

Dr. Denny Akbar Tanjung, SSi.,Msi
Sirmas Munte, ST., MT

PEMBUATAN
KOMPOSIT BIOPLASTIK
DARI PATI SAGU
KOMBINASI
POLIETILEN



Penerbit: LEMKOMINDO

ISBN 978-623-90750-6-4

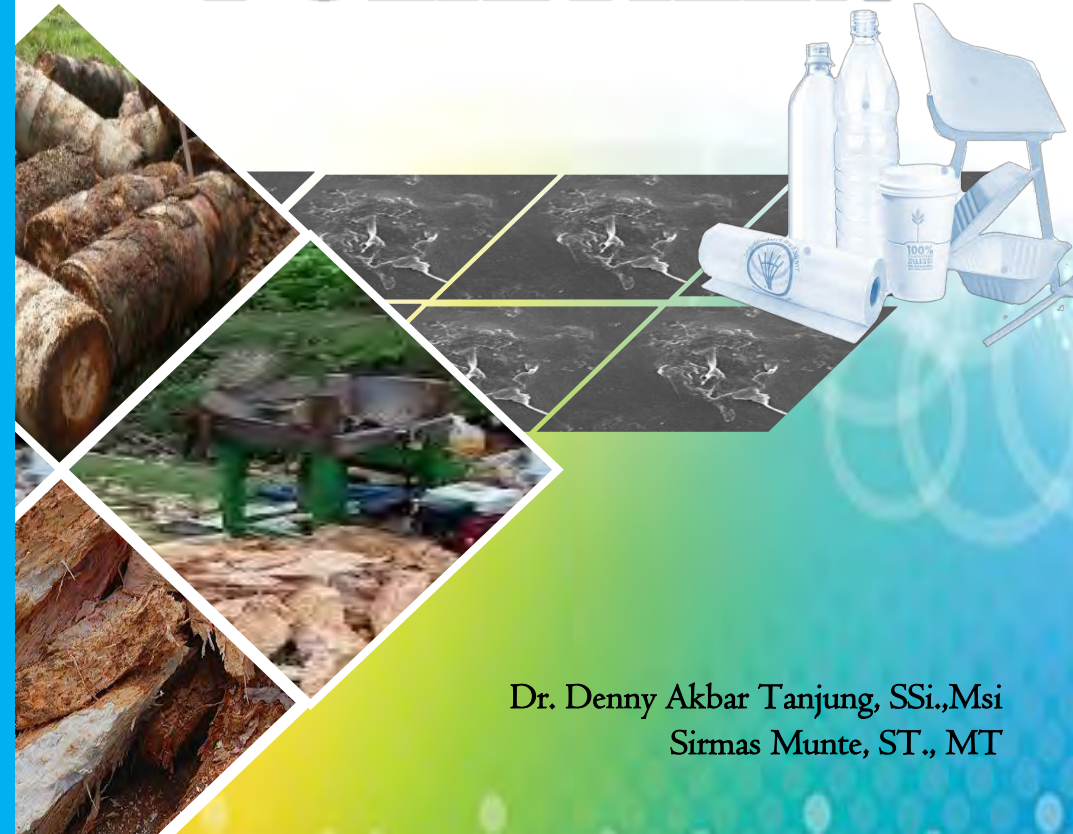


9 786239 075064



LEMKOMINDO

PEMBUATAN
KOMPOSIT BIOPLASTIK
DARI PATI SAGU
KOMBINASI
POLIETILEN



Dr. Denny Akbar Tanjung, SSi.,Msi
Sirmas Munte, ST., MT

PEMBUATAN KOMPOSIT BIOPLASTIK DARI PATI SAGU KOMBINASI POLIETILEN

Pembuatan Komposit Bioplastik dari Pati Sagu Kombinasi Polietilen

Penulis:

Dr. Denny Akbar Tanjung, SSi.,Msi
Sirmas Munte, ST., MT

ISBN: 978-623-90750-6-4

Editor: Khairuddin Tampubolon, ST., M.Si

Desain Sampul: Khairuddin Tampubolon, ST., M.Si

Pracetak: Dr. Elazhari, M.Si

Cetakan Pertama: 9 Juni 2023

Penerbit:

LEMKOMINDO

Jl.Seser, Komplek Perumahan Citra Mulia Sejahtera,
Blok D no.II, Medan Amplas, Medan, Sumatera Utara.

CP: 0812 1973 7675

Surel: lemkomindo.jlas@gmail.com

Web: <https://lemkomindo.org/>

URL Penerbit: <https://penerbit.lemkomindo.org/>

Anggota IKAPI, No Anggota: 077/SUT/2023

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

Karya ini kupersembahkan

sebagai baktiku kepada Ayahanda Bachtiar dan Ibunda Sariati

Abang-abang /Kakak serta Adik-adikku,

Istri tercinta, Harlini Suanza, ST,MSi,

Anak-anakku, sebagai penyemangat dalam belajar

(Rizky Ramadhan, Raisa Auni Sahira dan

Reivan Al Rasyid)

Serta Sahabat dan Saudara-saudaraku

**"Jangan takut salah ketika menuntut ilmu, karena
banyak orang sukses belajar dari sebuah kesalahan."**

PENGANTAR PENULIS

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan limpahan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan buku ini. Buku yang berjudul "Pembuatan Komposit Bioplastik dari Pati Sagu Kombinasi Polietilen" ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tambahan kepada pembaca untuk mengetahui tentang rekayasa pati sagu dalam pemanfaatannya serta pengetahuan lain terkait dalam pembuatan komposit bioplastik secara mendalam.

Saya menyadari buku ini masih jauh dari kesempurnaan dan saya sangat mengharapkan kritik dan saran kepada pembaca, sehingga kedepannya buku ini dapat saya perbaiki dan lengkapi.

Saya ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi sehingga buku ini selesai dibuat dengan baik, semoga buku ini bermanfaat buat kita semua.

Medan, 9 Juni 2023

Penulis

Dr. Denny Akbar Tanjung, SSi.,Msi
Sirmas Munte, ST., MT

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

DAFTAR ISI

PENGANTAR PENULIS.....	i
DAFTAR ISI	ii
SINOPSIS	v
BAB I PENDAHULUAN.....	I
1.1. Pendahuluan.....	1
BAB II DEFENISI AHLI	6
2.1. Pati Sagu.....	6
2.2. Plastisizer	12
2.3. Polietilen	17
2.4. Bioplastik.....	18
2.5. Maleat Anhidrat	20
2.6. Benzoil Peroksida.....	22
2.7. Kompatibilisasi Campuran Polimer.....	23
2.8. Analisis Sifat Mekanik.....	27
2.9. Analisis Gugus Fungsi dengan Fourier Transform Infrared Spectroscopy	30
2.10. Analisis Gravimetry Thermal (TGA)	31
2.11. Analisis Diferensial Thermal (DTA).....	33
2.12. Uji Penyerapan Air.....	34
2.13. Uji Biodegradasi	35
BAB III METODE PELAKSANAAN.....	51

3.1.	Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	51
3.2.	Alat dan Bahan	51
3.3.	Metode Pelaksanaan.....	52
3.4.	Cara Kerja.....	53
3.4.1	Pembuatan Termoplastik Pati Sagu	53
3.4.2	Pembuatan Kompatibilizer	54
3.4.3	Pembuatan komposit bioplastik.....	55
3.5.	Parameter pengamatan/ Karakterisasi.....	55
3.5.1	Analisis derajat grafting	55
3.5.2	Analisis Densitas.....	57
3.5.3	Analisis sifat mekanik	57
3.5.4	Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM).....	60
3.5.5	Analisis Fourier Transform Infrared Spectra (FTIR).....	60
3.5.6	Analisis sifat Thermal.....	61
3.5.7	Uji penyerapan air.....	62
3.5.8	Analisis Biodegradasi dengan Media Air Tawar, Air Laut dan Tanah.....	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		64
4.1	Analisis Termoplastik Pati Sagu (TPPS).....	64
4.2	Analisis polietilen grafting maleat anhidrat (LLDPE-g-MA)	66
4.2.1	Penentuan Derajat Grafting LLDPE-g-MA	68
4.2.2	Analisis Fourier Transform Infra Red (FTIR).....	71

4.3	Pengaruh konsentrasi polietilen pada pembuatan komposit bioplastik	72
4.3.1	Analisis densitas.....	73
4.3.2	Analisis sifat mekanik.....	74
4.3.3	Analisis <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	77
4.3.4	Analisis <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	80
4.3.5	Analisis <i>Thermal</i>	82
4.4	Pengaruh konsentrasi LLDPE-g-MA pada pembuatan komposit bioplastik.....	94
4.4.1	Analisis Densitas.....	94
4.4.2	Analisis Sifat Mekanik.....	95
4.4.3	Analisis <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	98
4.4.4	Analisis <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	103
4.4.5	Analisis <i>Thermal</i>	105
4.4.6	Analisis Penyerapan Air	108
4.4.7	Analisis Biodegradasi	110
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		115
5.1	Kesimpulan.....	115
5.2	Saran.....	116
DAFTAR PUSTAKA.....		117
BIOGRAFI PENULIS.....		135

SINOPSIS

Kompatibilizer LLDPE-g-MA telah dibuat dengan memperoleh komposisi optimum pada konsentrasi 88% LLDPE 9% MA dan 3% BPO dengan nilai % derajat grafting 5,73%. Penambahan LLDPE kedalam TPPS dengan menggunakan metode blending dalam internal mixer memberi pengaruh positif terhadap kekuatan tarik, dimana nilai kuat tarik meningkat seiring meningkatnya konsentrasi LLDPE dengan nilai 4,3079 N/mm² pada konsentrasi 30% LLDPE. Hasil ini didukung oleh gambar morfologi permukaan yang memperlihatkan LLDPE terdispersi merata kedalam matriks TPPS, uji *thermal* TGA memperlihatkan terjadinya degradasi *thermal* dalam 3 tahap, penambahan LLDPE dapat meningkatkan ketahanan *thermal* dari 400°C menjadi 600°C (uji DTA), uji penyerapan air yang memperlihatkan berkurangnya laju penerapan dari 121% menjadi 13% dan uji FTIR memperlihatkan beberapa pergeseran bilangan gelombang akibat dari reaksi antara TPPS dengan LLDPE. Sementara laju biodegradasi TPPS setelah ditambahkan LLDPE kedalamnya berkurang dari 90 hari menjadi 180 hari untuk terurai habis pada ketiga media.

Penambahan LLDPE-g-MA sebagai penghubung antara polimer alami (Pati sagu) dengan polimer sintetis (LLDPE) memberi pengaruh positif hanya sampai konsentrasi 10% selanjutnya mengalami penurunan seiring meningkatnya konsentrasi LLDPE-g-MA dengan nilai kuat tarik sebesar 3,6187 N/mm². Gambar SEM permukaan memperlihatkan LLDPE terdispersi merata kedalam matriks dengan bantuan LLDPE-g-MA pada konsentrasi 10% sebagai agen penghubung, uji degradasi *thermal* (TGA) menunjukkan terjadinya degradasi dalam 3 tahap, uji DTA memperlihatkan peningkatan ketahanan *thermal* dari 400°C menjadi 600°C, kemampuan laju penyerapan air sebesar 26% pada konsentrasi 10% dan pergeseran bilangan gelombang terjadi akibat dari reaksi antara TPPS dengan LLDPE. Uji biodegradasi memberi pengaruh negatif (adanya tambahan waktu degradasi akibat penambahan LLDPE) namun masih dapat terurai sampai hari ke-180 pada ketiga media.

Penulis

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

BAB I

PENDAHULUAN

I.I. Pendahuluan

Data analisis pada tahun 2018, produksi plastik global hampir mencapai 360 juta ton (Barnaba *et al.*, 2020). Sementara, produksi bioplastik tahun 2018 hanya mencapai 2,01 juta ton atau mewakili 0,56% dari produksi plastik dunia berdasarkan data dari European Bioplastics. (2017). Diperkirakan kapasitas produksi bioplastik terus meningkat menjadi 2,43 juta ton pada tahun 2024 menurut data dari European Bioplastics. (2018). Dari seluruh produksi plastik global ada sekitar 80% yang tidak didaur ulang atau digunakan kembali melainkan dibakar dan ditanam (Blank *et al.*, 2020).

Pembakaran sampah plastik menghasilkan zat-zat beracun yang mencemari udara dan berbahaya bagi makhluk hidup, sementara cara penanaman tidak efektif karena plastik sangat sulit terdegradasi. Salah satu cara yang dikembangkan untuk mengatasi masalah sampah plastik adalah penggunaan plastik biodegradabel. Plastik biodegradabel adalah plastik yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme seperti bakteri, alga dan jamur berdasarkan penelitian dari Kumar *et al.*, (2010) Plastik

biodegradabel saat ini menjadi satu-satunya sebagai bahan alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan penggunaan plastik konvensional berbasis fosil dan bertransformasi menjadi masyarakat berbasis bio dikemukakan oleh Geueke *et al.*, (2018). Plastik biodegradabel atau yang sering dikenal dengan bioplastik, limbahnya tidak menimbulkan dampak bagi lingkungan karena berbahan dasar polimer alami yang dapat terdegradasi di alam.

Penggunaan bahan alami sebagai bahan pembuat bioplastik mempunyai banyak keuntungan seperti jumlahnya yang melimpah, harganya relatif murah, mudah diperoleh dan dapat terdegradasi oleh lingkungan dilaporkan oleh Iovino *et al.*, (2008). Bioplastik berbasis pati memiliki beberapa kelemahan, antara lain sifat mekanik yang rendah, sensitivitas air yang tinggi hasil dari penelitian (Hidayati *et al.*, 2021) dan kaku (Aguilar *et al.*, 2020). Hal ini dikarenakan sifat pati yang cenderung menggumpal dan menciptakan daerah stres yang terkonsentrasi, sehingga menghasilkan sifat mekanik yang lebih buruk dan menunjukkan penyerapan air yang tinggi. (Da Roz *et al.*, 2016). Kekakuan pati dapat diplastisasi dengan memodifikasi struktur kimia pati menjadi pati termoplastik dengan menggunakan *plastisizer*. Beberapa *plastisizer* yang

dapat digunakan sebagai bahan pemlastis adalah gliserol, sorbitol dan yang lainnya.

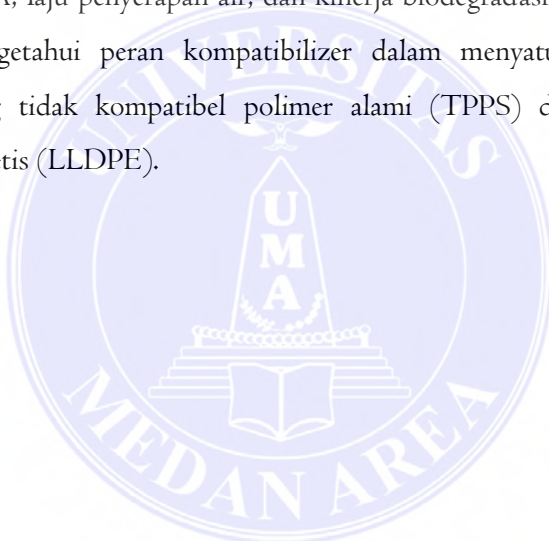
Peningkatan sifat mekanik bioplastik dapat ditambahkan dengan bahan polimer sintesis seperti *linear low density polyEthylene* (LLDPE), *high density polyethylene* (HDPE), *polypropylene* (PP) dan yang lainnya. Bahan sintesis mempunyai kelebihan antara lain sifat mekanik yang tinggi, tahan terhadap suhu tinggi, sifat alir yang tinggi, mudah dibentuk dan bersifat hidrofobik. Pencampuran polimer alami dan sintesis diharapkan dapat meningkatkan sifat fisik mekanik yang tidak jauh berbeda dengan plastik konvensional dan limbah/sampah yang dihasilkan dapat terdegradasi oleh lingkungan.

Permasalahan yang dihadapi bila polimer alami dan sintesis dicampurkan adalah ketidakkompatibelan antara kedua bahan tersebut karena bahan alami bersifat hidrofilik/polar dan bahan sintesis bersifat hidrofobik/ non polar. Untuk meningkatkan kompatibilitas antara kedua campuran tersebut perlu ditambahkan seperti kompatibilizer. Penambahan kompatibilizer diharapkan dapat meningkatkan homogenitas larutan campuran. Selain itu, fungsi lain dari kompatibilizer

dalam campuran polimer adalah memperbaiki adhesivitas antar fasa (Mengual *et al.*, 2017)

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait penggunaan pati sagu sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik penelitian dari Sumardiono *et al.*, (2022) menyatakan bahwa penambahan PE-g-MA pada campuran TPPS dan PE dapat memperbaiki kekuatan tarik sampai 6 MPa pada perbandingan TPPS 50% dan PE 50%. Ini sedikit lebih tinggi daripada tanpa menggunakan kompatibilizer. Pada penelitian yang lainnya (Abdul Majid *et al.*, 2009) menambahkan serat tandan kosong kelapa sawit untuk membantu peningkatan sifat mekanik. Hasilnya sifat kuat tarik meningkat setelah ditambahkan serat dan kompatibilizer sebesar 10MPa pada konsentrasi serat 20%. Hasil ini sedikit lebih tinggi jika dibandingkan tanpa kompatibilizer. Penelitian (Nafchi *et al.*, 2013) pada penelitian yang berjudul pengaruh *plastisizer* terhadap sifat *Thermal* dan ketahanan panas pada film pati sagu menyatakan sorbitol menunjukkan panas yang lebih baik daripada gliserol. Sementara hasil penelitian (Obasi *et al.*, 2015) mengemukakan bahwa kekuatan tarik menurun seiring meningkatnya konsentrasi pati tapioka dan pati kentang sebesar

Berdasarkan beberapa penelitian diatas, peneliti berhipotesa bahwa penambahan polietilen pada bioplastik berbahan dasar sagu dapat meningkatkan sifat mekanik. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh polietilen terhadap sifat mekanik, morfologi, FTIR, SEM, TGA, laju penyerapan air, dan kinerja biodegradasi serta untuk mengetahui peran kompatibilizer dalam menyatukan bahan yang tidak kompatibel polimer alami (TPPS) dan polimer sintesis (LLDPE).



BAB II DEFENISI AHLI

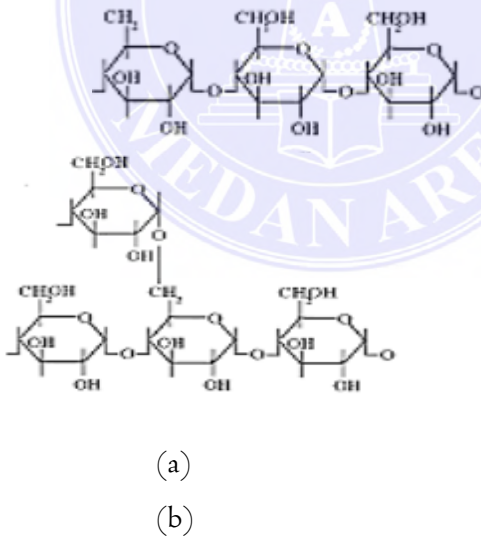
2.1. Pati Sagu

Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) merupakan tanaman asli Asia Tenggara. Penyebarannya meliputi Melanesia Barat sampai India Timur, dari Mindanao Utara sampai Pulau Jawa dan Nusa Tenggara bagian selatan. Tanaman sagu tumbuh secara alami terutama di daerah dataran atau rawa dengan sumber air yang melimpah (Rahayu *et al.*, 2013). Sekitar 50% tanaman sagu dunia atau 1.128 juta ha tumbuh di Indonesia laporan dari Novarianto (2012) dan 90% dari jumlah tersebut atau 1.015 juta ha berkembang di Provinsi Papua dan Maluku penelitian yang dilakukan oleh Limbongan (2007). Produk ini digunakan untuk pengolahan makanan, pakan, kosmetika, industri kimia dan pengolahan kayu (Novarianto. 2012).

Limbongan (2007) menyatakan bahwa sifat atau kualitas pati sagu dipengaruhi oleh faktor genetik serta proses ekstraksinya, seperti peralatan dan air yang digunakan, cara penyimpanan potongan batang sagu dan penyaringan. Pati sagu umumnya berwarna putih. Menurut (Irnawati *et al.*, 2018),

berdasarkan pati sagu bervariasi dan dapat berubah selama

penyimpanan. Pati atau amilum adalah karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar, dan tidak berbau. Pati merupakan bahan utama yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa (sebagai produk fotosintesis dalam jangka panjang). Perbedaan sifat berbagai pati dihasilkan dari perbedaan proporsi amilosa (rantai pati linier) dan amilopektin (rantai panjang bercabang). Pati sagu berbentuk elips (prolate ellipsoidal), mirip pati kentang dan relatif lebih besar dari pati sereali. Struktur amilosa dan amilopektin tertera pada Gambar I.



Gambar I. Struktur kimia amilosa (a) dan amilopektin (b)

Sifat pati tidak larut dalam air namun bila suspensi pati dipanaskan akan terjadi gelatinasi setelah mencapai suhu tertentu (suhu gelatinasi). Hal ini disebabkan oleh pemanasan energi kinetik molekul-molekul air menjadi lebih kuat daripada daya tarik menarik antara molekul pati dalam granula, sehingga molekul air dapat masuk ke dalam granula pati dan pati akan membengkak. Granula pati dapat membengkak dan pecah sehingga tidak dapat kembali pada kondisi semula. Perubahan sifat inilah yang disebut gelatinasi. Suhu pada saat butir pati pecah disebut suhu gelatinasi (Saraiva Rodrigues *et al.*, 2020).

