

**PENGARUH PERBANDINGAN PATI BIJI SORGUM
(*SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH*) DAN *POLY
LACTIC ACID (PLA)* TERHADAP KARAKTERISTIK
PLASTIK *BIODEGRADABLE***

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**



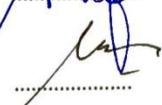
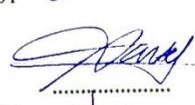
**SITI SARIFAH
3325130968**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH PERBANDINGAN PATI BIJI SORGUM (*SORGHUM BICOLOR* (L.)
MOENCH) DAN *POLY LACTIC ACID* (PLA) TERHADAP
KARAKTERISTIK PLASTIK *BIODEGRADABLE*

Nama : Siti Sarifah
No Registrasi : 3325130968
Program Studi : Kimia

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab Dekan : <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si</u> NIP. 19671218 199303 1 005		18 / 8 / 2017
Wakil Penanggung Jawab Wakil Dekan I: <u>Dr. Muktiningsih N, M.Si</u> NIP. 19640511 198903 2 001		21 / 8 / 2017
Ketua : <u>Drs. Zulhipri, M.Si</u> NIP. 19580703 198903 1 001		11 / 8 / 2017
Sekretaris : <u>Dr. Agung Purwanto, M.Si</u> NIP. 19640202 199102 1 001		11 / 8 / 2017
Anggota Penguji : <u>Drs. Darsef, M.Si</u> NIP. 19650806 199003 1 004		11 / 8 / 2017
Pembimbing I : <u>Dr. Yusmaniar, M.Si</u> NIP. 19620626 199602 2 001		11 / 8 / 2017
Pembimbing II: <u>Dra. Zulmanelis, M.Si</u> NIP. 19560501 198803 2 001		15 / 8 / 2017

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 7 Agustus 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Perbandingan Pati Biji Sorgum (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) Dan *Poly Lactic Acid* (PlA) Terhadap Karakter *Film Biodegradable*”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Kimia Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dosen pembimbing.

Sumber informasi yang saya peroleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-perundang yang berlaku.

Jakarta, 9 Agustus 2017

Siti sarifah

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya maka karya ilmiah ini berhasil diselesaikan oleh penulis. Jenis penelitian yang dipilih adalah penelitian Sains yang dilaksanakan sejak Januari 2017 dengan judul Pengaruh Perbandingan Pati Biji Sorgum (*Sorghum Bicolor (L.) Moench*) Dan *Poly Lactic Acid (Pla)* Terhadap Karakteristik Plastik *Biodegradable*.

Terimakasih penulis ucapkan kepada Dr. Yusmaniar, M.Si dan Ibu Dra. Zulmanelis, M.Si selaku dosen pembimbing I dan pembimbing II yang telah memberi masukan dan saran. Terimakasih pula saya ucapkan kepada pembimbing akademik ibu Prof. Dr. Erdawati, M.Sc yang telah membimbing penulis secara akademik selama kuliah di Program Studi Kimia UNJ serta seluruh dosen kimia. Tidak lupa terima kasih penulis ibu Dewi serta bapak Erizal telah membantu saya untuk mengkarakterisasi sampel di BATAN Lebak Bulus.

Ungkapan terima kasih disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan kasih sayangnya. Penulis juga mengucapkan terima kasih analisis dan teknis Laboratorium Kimia FMIPA UNJ serta teman-teman angkatan 2013 atas bantuan dan persahabatnya. Semoga skripsi ini bermanfaat.

Jakarta, 05 juli 2017

Siti Sarifah

ABSTRAK

SITI SARIFAH. Pengaruh Perbandingan Pati Biji Sorgum (*Sorghum Bicolor (L.) Moench*) Dan *Poly Lactic Acid* (PLA) Terhadap Karakteristik Plastik *Biodegradable*. Skripsi. Jakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Agustus. 2017.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Pati biji sorgum dan *Poly lactic acid* (PLA) terhadap karakteristik plastik yang dapat dilihat dari kekuatan tarik, ketahanan air, dan biodegradabilitasnya. Penelitian ini dilakukan dengan metode blending (menyampurkan) pati biji sorgum, PLA, gliserol, asam asetat, dan maleat anhidrat. Dari hasil analisis spektrum inframerah pada film plastik terlihat puncak didaerah 2250-2300 cm^{-1} yang menandakan adanya penyerapan karbon dioksida. Plastik ini memiliki ketahanan air optimum sebesar 92,76% pada perbandingan Pati 0,6g:PLA 2,6g. Hasil uji tarik optimum pada perbandingan pati 0,2g:PLA 3g dengan nilai 10,58 Mpa. Hasil uji biodegradasi optimum pada perbandingan pati 0,6g:PLA 2,6g sebesar 13,61%. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa biodegradasi dan ketahanan air mencapai optimal pada komposisi pati 0,6g:PLA 2,6g.

