 88-93. [3]
- Habibah, R., Nasution, D. Y., & Yugia, M. (2013). Penentuan berat molekul dan derajat polimerisasi alfa selulosa yang berasal dari alang-alang (*Imperata cylindrica*) dengan metode viskositas. *Jurnal Sainia Kimia*, 1(2), 55-59.
- Hidayati S., A. Sapta Zuidar, A. A. 2015. Aplikasi Sorbitol Pada Produksi *Biodegradable* Film Dari Nata De Cassava’, 15(3).
- Hilwatullisan dan Hamid, I. 2019. Pengaruh Kitosan dan *Plasticizer* Gliserol Dalam Pembuatan Plastik *Biodegradable* Dari Pati Talas. Prosiding Seminar Nasional II Hasil Litbangyasa Industri. pp. 221– 227.
- Holtzapple, M.T. (2003). *Hemicelluloses*. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Elsevier Science Ltd. p 3060–3071.
- Islamic Science and technology*, 4(2)
- Jannah, M. 2017. Penentuan Konsentrasi Optimum Selulosa Sekam Padi Dalam Pembuatan Film Bioplastik. UIN Alaudin Makasar, pp. 9–15.

- Khairil Afdal, Netti Herawati, Hasri, 2022, Pengaruh Konsentrasi Sorbitol sebagai *Plasticizer* pada Pembuatan Plastik *Biodegradable* dari Tongkol Jagung
- Koushal, Vipin et al. 2014. "Of Waste Resources Plastics : Issues Challenges and Remediation." 4(1): 1–6.
- krochta, m.; johnston, c.d. 1997. "edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities." food technol. 51: 61–74.
- Lestari, P. W., Septaria, B. C., & Putri, C. E. (2020). Edukasi minim plastik sebagai wujud cinta lingkungan di SDN Pejaten Timur 20 pagi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 16(1), 43-52.
- Masthura. 2019. Pengaruh Jenis *Plasticizer* Terhadap *Edible Film* Berbasis Karaginan *Eucheuma cottoni*. Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Ningsih, E. P., Ariyani, D., & Sunardi. (2019). Pengaruh penambahan *carboxymethyl cellulose* terhadap karakteristik bioplastik dari pati ubi nagara (*Ipomoea batatas* L.). *Indonesia Journal Chemical*, 7(1), 77-85.
- Nisah, K. (2018). Pembuatan plastik *biodegradable* dari polimer alam. *Journal of Noishiki*, Y. et al. 2002. Mechanical properties of silk fibroin-microcrystalline cellulose composite films. *Journal of Applied Polymer Science*, 86(13), pp. 3425–3429. doi: 10.1002/app.11370
- Nur, R., Tamrin., & Muzakkar, M. Z. (2016). Sintesis dan karakterisasi CMC (Carboxy Methyl Cellulose) yang dihasilkan dari Jerami padi. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 1(3), 222-230.
- Nur, Dewi aeniyah, dkk, 2014. Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik dalam Kolom Winogradsky", *Jurnal Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November (ITS)*, (Volume 3, No 2).
- Nurfauzi, S., Sutan, S. M., Argo, B. D., & Djoyowasito, G. (2018). Pengaruh konsentrasi CMC dan suhu pengeringan terhadap sifat mekanik dan sifat degradasi pada plastik biodegradable berbasis tepung jagung. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*.
- Nurhayati, N. dan Kusumawati, R. 2014. Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Pengolahan Agar. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 9(2), p. 97. doi: 10.15578/jpbkp.v9i2.103
- Pratiwi, R. 2014. Manfaat Kitin Dan Kitosan Bagi Kehidupan Manusia Oleh Rianta Pratiwi ", *Oseana*, XXXIX, pp. 35–43.
- Ratnaningtyas, F. et al. 2019. Pengaruh Plastisizer Sirbitol Dan Gliserol Terhadap Kualitas Plastik Biodegradable Dari Singkong Sebagai Pelapis Kertas Pembungkus Makanan . Skripsi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rowell, R.M., Raymond AY., Judith K.R. 1997. *Paper And Composites from Agrobased Resources*. CRC Press, Inc: Lewis Publisher
- Rozanna Dewi, N, Sylvia, Zulnazri, M.Riza, 2019 *Mechanical and biodegradability properties of bio composite from sago starch and straw filler*

- Rozanna Dewi, Nasrun Ibrahim, Novi Sylvia, 2017, *Thermal behavior of modified thermoplastic starch (TPS) synthesized from sago (Metroxylon Sagu) with Diphenylmethanediisocyanate and Castor Oil*
- Rozanna Dewi, Nasrun, Zulnazri, Medan Riza, Harry Agusnar, 2019 *Improved Mechanical and Thermal Properties of Modified Thermoplastic Starch (TPS) from sago by using Chitosan*
- Rozanna Dewi, Rahmi, Nasrun, 2019 Perbaikan Sifat Mekanik Dan Laju Transmisi Uap Air Edible Film Bioplastik Menggunakan Minyak Sawit Dan Plasticizer Gliserol Berbasis Pati Sagu
- Saha. 2004. *Lignocellulose Biodegradation and Application in Biotechnology. US Government Work. American Chemical Society. 2-14*
- Said Zul Amraini, Zulfansyah, Hari Rionaldo, Akmal Mukhtar, V. D. W. (2010). Pembuatan Pulp Sabut Sawit dengan Proses *Acetosolv*. *Universitas Riau*, 7.
- Sari, D. M., Utami, S. P., & Bahrudin. (2019). Pembuatan bioplastik berbasis pati sago dengan modifikator asam sitrat dan filler carboxymethyl cellulose (CMC). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, 6(1), 1-6.
- Sriwahyuni, 2018. Pembuatan Bioplastik Dari Kitosan Dan Pati Jagung Dengan Menggunakan Glutaraldehid Sebagai Pengikat Silang. Skripsi. Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Sriwita, D., dan Astuti, 2014, Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nenas-Poliester Dilihat dari Fraksi Massa dan Orientasi Serat, Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Andalas.
- Stephen, E.C., Temitope, D.F., 2018. Trends on Bio-Synthesis of Plastics. *Adv Biotech & Micro Vol 10 : 1–8*
- Tamiogy, W. R., Kardisa, A., & Aprilia, S. (2019). Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Kulit Buah Pinang sebagai Filler pada Pembuatan Bioplastik *Utilization of Cellulose from Betel Nut Husk Waste as Filler in Preparation of Bioplastics*. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 14(1), 63–71.
- Wirman, S. P. (2016). Karakterisasi Komposit Serat Sabut Kelapa Sawit. *Journal Online of Physics*, 1, 10–15.
- Yustinah et al. 2019. Pengaruh Penambahan Kitosan Dalam Pembuatan Plastik Biodegradable dari Rumput Laut *Gracilaria sp* dengan Pemplastik Sorbitol. 16, p. 5.
- Yustinah, 2019. Pengaruh Penambahan Kitosan Dalam Pembuatan Plastik *Biodegradable* dari Rumput Laut *Gracilaria sp* dengan Pemplastik Sorbitol
- Zulnazri Zulnazri, Sry Rahmadani, Rozanna Dewi, 2020, Pemanfaatan Pati Batang Ubi Kayu dan Pati Ubi Kayu untuk Bahan Baku Alternatif Pembuatan Plastik *Biodegradable*.