Proses gelatinasi dapat menyebabkan terjadinya peningkatan viskositas yang disebabkan oleh air yang sebelumnya berada di luar granula dan bebas bergerak sebelum suspensi dipanaskan, kini sebagian sudah berada dalam butir-butir pati dan tidak dapat bergerak bebas lagi karena terikat gugus hidroksil dalam molekul pati. Apabila suhu dinaikkan, maka viskositas pasta/gel berkurang. Menurut (Rakshit, 1998) suhu gelatinasi pati sagu sekitar 60-72°C, sedangkan (Tuankotta *et al.*, 2015) menyatakan sekitar 72-90 °C.

Pati sagu atau yang biasa disebut tepung sagu oleh masyarakat, selama ini hanya digunakan sebagai bahan makanan

sumber energi dan belum diketahui manfaat lainnya. Komposisi kimia pati sagu tertera pada Tabel I.

Tabel I. Komposisi kimia pati sagu dalam 100 g bahan

Komponen	Satuan	Jumlah
Protein	g	0,7
Lemak	g	0,2
Karbohidrat	g	84,7
Air	g	14,0
Forfor	mg	13,0
Kalsium	mg	11,0
Besi	mg	1,5
Kalori	Kal	353,0

Sumber : Direktorat Gizi, Dep. Kes. RI (1979)

Pada umumnya pati mengandung amilopektin lebih banyak daripada amilosa. Perbandingan amilosa dan amilopektin ini mempengaruhi sifat kelarutan dan derajat gelatinisasi pati. Semakin besar kandungan amilosa, maka pati makin bersifat kering dan kurang lengket (Nisah. 2018).

Menurut Nafchi *et al.*, (2013) kestabilan plastik biodegradabel dipengaruhi oleh amilopektin,

Pati dengan kadar amilosa tinggi menghasilkan plastik biodegradabel yang lentur dan kuat menurut Tyagi and Bhattacharya (2019) karena struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen antar molekul glukosa penyusunnya dan selama pemanasan mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat memerangkap air sehingga menghasilkan gel yang kuat berdasarkan penelitian yang dilakukan Khmel.(2016). Kandungan amilosa dan amilopektin dari berbagai sumber pati dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan amilosa dan amilopektin dari beberapa pati

Pati	Amilosa (%)	Amilopektin (%)
Sagu	21,7	62,51
Garut	19,4	69,35
Ubi Kayu	18,0	60,15

Sumber : Nisah. (2017)

Untuk mengembangkan berbagai jenis plastik Biodegradabel perlu diketahui karakteristik dari kandungan pati yaitu amilosa dan amilopektin, yakni dengan karakteristik Fisika. Sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan plastik Biodegradabel antara lain pemanjangan (*elongation*), kekuatan peregangan (*tensile strength*) dan ketebalan. Pemanjangan menunjukkan kemampuan rentang plastik biodegradabel yang dihasilkan. Penambahan glyserol dapat memperbaiki nilai pemanjangan sehingga kerapuhan plastik biodegradabel menurun dan permeabilitasnya meningkat.

Kekuatan peregangan (*tensile strength*) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai plastik biodegradabel tetap bertahan sebelum putus/sobek, yang menggambarkan kekuatan plastik biodegradabel.

Berdasarkan keterangan diatas, setelah mengalami pemanasan suspensi pati dapat diubah menjadi gelatin dan gelatin dapat dibentuk menjadi film. Alasan inilah menjadikan pati sagu dapat dibuat sebagai bahan dasar pembuatan komposit bioplastik. Beberapa penelitian yang menggunakan pati sagu menjadi bahan dasar pembuatan komposit bioplastik pernah diteliti oleh Sumardiono *et al.*, (2022), Amalia. (2012),

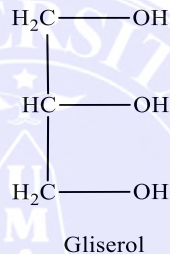
Abdul Majid *et al.*, (2009), Mohammadi Nafchi *et al.*, (2011) dan Matondang *et al.*, (2013).

2.2. Plastisizer

Plasticizer didefinisikan sebagai zat non volatil, bertitik didih tinggi, pada saat ditambahkan pada material lain mengubah sifat fisik dari material tersebut. *Plasticizer* bahan yang tidak mudah menguap, dapat merubah struktur dimensi objek, menurunkan ikatan rantai antar protein dan mengisi ruang-ruang yang kosong pada produk menurut Aguilar *et al.*, (2020). Pelapis edible film harus memiliki elastisitas dan fleksibilitas yang baik, daya kerapuhan rendah, ketangguhan tinggi, untuk mencegah retak selama penanganan dan penyimpanan. Oleh karena itu, *plastisizer* dengan berat molekul kecil (nonvolatil) biasanya ditambahkan ke dalam pembentukan film hidrokoloid sebagai solusi untuk memodifikasi fleksibilitas edible film tersebut seperti pati, pektin, gel dan protein.

Plastisizer berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer. Syarat *plastisizer* yang digunakan sebagai zat pelembut adalah stabil (inert), yaitu tidak terdegradasi oleh panas dan cahaya, tidak merubah warna

polimer dan tidak menyebabkan korosi. Salah satu jenis *plastisizer* yang banyak digunakan selama ini adalah gliserol. Gliserol cukup efektif digunakan untuk meningkatkan sifat plastis film karena memiliki berat molekul yang kecil. (Tyagi and Bhattacharya 2019).



Gambar 2. Struktur kimia gliserol

Gliserol adalah alkohol terhidrik. Nama lain gliserol adalah gliserin atau 1,2,3-propanetriol. Sifat fisik gliserol tidak berwarna, tidak berbau, rasanya manis, bentuknya liquid sirup, meleleh pada suhu 17,8°C, mendidih pada suhu 290°C dan larut dalam air dan etanol. Gliserol bersifat higroskopis, seperti menyerap air dari udara, sifat ini yang membuat gliserol digunakan pelembab pada kosmetik. Gliserol terdapat dalam bentuk ester (gliserida) pada semua hewan, lemak nabati dan minyak (Tyagi and Bhattacharya., 2019). Gliserol termasuk

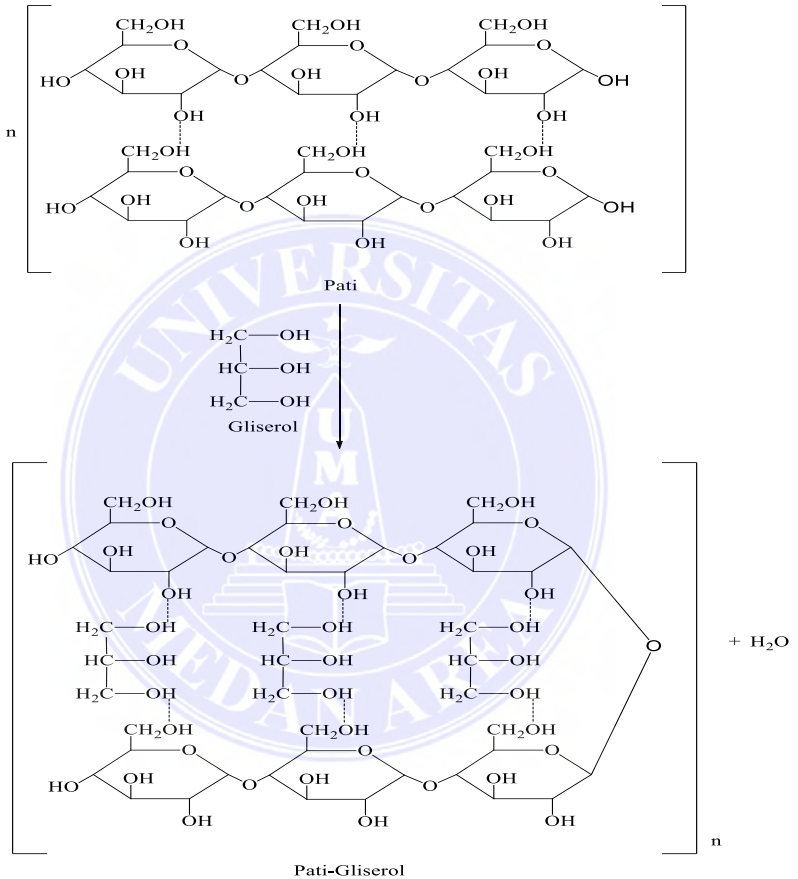
jenis *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, menambah sifat polar dan mudah larut dalam air dikemukakan oleh (Arvanitoyannis *et al.*,1998).

Gliserol terdapat dalam bentuk campuran lemak hewan atau minyak tumbuhan. Gliserol jarang ditemukan dalam bentuk lemak bebas. Tetapi biasanya terdapat sebagai trigliserida yang tercampur dengan bermacam-macam asam lemak, misalnya asam stearat, asam palmitat, asam laurat serta sebagian lemak. Beberapa minyak dari kelapa, kelapa sawit, kapok, lobak dan zaitun menghasilkan gliserol dalam jumlah yang lebih besar dari pada beberapa lemak hewan tallow maupun lard. (Mirzayanti., 2013) melaporkan gliserol juga terdapat secara ilmiah sebagai trigliserida pada semua jenis hewan dan tumbuhan dalam bentuk lipida sebagai lecitin dan chepalins. Gliserol yang diijinkan untuk ditambahkan ke dalam bahan makanan adalah dengan konsentrasi maksimal 10 mg/m³. berdasarkan data Material Safety Data Sheet (MSDS). Penambahan gliserol yang berlebihan akan menyebabkan rasa manis-pahit pada bahan. Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* pada edible film akan menghasilkan *film* yang lebih fleksibel dan halus, selain itu gliserol dapat meningkatkan

permeabilitas film terhadap gas, uap air, dan zat terlarut menurut Hidayati *et al.*, (2021).

Kegunaan gliserol dalam dunia industri sangat besar dan beragam menyebabkan harganya sangat tinggi di pasaran. Salah satunya gliserol digunakan sebagai pelembab pada penyimpanan tembakau sebelum diproses. Sifat melembabkan timbul dari gugus-gugus hidroksil yang dapat berikatan dengan air dan mencegah penguapan air tersebut. Gliserol juga seringkali ditambahkan pada bahan kosmetika untuk menjaga kelembaban kulit. Pada industri farmasi, banyak digunakan sebagai pelarut. Untuk industri lem, gliserol digunakan untuk mencegah agar lem tidak cepat kering. Gliserol juga digunakan untuk menjaga kelenturan pada industri kertas plastik, sedangkan pada industri makanan gliserol biasa digunakan sebagai pemanis.

Pemanfaatan gliserol sebagai *plastisizer* telah banyak digunakan oleh para peneliti, Menurut Gao *et al.*, (2021) penambahan gliserol pada edible film sangat berpengaruh terhadap bahan baku yang digunakan seperti pati. Dibandingkan dari pelarut seperti sorbitol, gliserol lebih menguntungkan karena mudah tercampur dalam larutan *film* dan terlarut dalam air (hidrofilik). Sedangkan sorbitol sulit bercampur dan mudah mengkristal pada suhu ruang.



Gambar 3. Perkiraan reaksi pati dengan gliserol

(Anggarini,2013)

Kelebihan lainnya pada gliserol adalah bahan organik

dengan berat molekul rendah sehingga pada penambahan bahan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

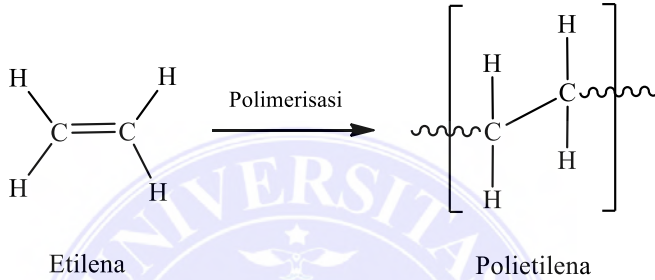
baku dapat menurunkan kekakuan dari polimer sekaligus meningkatkan fleksibilitas pada edible film. Gambar 3, memperlihatkan perkiraan reaksi pati dengan gliserol.

2.3. Polietilen

Polietilen terdiri dari rantai panjang dari sejumlah atom karbon yang terikat secara kovalen dengan sepasang atom hidrogen yang terikat pada masing-masing karbon; ujung rantai diakhiri oleh kelompok metil. Struktur ini ditunjukkan secara skematis pada Gambar 4, resin polietilen murni secara kimia terdiri dari alkana dengan rumus C_2nH_{4n+2} , di mana n adalah tingkat polimerisasi. Jumlah monomer etilena yang dipolimerisasi membentuk rantai. Tidak seperti bahan organik konvensional, polietilen tidak terdiri dari molekul yang identik.

Biasanya tingkat polimerisasi lebih dari 100 dan dapat mencapai 250.000 atau lebih, setara dengan berat molekul bervariasi dari 1400 hingga lebih dari 3.500.000. Polietilen dengan berat molekul rendah (oligomer) dengan tingkat polimerisasi antara 8 dan 100 adalah padatan berlinin yang tidak memiliki sifat-sifat yang umumnya terkait dengan plastik. Ketika tingkat polimerisasi kurang dari 8, alkana adalah gas atau cairan pada suhu dan tekanan biasa. Molekul polietilen

dapat bercabang ke berbagai derajat dan mengandung sedikit jenuh. (Liu *et al.*, 2022).



Gambar 4. Struktur kimia polietilen

2.4. Bioplastik

Plastik Biodegradabel atau biasa disebut bioplastik adalah suatu jenis plastik ramah lingkungan, dapat terurai oleh mikroorganisme serta seluruh komponennya terbuat dari bahan baku yang dapat diperbaharui. Bioplastik biasanya berbahan dasar pati, protein, minyak nabati dan mikrobiota, dimana dalam kondisi tertentu dan waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimianya, yang mempengaruhi sifat-

sifat yang dimilikinya karena pengaruh mikroorganisme sehingga dapat terurai dengan mudah. (Maran *et al.*, 2014)

Bioplastik dapat digunakan sebagai kemasan karena tidak mudah ditembus uap air sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengemas pengganti plastik biasa. Bioplastik yang terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya. Selain itu, kualitas tanah akan meningkat dengan adanya bioplastik, karena hasil penguraian mikroorganisme meningkatkan unsur hara dalam tanah. Bioplastik dapat digunakan untuk pengemasan produk-produk pangan. Bioplastik berfungsi sebagai penahan difusi oksigen dan uap air serta komponen flavor sehingga mampu menciptakan suatu kondisi atmosfer internal yang sesuai dengan kebutuhan produk yang dikemas. Keuntungan penggunaan bioplastik sebagai pengemas bahan pangan adalah mampu memperpanjang umur simpan produk dan bersifat ramah lingkungan. (Nguyen *et al.*, 2021; Emma, 2021).

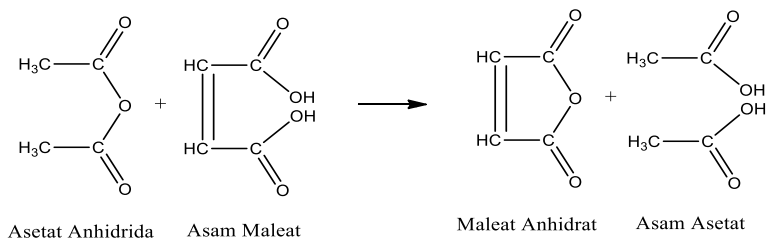
Pengujian sifat bioplastik bahan plastik dapat dilakukan menggunakan enzim, mikroorganisme dan uji penguburan. Metode uji standar dan protokol diperlukan untuk menetapkan dan mengkuantifikasi degradabilitas dan biodegradasi polimer dan konfirmasi dengan alam dari *breakdown* produk.

Standar telah dibangun atau di bawah pembangunan oleh badan standar Nasional Amerika (ASTM), Eropa (CEN), Jerman (DIN), Jepang (JIS), Indonesia (SNI) dan Organisasi Standar Internasional (ISO) mengkuantifikasi diodegradabel dibawah kondisilingkungan/pembuangan yang berbeda seperti pengomposan, tanah, laut, Instalasi pengolahan air limbah dan anaerobik digester. Tidak ada perbedaan yang besar diantaranya. Standar ISO akan membawa semua standar tersebut dan menyediakan standar yang diterima secara global.

Standar Nasional Indonesia No. 7188.7: 2016 menunjukkan kriteria tas plastik dan bioplastik dengan atau tanpa printing yang digunakan seperti tas belanja pada pusat perbelanjaan (tidak dimaksudkan kontak langsung dengan makanan), yang dibuat utamanya dengan cara *blown film* (penguapan film). Kriteria ini mencakup definisi persyaratan dan kriteria, nilai ambang batas dan metode uji verifikasi. Standar Nasional Indonesia (SNI) sifat mekanik plastik untuk : Kuat tarik 24,7-302 N/mm², perpanjangan saat putus : 21-220 (%), Hidrofobitas: 99%.

2.5. Maleat Anhidrat

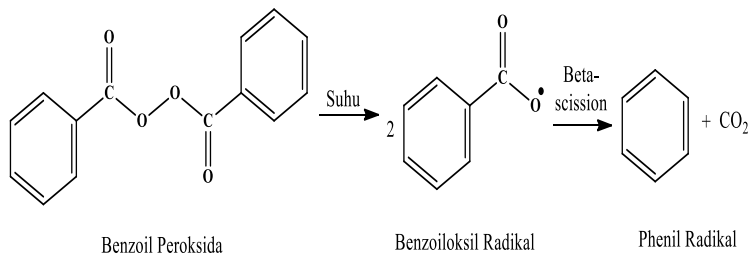
Maleat anhidrat (*cis*-butenadioat anhidrat, anhidrida toksilat, dihidro-2,5- dioksofuran) memiliki rumus kimia $C_4H_2O_3$. Dalam keadaan murni, maleat anhidrida tidak berwarna atau berwarna putih padat dan memiliki bau yang tajam. Maleat anhidrat biasa digunakan dalam penelitian polimer sebagai senyawa penghubung (*coupling agent*) karena mempunyai gugus polar dan non polar. Maleat anhidrat memiliki berat molekul 98,06, larut dalam air, meleleh pada temperatur 57-60° C, mendidih pada 202°C dan spesifik gravity 1,5 g/cm³. Maleat anhidrat merupakan senyawa vinil tidak jenuh yang merupakan bahan mentah dalam sintesa resin poliester, pelapisan permukaan karet, deterjen, bahan aditif dan minyak pelumas, *plastisizer* dan kopolimer. Maleat anhidrat mempunyai sifat kimia yang khas yaitu adanya ikatan etilenik dengan gugus karbonil di dalamnya, ikatan ini berperan dalam reaksi adisi senyawa organik menurut (Fontanals *et al.*, 2021). Maleat anhidrida dapat dibuat dari asam maleat (Ghozali *et al.*, 2016) seperti reaksi berikut ini :



Gambar 5. Reaksi Pembentukan maleat anhidrat

2.6. Benzoil Peroksida

Benzoil peroksida sering digunakan sebagai inisiator. Senyawa ini tidak stabil terhadap panas dan dapat terurai menjadi radikal-radikal pada suhu tertentu dan laju yang tergantung pada strukturnya, mengalami homolisis *thermal* untuk membentuk radikal-radikal benzoiloksi. Radikal benzoil mungkin menjalani berbagai reaksi selain beradisi ke monomer, termasuk rekombinasi, dekomposisi ke radikal fenil dan karbon dioksida dan kombinasi radikal. Reaksi-reaksi sekunder karena adanya efek molekul pelarut yang mengikat (efek sangkar) akibatnya konsentrasi inisiator berkurang menurut Zhu *et al.*, (2021). Reaksi pirolisis BPO akibat panas dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 6. Reaksi pirolisis BPO akibat panas

2.7. Kompatibilisasi Campuran Polimer

Kebanyakan paduan polimer memperlihatkan sistem yang tidak bercampur, bukan hanya pada komposisi campuran tetapi juga bergantung sekali pada ukuran partikel fasa terdispersi, dan juga interaksi antara komponen campuran. Banyak pasangan polimer, bukan hanya tidak bercampur tetapi juga tidak sesuai. Ada dua jenis kompatibilisasi, yaitu; kompatibilisasi yang dilakukan sebelum pencampuran disebut dengan kompatibilisasi secara fisika sedangkan kompatibilisasi yang terjadi pada reaksi antarmuka disebut kompatibilisasi reaktif. Menurut (Yoo *et al.*, 2001) kompatibilitas yang baik menunjukkan campuran plastisiser dan polimer yang homogen. Kompatibilisasi berguna untuk :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

- a. Mengurangi energi antarmuka dan memperbaiki adhesi antara fase dengan mengumpulkan pada batas layar, sehingga memperkecil fase dispersi ukuran partikel.
- b. Memperoleh dispersi yang baik selama campuran.
- c. Menstabilkan dispersi yang baik terhadap agglomeration (penumpukan) selama berlangsungnya proses.
- d. Mencapai suatu morfologi yang seimbang yang akan memberikan tegangan halus yang ditransfer dari satu fase ke fase yang lain dan digunakan untuk menahan gangguan (kerusakan) tegangan yang lebih besar.

Salah satu dari zat kompatibilitas dalam pembuatan polimer adalah maleat anhidrat. Dimana maleat anhidrat yang berperan sebagai zat kompatibilitas yang paling populer diantara semua jenis Anhidrida dan digunakan pada material polimer seperti polietilen menurut (He *et al.*, 2013).

Polietilen adalah suatu polimer atau makromolekul rantai panjang yang mempunyai derajat polimer yang tinggi. Polietilen termasuk polimer termoplastik yang akan lunak bila dipanaskan dan mengeras kembali bila dingin. Pada pengolahannya suhu pemanasan dibantu dengan adanya suatu inisiator Peroksida, seperti benzoil peroksida polimer ini akan mengalami degradasi, yaitu terjadi pemutusan pada rantai utama.