Kata kunci : Pati biji sorgum, PLA, gliserol, maleat anhidrat, plastik biodegradable

ABSTRACT

SITI SARIFAH. Effect of Sorghum Bicolor (L.) Moench) and Poly Lactic Acid (PLA) on Biodegradable Plastic Characteristics. Essay. Jakarta: Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Jakarta State University. August. 2017.

This study aims to determine the effect of Sorghum and Poly lactic acid (PLA) on the plastic characteristics that can be seen from tensile strength, water resistance, and biodegradability. This research was done by blending (mixing) starch of sorghum seed, PLA, glycerol, acetic acid, and maleic anhydride. From the results of infrared spectrum analysis on plastic films seen peaks in the area 2250-2300 cm⁻¹ which indicates the absorption of carbon dioxide. This plastic has an optimum water resistance of 92.76% in the ratio of Pati 0.6g: PLA 2.6g. The optimum tensile test results in a comparison of 0.2g starch: PLA 3g with a value of 10.58 Mpa. Optimum biodegradation test results in starch ratio of 0.6g: PLA 2.6g of 13.61%. Based on the result of the research, it can be concluded that biodegradation and water resistance reach optimal on starch composition 0,6g: PLA 2,6g.

Keywords: Seaweed starch, PLA, glycerol, maleic anhydrous, biodegraded plastic

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABELv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Plastik <i>Biodegradable</i>	6
C. <i>Poly Lactic Acid (PLA)</i>	12
D. Pati	14
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	17
B. Waktu dan Tempat	17
C. Metode Penelitian	17
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	22
A. Isolasi Tepung Pati Biji Sorgum	22
B. Pembuatan Film Plastik.....	22
C. Karakterisasi Sampel.....	24
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Sifat mekanik plastik sesuai SNI.....	4
Tabel 2 Sifat fisik poly lactic acid (PLA).....	8
Tabel 3 Ringkasan dari Gambar 6	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Struktur poly lactic acid.....	7
Gambar 2	Biji sorgum.....	10
Gambar 3	Struktur gliserol.....	12
Gambar 4	Spektrum FTIR tepung tapioka	15
Gambar 5	Bentuk Spesimen Uji Kekuatan Tarik.....	20
Gambar 6	Film plastik semua perbandingan.....	23
Gambar 7	Perbandingan spektrum FTIR pati, PLA, dan Film	25
Gambar 8	Spektrum FTIR PLA	26
Gambar 9	Spektrum FTIR biji sorgum	27
Gambar 10	Grafik pengaruh konsentrasi Pati:PLA terhadap ketahanan air	28
Gambar 11	Grafik Uji Tarik terhadap film plastik.....	29
Gambar 12	Grafik Uji Biodegradasi saat monitoring selama 14 hari.....	31
Gambar 13	Grafik Uji Biodegradasi terhadap film plastik selama 14hari.....	32
Gambar 14	Grafik Laju Degradasi film plastik.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bagan kerja	39
Lampiran 2 Data Uji Ketahanan Air.....	42
Lampiran 3 Data Uji Biodegradasi.....	43
Lampiran 4 Data Uji Tarik.....	44
Lampiran 5 Dokumentasi saat Uji tarik.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini pemanfaatan polimer telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan manusia. Sebagai contoh yang sering kita jumpai sehari-hari adalah plastik (Lindeman, 1971).

Plastik telah banyak digunakan secara besar-besaran untuk berbagai keperluan, seperti alat rumah tangga, alat-alat listrik, komponen kendaraan bermotor, mainan anak-anak dan masih banyak lagi. Penggunaan plastik ini akan terus meningkat dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk dan kemajuan teknologi. Hal ini disebabkan oleh banyaknya keunggulan plastik, diantaranya jauh lebih ringan dibandingkan gelas atau logam, transparan, tidak korosif, dan juga tidak mudah pecah.

Semakin meningkatnya penggunaan bahan plastik maka akan semakin besar sampah yang dihasilkan dan akan menimbulkan masalah untuk lingkungan sekitar tempat pembuangan sampah. Masalah yang ditimbulkan oleh sampah plastik adalah karena tidak hancurnya sampah plastik oleh mikroorganisme atau sifat non-biodegradasi plastik. Di Indonesia tercatat (Mintasih, 2015) timbunan sampah plastik mencapai 175.000 ton/hari atau setara dengan 64 juta ton/tahun.