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

L.A. 1 Menghitung % Biodegradable

1. Bioplastik sorbitol 10% pada CMC 0%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,2987 gram

Berat akhir = 1,2638 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2987 - 1,2638}{1,2987} \times 100 \\ &= 2,68 \% \end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,2987 gram

Berat akhir = 1,1221 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2987 - 1,1221}{1,2987} \times 100 \\ &= 6,66 \% \end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,2987 gram

Berat akhir = 1,1732 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2987 - 1,1732}{1,2987} \times 100 \end{aligned}$$

$$= 9,66 \%$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2987 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,1078 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2987 - 1,1078}{1,2987} \times 100$$

$$= 14,69 \%$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2987 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,0471 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2987 - 1,0471}{1,2987} \times 100$$

$$= 19,37 \%$$

2. Bioplastik Sorbitol 10% pada CMC 10%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

$$\text{Berat awal} = 1,3792 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,3073 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3792 - 1,3073}{1,3792} \times 100$$

$$= 2,68 \%$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

$$\text{Berat awal} = 1,3792 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,2587 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3792 - 1,2587}{1,3792} \times 100 \\ &= 10,18 \% \end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

$$\text{Berat awal} = 1,3792 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,2092 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3792 - 1,2092}{1,3792} \times 100 \\ &= 12,32 \% \end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

$$\text{Berat awal} = 1,3792 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,1339 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3792 - 1,1339}{1,3792} \times 100 \\ &= 17,78 \% \end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

$$\text{Berat awal} = 1,3792 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,0798 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3792 - 1,0798}{1,3792} \times 100$$

$$= 21,70 \%$$

3. Bioplastik Sorbitol 10% pada CMC 20%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,2904 gram

Berat akhir = 1,2182 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2904 - 1,2182}{1,2904} \times 100$$

$$= 5,59 \%$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,2904 gram

Berat akhir = 1,1724 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2904 - 1,1724}{1,2904} \times 100$$

$$= 9,14 \%$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,2904 gram

Berat akhir = 1,0139 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2904 - 1,0139}{1,2904} \times 100$$

$$= 13,67 \%$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,2904 gram

Berat akhir = 1,0824 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2904 - 1,0824}{1,2904} \times 100 \\ &= 16,27 \% \end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,2904 gram

Berat akhir = 0,9617 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2904 - 0,9617}{1,2904} \times 100 \\ &= 25,47 \% \end{aligned}$$

4. Bioplastik Sorbitol 10% pada CMC 30%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,4591 gram

Berat akhir = 1,3921 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4591 - 1,3921}{1,4591} \times 100 \\ &= 4,59 \% \end{aligned}$$

5. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,4591 gram

Berat akhir = 1,3073 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4591 - 1,3073}{1,4591} \times 100 \\ &= 10,40 \% \end{aligned}$$

6. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,4591 gram

Berat akhir = 1,2392 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4591 - 1,2392}{1,4591} \times 100 \\ &= 15,07 \% \end{aligned}$$

7. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,4591 gram

Berat akhir = 1,1530 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4591 - 1,1530}{1,4591} \times 100 \\ &= 20,97 \% \end{aligned}$$

8. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,4591 gram

Berat akhir = 1,0720 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,4591 - 1,0720}{1,4591} \times 100$$

$$= 26,10 \%$$

1. Bioplastik Sorbitol 20% pada CMC 0%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,4732 gram

Berat akhir = 1,4083 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,4732 - 1,4083}{1,4732} \times 100$$

$$= 4,4 \%$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,4732 gram

Berat akhir = 1,3321 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,4732 - 1,3321}{1,4732} \times 100$$

$$= 9,57 \%$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,4732 gram

Berat akhir = 1,2581 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,4732 - 1,2581}{1,4732} \times 100$$

$$= 14,660 \%$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

$$\text{Berat awal} = 1,4732 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,2031 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4732 - 1,2031}{1,4732} \times 100 \\ &= 18,33 \% \end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

$$\text{Berat awal} = 1,4732 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,1431 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4732 - 1,1431}{1,4732} \times 100 \\ &= 22,4 \% \end{aligned}$$

2. Bioplastik Sorbitol 20% pada CMC 10%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2641 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,1836 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2641 - 1,1836}{1,2641} \times 100 \\ &= 6,36 \% \end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,2641 gram

Berat akhir = 1,1238 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2641 - 1,1238}{1,2641} \times 100 \\ &= 11,09 \% \end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,2641 gram

Berat akhir = 1,0731 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2641 - 1,0731}{1,2641} \times 100 \\ &= 15,10 \% \end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,2641 gram

Berat akhir = 1,0139 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2641 - 1,0139}{1,2641} \times 100 \\ &= 19,79 \% \end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 15 hari

Berat awal = 1,2641 gram

Berat akhir = 0,9610 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,2641 - 0,9610}{1,2641} \times 100 \\
 &= 23,97 \%
 \end{aligned}$$

3. Bioplastik Sorbitol 20% pada CMC 20%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,3821 gram

Berat akhir = 1,3402 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,3821 - 1,3402}{1,3821} \times 100 \\
 &= 3,30 \%
 \end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,3821 gram

Berat akhir = 1,2702 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,3821 - 1,2702}{1,3821} \times 100 \\
 &= 8,09 \%
 \end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,3821 gram

Berat akhir = 1,2015 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3821 - 1,2015}{1,3821} \times 100$$

$$= 13,06 \%$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

$$\text{Berat awal} = 1,3821 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,1070 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3821 - 1,1070}{1,3821} \times 100$$

$$= 19,90 \%$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

$$\text{Berat awal} = 1,3821 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,0273 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3821 - 1,0273}{1,3821} \times 100$$

$$= 25,67 \%$$

4. Bioplastik Sorbitol 20% pada CMC 30%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2687 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,2013 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2687 - 1,2013}{1,2687} \times 100$$

$$= 5,31 \%$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2687 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,1381 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2687 - 1,1381}{1,2687} \times 100$$

$$= 10,29 \%$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2687 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,0879 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2687 - 1,0879}{1,2687} \times 100$$

$$= 14,25 \%$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2687 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,0391 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2687 - 1,0391}{1,2687} \times 100$$

$$= 18,09 \%$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2687 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 0,9283 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2687 - 0,9283}{1,2687} \times 100 \\ &= 26,83 \% \end{aligned}$$

5. Bioplastik Sorbitol 30% pada CMC 0%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,3199 gram

Berat akhir = 1,2678 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3199 - 1,22678}{1,3199} \times 100 \\ &= 3,94 \% \end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,3199 gram

Berat akhir = 1,1921 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3199 - 1,1921}{1,3199} \times 100 \\ &= 9,75 \% \end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,3199 gram

Berat akhir = 1,1199 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,3199 - 1,1199}{1,3199} \times 100 \\
 &= 15,15 \%
 \end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,3199 gram

Berat akhir = 1,0673 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,3199 - 1,0673}{1,3199} \times 100 \\
 &= 19,13 \%
 \end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,3199 gram

Berat akhir = 1,0118 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,3199 - 1,0118}{1,3199} \times 100 \\
 &= 23,34 \%
 \end{aligned}$$