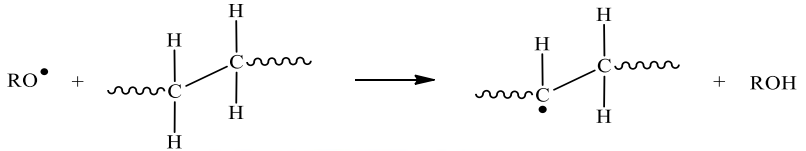
Degradasi Polietilen dilakukan dengan tujuan memperoleh Polietilen yang mempunyai bobot molekul lebih rendah dan rantai lebih pendek. Polietilen dengan bobot molekul rendah dan rantai lebih pendek ini diharapkan setelah digrafting dengan maleat anhidrat, akan lebih mudah bereaksi dengan gugus hidroksil selulosa dan masuk ke antara serat-serat selulosa dalam partikel.

Pada tahap awal reaksi karena pengaruh panas inisiator benzoil peroksida terdekomposisi secara homolitik membentuk radikal "RO•". Selanjutnya radikal ini akan menarik sebuah atom hidrogen dari molekul polietilen sehingga terbentuk makromolekul radikal tertier "3P•". Kemudian makromolekul radikal tertier ini mengalami pemutusan rantai pada posisi β sehingga rantai Polietilen semakin pendek dengan bobot molekul turun serta viskositas intrinsik turun dan proses ini akan terus berlanjut bila tidak ada terminasi rantai sesuai dengan mekanisme reaksi pada Gambar 7 dan 8 (He *et al.*, 2013).(Ghozali *et al.*, 2016).

Dekomposisi dari inisiator

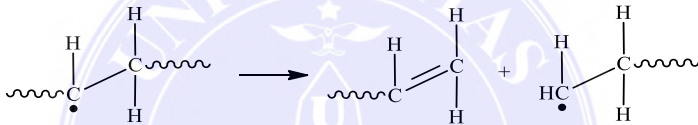


Inisiasi : Penyerapan dari Hidrogen



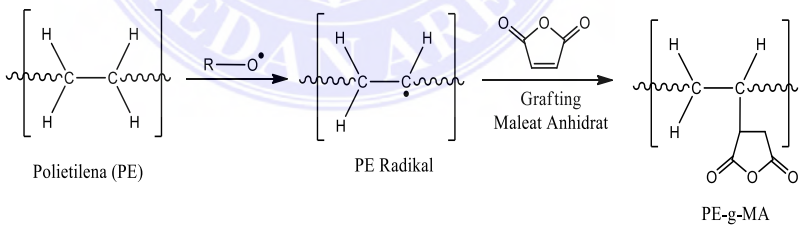
Polietilena

Pemutusan Rantai :



Gambar 7. Reaksi degradasi polietilen oleh suatu

peroksida



Gambar 8. Struktur kimia polietilen grafting maleat anhidrat

(PE-g-MA)

2.8. Analisis Sifat Mekanik

Salah satu sifat mekanik yang perlu diperhatikan dalam pembuatan bioplastik adalah kekuatan tarik (*tensile strength*), dimana kekuatan tarik berfungsi untuk menahan beban yang diberikan oleh benda terhadap material. Semakin kuat suatu material dapat menahan tekanan yang diberikan oleh suatu benda maka semakin baik sifat mekanik pada bioplastik tersebut.

Analisis sifat mekanik sangat penting dilakukan terhadap suatu sampel film plastik. Hal ini disebabkan parameter sifat fisik menunjukkan kekuatan awal dari bahan plastik yang akan digunakan. Sifat mekanik yang dianalisis meliputi kekuatan tarik, perpanjangan saat putus dan elastisitas. Kekuatan tarik suatu bahan menunjukkan kemampuan bahan pada ketebalan tertentu menahan beban yang diberikan hingga putus. Elastisitas merupakan persentase perpanjangan bahan tersebut pada saat penarikan dengan laju konstan. Hasil uji kuat tarik dapat didukung oleh pengujian morfologi (homogenitas), pembentukan senyawa baru yang dapat dianalisis melalui spektrum FTIR, ketahanan *thermal* yang dapat mempengaruhi kekuatan tarik (Hasan *et al.*, 2010). laju penyerapan air dan laju

Hasil uji kuat tarik dari beberapa penelitian bioplastik menggunakan pati sagu.

Tabel 3. Hasil uji tarik dari beberapa penelitian terdahulu

No.	Bahan dasar (Matriks)	Plastisizer	Bahan Pengisi (Filler)	Kompatibilitas	Bahan tambahan	Kuat Tarik	Sumber
1	Sagu	Gliserol (6,1%)	Asam Asetat (8ml)	-	-	3,72MPa	Yuniarti dkk, 2014
2	Pati sagu	Gelatin 1,5%	Kitosan 2%	-	-	9,75MPa	Pulungan dkk. 2015
3	Pati sagu	Gliserol	Serbuk batang sagu	-	-	21,8 MPa	Machrani Hasibuan, 2009
4	Pati sagu 50%	Gliserol	LDPE 50%	LDPE-g-MA	-	6 Mpa	Abdul Majid dkk, 2009
5	Pati sagu 20%	Gliserol	Polietilen 80%	PE-g-MA	Serat kayu kelapa sawit 20%	10 MPa	Abdul Majid dkk, 2009
6	-	-	Pati sagu kelapa sawit 3%	PP-g-MA 97%	-	16 MPa	Matondan g dkk, 2013
7	LDPE	-	-	-	-	12,4-15,2MPa	Darni dan Utama, 2010
8	HDPE	-	-	-	-	31,7MPa	Darni <i>et al.</i> , 2014
9	PP	-	-	-	-	24,7-30,2MPa	Darni <i>et al.</i> , 2014

Analisis Morfologi Dengan *Scanning Electron Microscopy*

Analisis morfologi sampel bioplastik dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) perlu dilakukan untuk mempelajari sifat morfologi dari film yang dihasilkan. Pada umumnya komponen terbesar (mayor) pada campuran disebut matriks, sedangkan komponen yang lebih sedikit jumlahnya (minor) akan membentuk fase dispersi.

Gambar permukaan yang diperoleh merupakan topografi dengan segala tonjolan, lekukan dan lubang pada permukaan. Distribusi fase dispersi kedalam matriks dapat dilihat disini. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa pengamatan morfologi sampel dapat membantu menguatkan hasil uji sebelumnya seperti Uji kuat tarik, daya serap air, uji biodegradasi (Obasi *et al.*, 2015)

Majid *et al.*, (2009) menyimpulkan dalam penelitiannya bahwa aglomerasi partikel TPPS terjadi pada 30 dan 50 berat % pemuatan TPPS. Partikel TPPS menggumpal karena ketidakcocokan yang melekat antara LDPE dan TPPS. Mikrograf ini membuktikan alasan mengapa sifat mekanik campuran berkurang dengan meningkatnya beban TPPS. Aglomerasi dapat bertindak sebagai area konsentrasi tegangan untuk memfasilitasi retak inisiasi dan propagasi. Adhesi

antarmuka antara LDPE dan TPPS juga buruk yang juga dapat menimbulkan stres daerah konsentrasi. Tegangan antarmuka antara LLDPE dan TPPS tinggi, yang menghasilkan pemisahan fase dalam keadaan meleleh. Ketika LLDPE-g-MA ditambahkan ke dalam campuran, ukuran TPPS fase atau aglomerasi menurun dibandingkan dengan campuran yang tidak kompatibel. Dispersi TPPS partikel dalam campuran yang kompatibel jauh lebih baik daripada campuran yang tidak kompatibel.

Pengurangan ukuran aglomerat lebih jelas dalam campuran yang mengandung 30 dan 50 berat % pemuatan TPPS. Campuran homogen dimungkinkan untuk diperoleh dengan penambahan LLDPE-g-MA. Bercabang dan makromolekul cross-linked yang dihasilkan oleh reaksi antara TPPS dan LLDPE-g-MA mungkin bertindak sebagai pengemulsi menurunkan tegangan antarmuka antara LLDPE dan TPPS yang mengarah pada peningkatan antarmuka adhesi. Ini menjelaskan sifat mekanik yang lebih baik diamati untuk campuran yang kompatibel dibandingkan dengan campuran yang tidak kompatibel.

2.9. Analisis Gugus Fungsi dengan Fourier Transform

UNIVERSITAS MEDAN AREA Infrared Spectroscopy

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

Analisis FTIR diperlukan dalam penelitian ini untuk mendukung analisis kuat tarik, SEM dan uji-uji lainnya. FTIR dapat membantu mengidentifikasi suatu sampel apakah ada senyawa baru yang terbentuk setelah mereaksikan TPPS dengan polietilen. Informasi yang didapat dari spektrum FTIR adalah berupa bilangan gelombang dan % transmitansi yang dapat dikonversikan menjadi gugus fungsi. Beberapa penelitian menyatakan bahwa mereaksikan pati sagu termoplastik dan polietilen dengan bantuan kompatibilizer menghasilkan senyawa ester. Senyawa ester ini terbentuk dari reaksi gugus hidroksil pada pati dan gugus anhidrida dari Kompatibilizer. (Abdul Majid *et al.*, 2009).

2.10. Analisis Gravimetry Thermal (TGA)

Salah satu teknik analisis *thermal* yang utama adalah analisis thermogravimetri (TGA). Thermogravimetri merupakan teknik analisis untuk mengukur perubahan massa dari suatu senyawa sebagai fungsi dari suhu ataupun waktu. Analisis tersebut bergantung pada tingkat presisi yang tinggi dalam tiga pengukuran, yaitu berat, suhu, dan perubahan suhu. Rekaman yang berbentuk digramlah yang akan menjadi

hasilnya dalam analisis ini

TGA pada praktiknya merupakan analisis *thermal* yang mencermati perubahan massa sampel sebagai pengaruh dari perlakuan perubahan temperatur pada waktu tertentu. Hasil dalam pengujian *thermal* dengan menggunakan TGA tidak semuanya akan menyebabkan perubahan massa pada sampel misalnya meleleh, kristalisasi, dan transisi glass. Akan tetapi bila temperatur yang semakin meningkat, maka akan menyebabkan perubahan massa pada sampel. Peristiwa *thermal* yang menghasilkan perubahan massa yaitu terjadinya desorpsi, absorpsi, sublimasi, penguapan, oksidasi dan reduksi yang termasuk ke dalam dekomposisi (perubahan sampel secara kimia). Karakteristik perubahan massa sampel tergantung dari kondisi pengujian *thermal* berlangsung seperti massa sampel, dan terutama komposisi penyusun pada sampel. Semua itu mempengaruhi karakteristik kurva TGA.

Analisis sifat *thermal* dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan *thermal* suatu bahan. Penggunaan film plastik sangat dipengaruhi oleh panas, sehingga untuk keperluan tertentu dibutuhkan bahan dengan ketahanan *thermal* yang lebih tinggi. Ketahanan *thermal* suatu film plastik juga terkait erat dengan sifat mekaniknya, dimana semakin tinggi kekuatan tariknya maka ketahanan *thermal*nya juga tinggi.

Pada penelitian Gao *et al.*, (2021) menyatakan bahwa degradasi *thermal* dari campuran Pati dan gliserol terjadi dalam 2 tahap, dimana tahap pertama merupakan degradasi dari air dengan range temperatur 70-120°C. Degradasi kedua adalah degradasi *thermal* pada range 250-350°C merupakan degradasi *thermal* dari pati. Sementara, penambahan Asam Sitrat kedalam termoplastik pati sagu (TPPS) dapat meningkatkan tahapan degradasi menjadi 3 tahap, dengan range suhu 40-150°C terdegradasinya air, 150-280°C terdegradasinya gliserol dan 280-350°C terdegradasinya pati. (González Seligra *et al.*, 2016).

2.II. Analisis Diferensial Thermal (DTA)

Analisis *thermal* diferensial adalah teknik dimana suhu dari sampel dibandingkan dengan material referen inert selama perubahan suhu terprogram. Suhu sampel dan referen akan sama apabila tidak terjadi perubahan, namun pada saat terjadinya beberapa peristiwa *thermal*, seperti pelelehan, dekomposisi atau perubahan struktur kristal pada sample, suhu dari sampel dapat berada di bawah (apabila perubahannya bersifat endotermik) ataupun di atas (apabila perubahan bersifat eksotermik) suhu referen.

Penelitian (Gao *et al.*, 2021) menyatakan campuran pati dan gliserol mengakibatkan terjadinya puncak endotermis dengan suhu dekomposisi maksimum menurun dari 319,27 menjadi 317,4⁰ C dengan meningkatnya air/gliserol rasio, menunjukkan bahwa efek plastisasi ditingkatkan antara air dan gliserol melemahkan stabilitas *thermal* film pati.

2.12. Uji Penyerapan Air

Uji penyerapan air didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menyerap cairan sampai terjadi kesetimbangan. Salah satu kekurangan dari sifat pati sebagai bahan dasar pembuatan pati adalah kemampuannya dalam menyerap air sangat tinggi. Kemampuan dalam menyerap air yang tinggi akan menyebabkan penurunan sifat mekanik terutama dalam menahan beban yang diberikan kepada film bioplastik. Penyerapan yang tinggi mengindikasikan material tersebut telah mengalami perubahan struktural akibat mengadsorpsi cairan. Tes penyerapan dilakukan dengan merendam sampel ke dalam air pada suhu ruang dimana penelitian ini dilakukan sampai

tercapai kesetimbangan absorpsi air (berat konstan). Kemudian film diangkat dari air dan daya serap air dihitung.

Berdasarkan penelitian dari Abdul Majid, Ismail, and Mat Taib. (2009) mengemukakan keseimbangan penyerapan air untuk campuran yang kompatibel dan tidak kompatibel meningkat dengan meningkatnya pembebanan TPPS. Air serapan dalam campuran LLDPE-TPPS terutama karena partikel pati. Hal ini dapat dikaitkan dengan sifat hidrofilik sifat pati berdasarkan adanya kelimpahan gugus hidroksil yang tersedia untuk interaksi dengan molekul air. Molekul air bisa menjenuhkan permukaan campuran LLDPE / TPPS dengan mudah dan juga menembus ke dalam campuran melalui rongga yang menghasilkan penyerapan air yang lebih tinggi dalam paparan singkat waktu. Campuran yang kompatibel menunjukkan persentase yang lebih tinggi dari penyerapan air (pada kesetimbangan) dibandingkan dengan yang tidak kompatibel campuran. Ini mungkin karena gugus ester terbentuk antara LLDPE-g-MA dan pati yang dapat membentuk hidrogen ikatan dengan molekul air.

2.13. Uji Biodegradasi

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

Uji biodegradabilitas merupakan parameter yang sangat penting untuk diuji pada produk bioplastik. Semakin cepat sampel terurai di dalam air maka semakin baik produk bioplastik tersebut. Bioplastik identik dengan biodegradabel, dimana suatu material yang berbahan dasar polimer alam dapat terdegradasi dengan cepat di dalam air. Kemampuan degradasi ini disebabkan oleh bahan polimer alam seperti pati mengandung gugus O-H yang mampu berikatan dengan molekul air. Semakin cepat suatu material terurai di dalam air maka semakin baik kualitas bioplastik tersebut. Namun, cepatnya terdegradasi di dalam air berpengaruh negatif terhadap sifat mekanik. Dimana, semakin cepat suatu material terdegradasi maka semakin rendah sifat mekaniknya.

Uji dapat dilakukan pada 3 kondisi lingkungan yaitu pada air tawar, air laut dan ditanam dalam tanah mengikuti penelitian dari (Ashok *et al.*, 2018). Uji biodegradasi dapat menggunakan metode kuantitatif yang paling sederhana dengan menentukan kehilangan massa atau degradabilitas material polimer. Kehilangan massa ditentukan dengan cara menimbang massa polimer sebelum dan setelah proses biodegradasi selama selang waktu tertentu.

Degradasi bioplastik dalam penelitian Ashok *et al.*, (2018) bahwa sekitar 90% bioplastik turunan pati dapat terdegradasi dalam 5-6 bulan. Kehilangan berat sampel di ketiga kondisi dicatat dan jelas bahwa berat pada sampel ketiga di mana sampel menunjukkan lebih banyak disintegrasi.



BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Pelaksanaan kegiatan ini dilakukan dari bulan Oktober 2020 sampai dengan Oktober 2021 di beberapa laboratorium. Pembuatan Termoplastik Pati Sagu dilakukan di Laboratorium Kimia Material Universitas Andalas Padang. Pembuatan Kompatibilizer dan bioplastik dilakukan di Laboratorium Proses Pemisahan Institute Teknologi Indonesia Serpong Tangerang, Pencetakan spesimen sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Fisika dan uji kekuatan tarik dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Universitas Sumatera Utara, uji degradasi dan penyerapan air dilakukan di Laboratorium Proses Pemisahan Universitas Sumatera Utara dan pengujian FTIR, TGA dan SEM dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentral Inovasi Teknologi Universitas Lampung

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat laboratorium yang digunakan adalah peralatan gelas dan plastik, saringan tepung, hotplate, magnetic stirrer,

oven, termometer, neraca analitik, furnace dan alat uji biodegradasi. Instrumen yang digunakan untuk analisis atau karakterisasi pati sagu dan bioplastik adalah FTIR – Agilent/Cary 630 dengan jangkauan bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} untuk menentukan gugus fungsi, kuat tarik (*tensile strength*) dilakukan dengan *Universal Testing Machine* (Instron 3366) menurut D638, analisis sifat *thermal* menggunakan TGA/DTA menggunakan Hitachi/TG/DTA 7300 series. Analisis morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) ZEISS EVO @ MA 10.

Bahan-bahan yang digunakan pada kegiatan ini ini yaitu Pati Sagu komersil cap Parang, produksi PT. Warna Jaya. Plastik LLDPE Produksi PT. Chandra Asri Petrochemical. maleat anhidrat, gliserol, dan benzoil peroksida serta bahan-bahan kimia untuk analisis.

3.3. Metode Pelaksanaan

Kegiatan ini dilakukan 4 tahap. Tahap pertama adalah pembuatan Termoplastik Pati Sagu menggunakan metode pelarutan dengan pelarut air dibantu pemanasan untuk proses gelatinisasi. Tahap kedua pembuatan kompatibilizer dengan metode blending menggunakan Internal Mixer. Nilai optimum

derajat grafting dari kompatibilizer LLDPE-g-MA digunakan sebagai variabel tetap untuk melanjutkan proses tahap ketiga yaitu pembuatan komposit bioplastik dengan variasi termoplastik pati sagu dengan polimer sintetik LLDPE dengan metode blending menggunakan Internal Mixer. Tahap keempat atau terakhir pembuatan komposit bioplastik berdasarkan variasi konsentrasi kompatibilizer LLDPE-g-MA dengan metode blending dilelehkan dengan menggunakan internal mixer.

3.4. Cara Kerja

3.4.1 Pembuatan Termoplastik Pati Sagu

Pati sagu dikeringkan dalam oven vakum selama 24 jam pada temperatur 80°C. Setelah itu dihitung kadar airnya. Pembuatan termoplastik pati sagu dari campuran pati sagu dengan plastisizer gliserol dengan perbandingan 65:35% dengan bantuan pelarut aqudest sebanyak 250% dari total campuran pati sagu dan gliserol. Campuran pati sagu dan plastisizer dimasukkan kedalam beaker glass dan dipanaskan pada suhu 100°C selama 10 menit sambil diaduk hingga

partikel pati dan gliserol tercampur membentuk gelatin. Kemudian gelatin diovenkan selama 24 jam dengan temperatur 80°C hingga kadar air 5%.

3.4.2 Pembuatan Kompatibilizer

Kompatibilizer dibuat dengan mencampurkan biji plastik dengan maleat anhidrat dibantu dengan benzoil peroksida sebagai inisiator. Pencampuran dilakukan didalam internal mixer (Haake Polydrive Thermo). Polimer sintesis LLDPE pertama ditambahkan ke dalam ruang pencampuran setelah meleleh, diikuti oleh maleat anhidrida setelah 5 menit, kemudian Benzoil Peroksida (BPO) ditambahkan terakhir. Pencampuran dilakukan pada suhu 150°C, kecepatan 100 rpm, dengan waktu pengadukan total 15 menit. Variasi komposisi LLDPE: maleate anhidrat: benzoil peroksida adalah 94:3:3, 91:6:3, 88:9:3, 85:12:3 dan 82:15:3. Setelah selesai pencampuran, material dikeluarkan, didinginkan, dan setelah itu dipotong menjadi pelet-pelet kecil agar mudah dalam pencampurannya kedalam blending

3.4.3 Pembuatan komposit bioplastik

Pembuatan komposit bioplastik menggunakan alat internal mixer (*Haake Polydrive Thermo*). Pencampuran dilakukan pada suhu yang telah disesuaikan dengan titik leleh biji plastik yang digunakan, diaduk dengan kecepatan 50 rpm. Biji plastik pertama kali dimasukkan ke dalam ruang pencampuran selama 5 menit setelah itu diikuti oleh TPPS setelah 5 menit pencampuran dan terakhir kompatibilizer selama 5 menit, total waktu pencampuran adalah 15 menit. Variasi pertama adalah pengaruh konsentrasi LLDPE mulai dari 10,15,20,25 dan 30%. Variasi yang kedua pengaruh konsentrasi kompatibilizer dengan variasi konsentrasi 0,6,8,10,12 dan 14% berdasarkan berat TPPS.

3.5. Parameter pengamatan/ Karakterisasi

Untuk mengetahui karakteristik material yang dihasilkan, perlu dilakukan teknik-teknik analisis dengan menggunakan analisis sebagai berikut:

3.5.1 Analisis derajat grafting

Penentuan derajat grafting pada polietilen yang tergrafting dengan maleat anhidrat dapat dilakukan dengan metode titrasi

UNIVERSITAS MEDAN AREA dengan fourier transform infrared spectroscopy

(FTIR) untuk melihat gugus fungsi maleat anhidrida yang tergrafting pada polietilen.