Berbagai cara telah banyak ditempuh dalam penanggulangan limbah plastik seperti daur ulang dan pembakaran limbah plastik. Akan tetapi penggunaan plastik daur ulang dinilai tidak efisien karena prosesnya lebih sulit dan lebih memerlukan waktu yang lama dibandingkan membeli bahan baku plastik yang baru. Sedangkan pengolahan limbah plastik dengan cara pembakaran menghasilkan gas beracun bagi manusia dan meningkatkan pemanasan global.

Upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki pencemaran lingkungan karena sampah plastik konvensional yaitu membuat

biodegradable film untuk menggantikan plastik konvensional (Syarif, 1989). Oleh karena itu, plastik kemasan harus memenuhi syarat diantaranya tidak beracun, limbah yang dihasilkan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan, dapat melindungi pangan, dan berasal dari bahan alam.

Plastik biodegradable merupakan plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme. Plastik biodegradable dapat terdekomposisi 10 hingga 20 kali lebih cepat dibandingkan dengan plastik konvensional, dan plastik ini tidak menghasilkan senyawa berbahaya pada saat dibakar karena pada saat dibakar akan menghasilkan senyawa karbondioksida dan air (Krochta, 1994).

Produksi sorgum di Indonesia rata-rata produksi sorgum secara nasional sekitar 4.000–6.000 ton per tahun, sorgum memiliki kandungan karbohidrat yang baik. Menurut Suarni (2004), sorgum merupakan sereal sumber karbohidrat, dengan nilai gizi sekitar 83% karbohidrat, 3,50% lemak, dan 10% protein (basis kering).

Hasil penelitian sebelumnya membuktikan bahwa film biodegradable dari pati masih terdapat kelemahan antara lain mudah mengalami hidrasi, getas, dan mudah sobek. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan penambahan bahan polimer sintesis, plasticizer, dan compatibilizer (Nurul, 2015).

Penambahan *Poly Lactic Acid (PLA)* sebagai polimer tambahan (matriks). *Poly Lactic Acid (PLA)* termasuk kedalam golongan poliester alifatik yang dapat terdegradasi maupun teruraikan di dalam tanah. *Poly Lactic Acid (PLA)* merupakan bahan serbaguna yang 100 % dibuat dari bahan baku yang dapat didaur ulang seperti jagung, gula, gandum, dan bahan-bahan yang memiliki pati dalam jumlah banyak (Koesnandar, 2004). Penambahan *plastizier* berfungsi untuk meningkatkan sifat elastisitas dari plastik tersebut (Nurul Fitriani, 2015), selain itu juga penelitian ini menambahkan *compatibilizer* supaya film yang dibuat tidak kaku dan meningkatkan sifat mekanik dari plastik tersebut (Jian-Feng Zhang and Xiuzhi Sun, 2004).

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan sebagai berikut, maka dibuat suatu perumusan masalah yaitu “Bagaimana pengaruh perbandingan pati biji sorgum dan *Poly Lactic Acid* (PLA) terhadap karakteristik plastik *biodegradable* yang dapat dilihat dari uji kekuatan tarik, uji ketahanan air, dan uji biodegradasinya?”

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan film *biodegradable*, serta mengetahui pengaruh perbandingan pati dan PLA terhadap karakteristik plastik yang dapat dilihat dari kekuatan tarik, ketahanan air, dan biodegradasinya.

D. Manfaat Penelitian

1. Membantu mengurangi masalah penumpukan sampah plastik konvensional yang sulit terdegradasi.
2. Menambah pengetahuan masyarakat bahwa biji sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable*, serta dapat mengembangkan teknologi sintesis polimer dari bahan alam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Plastik Biodegradable

Plastik merupakan senyawa polimer sintetis dari hidrokarbon rantai pendek yang berasal dari minyak bumi, terbentuk dari polimerisasi monomer yang sama membentuk rantai panjang sehingga strukturnya menjadi kaku (Zheng *et al.*, 2005). Plastik terdiri dari molekul-molekul besar polimer yang memiliki ribuan gugus atom yang sama dan membentuk ikatan (Cooper, 1996). Plastik memiliki beberapa keunggulan seperti ringan, fleksibel, kuat, transparan, dan tahan air. Aplikasi plastik dalam kehidupan dapat digunakan dalam berbagai bentuk seperti film, serat, piring, tabung, botol, kotak atau kantong pembungkus.

Bahan baku plastik terdiri dari berbagai produk pertanian, mineral, dan bahan organik seperti : batu bara, gas alam, minyak bumi, batu kapur, silika, belerang. Serta ada bahan tambahan yaitu : zat pewarna, pelarut, pelumas (filler), plastiser, dan bahan pengisi. (Asyari daryus).