6. Bioplastik Sorbitol 30% pada CMC 10%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,3270 gram

Berat akhir = 1,2872 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3270 - 1,2872}{1,3270} \times 100$$

$$= 2,99 \%$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,3270 gram

Berat akhir = 1,2094 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3270 - 1,22094}{1,3270} \times 100$$

$$= 9,01 \%$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,3270 gram

Berat akhir = 1,1290 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3270 - 1,1290}{1,3270} \times 100$$

$$= 14,92 \%$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,3270 gram

Berat akhir = 1,0830 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3270 - 1,0830}{1,3270} \times 100$$

$$= 18,38 \%$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,3270 gram

Berat akhir = 1,0231 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3270 - 1,0231}{1,3270} \times 100 \\ &= 22,90 \% \end{aligned}$$

7. Bioplastik Sorbitol 30% pada CMC 20%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,3172 gram

Berat akhir = 1,2301 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3172 - 1,23301}{1,3172} \times 100 \\ &= 6,61 \% \end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,3172 gram

Berat akhir = 1,1715 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3172 - 1,1715}{1,3172} \times 100 \\ &= 11,82 \% \end{aligned}$$

a. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,3172 gram

Berat akhir = 1,0903 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,3172 - 1,0903}{1,3172} \times 100 \\
 &= 16,77 \%
 \end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,3172 gram

Berat akhir = 1,0017 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,3172 - 1,0017}{1,3172} \times 100 \\
 &= 23,95 \%
 \end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,3172 gram

Berat akhir = 0,9810 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,3172 - 0,9819}{1,3172} \times 100 \\
 &= 25,52 \%
 \end{aligned}$$

9. Bioplastik Sorbitol 30% pada CMC 30%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,3016 gram

Berat akhir = 1,2201 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3106 - 1,2201}{1,3106} \times 100$$

$$= 6,36 \%$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,3016 gram

Berat akhir = 1,1763 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3016 - 1,1763}{1,3016} \times 100$$

$$= 9,62 \%$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,3016 gram

Berat akhir = 1,1124 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3016 - 1,1124}{1,3016} \times 100$$

$$= 14,53 \%$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,3016 gram

Berat akhir = 1,0791 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,3016 - 1,0791}{1,3016} \times 100$$

$$= 17,09 \%$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,3016 gram

Berat akhir = 0,9543 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3016 - 0,9543}{1,3016} \times 100 \\ &= 31,51 \% \end{aligned}$$

10. Bioplastik Sorbitol 40% pada CMC 0%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,3471 gram

Berat akhir = 1,2891 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3471 - 1,2891}{1,3471} \times 100 \\ &= 4,3 \% \end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,3471 gram

Berat akhir = 1,2033 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3471 - 1,2033}{1,3471} \times 100 \\ &= 10,67 \% \end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,3471 gram

Berat akhir = 1,1572 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,3471 - 1,1572}{1,3471} \times 100 \\
 &= 14,09 \%
 \end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

$$\text{Berat awal} = 1,3471 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,1093 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,3471 - 1,1093}{1,3471} \times 100 \\
 &= 17,94 \%
 \end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

$$\text{Berat awal} = 1,3471 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,0293 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,3471 - 1,0293}{1,3471} \times 100 \\
 &= 23,59 \%
 \end{aligned}$$

11. Bioplastik Sorbitol 40% pada CMC 10%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2908 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,2143 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2908 - 1,2143}{1,2908} \times 100$$

$$= 5,92 \%$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,2908 gram

Berat akhir = 1,1702 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2908 - 1,1702}{1,2908} \times 100$$

$$= 9,34 \%$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,2908 gram

Berat akhir = 1,1091 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2908 - 1,1091}{1,2908} \times 100$$

$$= 14,07 \%$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,2908 gram

Berat akhir = 1,0391 gram

Penyelesaian:

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2908 - 1,0391}{1,2908} \times 100$$

$$= 19,49 \%$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,2908 gram

Berat akhir = 0,9463 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2908 - 0,9463}{1,2908} \times 100 \\ &= 26,68\% \end{aligned}$$

12. Bioplastik Sorbitol 40% pada CMC 20%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,2980 gram

Berat akhir = 1,2153 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2980 - 1,2153}{1,2980} \times 100 \\ &= 6,37\% \end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,2980 gram

Berat akhir = 1,1072 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2980 - 1,1072}{1,2980} \times 100 \\ &= 14,69\% \end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,2980 gram

Berat akhir = 1,0590 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2980 - 1,00590}{1,2980} \times 100 \\ &= 18,41\% \end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,2980 gram

Berat akhir = 0,9872 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2980 - 0,9872}{1,2980} \times 100 \\ &= 23,94\% \end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,2980 gram

Berat akhir = 0,8973 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2980 - 0,8973}{1,2980} \times 100 \\ &= 30,87\% \end{aligned}$$

13. Bioplastik Sorbitol 40% CMC 30%

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,2671 gram

Berat akhir = 1,1917 gram

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,2671 - 21,1917}{1,2671} \times 100 \\
 &= 6,32 \%
 \end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2671 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,0931 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,2671 - 1,0931}{1,2671} \times 100 \\
 &= 13,47 \%
 \end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2671 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,0318 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,2671 - 1,0318}{1,2671} \times 100 \\
 &= 18,56 \%
 \end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2671 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 0,9716 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\
 &= \frac{1,2671 - 0,9716}{1,2671} \times 100
 \end{aligned}$$

$$= 23,32 \%$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

$$\text{Berat awal} = 1,2671 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 0,8706 \text{ gram}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2671 - 0,8706}{1,2671} \times 100 \\ &= 31,21 \% \end{aligned}$$

L.A. 2 Menghitung % Daya Serap Air

1. Bioplastik dengan Sorbitol 10% CMC 0%

$$\text{Berat awal} = 0.7281$$

$$\text{Berat akhir} = 1.3471$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{1.3471 - 0.7281}{0.7281} \times 100 \\ &= 45,95\% \end{aligned}$$

2. Bioplastik dengan Sorbitol 10% CMC 10%

$$\text{Berat awal} = 0.9413$$

$$\text{Berat akhir} = 1.417$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{1.417 - 0.9413}{0.9413} \times 100 \\ &= 50.54 \% \end{aligned}$$

3. Bioplastik dengan Sorbitol 10% CMC 20%

$$\text{Berat awal} = 0,6839$$

$$\text{Berat akhir} = 1,3471$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3471 - 0,6839}{0,6839} \times 100 \\ &= 96,97 \% \end{aligned}$$

4. Bioplastik dengan Sorbitol 10% CMC 30%

$$\text{Berat awal} = 1,0642$$

$$\text{Berat akhir} = 1,3673$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3673 - 1,0642}{1,0642} \times 100 \\ &= 28,48 \% \end{aligned}$$

5. Bioplastik dengan Sorbitol 20% CMC 0%

$$\text{Berat awal} = 0,6839$$

$$\text{Berat akhir} = 1,3471$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3471 - 0,6839}{0,6839} \times 100 \\ &= 96,97 \% \end{aligned}$$

6. Bioplastik dengan Sorbitol 20% CMC 10%

$$\text{Berat awal} = 0,6764$$

$$\text{Berat akhir} = 0,8862$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,8862 - 0,6764}{0,6764} \times 100 \\ &= 31,02 \% \end{aligned}$$

7. Bioplastik dengan Sorbitol 20% CMC 20%

$$\text{Berat awal} = 0,2120$$

$$\text{Berat akhir} = 0,2230$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,2230 - 0,2120}{0,2120} \times 100 \\ &= 5,19 \% \end{aligned}$$