Proses Pemurnian LLDPE-g-MA dengan cara merefluks LLDPE-g-MA dengan 100 ml xylene sampai larut, setelah larut ditambahkan 40 ml aseton dan disaring. Endapannya dicuci dengan metanol berulang-ulang, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 6 jam. Proses penghitungan derajat grafting dengan metode titrasi dengan cara endapan yang telah murni direfluks kembali dengan 100 ml xylene sampai larut. Setelah larut ditambahkan 1 tetes air dan refluks kembali selama 15 menit. Kemudian ditambahkan 3 tetes indikator fenofalein dan dititrasi dengan KOH 0.05 N dalam keadaan panas. Dihentikan titrasi saat terjadi perubahan warna menjadi merah rose.

$$\text{Bilangan asam} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{N KOH} \times 56,1}{\text{Berat Endapan (gr)}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Derajat grafting} = \frac{\text{Bilangan Asam} \times 98}{2 \times 56,1} \dots\dots\dots (2)$$

3.5.2 Analisis Densitas

Analisis densitas diperlukan untuk melihat pengaruh penambahan polietilen kedalam termoplastik pati sagu terhadap densitas. Perbedaan berat jenis dari komponen campuran menjadi salah satu alasan terjadinya perubahan pada densitas. Densitas dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Massa (g)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}} \dots\dots\dots (3)$$

3.5.3 Analisis sifat mekanik

Kuat tarik (*Tensile strength*) merupakan sifat mekanik yang berhubungan erat dengan struktur kimia bioplastik. Kuat tarik menunjukkan gaya maksimum yang diperlukan untuk memutuskan film bioplastik. Sifat ini tergantung pada jenis bahan pembentuk bioplastik yang mempengaruhi struktur bioplastik. Uji tarik dilakukan dengan Universal Testing Machine (Instron 3366). Sampel dicetak membentuk spesiemen ASTM D638. Selanjutnya dicatat gaya maksimum dan perubahan panjang (mm) berdasarkan kecepatan 5-10 mm/menit dan pengujian dilakukan pada suhu $25 \pm 3^\circ\text{C}$ dan kelembapan relatif $60 \pm 5\%$. Lima spesiemen digunakan untuk

mendapatkan nilai rata-rata untuk kekuatan tarik, perpanjangan saat putus dan *modulus elastis*.

a. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Kekuatan tarik suatu bahan ditetapkan dengan embagi gaya maksimum dengan luas penampang mula-mula sebelum terdeformasi dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

σ = Kekuatan tarik bahan (N/mm²)

F_{maks} = Tegangan Maksimum (N)

A_0 = Luas penampang mula-mula (mm²)

b. Perpanjangan saat putus (*Elongation at break*)

Pertambahan panjang (Δl) yang terjadi akibat gaya tarikan yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi. Sementara Regangan merupakan ukuran untuk kekenyalan satu bahan yang harganya biasanya dinyatakan dalam persen. Persamaan Regangan merupakan perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula.yang dinyatakan dalam persamaan dibawah ini.

$$\epsilon = \frac{l-l_0}{l_0} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Dengan :

- ε = Regangan (%)
- l₀ = Panjang mula-mula (mm)
- l = Panjang akhir (mm)

c. Modulus Elastisitas (*Young's Modulus*)

Elastisitas adalah ukuran suatu bahan yang diartikan ketahanan material tersebut terhadap deformasi elastik. Semakin besar modulusnya maka semakin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan

- E = Modulus Elastis (N/mm²)
- σ = Kuat Tarik(N/mm²)
- ε = Regangan (%)

3.5.4 Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM)

Teknik SEM merupakan analisis permukaan. Data yang diperoleh merupakan data dari permukaan atau lapisan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan topografi dengan segala tonjolan, lekukan dan lubang pada permukaan. Pada prinsipnya SEM terdiri dari kolom elektron (*electroncolumn*), ruang sampel (*specimen chamber*), sistem vakum (*vacuum system*). Berkas elektron diarahkan pada suatu permukaan spesimen yang telah dilapisi oleh suatu film konduktor. Pelapisan ini bertujuan agar polimer yang digunakan dapat menghasilkan arus listrik sehingga dapat berinteraksi dengan berkas elektron. Berkas elektron yang berinteraksi dengan spesimen dikumpulkan untuk menghasilkan sinyal. Interaksi berkas elektron dengan spesimen akan menghasilkan pola difraksi elektron yang dapat memberikan informasi mengenai kristalografi, jenis unsur, distribusinya dan morfologi dari permukaan bahan Annisa, 2007). Pada kegiatan ini *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menggunakan alat dengan merk ZEISS EVO @ MA 10.

3.5.5 Analisis Fourier Transform Infrared Spectra (FTIR)

Spektroskopi infra merah merupakan teknik analisis kimia

yang metodenya berdasarkan pada penyerapan sinar infra merah

(IR) oleh molekul. Pada FTIR, sampel disinari dengan seberkas cahaya yang akan diserap oleh sampel. Untuk Spektroskopi inframerah, 1mg sampel dicampur dengan 200mg KBr, dan kemudian dibuat pelet. Pengukuran menggunakan spektroskopi inframerah dilakukan dengan jangkauan bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Untuk menghilangkan absorpsi latar belakang, pellet KBr selalu disertakan pada setiap pengukuran.

Sampel berupa film ditempatkan kedalam sel holder kemudian alat Agilent /FTIR 630 dijalankan agar diperoleh spektrum yang sesuai. Hasil analisis gugus fungsi dengan FTIR berupa spektrum hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas puncak yang mendeskripsikan gugus fungsi. Spektrum FTIR direkam menggunakan spektrometer pada suhu ruang.

3.5.6 Analisis sifat Thermal

Analisis TGA dan DTA menggunakan alat seri Hitachi/TG/TDA seri 7300. Interval laju pemanasan dari 30 - 650°C dengan kecepatan pemanasan 10°C/menit. Sampel ditimbang sekitar 5-10mg dimasukkan dalam crucible 40 μl . Sebagai purge gas digunakan gas nitrogen dengan kecepatan aliran 50ml/menit.

3.5.7 Uji penyerapan air

Penyerapan air oleh berbagai komposit bioplastik dilakukan dengan menggunakan sampel potongan dengan dimensi, 20mm x 20mm x 3mm. Sebelum dilakukan uji absorpsi, sampel dipotong dicuci dengan hati-hati dengan air kran, dikeringkan dalam oven pada suhu 50 ° C selama 12 jam, didinginkan dalam desikator dan segera ditimbang (W_0). Setelah itu, sampel direndam dalam akuades di kisaran suhu ruangan 32-36°C. Sampel diangkat dari air dengan interval tertentu (2 hari) dan timbang menggunakan timbangan elektronik untuk mendapatkan berat setelahnya perendaman dalam air (W_1). Persen (%) air yang diserap dengan sampel dihitung menggunakan rumus :

$$\% \text{ Penyerapan Air} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana : w_0 = Berat awal sampel

w_1 = Berat sampel setelah dikondisikan dalam desikator

3.5.8 Analisis Biodegradasi dengan Media Air Tawar, Air Laut dan Tanah

Uji biodegradasi dilakukan untuk melihat bagaimana kemampuan laju degradasi atau penguraian dari termoplastik pati sagu setelah ditambahkan polimer sintesis (LLDPE/PP) kedalam media air tawar, air laut dan tanah. Air tawar yang digunakan adalah air aquadest, air laut menggunakan air laut yang diambil dari tepi pantai Belawan Medan-Sumatera, Sedangkan tanah yang digunakan adalah tanah humus. Kecepatan terdegradasi pada ketiga media tersebut menjadi tolak ukur apakah material komposit bioplastik dapat dikatakan biodegradabel (dapat terurai dengan cepat dalam) atau tidak. Uji biodegradasi pada air tawar dan air laut dilakukan dalam wadah toples ukuran 500ml. Air diganti setiap sebulan sekali atau sewaktu pengecekan. Dimensi sampel yang digunakan berukuran 20mm x 20mm x 3mm. Sementara, uji menggunakan media tanah, sampel ditanam didalam wadah yang berisi tanah. Sampel dihitung % degradasinya secara teratur dengan interval waktu 10, 30, 60, 90 dan 180 hari, dicuci dengan air suling, dikeringkan pada suhu kamar hingga berat konstan sebelum ditimbang.

Persen kehilangan massa dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\% \text{ Kehilangan Massa} = \frac{w_0 - w_1}{w_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

Dimana : w_0 = massa sampel sebelum proses biodegradasi

w_1 = massa sampel sesudah proses biodegradasi.



BAB IV

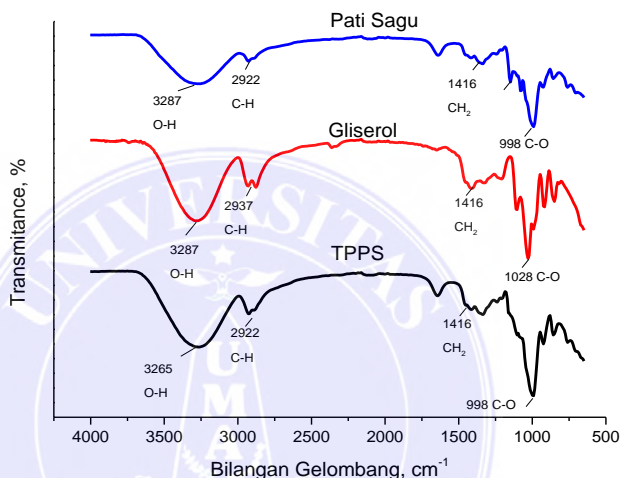
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Termoplastik Pati Sagu (TPPS)

Spektrum pati sagu (Gambar 9) terdapat puncak yang melebar diidentifikasi sebagai gugus fungsi OH (hidroksil) merupakan gugus khas dari pati dengan bilangan gelombang 3285cm^{-1} . Selanjutnya dapat diamati puncak sedang yang merupakan gugus fungsi C-H stretching berada pada bilangan gelombang 2922cm^{-1} dan CH_2 bending pada bilangan gelombang 1416cm^{-1} . Terakhir bilangan gelombang yang dapat dideteksi dari pati sagu terplastisisasi ini adalah bilangan gelombang 998cm^{-1} dengan gugus fungsi C-O cm^{-1} . Bilangan gelombang ini mendekati dari hasil penelitian Yuniarti *et al*, (2014)

Beberapa bilangan gelombang yang dapat terdeteksi dari senyawa gliserol adalah puncak sedang yang melebar pada 3287cm^{-1} terdeteksi sebagai gugus O-H. daerah serapan pada 2937cm^{-1} yang terdeteksi sebagai gugus C-H. Daerah serapan sedang pada bilangan gelombang 1416cm^{-1} terdeteksi sebagai CH_2 . Terakhir yang dapat dideteksi adalah gugus C-O dengan

bilangan gelombang 1028cm^{-1} . Bilangan gelombang hampir mendekati dilaporkan oleh Rosdiani *et al.*, (2015).



Gambar 9. Spektrum FTIR dari pati sagu, gliserol dan TPPS

Spektrum TPPS mengidentifikasi reaksi antara pati sagu dan gliserol menghasilkan pergeseran bilangan gelombang hanya pada gugus fungsi OH bergeser dari 3287cm^{-1} menjadi 3265cm^{-1} merupakan puncak karakteristik dari senyawa pati. Sementara untuk gugus fungsi yang lain seperti: C-H Stretching, CH_2 Bending dan C-O dengan bilangan gelombang 2922cm^{-1} , 1416cm^{-1} dan 998cm^{-1} merupakan bilangan gelombang dari Pati Sagu hasil ini mendekati dengan penelitian sebelumnya (Gao *et al.*, 2021).

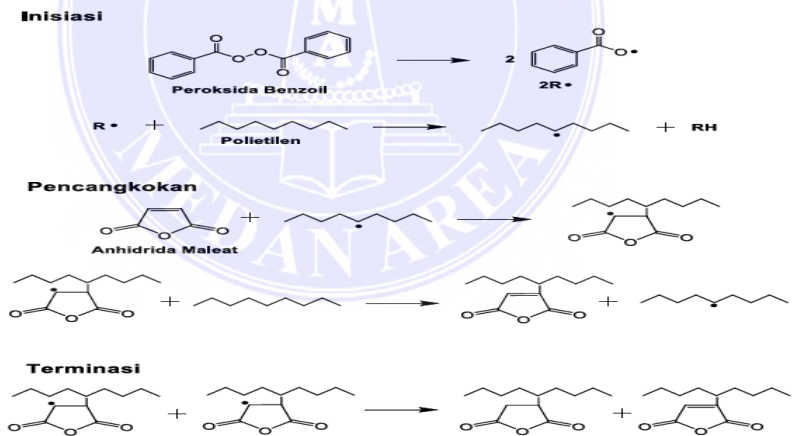
4.2 Analisis polietilen grafting maleat anhidrat (LLDPE-g-MA)

Mekanisme pencangkakan maleat anhidrat ke dalam rantai LLDPE menggunakan inisiator benzoil peroksida melalui beberapa tahapan seperti terlihat pada Gambar I3. Pada tahap awal, inisiator Benzoil Peroksida akan membentuk radikal bebas benzoil peroksida yang akan menyerang rantai LLDPE dan kemudian akan membentuk radikal bebas LLDPE. Radikal bebas LLDPE yang terbentuk dalam reaksi ini dapat menginisiasi pencangkakan maleat Anhidrat ke dalam rantai LLDPE. Pada proses pencangkakan melalui reaksi transfer rantai, penggunaan pelarut juga berpengaruh terhadap persen pencangkakan. Xylene merupakan salah satu pelarut yang efektif untuk meningkatkan pembentukan radikal bebas LLDPE.

Pada proses pencangkakan melalui reaksi transfer rantai, radikal bebas LLDPE yang terbentuk sebagian besar melalui reaksi transfer rantai dengan radikal bebas yang dihasilkan dari dekomposisi *thermal* inisiator. Dalam mekanisme reaksi diatas radikal bebas LLDPE dihasilkan dari pemisahan atom hidrogen dari rantai LLDPE melalui radikal bebas $R\bullet$, yang timbul dari dekomposisi *thermal* inisiator. Radikal bebas baru akan

terbentuk melalui penambahan radikal bebas LLDPE pada ikatan rangkap Maleat Anhidrat. Reaksi radikal bebas ini disebabkan oleh sifat tarik elektron yang kuat dari ikatan rangkap

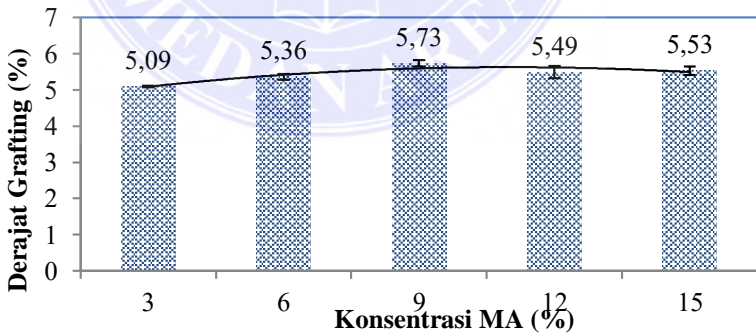
Maleat Anhidrat yang menyebabkan pembentukan LLDPE-g-MA sesuai penelitian (Porejko S *et al.*, 1969). Mekanisme reaksi dari proses inisiasi, pencangkokan serta proses terminasi yang merupakan pembentukan polietilen tergrafting maleat anhidrat (LLDPE-g-MA) reaksi lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Mekanisme Pencangkokan LLDPE-g-MA

4.2.1 Penentuan Derajat Grafting LLDPE-g-MA

Gambar II memperlihatkan grafik pengaruh konsentrasi maleat anhidrat (MA) terhadap persen derajat grafting. Penentuan derajat grafting dilakukan dengan metode titrasi. Persentase derajat grafting bertambah sampai konsentrasi 9% MA dengan nilai sebesar 5,73%. Ini menunjukkan bahwa kenaikan derajat grafting disebabkan oleh formasi cross-linking polimer dan Maleat Anhidrat bertambah. Hasil ini didukung oleh beberapa peneliti yang telah meneliti proses grafting maleat anhidrat pada polietilen (Gaylord and Mehta 1988; He *et al.*, 2013; Hidayani *et al.*, 2018). Data lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar II. Pengaruh Konsentrasi MA terhadap % Derajat grafting dari LLDPE-g-MA

Tabel 4. Hasil perhitungan Derajat Grafting LLDPE-g-MA dari berbagai konsentrasi MA

No	MA LLDPE (%)	MA (%)	BPO (%)	Berat Endapan (g)	Volume KOH 0,05 N (ml)	Derajat Grafting (%)
1	94	3	3	0,88	1,83	5,09
2	91	6	3	0,91	1,99	5,36
3	88	9	3	0,97	2,27	5,73
4	85	12	3	0,95	2,13	5,49
5	82	15	3	0,94	2,12	5,53

Persentase derajat grafting mulai turun ketika konsentrasi maleat anhidrat lebih dari 9% . Ini disebabkan terjadinya homopolimerisasi yang menyebabkan monomer-monomer maleat anhidrat cenderung untuk membentuk diri polimer sendiri dibandingkan dengan menempel pada rantai LLDPE. (Abdul Majid *et al.*, 2009) Tabel 10. Data FTIR dari TPPS/LLDPE (Bioplastik).(Horowitz and Gonzales., 1997; Ghozali *et al.*, 2016).

Mekanisme reaksi pada sintesis LLDPE-g-MA diperoleh

UNIVERSITAS MEDAN AREA Mekanisme reaksi radikal bebas. Mekanisme reaksi dimulai dengan

dekomposisi inisiator benzoil peroksida membentuk radikal bebas. Radikal bebas benzoil peroksida kemudian bereaksi dengan LLDPE untuk membentuk radikal bebas LLDPE yang kemudian akan bereaksi dengan maleat anhidrida. Pada sintesis LLDPE-g-MA, persen pencangkakan tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi radikal bebas rantai LLDPE, tetapi juga dipengaruhi oleh konsentrasi Maleat Anhidrat.

Ketika konsentrasi radikal bebas LLDPE cukup, maka kemungkinan interaksi dengan monomer Maleat Anhidrida dapat terjadi. Interaksi antara radikal bebas LLDPE dengan anhidrida maleat akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi anhidrida maleat, sehingga akan meningkatkan konsentrasi LLDPE-g-MA yang terbentuk. Meningkatnya konsentrasi LLDPE-g-MA ini linier dengan persen pencangkakan, hal ini mengindikasikan bahwa dengan cukupnya jumlah konsentrasi monomer maleat anhidrat dalam reaksi akan memaksimalkan persen pencangkakan anhidrida maleat yang tercangkok dalam rantai LLDPE sehingga meningkatkan pula konsentrasi LLDPE-g-MA yang terbentuk.

Selain itu, besarnya jumlah radikal bebas yang terbentuk dari benzoil peroksida mempengaruhi besarnya persen pencangkakan. Ketika konsentrasi inisiator benzoil peroksida

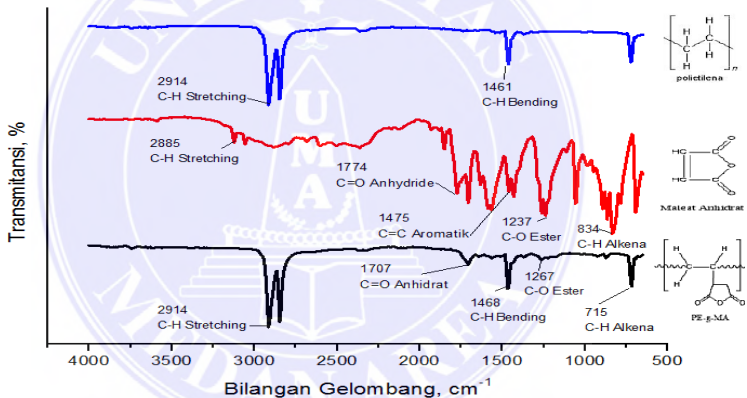
terlalu rendah, maka radikal bebas yang terbentuk tidak akan cukup untuk menginisiasi rantai LLDPE membentuk radikal bebas LLDPE, sehingga maleat anhidrida yang tercangkok ke dalam rantai LLDPE tidak maksimal (persen pencangkokan yang rendah). Memaksimalkan jumlah radikal bebas peroksida benzoil ini akan memaksimalkan radikal bebas LLDPE yang terbentuk sehingga akan meningkatkan pula konsentrasi maleat anhidrida yang tercangkok ke dalam rantai LLDPE. (Waryat *et al.*, 2013; He *et al.*, 2013).

4.2.2 Analisis *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Bilangan gelombang dari sampel polietilen, maleat anhidrat dan LLDPE-g-MA tertera pada grafik dalam Gambar 12. Dibandingkan dengan spektrum LLDPE, spektrum LLDPE-g-MA memiliki beberapa puncak baru (1707 cm^{-1} dan 1267 cm^{-1}) yang merupakan puncak serapan karakteristik dari MA yang dicangkokkan kedalam monomer LLDPE. Penyerapan puncak pada 1707 cm^{-1} adalah puncak serapan karakteristik dari karbonil (C=O) maleat anhidrat. Selanjutnya ada puncak karakteristik pada 1267 cm^{-1} disebabkan oleh stretching cincin simetris (C-O). Terakhir, ada puncak baru pada 715 cm^{-1} yang dihasilkan dari peregangan cincin vibrasi

dari lima karbon jenuh cincin Anhidrat. Ini semua menunjukkan bahwa MA berhasil dicangkokkan ke tulang punggung LDPE

Bilangan gelombang yang hampir mendekati dilaporkan oleh penelitian sebelumnya (Ghaemy *et al.*,2002; He *et al.*, 2013; Ghozali *et al.*, 2016).