8. Bioplastik dengan Sorbitol 20% CMC 30%

$$\text{Berat awal} = 0,8434$$

$$\text{Berat akhir} = 1,0185$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,0185 - 0,8434}{0,8434} \times 100 \\ &= 20,76 \% \end{aligned}$$

9. Bioplastik dengan Sorbitol 30% CMC 0%

$$\text{Berat sampel} = 1,0893$$

$$\text{Berat sampel yang mengembang} = 1,1256$$

Penyelesaian:

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,1256-1,0893}{1,0893} \times 100$$

$$= 3,33 \%$$

10. Bioplastik dengan Sorbitol 30% CMC 10%

$$\text{Berat sampel} = 1,3966$$

$$\text{Berat sampel yang mengembang} = 1,5633$$

Penyelesaian:

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,5633-1,3966}{1,3966} \times 100$$

$$= 10,66 \%$$

11. Bioplastik dengan Sorbitol 30% CMC 20%

$$\text{Berat sampel} = 1,1405$$

$$\text{Berat sampel yang mengembang} = 1,4049$$

Penyelesaian:

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,4049-1,1405}{1,1405} \times 100$$

$$= 18,82 \%$$

12. Bioplastik dengan Sorbitol 30% CMC 30%

$$\text{Berat sampel} = 0,8434$$

$$\text{Berat sampel yang mengembang} = 1,0185$$

Penyelesaian:

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,0185-0,8434}{0,8434} \times 100$$

$$= 20,76 \%$$

13. Bioplastik dengan Sorbitol 40% CMC 0%

$$\text{Berat sampel} = 0,9422$$

$$\text{Berat sampel yang mengembang} = 1,2542$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2542 - 0,9422}{0,9422} \times 100 \\ &= 33,11 \% \end{aligned}$$

14. Bioplastik dengan Sorbitol 40% CMC 10%

$$\text{Berat sampel} = 0,7367$$

$$\text{Berat sampel yang mengembang} = 0,9480$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,9480 - 0,7367}{0,7367} \times 100 \\ &= 28,68 \% \end{aligned}$$

15. Bioplastik dengan Sorbitol 40% CMC 20%

$$\text{Berat sampel} = 0,7738$$

$$\text{Berat sampel yang mengembang} = 0,9420$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,9420 - 0,7738}{0,7738} \times 100 \\ &= 21,74 \% \end{aligned}$$

16. Bioplastik dengan Sorbitol 40% CMC 30%

$$\text{Berat sampel} = 0,9452$$

$$\text{Berat sampel yang mengembang} = 1,0902$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,0902 - 0,9452}{0,9452} \times 100 \\ &= 15,34 \%\end{aligned}$$

L.A. 3 Menghitung Uji Mekanis

1. Perhitungan Kekuatan Tarik

Nilai perhitungan tegangan tarik dapat dilakukan dengan cara menggunakan persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

- σ = Tegangan tarik (MPa)
 A = Luas penampang (mm^2)
 F = Gaya (N)

$$\begin{aligned}1) \sigma &= \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{136,95}{25} = 5,47 \text{ MPa} \\ 2) \sigma &= \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{148,60}{25} = 5,94 \text{ Mpa} \\ 3) \sigma &= \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{209}{25} = 8,36 \text{ Mpa} \\ 4) \sigma &= \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{178}{25} = 11,13 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

1. Perhitungan Regangan atau elongasi

Nilai perhitungan Regangan atau elongasi dapat dilakukan dengan cara menggunakan persamaan berikut.

$$\square = \frac{\Delta L}{L} \times 100$$

Keterangan :

\square = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L = Panjang awal (mm)

$$1) \square = \frac{\text{Pertambahan Panjang}}{\text{Panjang Awal}} = \frac{3,07}{100} \times 100 = 3,07 \%$$

$$2) \square = \frac{\text{Pertambahan Panjang}}{\text{Panjang Awal}} = \frac{2,91}{100} \times 100 = 2,91 \%$$

$$3) \square = \frac{\text{Pertambahan Panjang}}{\text{Panjang Awal}} = \frac{2,31}{100} \times 100 = 2,31 \%$$

$$4) \square = \frac{\text{Pertambahan Panjang}}{\text{Panjang Awal}} = \frac{3,82}{100} \times 100 = 3,82 \%$$

2. Perhitungan *Modulus Young*

Nilai perhitungan *Modulus Young* dapat dilakukan dengan cara menggunakan persamaan berikut.

$$y = \frac{\sigma}{\square}$$

Keterangan :

y = Modulus young (MPa)

\square = Regangan (%)

σ = Tegangan tarik (MPa)

$$1) y = \frac{\text{Tegangan Tarik}}{\text{Regangan}} = \frac{5,47}{3,07\%} = 178,36 \text{ MPa}$$

$$2) y = \frac{\text{Tegangan Tarik}}{\text{Regangan}} = \frac{5,94}{2,911\%} = 204,16 \text{ MPa}$$

$$3) y = \frac{\text{Tegangan Tarik}}{\text{Regangan}} = \frac{8,36}{2,31\%} = 361,83 \text{ Mpa}$$

$$4) y = \frac{\text{Tegangan Tarik}}{\text{Regangan}} = \frac{8,36}{2,31\%} = 290,78 \text{ Mpa}$$

LAMPIRAN B
DATA PENGAMATAN

L.B. 1 Tabel Pengamatan Uji Serap Air

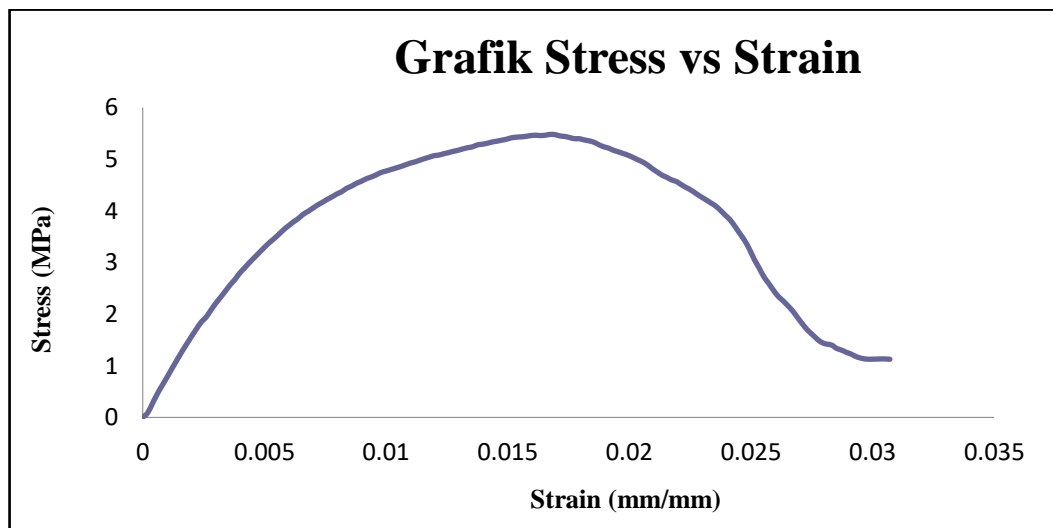
No	Konsentrasi Sorbitol (%)	CMC (%)	Sebelum Perendaman	Sesudah Perendaman	Daya Serap Air (%)
1		0	1.64	0.96	58.40
2	10	10	0.94	0.17	17.86
3		20	1.73	0.13	7.48
4		30	0.95	0.21	22.29
5	20	0	1.09	0.15	13.30
6		10	0.89	0.21	23.67
7		20	1.13	0.04	3.22
8		30	1.35	0.62	45.95
9	30	0	1.42	0.48	33.57
10		10	1.40	0.26	18.82
11		20	1.88	0.49	25.84
12		30	1.09	0.25	22.52
13	40	0	1.21	0.26	21.90
14		10	2.03	1.06	52.22
15		20	2.03	0.48	23.90
16		30	1.37	0.30	22.18

L.B. 2 Tabel Pengamatan Uji Biodegradasi

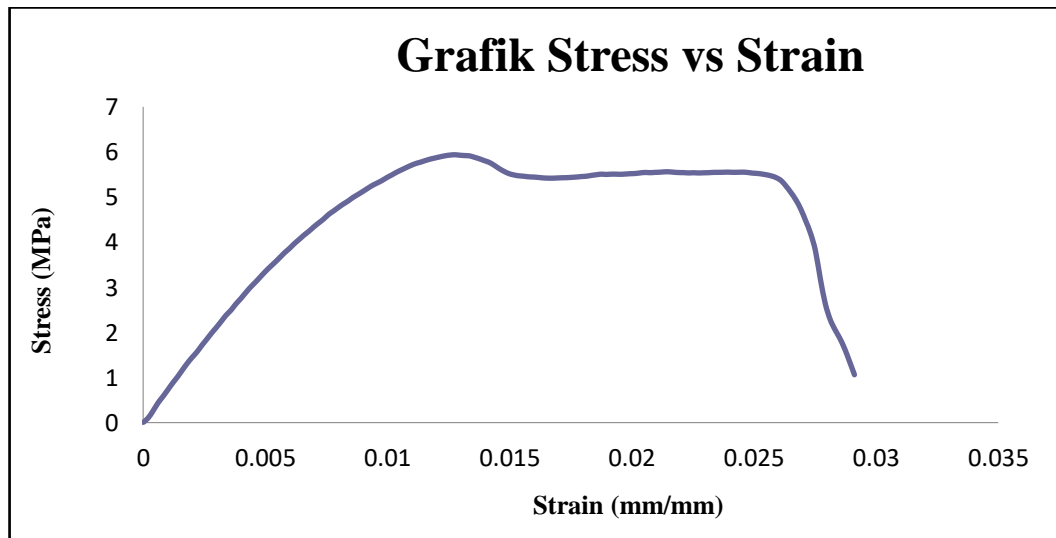
No	Konsentrasi Sorbitol (%)	Konsentrasi CMC (%)	Analisis				
			Hari ke – (%)				
			3	6	9	12	16
1	10	0	2.68	6.66	9.66	12.69	19.37
2		10	5.21	10.18	12.32	17.78	21.7
3		20	5.59	9.14	13.67	16.27	25.47
4		30	4.59	10.4	15.-7	20.97	26.1
5	20	0	4.4	9.57	14.6	18.33	22.4
6		10	6.36	11.09	15.1	19.79	23.97
7		20	3.3	8.09	13.06	19.9	25.67
8		30	5.31	10.29	14.25	18.09	26.83
9	30	0	2.99	9.01	14.92	18.38	22.9
10		10	3.94	9.73	15.15	19.13	23.34
11		20	6.61	11.82	16.77	23.95	25.52
12		30	6.26	9.62	14.53	19.09	26.68
13	40	0	4.3	10.67	14.09	17.94	23.59
14		10	5.92	9.34	14.07	19.49	26.68
15		20	6.37	14.69	18.41	23.94	30.87
16		30	6.32	13.47	18.56	23.32	31.21

L.B. 3 Tabel Data Uji Tarik

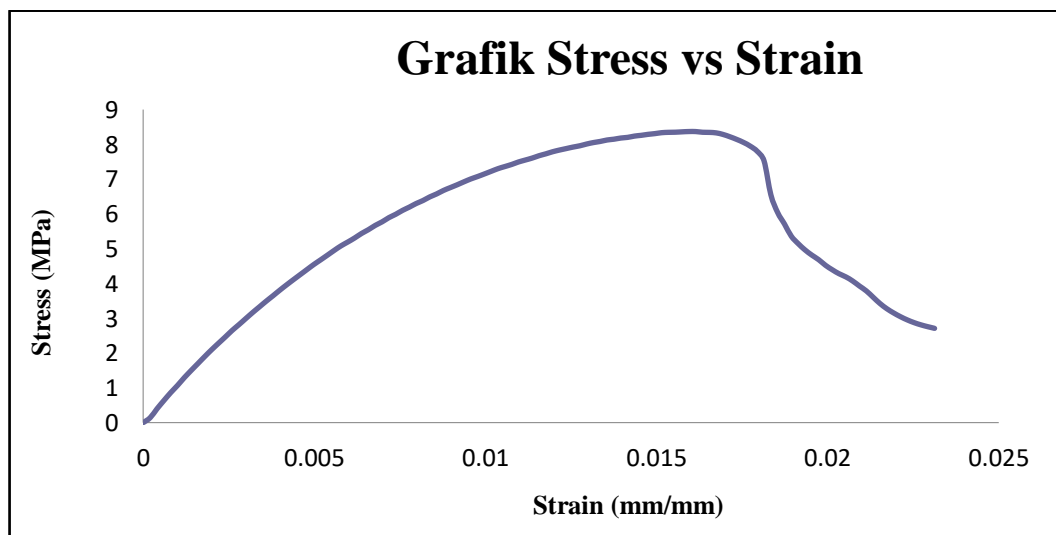
Konsentrasi Sorbitol 10 % CMC (%)	Uji Kuat Tarik (MPa)	Elongation (%)	Modulus Young (MPa)
0	5,47	3,07	178,36
10	5,94	2,91	204,16
20	8,36	2,31	361,83
30	11,13	3,82	290,78



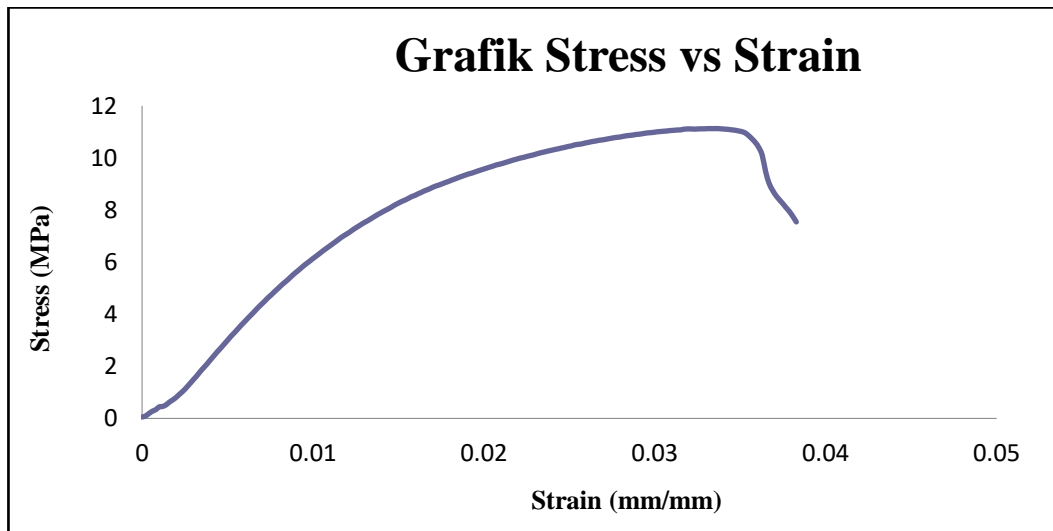
Gambar : Grafik Uji Tarik Sorbitol 40% : CMC 0%