Gambar 12. Spektrum FTIR dari polietilen, maleat anhidrat dan PE-g-MA

4.3 Pengaruh konsentrasi polietilen pada pembuatan komposit bioplastik

4.3.I Analisis densitas

Jika dianalisis densitas pada Tabel 5 dengan volume rata-rata $8,5319\text{cm}^3$ terlihat nilai densitas mengalami penurunan seiring meningkatnya konsentrasi polietilen. Ini berarti bahwa penambahan polietilen sebagai fase disfersi kedalam matriks (pati) dapat mempengaruhi nilai densitas komposit bioplastik. Penurunan ini disebabkan oleh densitas polietilen lebih rendah dibandingkan dengan densitas termoplastik pati sagu. Nilai densitas polietilen berkisar $0,919\text{g}/\text{cm}^3$ hingga $0,923\text{g}/\text{cm}^3$, sedangkan nilai densitas termoplastik pati sagu adalah $1,3392\text{g}/\text{cm}^3$. sehingga penambahan polietilen kedalam matriks pati membuat berat dan kerapatan polimer menjadi rendah. Hasil yang sama juga diperoleh dari penelitian (Waryat *et al.*, 2013).

Tabel 5. Hasil perhitungan densitas dari berbagai konsentrasi polietilen

TPPS:LLDPE (%)	Berat Specimen (g)	Tebal (cm)	Densitas (g/cm^3)
100:0	11,4256	$0,32 \pm 0,04$	1,3392
90:10	11,4025	0,35	1,3365
85:15	11,2811	0,34	1,3222

80:20	11,1529	0,34	1,3072
75:25	11,0286	0,32	1,2926
70:30	10,9011	0,30	1,2777

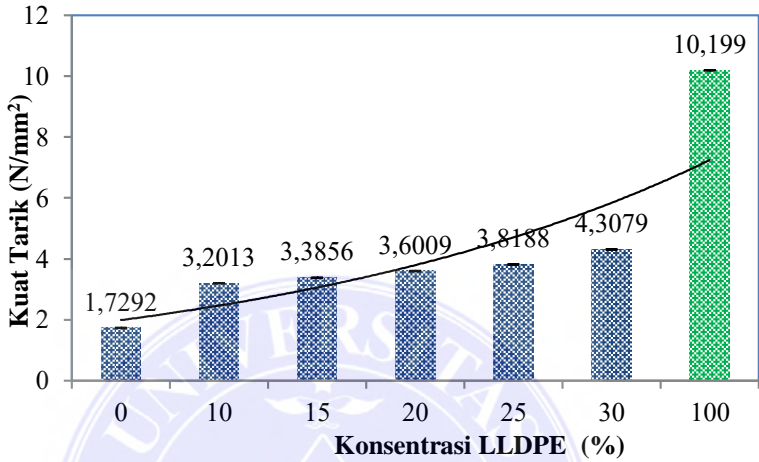
4.3.2 Analisis sifat mekanik

Gambar 13, dapat diamati bahwa nilai kuat tarik yang merupakan gaya maksimum dibagi dengan luas penampang memperlihatkan trend meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi LLDPE. Nilai kuat tarik konsentrasi 0% polietilen (pati sagu) sebesar $1,7292\text{N/mm}^2$, setelah penambahan LLDPE hingga konsentrasi 30% nilai kuat tarik meningkat menjadi $4,3079\text{N/mm}^2$. Meningkatnya kekuatan tarik komposit berasal dari kontribusi kuat tarik dari LLDPE. Begitu juga dengan perpanjangan saat putus (*Elongation at Break*) ikut mengalami kenaikan seiring meningkatnya konsentrasi LLDPE dari 0,09% pada konsentrasi 0% LLDPE menjadi 2,15% pada konsentrasi 30% LLDPE. Menurunnya kekakuan campuran komposit disebabkan oleh modifikasi struktur pati.(reaksi antara pati dan gliserol). Hal ini terjadi karena interaksi antarmolekul antara gugus hidroksil pati dan karboksil gliserol, sehingga memperkuat sifat mekanik (Hidayati *et al.*,

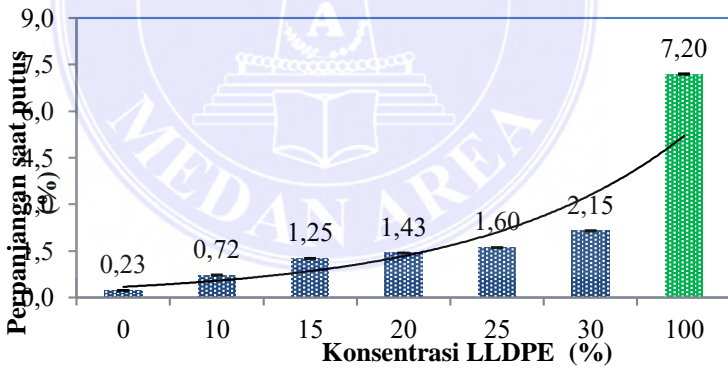
UNIVERSITAS MEDAN AREA González *et al.*, 2022).

Modulus Elastis yang merupakan nilai kuat tarik dibagi dengan peregangan mengalami penurunan seiring meningkatnya konsentrasi LLDPE dari 740 N/mm² pada konsentrasi 0% LLDPE menjadi 201 N/mm² pada konsentrasi 30% LLDPE.

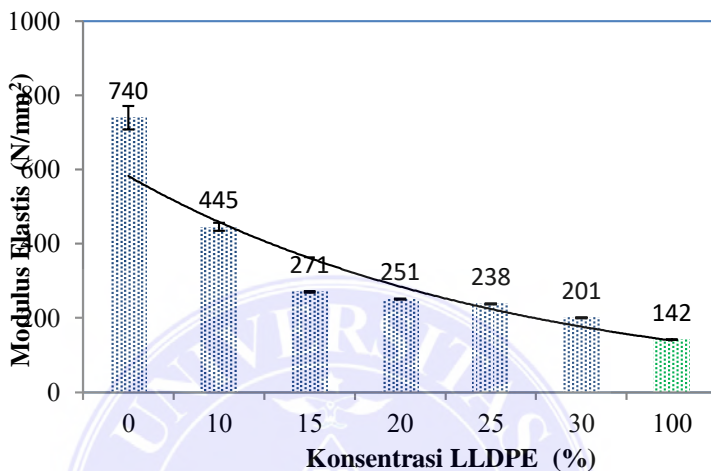
Penambahan LLDPE kedalam matriks TPPS mempunyai pengaruh positif terhadap peningkatan sifat mekanik. Hal ini disebabkan telah terjadinya reaksi antara LLDPE dengan termoplastik pati sagu atas bantuan *coupling agent* LLDPE-g-MA. Dimana, jumlah monomer polietilen konsentrasi 30% dan monomer LLDPE-g-MA konsentrasi 10% (berdasarkan bert TPPS) masih cukup untuk bereaksi dengan termoplastik pati sagu hingga konsentrasi 70%. Peristiwa peningkatan ini telah dijelaskan oleh penelitian sebelumnya bahwa terdistribusinya fase dispersi (LLDPE) keseluruhan matriks pati secara merata (homogen) dan tersedia monomer LLDPE-g-MA yang cukup dapat memberikan peningkatan adhesi antar muka yang baik sehingga dapat memainkan peran penting dalam proses transfer stres, untuk mengurangi kemungkinan debonding antarmuka dan mengarah ke peningkatan sifat tarik (Danjaji *et al.*, 2001; Abdul Majid *et al.*, 2009; Zaman and Beg, 2021)



(a)



(b)



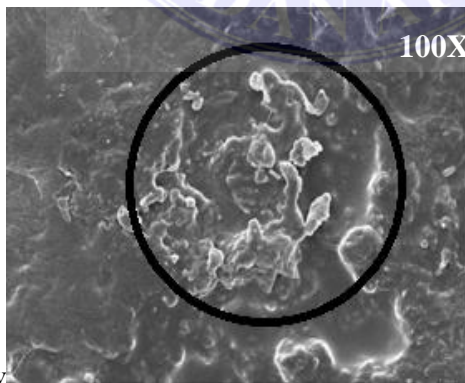
(c)

Gambar 13. Grafik pengaruh konsentrasi LLDPE terhadap: a. Kuat tarik, b. Perpanjangan saat putus, c. Modulus elastis.

4.3.3 Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Pada campuran komposit termoplastik pati sagu (TPPS)/polietilen (LLDPE), TPPS sebagai matriks, sedangkan LLDPE sebagai fase dispersi. Gambar 14. adalah morfologi permukaan SEM dari permukaan campuran TPPS/LLDPE/LLDPE-g-MA dengan komposisi TPPS 70%, LLDPE 30% dan LLDPE-g-MA 10% (berdasarkan berat TPPS) dengan pembesaran 100x, 150x, 250x dan 500x.

Terlihat dengan jelas bercak putih yang dilingkari hitam diasumsikan sebagai polimer sintetis atau LLDPE yang tersebar (terdisersi) secara merata pada permukaan matriks. Bercak putih ini membuktikan bahwa telah terjadi interaksi antar muka yang baik antara polimer alami (TPPS) dengan polimer sintetis (LLDPE) dengan bantuan kompatibilizer sebagai *Coupling agent*. Ini berarti bahwa penambahan LLDPE kedalam TPPS memberi pengaruh positif terhadap penurunan tegangan antar muka dan adhesi antarmuka yang baik antara LLDPE dengan TPPS. Gambar yang sama juga diperlihatkan dalam penelitian (Abdul Majid *et al.*, 2009; Zaman and Beg 2021). Hasil ini dapat mendukung uji mekanik. Dimana, nilai kuat tarik terus meningkat seiring meningkatnya konsentrasi LLDPE.



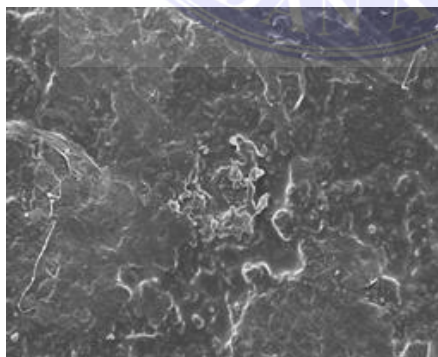
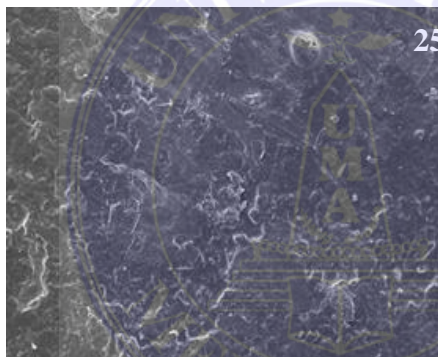
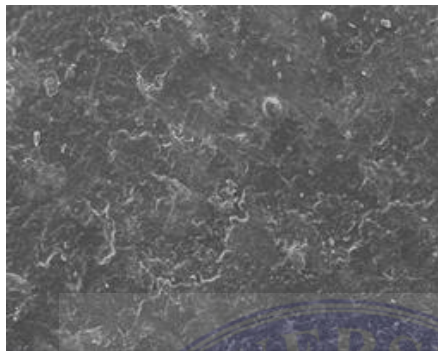
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

Gambar 14. Karakteristik morfologi komposit Bioplastik komposisi 70% TPPS, 30% LLDPE dan 10% LLDPE-g-MA (Berdasarkan berat TPPS.

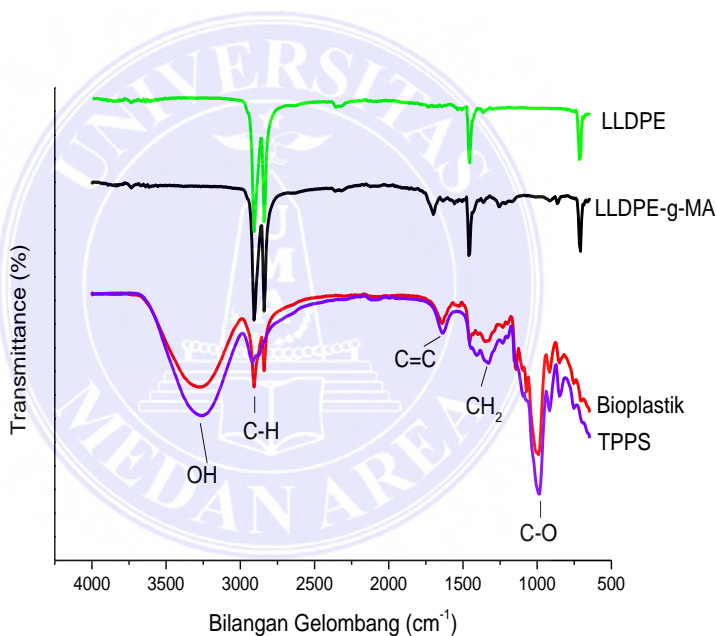
4.3.4 Analisis *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Analisis FTIR memperlihatkan adanya beberapa gugus pada sampel TPPS/LLDPE/LLDPE-g-MA seperti gugus hidroksil, alkana, alkena dan karbonil. Gugus yang sama dilaporkan oleh penelitian sebelumnya (Abdul Majid., *et al*, 2009; Kaewtatip dan Tanrattanakul, 2012; Judawisastra *et al*, 2018) Data lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 15.

Penambahan LLDPE dan LLDPE-g-MA kedalam termoplastik pati sagu mengakibatkan terjadinya beberapa pergeseran bilangan gelombang seperti pada daerah serapan yang melebar dengan bilangan gelombang 3265cm^{-1} dengan transmittance 47,87% pada TPPS menjadi 3287cm^{-1} (60,78%) pada bioplastik diidentifikasi sebagai gugus O-H. Hal ini juga terjadi pada gugus fungsi C-O terjadi pergeseran transmittance dari 14,89% menjadi 32,12% pada bilangan gelombang yang sama yaitu 998cm^{-1} . Selain itu terbentuk puncak kembar dengan bilangan gelombang 2914cm^{-1}

UNIVERSITAS MEDAN AREA (60,78%) pada 2847cm^{-1} (67,61%) pada daerah serapan C-H

Stretching dari CH₂. Peristiwa ini diasumsikan bahwa ikatan yang terjadi antara TPPS dengan LLDPE terjadi pada gugus O-H (Hidroksil) dari TPPS dengan gugus C-H Stretching dari CH₂ dari LLDPE-g-MA. (Bikiaris dan Panayiotou, 1998; Abdul Majid *et al.*, 2009).



Gambar 15. Spektrum FTIR dari TPPS, LLDPE, LLDPE-g-MA dan Bioplastik

Tabel 6. Analisis FTIR dari bioplastik (campuran TPPS/LLDPE/LLDPE-g-MA)

Bilangan Gelombang	Gugus Fungsi
3287	O-H <i>Stretching</i>
2914	C-H <i>Stretching</i> dari CH ₂
1647	C=C <i>Bending</i>
1461	C-H <i>Bending</i> dari CH ₂
1356	CH ₂ Depormasi vibrasi dari CH ₂ OH
1148	C-O-C <i>Stretching antisymmetric</i>
998	C-O <i>Stretching</i>

4.3.5 Analisis *Thermal*

Analisis thermal yang diujikan pada sampel bioplastik ini adalah Uji TGA dan DTA.

4.3.1.1. Analisis *Gravimetry Thermal* (TGA)

Gambar 16, sampel yang diujikan mempunyai komposisi konsentrasi : 70% TPPS, 30% LLDPE dan 10% LLDPE-g-MA (berdasarkan berat TPPS). Berat sampel yang digunakan untuk analisis *thermal* ini sebesar 7,733mg campuran TPPS/LLDPE/LLDPE-g-MA, dengan kecepatan 10°C/menit. Hasil uji TGA, dekomposisi *thermal* terjadi

Tahap awal degradasi *thermal* terjadi pada suhu

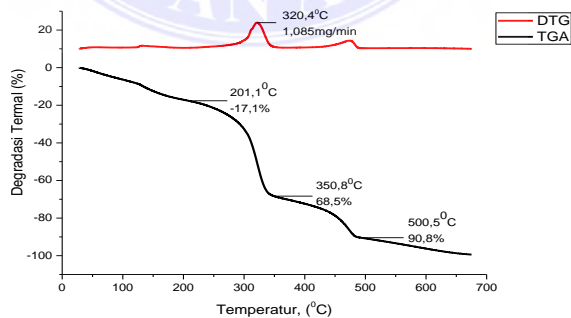
0-201,1°C dengan kehilangan massa sebesar 17,1%. Pada tahap ini terjadi penguapan atau dehidrasi molekul air menjadi gas H₂ dan O₂ pada suhu 100°C dengan kehilangan massa sebesar 6,36%. Ini mengartikan bahwa sampel mengandung kelembaban sebesar 6,36%. Selain air, gliserol juga menguap pada tahap ini. Suhu penguapan gliserol berkisar antara 125-290°C menghasilkan senyawa lebih sederhana seperti : metanol, asetaldehid, propionaldehid, acrolein, allyl alcohol, etanol, formaldehid, karbon monoksida, karbondioksida, dan gas hidrogen merujuk penelitian (Gabhane *et al.*, 2020).

Tahap kedua, degradasi *thermal* sampai dengan temperatur 350,8°C, menginformasikan kehilangan massa sebesar 68,5%. Pada tahap kedua ini terjadi penguapan senyawa plastisizer (gliserol) yang merupakan sisa dari tahap pertama dan dekomposisi *thermal* awal pati yang terjadi pada temperatur 300°C. Pada tahap ini, penghilangan gugus hidrogen, dekomposisi dan depolimerisasi rantai karbon pati terjadi.

Tahap ketiga degradasi *thermal* terjadi sampai dengan temperatur 500,5°C dengan kehilangan massa sebesar 90,8%. Pada tahap ini polietilen mulai terdegradasi pada suhu 400°C untuk menghasilkan gas dan minyak hidrokarbon (Bagri and

Williams. 2002). Dari ketiga tahap degradasi yang terjadi, trend menunjukkan kehilangan massa yang signifikan terjadi pada suhu 320,4°C dengan kecepatan degradasi 1,085mg/min merupakan degradasi pati sebagai matriks (komponen dengan jumlah paling terbesar).

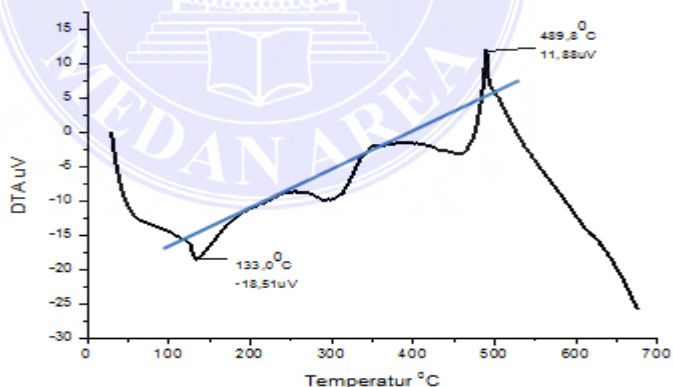
Berdasarkan analisis kurva TGA, penambahan LLDPE kedalam termoplastik pati sagu dapat meningkatkan ketahanan *thermal* dari 350°C (suhu degradasi TPPS) merujuk hasil penelitian dari (González Seligra *et al.*, 2016) menjadi 600°C (suhu degradasi TPPS/LLDPE). Dimana sifat ketahanan *thermal* ini berkaitan erat dengan sifat mekanik. Semakin tinggi ketahanan *thermal* suatu bahan maka semakin tinggi sifat mekaniknya. Ini dapat dibuktikan dengan meningkatnya kekuatan tarik setelah ditambahkan LLDPE.



Gambar 16. Grafik TGA komposisi 70% TPPS,30% LLDPE dan 10% LLDPE-g-MA

4.3.1.2. *Differential Thermal Analysis (DTA)*

Gambar 17, garis lurus adalah suhu referen, trend kurva memberikan informasi bahwa telah terjadinya proses endotermis, dimana suhu sampel suhu lebih rendah dibandingkan dengan suhu referen dengan ditandai puncak mengarah kebawah pada temperatur 133,0°C.

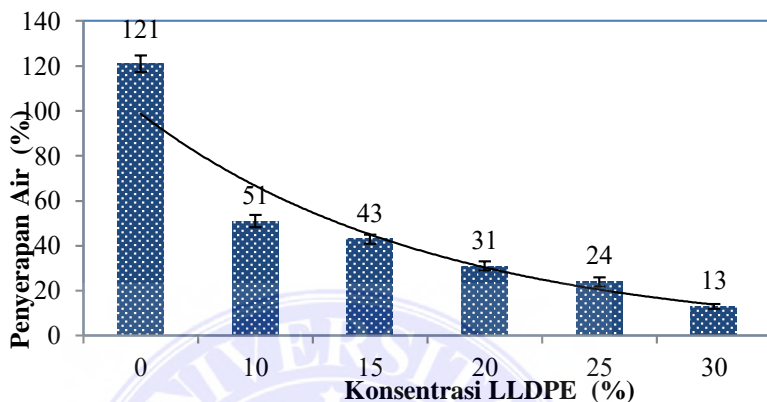


Gambar 17. Grafik DTA komposisi 70% TPPS, 30% LLDPE dan 10% LLDPE-g-MA.

Pada peristiwa ini sampel menyerap kalor untuk proses degradasi thermal molekul air dan gliserol dengan nilai DTA sebesar $-18,51\text{uV}$. Selain itu, pada ujung kurva memperlihatkan puncak tajam yang mengarah keatas pada suhu $489,8^{\circ}\text{C}$ dengan nilai DTA sebesar $11,88\text{uV}$ ini mengidentifikasi bahwa degradasi *thermal* mengalami proses eksotermis dimana sampel melepaskan kalor pada proses dekomposisi dari polietilen.

4.3.6. Analisis penyerapan air

Pada pelaksanaan kegiatan ini komposit bioplastik diuji kemampuannya dalam menyerap air. Terlihat bahwa nilai penyerapan air menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi LLDPE. Ini berarti bahwa penambahan LLDPE kedalam TPPS memberi pengaruh positif terhadap kemampuan penyerapan air (Gambar 18). Hal ini disebabkan oleh berkurangnya jumlah gugus hidroksil pati yang dapat bereaksi dengan molekul air akibat dari penurunan konsentrasi TPPS (Gáspár *et al.*, 2005). Nilai persen kemampuan dalam penyerapan air turun dari 121% konsentrasi 0% LLDPE menjadi 13% pada konsentrasi 30% LLDPE.



Gambar I8. Grafik pengaruh konsentrasi LLDPE terhadap % Penyerapan air

4.3.7. Analisis Biodegradasi

Pada kegiatan ini pati sagu yang terplastisisasi dengan gliserol ditambahkan kedalamnya polietilen diuji kemampuan terdegradasi dialam. Penambahan polimer sintesis (LLDPE) ini mampu memberi pengaruh positif terhadap peningkatan sifat mekanik. Namun, penambahan ini juga memberi pengaruh negatif terhadap laju degradasi. Dimana, polimer sintesis tidak dapat terurai dengan cepat dialam. Oleh sebab itu yang menjadi perhatian dalam uji degradasi ini adalah kemampuan termoplastik pati sagu untuk terurai setelah

penambahan LLPDE. Termoplastik pati sagu (konsentrasi 0% polietilen) akan dijadikan sebagai pembanding pada uji degradasi ini.

Sampel bioplastik diuji pada 3 kondisi : di air tawar, air laut dan ditanam dalam tanah merujuk penelitian dari (Maran *et al.*, 2014; Spaccini *et al.*, 2016) dengan berat sampel 1 g dan waktu degradasinya dari 0-180 hari.

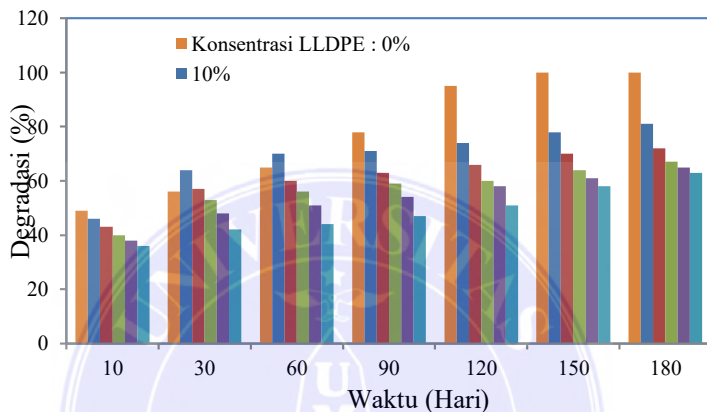
4.3.7.I. Uji Degradasi pada media Air Tawar

Uji degradasi adalah untuk melihat kemampuan laju degradasi pati sagu terplastisasi dengan gliserol membentuk gelatin yang telah terikat oleh polietilen dengan bantuan kompatibilizer. Mekanisme degradasi ialah molekul air masuk kedalam pori-pori dalam jaringan polimer komposit bioplastik dan berusaha untuk melepaskan ikatan penghubung (kompatibilizer) antara termoplastik pati sagu dengan polietilen. Selanjutnya molekul air akan mendegradasi ikatan pati sagu dengan gliserol yang dilaporkan oleh (Ashok *et al.*, 2018) Kecepatan kemampuan air dalam melepaskan ikatan antara pati sagu terplastisasi gliserol dengan polietilen dihitung sebagai lama waktu degradasi.

Gambar 19, trend grafik dapat dianalisis bahwa termoplastik pati sagu terus mengalami degradasi sampai hari ke-180 pada setiap konsentrasi LLDPE. Kemampuan degradasi menurun seiring meningkatnya konsentrasi LLDPE. Dimana, telah terjadi kehilangan massa sebesar 81% pada konsentrasi 10% polietilen atau sekitar 19% yang belum terurai oleh air, 9% nya berasal dari pati. Sementara pada konsentrasi 30% polietilen telah terurai sebesar 63% atau ada sekitar 37% yang belum terurai, dimana 7% nya berasal dari pati sagu. Sementara sampel polietilen 30% tidak dapat terurai dalam waktu yang singkat.

Jika diperkirakan untuk menguraikan termoplastik pati sagu konsentrasi 70% yang terikat pada konsentrasi 30% polietilen membutuhkan waktu sekitar 190 hari. Jika dibandingkan dengan kecepatan degradasi termoplastik pati sagu (Konsentrasi 0% polietilen) membutuhkan 120 hari untuk terurai semua. Ini berarti bahwa penambahan polietilen kedalam termoplastik pati sagu memberi pengaruh negatif, dimana dibutuhkan perpanjangan waktu degradasi hingga 70 hari akibat dari penambahan polietilen ini. Jika diamati trend pada grafik, tidak terjadi kehilangan massa yang signifikan. Ini berarti bahwa termoplastik pati sagu dan polietilen dapat

bereaksi berkat bantuan kompatibilizer membentuk jaringan polimer yang tersebar merata (Ashok *et al.*, 2018).



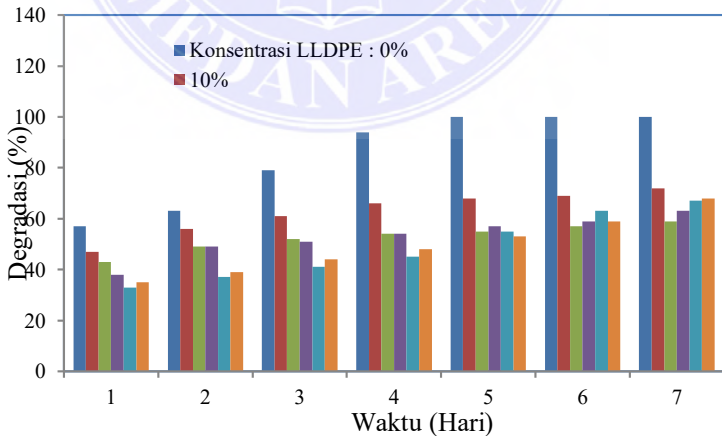
Gambar 19. Grafik pengaruh waktu terhadap % degradasi dari berbagai konsentrasi LLDPE pada media air tawar

4.3.7.2. Degradasi pada media air laut

Gambar 20, dapat kita analisis bahwa kemampuan sampel terdegradasi menurun seiring meningkatnya konsentrasi LLDPE. Sampel dapat terurai hingga 72% pada hari ke -180 pada konsentrasi 10% polietilen. Ini dapat diartikan bahwa ada sekitar 28% lagi sampel yang belum terurai, 18% berasal dari pati sagu. Sementara pada konsentrasi 30% polietilen,

sampel terurai hingga 68% atau sekitar 32% yang belum terdegradasi dimana 2% berasal dari pati sagu.

Jika dibandingkan dengan termoplastik pati sagu dapat terurai sampai hari ke-90. Ini berarti ada penambahan waktu degradasi sekitar 90 hari akibat dari penambahan polietilen kedalam termoplastik pati sagu. Penambahan polietilen kedalam termoplastik sagu memberi pengaruh negatif terhadap kecepatan degradasi komposit bioplastik. Jika dilihat dari trend pada grafik, tidak terjadi kehilangan massa yang signifikan pada tiap waktu. Ini berarti bahwa polietilen dapat berikatan dengan termoplastik pati sagu dengan bantuan kompatibilizer membentuk jaringan polimer yang tersebar secara merata (campuran homogen). (Ashok *et al.*, 2018).



UNIVERSITAS MEDAN AREA Gambar 3. Grafik pengaruh waktu terhadap % degradasi

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

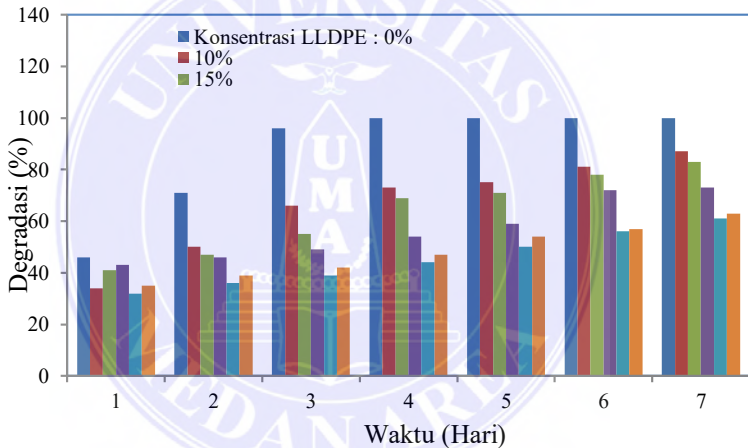
Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

dari berbagai konsentrasi LLDPE pada media air laut.

4.3.7.3. Degradasi pada media Tanah

Gambar 21, dapat dinalisa kemampuan sampel untuk terdegradasi pada tanah berkurang seiring meningkatnya konsentrasi LLDPE. Sampel dapat terurai hingga 87% pada konsentrasi 10% polietilen sampai hari ke-180. Ini berarti ada sekitar 13% yang belum terurai dalam tanah, dimana 3%nya berasal dari pati dan 10%nya adalah polietilen. Sementara pada konsentrasi 30% polietilen sampel dapat terurai hingga 63% ini berarti bahwa sisa sampel yang belum terurai sebesar 37%, dimana 7% berasal dari pati sagu dan 30% berasal dari polietilen. Jika dibandingkan dengan termoplastik pati sagu, kecepatan degradasi hingga habis terurai dalam tanah sekitar 80 hari. Ini berarti bahwa penambahan polietilen kedalam termoplastik pati sagu memperpanjang waktu degradasi sekitar 90 hari. Diperlukan tambahan beberapa hari lagi untuk menguraikan sisa TPPS agar habis terdegradasi semua. Zat pengurai seperti bakteri/mikro organisme berperan penting didalam proses degradasi. Ini juga dapat diartikan bahwa penambahan polietilen kedalam termoplastik pati sagu memberi

pengaruh negatif dalam kemampuannya terdegradasi didalam tanah. Jika dilihat dari trend pada grafik, tidak adanya terjadi kehilangan massa yang signifikan dari setiap waktu. Ini berarti bahwa polietilen dapat bereaksi dengan polietilen dengan bantuan kompatibilizer membentuk jaringan polimer yang tersebar secara merata. (Ashok *et al.*, 2018).



Gambar 2I. Grafik pengaruh waktu terhadap % degradasi dari berbagai konsentrasi LLDPE pada media tanah

Dari ketiga media: air tawar, air laut dan tanah, media tercepat untuk mendegradasikan campuran termoplastik pati sagu dengan polietilen adalah tanah kemudian air laut dan terakhir air tawar. Kemampuan kecepatan degradasi pada tanah

disebabkan adanya bantuan dari jenis dan jumlah kloni mikroorganisme pengurai pati. Penambahan polietilen kedalam termoplastik pati sagu mempengaruhi laju degradasi dari komposit bioplastik. Semakin tinggi konsentrasi polietilen maka semakin cepat waktu degradasinya.

4.4 Pengaruh konsentrasi LLDPE-g-MA pada pembuatan komposit bioplastik

Analisis yang dilakukan pada pembuatan bioplastik yaitu :

4.4.I Analisis Densitas

Penambahan LLDPE-g-MA dalam berbagai konsentrasi kedalam komposit bioplastik pada nilai densitas tidak begitu berpengaruh. Nilai densitas pada konsentrasi 0-14% LLDPE-g-MA berkisar di angka $1,3071\text{g/cm}^3$ hingga $1,3073\text{g/cm}^3$ dengan volume sampel rata-rata adalah $8,5319\text{cm}^3$. Ini disebabkan oleh konsentrasi LLDPE-g-MA yang kecil dan perhitungannya berdasarkan berat TPPS. Sementara konsentrasi TPPS dan LLDPE tetap pada

konsentrasi 80% : 20% pada setiap sampelnya. Data lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil perhitungan densitas dari berbagai konsentrasi LLDPE-g-MA

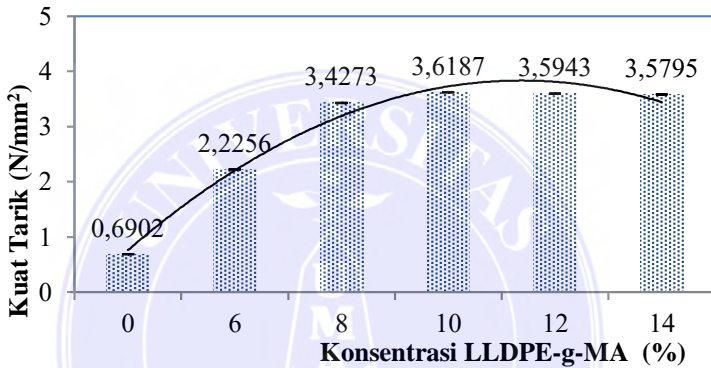
LLDPE-g-MA (%)	Berat Specimen (g)	Tebal (cm)	Densitas (g/cm ³)
		0,32 ± 0,04	
0	11,1521	0,30	1,3071
6	11,1519	0,31	1,3071
8	11,1535	0,31	1,3073
10	11,1533	0,32	1,3072
12	11,1521	0,31	1,3071
14	11,1528	0,31	1,3072

4.4.2 Analisis Sifat Mekanik

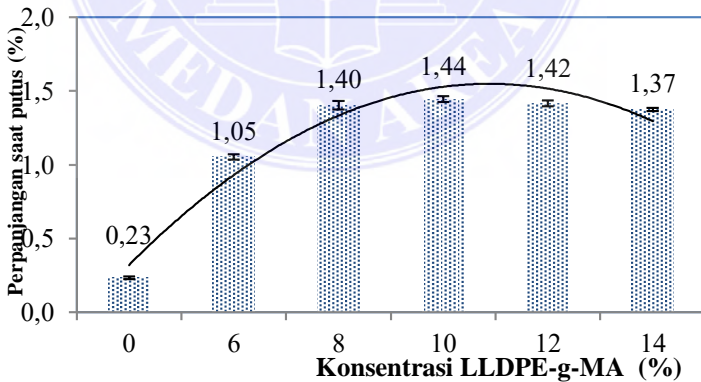
Setelah dilakukan penetapan kondisi optimum perbandingan komposisi TPPS dan polimer sintesis (LLDPE) dengan kompatibilizer dimana nilai kuat tarik menunjukkan terjadinya peningkatan terus-menerus seiring bertambahnya polimer sintesis kedalam TPPS selanjutnya dilakukan analisis optimalisasi konsentrasi kompatibilizer. Pada pengujian ini

sebagai variabel tetap adalah komposisi 80% untuk TPPS dan

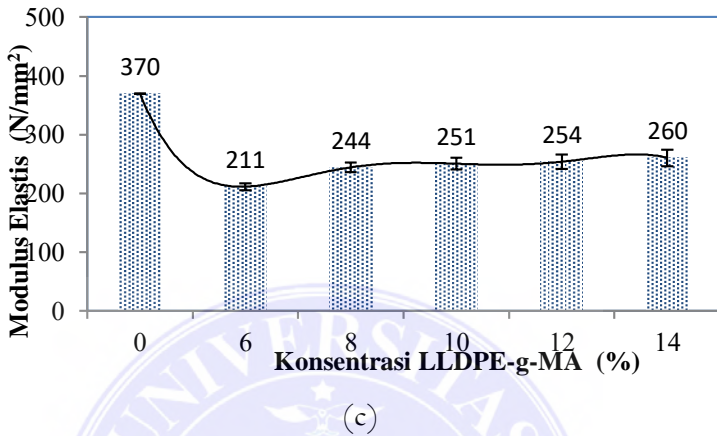
20% untuk polimer sintesis (diambil dari posisi tengah pada pengujian sebelumnya). Sementara variasi konsentrasi kompatibilizer dimulai dari 0, 6,8,10,12 dan 14% berdasarkan berat TPPS.



(a)



(b)



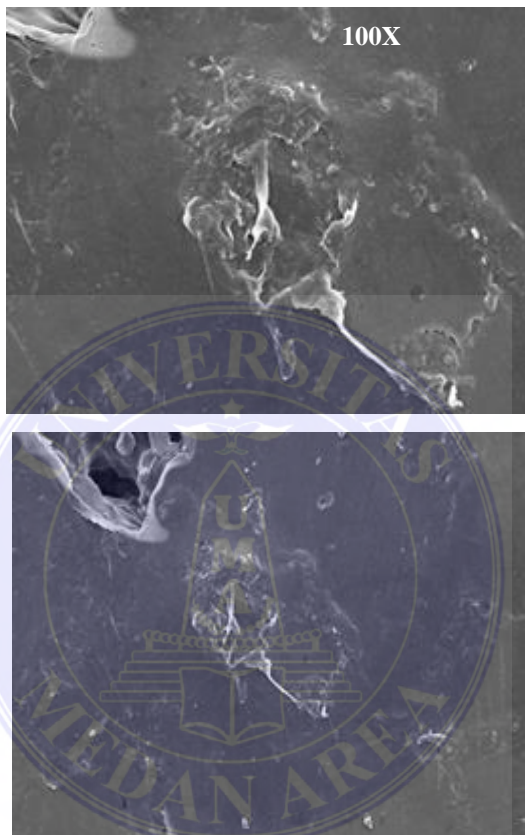
Gambar 22. Grafik pengaruh konsentrasi LLDPE-g-MA terhadap: A. Kuat tarik, B. Perpanjangan saat putus, C. Modulus elastis

Trend grafik pada Gambar 22 dapat diamati nilai kuat tarik dan perpanjangan putus meningkat sampai konsentrasi 0% LLDPE-g-MA dengan nilai sebesar 3,6187N/mm² untuk uji kuat tarik, dan 1,44% untuk uji perpanjangan saat putus. Selanjutnya nilai kuat tarik dan perpanjangan saat putus stabil (tidak mengalami kenaikan maupun penurunan yang drastis) seiring meningkatnya konsentrasi LLDPE-g-MA. Ini dapat disimpulkan bahwa konsentrasi 10% LLDPE-g-MA adalah konsentrasi yang optimum untuk campuran komposit bioplastik TPSS 80% dan LLDPE 20%. Kondisi dimana

konsentrasi monomer LLDPE-g-MA sudah cukup untuk menjadi penghubung antara TPPS dan LLDPE. Peningkatan konsentrasi diatas 10% akan membuat LLDPE-g-MA berada dalam keadaan berlebih (jenuh) sehingga tidak mempengaruhi nilai kuat tarik. Hal senada juga disampaikan oleh (Yoo *et al.*, 2001; Abdul Majid *et al.*, 2009; Mekanik *et al.*, 2013; Mengual *et al.*, 2017). Sementara, uji Modulus Elastis memperlihatkan trend yang tidak stabil (fluktuatif) seiring peningkatan konsentrasi LLPDE-g-MA. (Gambar 45).

4.4.3 Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM)

Gambar 23 adalah karakteristik morfologi permukaan dari komposit bioplastik dengan komposisi TPPS 80% dan LLDPE 20% tanpa menggunakan kompatibilizer. Terlihat bahwa permukaan lebih hitam yang merupakan warna asli dari TPPS sebelum ditambahkan kompatibilizer. Lebih hitamnya permukaan ini diasumsikan tidak terdispersinya secara merata polimer sintesis dalam hal ini polietilen (berwarna putih) kedalam matrik TPPS. polietilen dalam gambar menumpuk pada suatu tempat membentuk koagulan.

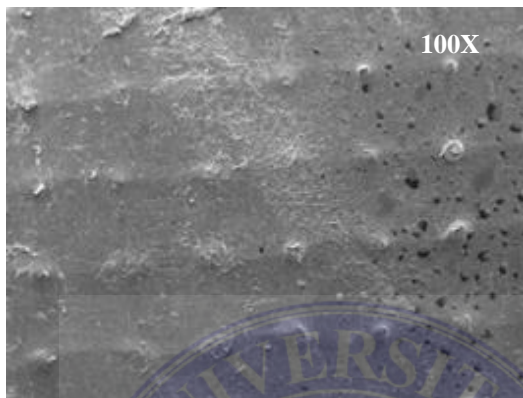


Gambar 23. Karakteristik morfologi bioplastik komposisi 80% TPP dan 20% LLDPE tanpa kompatibilizer

Dispersi polietilen yang buruk dikaitkan pada perbedaan polaritas. Dimana, TPPS bertindak sebagai hidrofilik

sedangkan polietilen sebagai hidrofobik. Perbedaan polaritas ini membuat peningkatan tegangan antarmuka.

Penambahan kompatibilizer pada campuran TPPS dan LLDPE dapat menurunkan tegangan antarmuka antara dua polimer yang berbeda polaritas. Bercak putih yang diasumsikan sebagai polimer sintesis (LLDPE) terdispersi secara merata pada permukaan matriks TPPS. Warna permukaan TPPS yang sebelumnya berwarna lebih hitam kini berubah menjadi keabuan karena dispersi polimer sintesis ini. Gambar morfologi permukaan komposit bioplastik pada Gambar 24. menunjukkan dispersi yang lebih baik jika dibandingkan tanpa kompatibilizer. Monomer kompatibilizer memiliki gugus Maleat Anhidrida yang cukup untuk bereaksi dengan hidroksil dari TPPS (Gambar 47).