Gambar : Grafik Uji Tarik Sorbitol 40% : CMC 10%



Gambar : Grafik Uji Tarik Sorbitol 40% : CMC 20%



Gambar : Grafik Uji tarik Sorbitol 40% : CMC 30%

L.B. 4 Tabel Data Uji FTIR

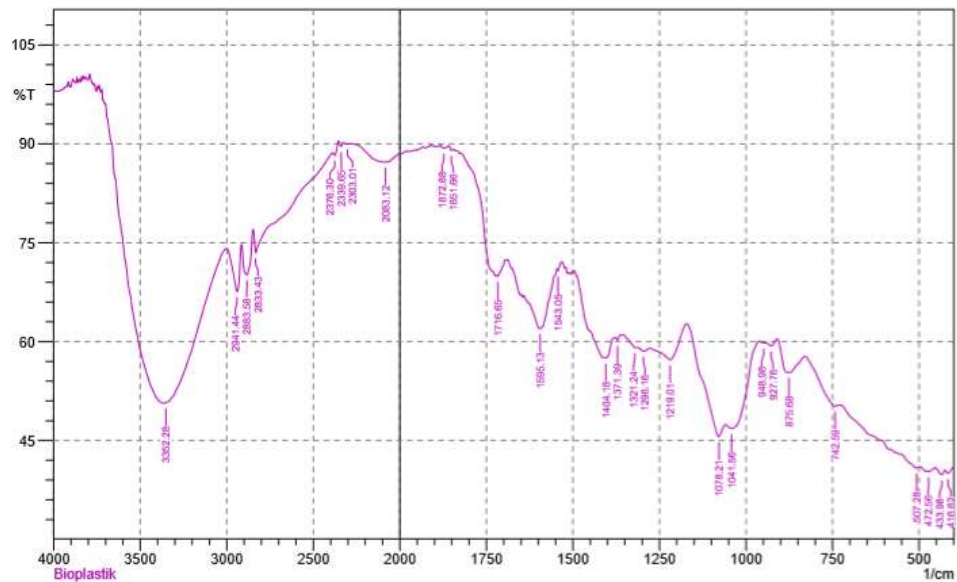
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	416.62	39.977	0.698	424.34	401.19	9.112	0.093
2	433.98	39.807	0.79	451.34	426.27	9.926	0.126
3	472.56	40.259	0.207	476.42	453.27	9.079	0.031
4	507.28	40.821	0.545	548.71	497.63	19.866	0.198
5	742.59	50.231	1.138	828.39	728.09	27.462	0.549
6	875.68	55.332	0.202	878.54	831.32	12.001	0.076
7	927.76	59.362	0.718	941.26	910.4	6.905	0.089
8	948.98	59.795	0.115	960.55	943.19	3.868	0.009
9	1041.56	46.829	2.854	1058.92	962.48	27.747	1.646
10	1076.21	45.597	4.223	1170.79	1060.85	30.868	1.841
11	1219.01	57.246	3.787	1274.95	1172.72	23.467	1.422
12	1296.16	58.539	0.524	1313.52	1276.88	8.454	0.071
13	1321.24	59.086	0.335	1354.03	1315.45	8.589	0.041
14	1371.39	60.195	0.508	1375.25	1361.74	2.934	0.021
15	1404.18	57.508	0.722	1409.96	1382.96	6.245	0.094
16	1543.05	70.713	0.563	1546.91	1531.48	2.249	0.014
17	1595.13	61.966	7.006	1641.42	1546.91	17.497	2.281
18	1716.65	69.923	0.558	1720.5	1697.36	3.457	0.057
19	1851.66	89.017	0.448	1857.45	1843.95	0.674	0.016
20	1872.88	89.342	0.424	1882.52	1859.38	1.118	0.03
21	2083.12	87.226	0.016	2086.98	2077.33	0.572	0
22	2303.01	89.85	0.135	2318.44	2287.58	1.411	0.011
23	2339.65	89.577	0.695	2355.08	2330.01	1.156	0.045
24	2376.3	88.269	1.031	2387.87	2357.01	1.576	0.099
25	2833.43	73.461	3.896	2846.93	2389.8	41.444	3.629
26	2883.58	70.124	5.7	2914.44	2848.86	9.347	1.499
27	2941.44	67.592	6.948	3001.24	2916.37	12.643	1.758
28	3352.28	50.701	0.129	3354.21	3003.17	75.17	1.723

Comment;
Bioplastik

Date/Time; 9/7/2023 3:56:14 PM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

LAMPIRAN C GAMBAR DAN DOKUMENTASI

L.C. 1 Analisa Gugus Fungsi (FTIR)