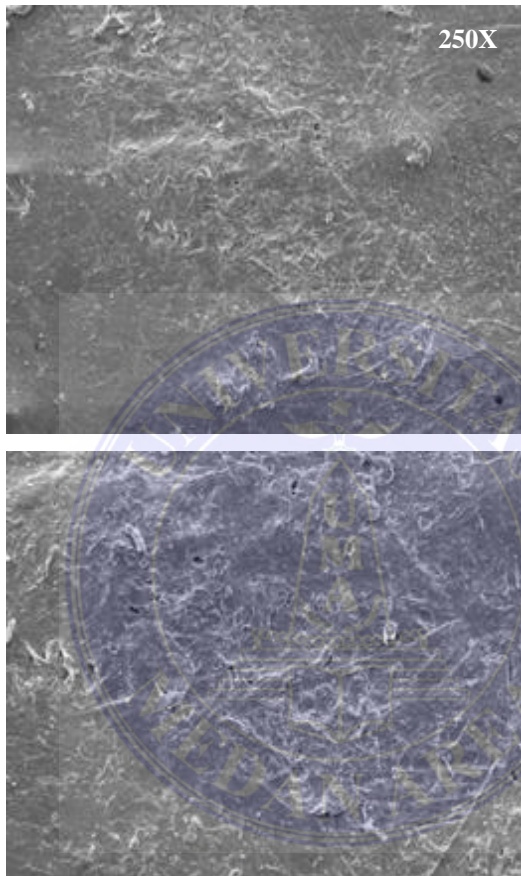
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

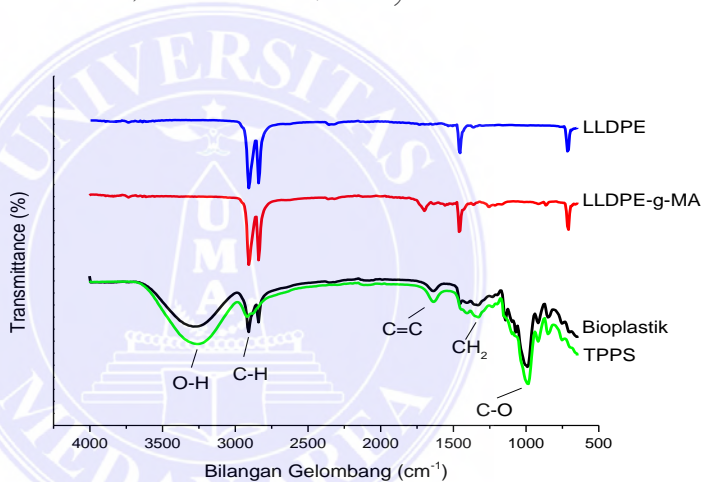
Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23



Gambar 24. Karakteristik morfologi dari 80% TPPS, 20% LLDPE dan 10% LLDPE-g-MA (Berdasarkan berat TPPS).

4.4.4 Analisis *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

FTIR mendeteksi adanya beberapa daerah serapan dari sampel LLDPE dan LLDPE-g-MA konsentrasi 10% yang ditambahkan kedalam TPPS tersaji pada Gambar 25 dan Tabel 8. Bilangan gelombang ini mendekati dari penelitian (Bikiaris and Panayiotou 1998; Abdullah *et al.*, 2013).



Gambar 25. Spektrum FTIR dari TPPS, LLDPE, 10% LLDPE-g-MA dan Bioplastik

Tabel 8. Analisis FTIR dari Bioplastik (Campuran TPPS/LLDPE/10% LLDPE-g-MA)

Bilangan Gelombang	Gugus Fungsi
--------------------	--------------

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

3295	O-H <i>Stretching</i>
2914	C-H <i>Stretching</i> dari CH ₂
1647	C=C <i>Bending</i>
1461	C-H <i>Bending</i> dari CH ₂
1341	CH ₂ Depormasi vibrasi dari CH ₂ OH
1148	C-O-C <i>Stretching antisymmetric</i>
998	C-O <i>Stretching</i>

Penambahan LLDPE dan LLDPE-g-MA konsentrasi 10% pada termoplastik pati sagu mengakibatkan terjadinya pergeseran bilangan gelombang seperti pada O-H *Stretching* dari 3265cm⁻¹ dengan transmittance 47,87% menjadi 3295cm⁻¹(57,65%) dan pergeseran persen transmittance gugus C-O *Stretching* dari 14,89% (TPPS) menjadi 24,42% (bioplastik). Peristiwa ini diasumsikan bahwa telah terjadi ikatan antara TPPS dengan LLDPE pada gugus O-H (Hidroksil) dari TPPS dengan gugus C-H *stretching* dari CH₂ dari LLDPE-g-MA dengan munculnya puncak kembar pada gugus C-H. (Bikiaris and Panayiotou. 1998; Abdul Majid *et al.*, 2009).

4.4.5 Analisis Thermal

Analisis *thermal* yang diuji meliputi :

4.4.3.I. Analisis *Gravimetri Thermal* (TGA)

Berdasarkan hasil uji kuat tarik, didapatkan nilai kuat tarik maksimal berada pada komposisi yang terdiri dari 80% TPPS, 20% LLDPE dan 10% kompatibilizer (berdasarkan berat TPPS). Sampel dengan nilai kuat tarik yang maksimal ini yang dijadikan sampel untuk di uji TGA. Pada uji TGA ini, degradasi terjadi dalam 4 tahap. Berbeda dengan uji sebelumnya yang hanya terjadi pada 3 tahap. Degradasi tahap pertama terjadi pada suhu 200,7°C dengan kehilangan massa sebesar 13,3%. Pada tahap ini molekul air dan sebagian gliserol telah menguap, menghasilkan senyawa lebih sederhana seperti : metanol, asetaldehid, propionaldehid, acrolein, allyl alcohol, etanol, formaldehid, karbon monoksida, karbondioksida, dan gas hidrogen merujuk penelitian (Bühler *et al.*, 2002).

Pada fase kedua, degradasi terjadi pada 375,8°C dengan kehilangan massa sebesar 66,9%. Pada fase ini terjadi degradasi lanjutan senyawa gliserol dan senyawa pati yang dimulai pada suhu 300°C dimulai dengan penghilangan gugus hidrogen, dekomposisi dan depolimerisasi rantai karbon pati terjadi.

UNIVERSITAS MEDAN AREA penelitian (Syafri *et al.*, 2019)

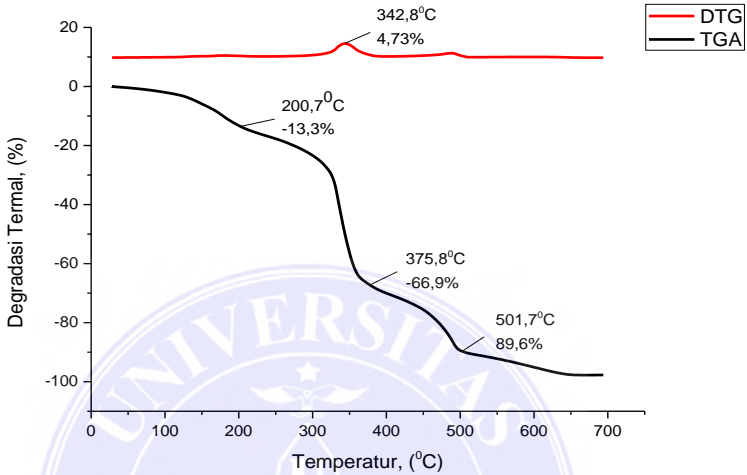
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

Pada fase ke tiga, degradasi terjadi pada suhu 375-501,7°C dengan kehilangan massa sebesar 89,6% terdekomposisinya senyawa olefin dari polietilen dimulai dari suhu 400°C . Pada tahap ini polietilen mulai terdegradasi pada suhu 400°C untuk menghasilkan gas dan minyak hidrokarbon (Bagri and Williams. 2002). Pada fase terakhir terjadi dekomposisi pada suhu 650,4°C dengan total kehilangan massa sebesar 97,6% sisa dari dekomposisi polietilen atau dengan kata lain ada sekitar 2,4% material yang terdegradasi pada fase ini yang merupakan sisa dari degradasi polietilen. Degradasi campuran TPPS/LLDPE/kompatibilizer menunjukkan penurunan massa yang signifikan pada tahap kedua dengan kecepatan degradasi 4,73mg/min pada suhu puncak 342°C dimana terjadinya proses degradasi senyawa pati sebagai matriks dalam campuran ini . Hal ini dapat diamati pada spektrum Gambar 26.



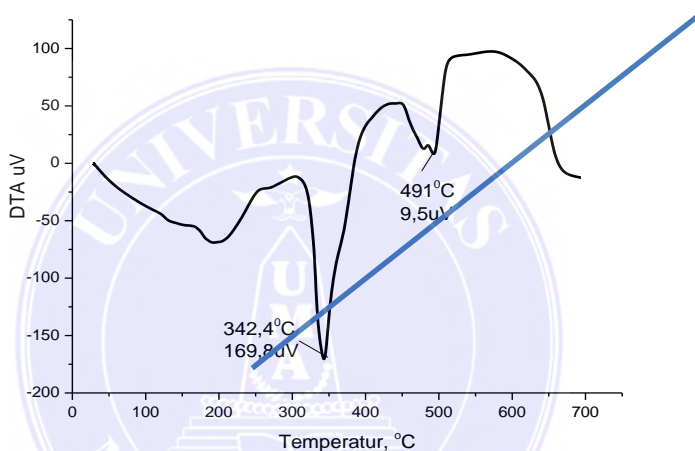
Gambar 26. Grafik TGA komposisi 80% TPPS/ 20% LLDPE/ 10% LLDPE-g-MA.

4.4.3.2. *Differential Thermal Analysis (DTA)*

Jika diplotkan garis linier sebagai sebagai baseline (referen) terhadap sampel maka terdapat 2 penyimpangan trend yang membentuk puncak menghadap kebawah (endotermis). Puncak yang pertama terjadi pada suhu 342,4°C. Puncak ini terjadi pada tahap ke 2 pada proses degradasi jika lihat dari trend TGA. Pada daerah ini terjadi peristiwa *thermal* degradasi pati . Selanjutnya puncak endotermis kedua terjadi

UNIVERSITAS MEDAN AREA pada temperatur 491°C berada pada tahap ketiga dimana

berlangsungnya degradasi polietilen. (Gambar 27). Hasil yang mendekati diperlihatkan oleh peneliti sebelumnya (Ashok *et al.*, 2018)



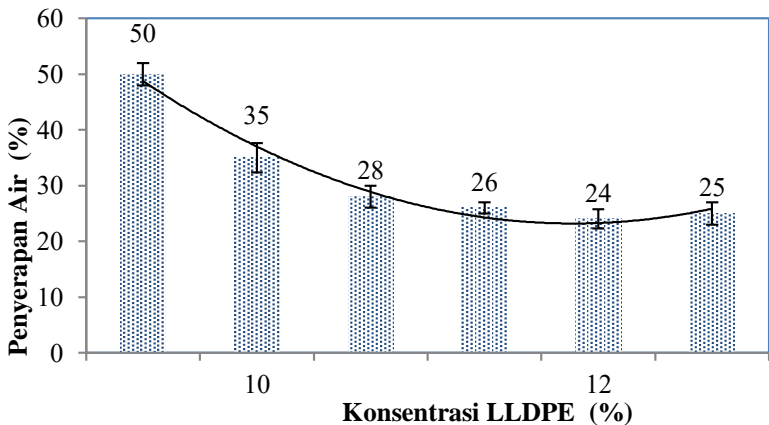
Gambar 27. Kurva DTA komposisi 80% TPPS, 20% LLDPE dan 10% LLDPE-g-MA

4.4.6 Analisis Penyerapan Air

Gambar 28 adalah grafik pengaruh konsentrasi LLDPE-g-MA terhadap penyerapan air. Pada campuran TPPS/LLDPE tanpa kompatibilizer terlihat nilai penyerapan air sebesar 54%, ini menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara TPPS dan

UNIVERSITAS MEDAN AREA menyebabkan gugus hidroksil dari pati dengan

mudah mengikat molekul air. Namun, setelah penambahan kompatibilizer terlihat kemampuan sampel dalam menyerap air menurun hingga 35% pada konsentrasi 6% LLDPE. Selanjutnya nilai persen penyerapan air stabil (Tidak mengalami kenaikan maupun penurunan yang berarti) seiring meningkatnya konsentrasi LLDPE-g-MA. Nilai persen penyerapan air pada 8% konsentrasi LLDPE-g-MA adalah sebesar 26% dan pada konsentrasi 14% LLDPE-g-MA sebesar 25%. Menurunnya kemampuan penyerapan ini disebabkan telah terjadinya reaksi setelah ditambahkan kompatibilizer kedalam campuran TPPS/LLDPE.



Gambar 28. Grafik pengaruh konsentrasi LLDPE-g-MA terhadap Penyerapan Air

4.4.7 Analisis Biodegradasi

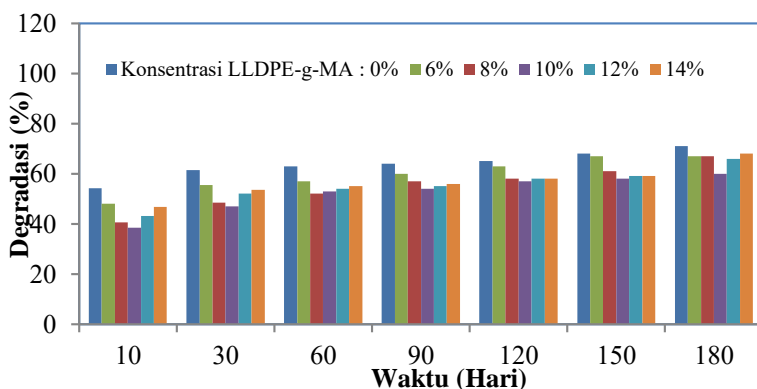
Analisis Biodegradasi dilakukan dengan 3 media penguraian, yaitu air tawar, air laut dan tanah.

4.4.3.3. Degradasi pada Media Air Tawar

Campuran termoplastik pati sagu/ polietilen/ kompatibilizer yang diuji pada grafik dari Gambar 29 mengandung 80%TPPS, 20% LLDPE dan variasi konsentrasi kompatibilizer (LLDPE-g-MA) 0,6,8,10,12 dan 14%. Dari grafik dapat dianalisis bahwa sampai hari ke 180 sampel telah terdegradasi sebanyak 71% atau sekitar 29% yang belum terurai dan 19% berasal dari pati. Sampel ini akan terus mengalami degradasi jika diberikan perpanjangan waktu degradasi karena masih banyak mengandung pati sagu. Sementara pada sampel yang mengandung kompatibilizer LLDPE-g-MA konsentrasi 30% telah terurai sebanyak 68% , atau sekitar 32% yang belum terdegradasi. Jumlah pati yang tersisa pada sampel sekitar 2% (hampir habis). Sementara polietilen tetap akan berada dalam media karena tidak dapat terurai dalam waktu yang cepat. Jika dilihat dari trend pada grafik, tidak adanya terjadi kehilangan massa yang signifikan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

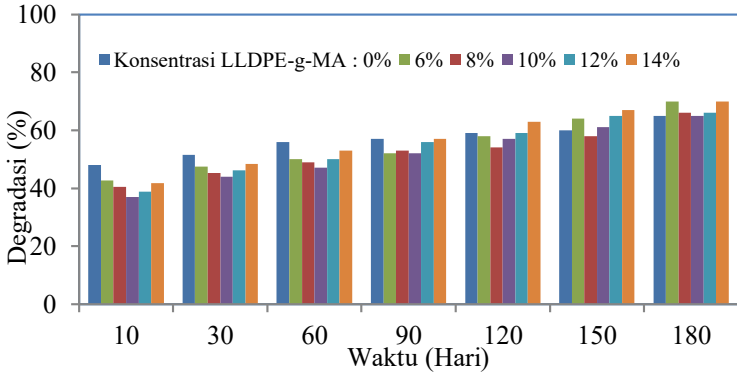
TPPS dan LLDPE dapat membentuk jaringan polimer secara merata kedalam matriks. Penambahan LLDPE-g-MA memperlambat degradasi pada air tawar. Hasil yang mendekati dilaporkan oleh Ashok *et al.*, (2018).



Gambar 29. Grafik pengaruh waktu terhadap % degradasi dari berbagai konsentrasi LLDPE-g-MA pada media air tawar

4.4.3.4. Degradasi pada Media Air Laut

Sampel Bioplastik yang direndam dalam air laut mengalami degradasi sampai 65% pada sampel tanpa kompatibilizer atau sekitar 35% sampel yang belum terdegradasi (Gambar 30).



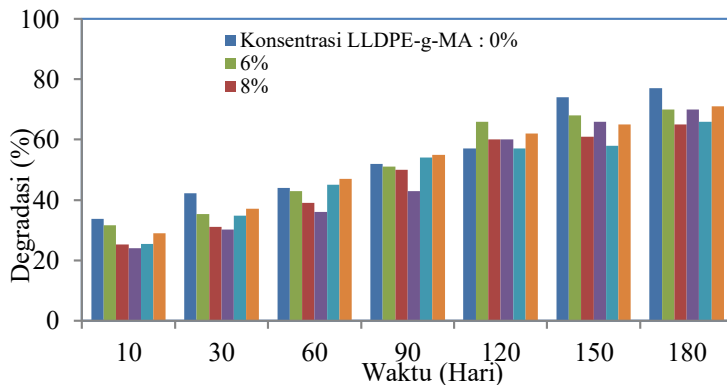
Gambar 30. Grafik pengaruh waktu terhadap % degradasi dari berbagai konsentrasi LLDPE-g-MA pada media air laut

Dimana, 15% berasal dari pati sagu, penguraian ini akan terus berlanjut jika diberikan perpanjangan waktu degradasi, karena masih banyak pati sagu yang terkandung dan belum terurai. Sementara pada konsentrasi LLDPE-g-MA 14% telah terurai sebanyak 70% atau sekitar 30% yang belum terurai, 10%nya berasal dari pati yang akan terus terdegradasi jika diberikan tambahan waktu degradasi. Sementara sampel polietilen tetap akan berada dalam media karena tidak dapat terurai dalam waktu yang cepat. Jika dilihat dari trend pada grafik, tidak adanya terjadi kehilangan massa yang signifikan.

Ini berarti bahwa kompatibilizer sebagai penghubung antara TPPS dan LLDPE dapat membentuk jaringan polimer secara merata (Ashok *et al.*, 2018).

4.4.7.3. Degradasi pada Media Tanah

Sampel bioplastik tanpa kompatibilizer yang ditanam dalam tanah mengalami degradasi sebesar 77% pada hari ke 180, atau sekitar 33% yang belum terdegradasi, 13% berasal dari pati sagu dan akan terus terurai jika diberikan tambahan waktu degradasi. Sementara sampel dengan konsentrasi LLDPE-g-MA 14% mengalami degradasi hingga 71%, atau sekitar 29% yang belum terurai, 9%nya berasal dari pati sagu, dan jika diberikan perpanjangan waktu, sampel akan terus mengalami penguraian sampai kandungan pati pada sampel habis. (Gambar 54). Sedangkan LLDPE tetap akan berada dalam media karena tidak dapat terurai dalam waktu yang cepat. Hasil yang mendekati dilaporkan oleh Ashok, *et al.*, (2018)



Gambar 31. Grafik pengaruh waktu terhadap % degradasi dari berbagai konsentrasi LLDPE-g-MA pada media tanah.

Jika dilihat dari trend pada grafik, tidak adanya terjadi kehilangan massa yang signifikan. Ini berarti bahwa kompatibilizer sebagai penghubung antara TPPS dan LLDPE dapat membentuk jaringan polimer secara merata (homogen).

Secara umum, sampel dapat terdegradasi pada ketiga media. Penambahan kompatibilizer kedalam campuran TPPS/LLDPE tidak begitu mempengaruhi kecepatan degradasi pati.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.I Kesimpulan

Adapun yang menjadi kesimpulan dalam kegiatan ini adalah:

1. Komposit bioplastik dapat dibuat dengan mengkombinasikan polimer sintesis LLDPE dengan polimer alami (pati) melalui metode blending. Penambahan LLDPE kedalam termoplastik pati sagu dapat meningkatkan sifat mekanik, ketahanan *thermal* dan dapat mengurangi penyerapan air.
2. Kondisi optimum dari uji kuat tarik diperoleh pada konsentrasi 30% sebesar 4,3079 N/mm² untuk LLDPE. Terjadi peningkatan ketahanan *thermal* dari 350°C menjadi 600°C setelah penambahan LLDPE. Kemampuan penyerapan air berkurang dari 121% (konsentrasi 0%) menjadi 13% pada konsentrasi 30% untuk LLDPE.
3. Kondisi optimum kompatibilizer LLPDE-g-MA terjadi pada konsentrasi 10% berdasarkan berat TPPS.

4. Penambahan LLDPE, kedalam termoplastik pati sagu dapat memperlambat waktu penguraian komposit bioplastik

5.2 Saran

Kekuatan tarik dapat meningkat dengan penambahan polimer sintesis seperti polietilen. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan beberapa plastisizer dan beberapa kompatibilizer yang lainnya untuk mendapatkan nilai sifat mekanik yang optimum, laju penyerapan air yang rendah dan peningkatan kemampuan degradasi di alam

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Majid, R., H. Ismail, and R. Mat Taib. 2009. "Effects of PE-g-MA on Tensile Properties, Morphology and Water Absorption of LDPE/Thermoplastic Sago Starch Blends." *Polymer - Plastics Technology and Engineering* 48(9): 919–24.
- Aidil Mohd, Abdullah, Mazidah Mamat, Mohammad Awang, Eny Kusriani, Farah N.A. Mubin and Nor H. Sudin. 2013. "Effect of Trihexyltetradecylphosphonium on Thermal Degradation Properties of Low Linear Density Polyethylene/Montmorillonite Nanocomposites." *International Journal of Technology* 4(2): 129–35.
- Aguilar, José Manuel, Carlos Bengoechea, Eva Pérez, and Antonio Guerrero. 2020. "Effect of Different Polyols as Plasticizers in Soy Based Bioplastics." *Industrial Crops and Products* 153(January).
- Alonso-González, María, Manuel Felix, and Alberto Romero. 2022. "Influence of the Plasticizer on Rice Bran-Based Eco-Friendly Bioplastics Obtained by Injection Moulding." *Industrial Crops and Products* 180(March).

UNIVERSITAS MEDAN AREA. 2012. "Sintesis Dan Karakterisasi Kopolimer

.....
 © Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

Pati Sagu (Sago Starch) Dengan PEG 1000 Menggunakan Asam Sitrat Sebagai Crosslinking Agent, Skripsi.” *Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.*

Anggarini fatty, 2013. Aplikasi Plasticizer Gliserol Pada Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Biji Nangka, Universitas Negeri Semarang.

Arvanitoyannis, Ioannis, Atsuyoshi Nakayama, and Sei Ichi Aiba. 1998. “Edible Films Made from Hydroxypropyl Starch and Gelatin and Plasticized by Polyols and Water.” *Carbohydrate Polymers* 36(2–3): 105–19.

Ashok, Anagha, R. Abhijith, and C. R. Rejeesh. 2018. “Material Characterization of Starch Derived Bio Degradable Plastics and Its Mechanical Property Estimation.” *Materials Today: Proceedings* 5(1): 2163–70. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.09.214>.

Bagri, Ranbir, and Paul T. Williams. 2002. “Catalytic Pyrolysis of Polyethylene.” *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 63(1): 29–41.

Balgourinejad, Niloofar, Mona Haghififar, Rahmat

Madandoust, and Shahin Charkhtab. 2022. "Experimental Study on Mechanical Properties, Microstructural of Lightweight Concrete Incorporating Polypropylene Fibers and Metakaolin at High Temperatures." *Journal of Materials Research and Technology* 18: 5238–56. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.04.005>.

Barnaba, G., Carita, S., Costantino, S., Gallo, M.D & Giordano, R 2020. "L ' Impiego Degli Imballaggi In Plastica Nel Settore Alimentare ."Setember 2020.

Bikiaris, D, and C Panayiotou. 1998. "LDPE / Starch Blends Compatibilized With." *Journal of Applied Polymer Science* 70(November 1997): 1503–21.

Rahayu. Y, Ftimsaawaati, Herman. 2013. Analisis Keanekaragaman Sagu (Metroxylon Sagu Rottb.) Pada Tiga Tipe Habitat Di Pulau Padang Kepulauan Meranti. Biosantifika." 5(1).

Blank, L. M, Narancic, T., Mampel, J., Tiso, T., O'connor, et, K.2020. "Biotechnological Upcycling of Plastic Waste and Other Non-Conventional Feedstocks in a Circular

UNIVERSITAS MEDAN AREA" *Current Opinion in Biotechnology* 62: 212–

I9.

Buhler W, E. Dinjus, H.J.ederer, A. Kruse, and C. Mas, 2002.

“Ionic Reactions and Pyrolysis of Glycerol as Competing Reaction Pathways in Near- and Supercritical Water.”

Journal of Supercritical Fluids 22(1): 37–53.

Danjaji, R. Nawang, U. S. Ishiaku, H. Ismail, Z. A and Mohd.

Ishak. 2001. “Sago Starch-Filled Linear Low-Density Polyethylene (LLDPE) Films: Their Mechanical

Properties and Water Absorption.” *Journal of Applied Polymer Science* 79(1): 29–37.

European Bioplastics. 2017. “Bioplastic Market Data 2017.”

European Bioplastics: 1–7.

European Bioplastics 2018. “Bioplastics Market

Development.” 2019: 2018–19. <https://www.european-bioplastics.org/news/publications/#MarketData>.

Faisal, Z.H. Tengku, Faisal Amri, and Iqmal Tahir. 2010.

“Effect of Maleic Anhydride Polypropylene on the Properties of Coconut Shell Filled Thermoplastic

Elastomeric Olefin Composites.” *Indonesian Journal of Chemistry* 10(2): 156–61.

Fontanals, N, J. Zohar, F. Borrull, S. Ronka, R.M. Marcé. 2021. "Development of a Maleic Acid-Based Material to Selectively Solid-Phase Extract Basic Compounds from Environmental Samples." *Journal of Chromatography A* 1647: 462165. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2021.462165>.

Gabhane, Jagdish, Sachin Kumar, and A. K. Sarma. 2020. "Effect of Glycerol Thermal and Hydrothermal Pretreatments on Lignin Degradation and Enzymatic Hydrolysis in Paddy Straw." *Renewable Energy* 154: 1304–13. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.03.035>.

Gao, Wei, Jie Zhu, Xuemin Kang, Bin Wang, Pengfei Liu, Bo Cui, A.M and Abd El-Aty. 2021. "Development and Characterization of Starch Films Prepared by Extrusion Blowing: The Synergistic Plasticizing Effect of Water and Glycerol." *Lwt* 148(January): 111820. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111820>.

Gáspar, M., Benko, Z., Dogossy, G., Réczey, K. & Czigány 2005. "Reducing Water Absorption in Compostable Starch-Based Plastics." *Polymer Degradation and Stability*

90(3): 563–69.

Gaylord, Norman G., and Rajendra Mehta. 1988. "Peroxide-catalyzed Grafting of Maleic Anhydride onto Molten Polyethylene in the Presence of Polar Organic Compounds." *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry* 26(4): 1189–98.

Geueke, Birgit, Ksenia Groh, and Jane Muncke. 2018. "Food Packaging in the Circular Economy: Overview of Chemical Safety Aspects for Commonly Used Materials." *Journal of Cleaner Production* 193: 491–505. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.005>.

Ghozali, Muhammad, Pius Doni Bonafius Sinaga, and Shela Maranatha Yolanda. 2016. "Pengaruh Konsentrasi Anhidrida Maleat Dan Peroksida Benzoil Terhadap Persen Pencangkakan Pada Sintesis Kompatibilizer Polyethylene-Graft-Maleic Anhydride." *Jurnal Kimia dan Kemasan* 38(1): 41.

González Seligra, Paula, Carolina Medina Jaramillo, Lucía Famá, and Silvia Goyanes. 2016. "Data of Thermal Degradation and Dynamic Mechanical Properties of

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

Crosslinking Agent.” *Data in Brief* 7: 1331–34.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.dib.2016.04.012>.

Hafidzah, Farah, Mohd Bijarimi, Waleed Alhadad, Suriyati Salleh, Mohammad Norazmi, and Erna Normaya. 2021. “Statistical Study on the Interaction Factors of Polypropylene-Graft-Maleic Anhydride (PP-G-MA) with Graphene Nanoplatelet (GNP) at Various Poly(Lactic Acid)/Polypropylene (PLA/PP) Blends Ratio.” *Indonesian Journal of Chemistry* 21(1): 234–42.

He, Xianru, Shirong Zheng, Guangsu Huang, and Yaoqiang Rong. 2013. “Solution Grafting of Maleic Anhydride on Low-Density Polyethylene: Effect on Crystallization Behavior.” *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics* 52(9): 1265–82.

Henry, C, and O Isaac. 2014. “Cassava Starch-Mixed Polypropylene Biodegradable Polymer : Preparation , Characterization and Effects of Biodegradation Products on Growth of Plants.” *International Journal of Science and Research* 3(7): 802–7.

Hidayati, Sri, Zulferiyenni, Ulfa Maulidia, Wisnu Satyajaya

UNIVERSITAS MEDAN AREA and Suopo Hadi, 2021. “Effect of Glycerol

Concentration and Carboxy Methyl Cellulose on Biodegradable Film Characteristics of Seaweed Waste.” *Heliyon* 7(8): e07799. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07799>.

Horowitz, S. M., and J. B. Gonzales. 1997. “Effects of Polyethylene on Macrophages.” *Journal of Orthopaedic Research* 15(1): 50–56.

Iovino, R, R. Zullo, M.A. Rao, L. Cassar and L. Gianfreda. 2008. “Biodegradation of Poly(Lactic Acid)/Starch/Coir Biocomposites under Controlled Composting Conditions.” *Polymer Degradation and Stability* 93(1): 147–57.

Irnawati, Irnawati, Muhammad Syahrul Kahar, and Marlinda Indah Eka Budiarti. 2018. “Studi Pengolahan Sagu (Metroxylon Sp.) Oleh Masyarakat Kampung Malawor Distrik Makbon Kabupaten Sorong.” *AKSIOLOGIYA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 2(2): 97.

Judawisastro. H,R.D.R Sitohang, D.I. Taufiq and Mardiyati. 2018. “.The Fabrication Of Yam Bean (Pachyrizous Erosus) Starch Based Bioplastics International Journal Of Technology (2018) 2: 345-352.

Kaewtatip, Kaewta, and Varaporn Tanrattanakul. 2012. "Structure and Properties of Pregelatinized Cassava Starch/Kaolin Composites." *Materials and Design* 37: 423–28.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2011.12.039>.

Khavilla, Vidya Putri, Sri Wahyuni, and Ari Fajar Riyanto. 2019. "Preparasi Dan Karakterisasi PP (Polypropylene) Termodifikasi LLDPE (Linear Low Density Polyethylene) Dengan Teknik Pencampuran Biasa." *Indonesian Journal of Chemical Science* 8(3): 176–84.

Kumar, Mukesh, S. Mohanty, S. K. Nayak, and M. Rahail Parvaiz. 2010. "Effect of Glycidyl Methacrylate (GMA) on the Thermal, Mechanical and Morphological Property of Biodegradable PLA/PBAT Blend and Its Nanocomposites." *Bioresource Technology* 101(21): 8406–15.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.05.075>.

Limbongan, Jermia. 2007. "Morfologi Beberapa Jenis Sagu Potensial Di Papua." *Jurnal Litbang Pertanian* 26(1): 16–24.

UNIVERSITAS MEDAN AREA Lin Xinjin, Jianyu Sun, Shaoping Chen, Jingjie Sha and

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

Juekuan Yang. 2022. "Thermophysical Properties of Cross-Linked Polyethylene during Thermal Aging." *Thermochemica Acta* 713(May): 179231. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2022.179231>.

Maran, J. Prakash, V. Sivakumar, K. Thirugnanasambandham, and R. Sridhar. 2014. "Degradation Behavior of Biocomposites Based on Cassava Starch Buried under Indoor Soil Conditions." *Carbohydrate Polymers* 101(1): 20–28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.08.080>.

Matondang, Tuty Dwi Sriaty, Basuki Wirjosentono, and Darwin Yunus. 2013. "Pembuatan Plastik Kemasan Terbiodegradasikan Dari Polipropylena Tergrafting Anhidrid Maleat Dengan Bahan Pengisi Pati Sagu Kelapa Sawit." *Jurnal Kimia VALENSI* 3(2).

Matzinos, P, D Bikiaris, S Kokkou, and C Panayiotou. 2001. "Processing and Characterization of LDPE / Starch Products." : 2548–57..

Mengual, A., D. Juárez, R. Balart, and S. Ferrándiz. 2017. "PE-g-MA, PP-g-MA and SEBS-g-MA Compatibilizers Used in Material Blends." *Procedia Manufacturing* 13: 321–26.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.083>.

Mirzayanti and Yustia Wulandari. 2013. "Pemurnian Gliserol Dari Proses Transesterifikasi Minyak Jarak Dengan Katalis Sodium Hidroksida." *Seminar Nasional & Teknologi Terapan*: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

Mohammadi Nafchi, Abdorreza, L. H. Cheng, and A. A. Karim. 2011. "Effects of Plasticizers on Thermal Properties and Heat Sealability of Sago Starch Films." *Food Hydrocolloids* 25(1): 56–60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.05.005>.

Mousa Ghaemy and Solaiman Roohina. 2003. "Grafting of Maleic Anhydride on Polyethylene-3." *J Polymer Science-Polymer Chem* 7(7 Pt A-1): 1647–56.

Nafchi, Abdorreza Mohammadi, Mahdiyeh Moradpour, Maliheh Saeidi, and Abd Karim Alias. 2013. "Thermoplastic Starches: Properties, Challenges, and Prospects." *Starch/Staerke* 65(1–2): 61–72.

Nguyen, Hoang Linh *et al.*, 2021. "Biorenewable, Transparent, and Oxygen/Moisture Barrier

Nanocellulose/Nanochitin-Based Coating on Polypropylene for Food Packaging Applications.” *Carbohydrate polymers* 271: 118421. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118421>.

Nisah, Khairun. 2018. “Study Pengaruh Kandungan Amilosa Dan Amilopektin Umbi-Umbian Terhadap Karakteristik Fisik Plastik Biodegradable Dengan Plastizicer Gliserol.” *Biotik: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan* 5(2): 106.

Novianto, Hengky. 2012. “Sumber Daya Genetik Sagu Mendukung Pengembangan Sagu Di Indonesia.” *Essay Penguatan Inovasi Teknologi Mendukung Kemandirian Usahatani Perkebunan rakyat*: 1–14.

Novita, Leny *et al.*, 2020. “Grafting Polypropylene with Maleic Anhydrous (Mah) as Particle Board Adhesive (Particle Board).” *Rasayan Journal of Chemistry* 13(2): 1215–19.

Obasi, H C, F C Egeolu, and O D Oparaji. 2015. “Comparative Analysis of the Tensile and Biodegradable Performances of Some Selected Modified Starch Filled Polypropylene Blends.” 2(2): 6–13.

- Pregi, Emese *et al.*, 2022. "Modeling the Mechanical Properties of POLYPROPYLENE/Lignin/Flax Hybrid Composites." *Materials & Design*: 110833. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.110833>.
- Rakshit, Sudip K. 1998. "Utilization of Starch Industry Wastes." *Bioconversion of Waste Materials to Industrial Products*: 293–315.
- Rosdiani, Ika, and Sri Atun. 2015. "Sintesis Gliserol Stearat Dari Asam Stearat Dengan Gliserol Hasil Samping Pembuatan Biodisel Dari Minyak Jelantah." *Jurnal Penelitian Sainstek* 20(1).
- Roz Da, Alessandra Luzia *et al.*, 2016. "Water Susceptibility and Mechanical Properties of Thermoplastic Starch-Pectin Blends Reactively Extruded with Edible Citric Acid." *Materials Research* 19(1): 138–42.
- Samara Clotildes Saraiva Rodrigues, Alissandra Suime da Silva, Laura Hecker de Carvalho, Tatianny Soares Alves and Renata Barbosa, 2020. "Morphological, Structural, Thermal Properties of a Native Starch Obtained from Babassu Mesocarp for Food Packaging Application."

15670–78.

Seligra, Paula González, Carolina Medina Jaramillo, Lucía Famá, and Silvia Goyanes. 2016. “Biodegradable and Non-Retrogradable Eco-Films Based on Starch-Glycerol with Citric Acid as Crosslinking Agent.” *Carbohydrate Polymers* 138(October 2017): 66–74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.041>.

Setiorini, Indah Agus. 2017. “Sifat Kuat Tarik Dan Morfologi Termoplastik Elastomer Dari Komposit Polypropylene & Natural Rubber.” *Teknik Putra Akademika* 8(1): 43–53.

Sidek, I. S., Draman. S,F,S., Abdullah, S.R.S, and Anuar, N 2019. “I Tech Mag Current Development On Bioplastics And Its Future Prospects : An.” 1: 3–8.

Spaccini, Riccardo *et al.*, 2016. “Decomposition of Bio-Degradable Plastic Polymer in a Real on-Farm Composting Process.” *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 3(1): 1–13.

St-Pierre, N. *et al.*, 1997. “Processing and Characterization of Thermoplastic Starch/Polyethylene Blends.” *Polymer* 38(3): 647–55.

Suharty, Neng Sri *et al.*, 2014. “Tensile Properties and Biodegradability of Rice Husk Powder-Filled Recycled Polypropylene Composites: Effect of Crude Palm Oil and Trimethylolpropane Triacrylate.” *Journal of Physical Science* 25(2): 55–71.

Sumardiono, Siswo *et al.*, 2022. “Physicochemical Properties of Novel Artificial Rice Produced from Sago, Arrowroot, and Mung Bean Flour Using Hot Extrusion Technology.” *Heliyon* 8(2): e08969.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08969>.

Syafri, Edi *et al.*, 2019. “Effect of Sonication Time on the Thermal Stability, Moisture Absorption, and Biodegradation of Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) Nanocellulose-Filled Bengkuang (*Pachyrhizus Erosus*) Starch Biocomposites.” *Journal of Materials Research and Technology* 8(6): 6223–31.

Tengku Rachmi Hidayani , Khairul Akli dan Selfa Dewati Samah. 2018. Grafting Polipropilen Dengan Maleat Anhidrida Sebagai Pengikat Silang Dengan Inisiator Benzoil Peroksida. EKSakta Vol. 19 No. 1 30 April 2018 “Doi: 10.24036/Eksakta/Vol19-Iss01/I27.”

19(1).

Tuankotta, Arfiah, Nety Kurniaty, and Anggi Arumsari. 2015. "PERBANDINGAN KADAR PROTEIN PADA TEPUNG BERAS PUTIH (*Oryza Sativa L.*), TEPUNG BERAS KETAN HITAM (*Oryza Sativa L. Glutinosa*), DAN TEPUNG SAGU (*Metroxylon Sagu Rottb.*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE KJELDAH." *Prosiding Farmasi*: 109–114. <http://karyailmiah.unisba.ac.id/index.php/farmasi/article/view/590>.

Tyagi, Varee, and Bhaswati Bhattacharya. 2019. "Role of Plasticizers in Bioplastics." *MOJ Food Processing Technology* 7(4): 128–30.

Wang, Qianqian *et al.*, 2015. "Individualized Cellulose Nanofibrils Prepared by Combined Enzymatic Pretreatment and High Pressure Microfluidization." *Polymers* 7(May): 1. www.mdpi.com/journal/polymersArticle.

Waryat, M. Romli ,A. Suryani , I.Yuliasih dan S. Johan. 2013. "Penggunaan Compatibilizer Untuk Meningkatkan

UNIVERSITAS MEDAN AREA Karakteristik Morfologi, Fisik dan Mekanik Plastik

Biodegradabel Berbahan Baku Pati Termoplastik Polietilen.” *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science* Vol. 14, No. 3, April 2013, hal : 214 - 221

Waryat, Muhammad Romli, Ani Suryani, Indah Yuliasih, Syah Johan. 2013. “Plastik Biodegradabel Berbahan Baku Komposit Pati Termoplastik- Lldpe / Hdpe.” *Agritech* 33(2): 197–207.

Yoo, Seong, Tae Yeon Lee, Jin-San Yoon, Ik-Mo Lee, Mal-Nam Kim, Han Sup Lee. 2001. “Interfacial Adhesion Reaction of Polyethylene and Starch Blends Using Maleated Polyethylene Reactive Compatibilizer.” *Journal of Applied Polymer Science* 83(4): 767–76.

Yuniarti, L.I, Gatot S Hutomo, and Abdul Rahim. 2014. “Sintesis Dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu (Metroxylon Sp).” *e-J. Agrotekbis* 2(1): 38–46.

Zaman, Haydar U, and M D H Beg. 2021. “Study on Binary Low-Density Polyethylene (LDPE)/ Thermoplastic Sago Starch (TPS) Blend Composites.” II(1).

Zhong, Yu, and Yunfei Li. 2014. “Effects of Glycerol and

Storage Relative Humidity on the Properties of Kudzu Starch-Based Edible Films.” *Starch/Staerke* 66(5–6): 524–32.

Zhu, Shuxian, Jianxiang Yan, Yao Zhou, Kai Yang and Qiuling Song. 2021. “Pyridinium-Catalyzed Decarboxylative Borylation of Benzoyl Peroxides.” *Green Synthesis and Catalysis* 2(3): 299–302.
<https://doi.org/10.1016/j.gresc.2021.05.003>.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan pada tanggal 3 Nopember 1980 di Medan, Sumatera Utara sebagai anak kelima dari Bapak Bachtiar dan Ibu Sariati. Penulis menamatkan pendidikan dasar pada SD Pahlawan-Medan tahun 1992.

Melanjutkan pendidikan menengah pertama pada SMP N 15 Medan tamat tahun 2005. Selanjutnya, Pendidikan atas pada SMU Swasta Josua I Medan lulus tahun 2008. Penulis melanjutkan ke perguruan tinggi dan memperoleh gelar Ahli Madia (AMd) pada program studi Kimia Industri, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sumatera Utara tahun 2001 dan melanjutkan SI Estensien Program Studi Kimia Universitas Tri Karya selesai tahun 2003. Magister Sains pada program studi Kimia Universitas Sumatera Utara memperoleh ijazah pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan studi S3 di Universitas Andalas prodi Kimia tahun 2019 dan selesai tahun 2022.

Sejak Oktober 2015 sampai sekarang penulis aktif

UNIVERSITAS MEDAN AREA sebagai Asisten Ahli Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

Biodata Diri

I	Nama Lengkap	Dr. Denny Akbar Tanjung, SSi.,MSi
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Pekerjaan	Dosen LLDikti Wilayah I
4	Jabatan Fungsional	Lektor
5	Pangkat/Golongan	IIIc/Penata
6	NIDN	0003118007
7	NIP	198011032015041001
8	Tempat dan Tanggal Lahir	Medan, 03 Nopember 1980
9	No. telepon/HP	082166000021
10	Alamat	Jalan Karya Jaya No. 75A Medan
11	Email	dennyakbartanjung@staff.uma.ac.id
12	Pendidikan	SI.Prodi, Kimia Fakultas MIPA, Universitas Trikarya S2. Prodi. Kimia, Fakultas MIPA .Universitas Sumatera Utara S3. Prodi. Fakultas MIPA, Kimia Universitas Andalas
13	No.reg. Sertifikat	17101100807566

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/6/23

	Pendidik	
I4.	Mata Kuliah yang diampu	1. Kimia Dasar 2. Biokimia 3. Teknik Laboratorium 4. Amdal
I5.	Nama Istri	Harlini Suanza, ST.,MSi
I6.	Pekerjaan	PNS
I7.	Anak	3 orang