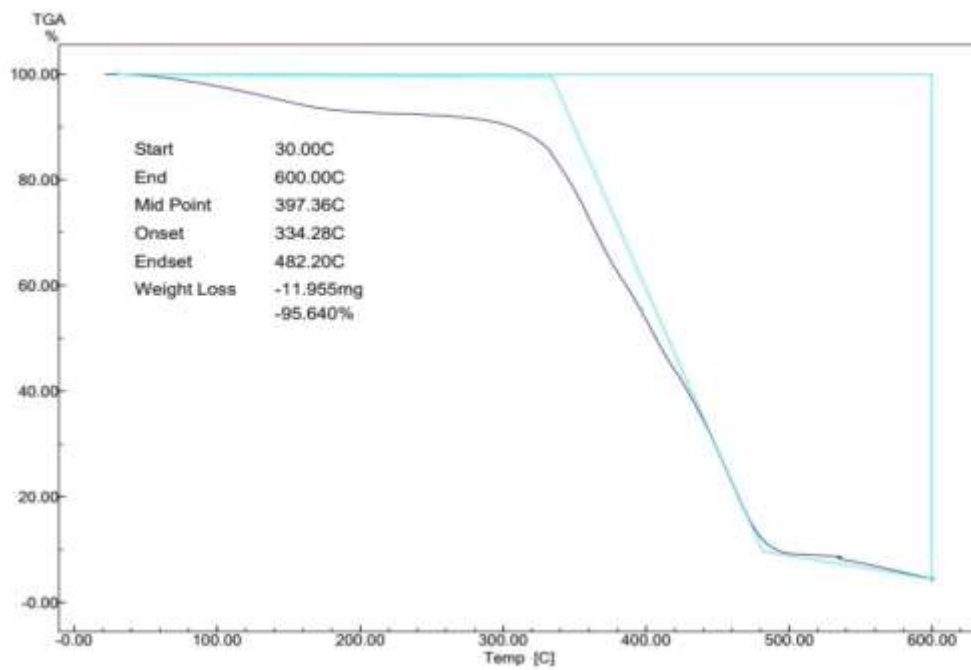


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	416.62	39.977	0.698	424.34	401.19	9.112	0.093
2	433.98	39.807	0.79	451.34	426.27	9.926	0.126
3	472.56	40.259	0.207	476.42	453.27	9.079	0.031
4	507.28	40.821	0.545	549.71	497.63	19.866	0.198
5	742.59	50.231	1.138	829.39	729.09	27.462	0.549
6	875.68	55.332	0.202	879.54	831.32	12.001	0.076
7	927.76	59.362	0.718	941.26	910.4	6.905	0.089
8	948.98	59.795	0.115	960.55	943.19	3.868	0.009
9	1041.56	46.829	2.854	1058.92	962.48	27.747	1.646
10	1078.21	45.597	4.223	1170.79	1060.85	30.868	1.841
11	1219.01	57.246	3.787	1274.95	1172.72	23.467	1.422
12	1296.16	58.539	0.524	1313.52	1276.88	8.454	0.071
13	1321.24	59.086	0.335	1354.03	1315.45	8.589	0.041
14	1371.39	60.195	0.508	1375.25	1361.74	2.934	0.021
15	1404.18	57.508	0.722	1409.96	1382.96	6.245	0.094
16	1543.05	70.713	0.563	1546.91	1531.48	2.249	0.014
17	1595.13	61.966	7.006	1641.42	1546.91	17.497	2.281
18	1716.65	89.823	0.558	1720.5	1697.36	3.457	0.057
19	1851.66	89.017	0.448	1857.45	1843.95	0.874	0.016
20	1872.88	89.342	0.424	1882.52	1859.38	1.118	0.03
21	2083.12	87.226	0.016	2086.98	2077.33	0.572	0
22	2303.01	89.95	0.135	2318.44	2287.58	1.411	0.011
23	2338.65	89.577	0.695	2355.08	2330.01	1.156	0.045
24	2376.3	88.269	1.031	2387.87	2357.01	1.576	0.099
25	2833.43	73.461	3.896	2846.93	2389.8	41.444	3.629
26	2863.58	70.124	5.7	2914.44	2848.88	9.347	1.499
27	2941.44	67.592	6.948	3001.24	2916.37	12.643	1.758
28	3352.28	50.701	0.129	3354.21	3003.17	75.17	1.723











































Comment;
Bioplastik

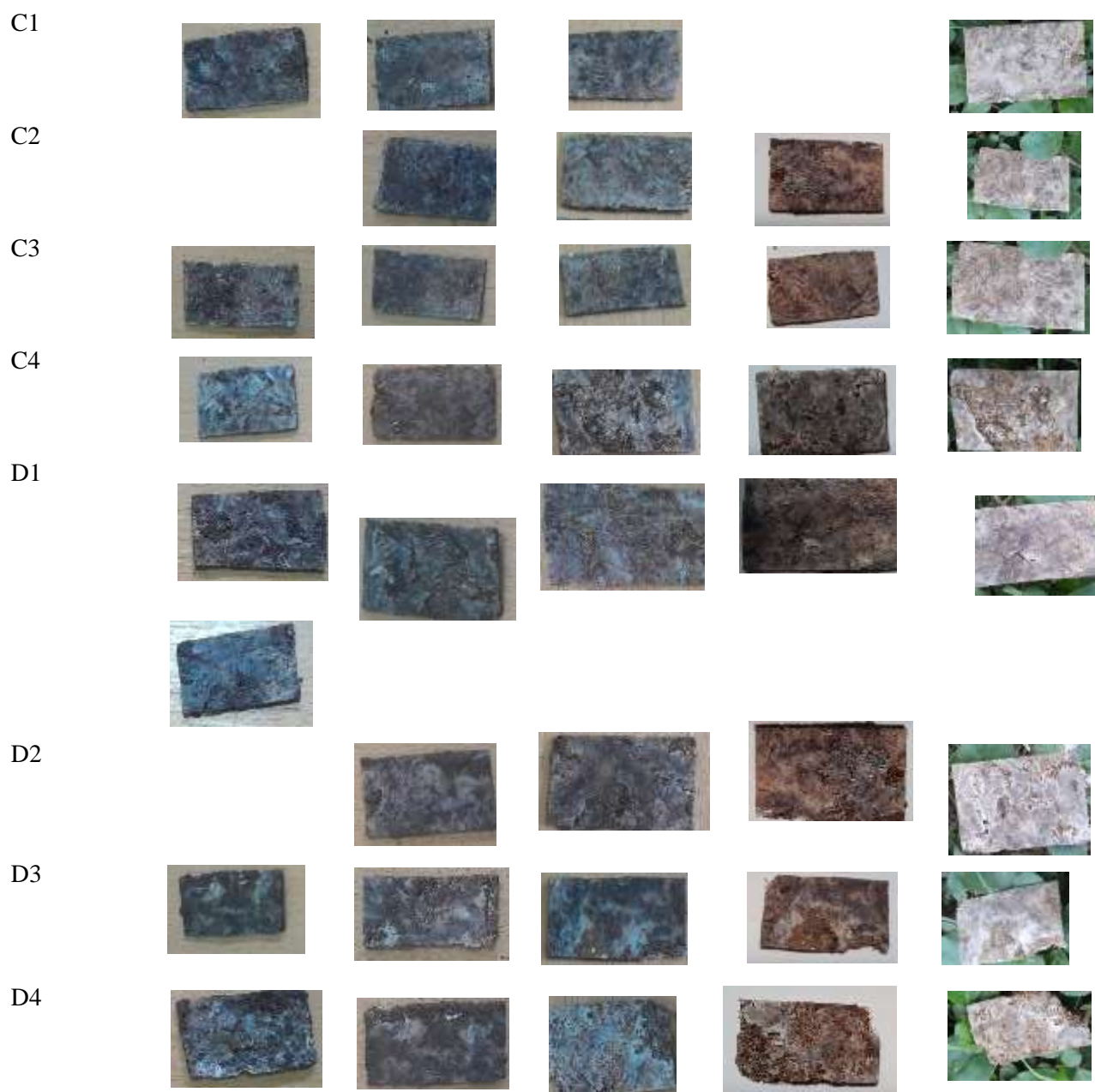
Date/Time; 9/7/2023 3:56:14 PM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

L.C. 2 Analisa TGA



L.C. 3 Analisa Biodegradasi

Hari ke-	3	6	9	12	15
No Sampel	Sampel Ui Biodegradasi				
A1					
A2					
A3					
A4					
B1					
B2					
B3					
B4	 			 	



L.C. 4 Analisa Uji Daya Serap Air



L.C. 5 Bahan dan Alat Penelitian



Gambar C.4.1 Maleic Acid



Gambar C.4.2 Xylen



Gambar C.4.3 Benzoyl Peroxide



Gambar C.4.4 Aquades



Gambar C.4.5 NaOCl



Gambar C.4.6 Sorbitol



Gambar C.4.7 *Carboxy methyl cellulose*



Gambar C.4.8 NaOH



Gambar C.4.9 Selulosa



Gambar C.4.10 setelah di grafting



Gambar C.4.11 Penimbangan Sampel



Gambar C.4.12 *Autoclave*



Gambar C.4.13 Timbangan



Gambar C.414 *Hot Plate*



Gambar C.4.15 Mesin *Hot Press*

L.C. 6 Dokumentasi penelitian



Gambar C.5.1 Pencampuran serbuk sabut kelapa sawit dengan NaOH



Gambar C.5.2 Pengepresan sampe didalam cetakan



Gambar C.5.5 Penimbangan serat



Gambar C.5.4 Penanaman sampel



Gambar C.5.6 Penyaringan selulosa



Gambar C.5.7 Pembuatan larutan CMC

LAMPIRAN D

DOKUMENTASI ADMINISTRASI

L.D. 1 Surat Laboratorium



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Batam, Blang Pulo, Muara Satu – Lhokseumawe – Aceh (24352)
Telepon: (0645) 41373-40915 Faks: 0645-44450
Laman: <http://teknik.unimal.ac.id> Email: ft@unimal.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS LABORATORIUM

Nomor : 147/UN45.1.1/PT/2024

Kepala Laboratorium Dasar Eksakta dan Laboratorium Proses dan Produksi Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh menyatakan bahwa :

Nama : Kartini Dahri
Nim : 190190032
Jurusan : Teknik Material

Benar yang tersebut diatas telah menyelesaikan seluruh kegiatan yang berkaitan dengan
laboratorium dan tidak mempunyai tanggungan pinjaman alat-alat dan bahan pada
laboratorium tersebut, dan yang bersangkutan dinyatakan **Bebas Laboratorium**.

Demikian surat ini dibuat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Lab. Proses dan Produksi

Kepala,

Ishak, M.T.
NIP.196201082001121001

Bukit Indah, 1 Februari 2024

Laboratorium Dasar Eksakta


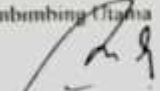
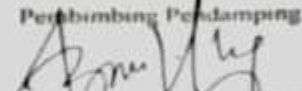
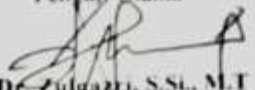
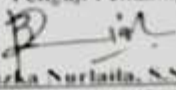

Kepala,

Novi Sylvia, S.T., M.T.
NIP.197811252006042008



Tembusan :
Arsip

L.D. 2 Surat Persetujuan Sidang

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN RISET, DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS MALIKUSSALEH FAKULTAS TEKNIK
Jalan Batam, Blang Pulo, Muara Satu - Lhokseumawe - Aceh (24352) Telepon: (0645) 41573-40915 Faks: 0645-44450 Laman: http://teknik.unimal.ac.id Email: fta.unimal.ac.id	
SURAT PERSETUJUAN SIDANG	
Nama	Kartini Dahri
Nim	190190020
Hari/Tanggal	25, Januari 2024
Pukul	09:00 WIB
Sidang	Sidang Tugas Akhir
Program Studi	Teknik Material
Judul	Analisis Pengujian Sifat Mekanik Terhadap Pengaruh Fraksi Volume Pada Komposit <i>Hybrid</i> Dengan Serat Sabut Kelapa dan Serbuk Batang Kelapa
Dengan ini menyatakan menyetujui mahasiswa tersebut diatas untuk mengikuti seminar/sidang	
Menyetujui,	
Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
 <u>Dr. Ir. Rozanna Dewi, S.T., M.Sc., I.P.M</u> NIP. 197603252003122003	 <u>Agun Alwarif, S.Si., M.Si</u> NIP. 199107182020111007
Penyaji Utama	Penyaji Pendamping
 <u>Dr. Zulnazri, S.Si., M.T</u> NIP. 197512312006041002	 <u>Rizka Nurhaini, S.Si., M.Si</u> NIP. 201701198206222001
Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Material	
 <u>Dr. Zulnazri, S.Si., M.T</u> NIP. 197512312006041002	

L.D. 3 Surat Undangan Sidang

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK**
Jalan Batam, Wang Pulo, Muara Satu - Hokseumawe - Aceh (24352)
Telepon (0645) 41373-40915 Faks 0645-44450
Laman <http://teknik.unimal.ac.id> Email ft@unimal.ac.id

Nomor : 22/UN459/KM/2024 18 Januari 2024
Lampiran : -
Perihal : **Undangan Sidang Kolokium**

Yth,
1. Pembimbing Utama (Dr. Ir., Rozanna Dewi., ST., M.Sc)
2. Pembimbing Pendamping (Agam Muarif, S.Si., M.Si.)
3. Penguji Utama (Dr. Zulnazri, S.Si., M.T.)
4. Penguji Pendamping (Rizka Nurlaila, S.Si., M.Si.)
di -
Tempat

Dengan hormat,
Sehubungan dengan diadakannya Sidang Kolokium
Mahasiswa pada Program Studi Teknik Material Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Malikussaleh yang akan dilaksanakan pada :

Hari/Tanggal : Kamis / 25 Januari 2024
Pukul : 09.00 Wib s.d Selesai
Tempat : Ruang Sidang Teknik Material

Atas nama mahasiswa
Nama : Kartini Dahri
NIM : 190190032
Program Studi : Teknik Material
Judul Penelitian : Pembuatan Plastik Biodegradasi Berbahan Dasar Selulosa Kelapa Sawit
dengan Penambahan Sorbitol dan Carboxy Methyl Cellulose (CMC)

Demikian kami sampaikan atas bantuan dan kehadiran bapak/ibu kami ucapkan terima kasih.


Prodi Teknik Material
Kerua,
Dr. Zulnazri, S.Si., M.T.
Nip. 197512312006041002

L.D. 4 Biodata

BIODATA

Pas
berwarna

1. Personal

Nama : Kartini Dahri
Nim : 190190032
Bidang : Teknik Material
Alamat : Link.II kp.lalang, Kel. Pekan besitang, Kec. Besitang,
Kab.Langkat, Prov. Sumatera Utara
No HP/Telpon : 081269821740

2. Orang Tua

Nama Ayah : A. Sulaiman
Pekerjaan : Wiraswasta
Umur : 57 Tahun
Alamat : Link.II kp.lalang, Kel. Pekan besitang, Kec. Besitang,
Kab.Langkat, Prov. Sumatera Utara
Nama Ibu : Nurmadiyah
Pekerjaan : Wiraswasta
Umur : 51 Tahun
Alamat : Link.II kp.lalang, Kel. Pekan besitang, Kec. Besitang,
Kab.Langkat, Prov. Sumatera Utara

3. Pendidikan Formal

Asal SLTA (Tahun) : SMA Negeri 1 Besitang (2019)
Asal SLTP (Tahun) : MTSN Besitang (2016)
Asal SD (Tahun) : SD Negeri 054000 (2013)

4. Pendidikan Non Formal

Kursus/Pelatihan : -
Institusi Pelaksana : -
Tanggal Pelaksanaan : -

5. Software Komputer Yang Di Kuasai

Jenis Software : Microsoft Office
Tingkat Penguasaan : Intermediate

Jenis Software : Ds. Biovia Materiall
Tingkat Penguasaan : Basic
Jenis Software : Microsoft Excel
Tingkat Penguasaan : Basic

6. Prestasi

Tingkat Nasional : 1. -
: 2. -
: 3. -
: 4. -

Tingkat Provinsi : 1. -
: 2. -
: 3. -
: 4. -

Tingkat Kabupaten/kota : 1. -
: 2. -
: 3. -
: 4. -

Bukit Indah, 5 Februari 2024
Mahasiswa yang bersangkutan

Kartini Dahri