Plastik dapat dibentuk melalui pemanasan dan tekanan, tetapi menjadi tetap bentuknya setelah didinginkan (Cooper, 1996). Sifat-sifat plastik yang sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI (Darni, *et al.* 2010)

No.	Karakteristik	Nilai
1.	Kuat tarik (MPa)	24,7-302
2.	Persen elongasi (%)	21-220
3.	Hidrofobitas (%)	99

Plastik yang memiliki tingkat kestabilan tinggi dan ikatan karbon rantai panjang merupakan jenis plastik yang tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme. Sementara itu, benda-benda plastik yang sudah banyak diproduksi adalah plastik yang tidak dapat hancur oleh mikroorganisme. Hal

ini mengakibatkan pencemaran lingkungan oleh sampah plastik. Usaha mengatasi sampah plastik yang banyak diterapkan oleh masyarakat antara lain pembakaran, penimbunan dan daur ulang. Ketiga usaha tersebut masih berdampak negatif pada kehidupan manusia, sehingga diperlukan usaha lain untuk mengurangi jumlah sampah plastik tersebut (Parvin *et al.*, 2011).

Pengembangan bahan plastik *biodegradable* merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan akibat sampah plastik sintetik. Bahan plastik *biodegradable* menggunakan bahan alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources*), diantaranya yaitu selulosa, protein, dan karet alam (Flieger *et al.* 2003).

Biodegradable berasal dari kata *bio* dan *degradable*. *Bio* berarti hidup, sedangkan *degradable* berarti dapat diuraikan. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang digunakan seperti plastik sintetik, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menghasilkan air, gas karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan senyawa anorganik atau biomassa yang mekanismenya didominasi oleh reaksi enzimatik dari mikroorganisme (Seigel *et al.*, 2007).

Plastik *biodegradable* memiliki struktur molekul yang dapat terdegradasi secara biologis sehingga rentan terhadap kinerja mikroorganisme (Kitamoto *et al.*, 2011). Plastik *biodegradable* dibentuk dari bahan-bahan alam yang dapat diperbaharui dan mudah terdegradasi dibandingkan plastik sintetik yang dibuat dari bahan bakar fosil yang sulit diperbaharui (Selke, 2006).

Plastik *biodegradable* dapat terdegradasi oleh lingkungan tertentu misalnya tanah, kompos, atau lingkungan perairan (Seigel *et al.*, 2007). Degradasi dari bahan yang terbuat dari polimer plastik terjadi pada kondisi biotik yang dimediasi oleh aksi makroorganisme (fragmentasi) atau mikroorganisme (biodegradasi), sedangkan pada kondisi abiotik dimediasi oleh agen kimia atau fisika-kimia (Chiellini, 2001). Degradasi merupakan proses satu arah (*irreversible*) yang mengarah pada perubahan signifikan dari

suatu struktur material dengan cara kehilangan komponen, misalnya berat molekul dan disertai dengan pemecahan (*fragmentation*).

Plastik *biodegradable* adalah polimer yang terdegradasi di lingkungan oleh proses biotik dan abiotik dan akhirnya dihilangkan melalui asimilasi oleh organisme hidup agar tidak meninggalkan residu. Plastik *biodegradable* harus dapat terdegradasi menjadi fragmen yang tidak beracun di lingkungan atau terdegradasi secara biologis tanpa meninggalkan residu (Swift, 2001). Hasil dari mekanisme proses degradasi plastik akan dihasilkan gas CO₂, H₂O, CH₄ dan produk samping lainnya. Hasil degradasi plastik dapat digunakan sebagai makanan ternak atau pupuk kompos karena tidak menghasilkan senyawa kimia yang berbahaya (Huda dan Firdaus, 2007).

Bahan penyusun bioplastik ini berasal dari alam seperti pati dan selulosa sehingga mudah diuraikan kembali (Yuniarti *et al.*, 2014). Sifatnya yang dapat kembali ke alam, maka dikategorikan sebagai plastik yang ramah lingkungan (Firdaus dan Anwar, 2014).

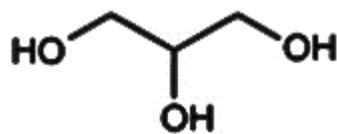
Berdasarkan bahan baku yang dipakai bioplastik dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok dengan bahan baku *petrokimia* dan kelompok dengan bahan baku produk tanaman atau produk pertanian seperti pati dan selulosa. Plastik yang tergradasi di alam dalam waktu yang singkat. Waktu hancurnya lebih singkat. Sebagai perbandingan, plastik tradisional membutuhkan waktu sekitar 50 tahun agar dapat terdekomposisi alam, sementara bioplastik dapat terdekomposisi 10 hingga 20 kali lebih cepat. Bioplastik yang terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya dan kualitas tanah akan meningkat dengan adanya plastik *biodegradable*, karena hasil penguraian mikroorganisme meningkatkan unsur hara dalam tanah.

Plasticizer dapat menurunkan gaya intermolekul dan meningkatkan fleksibilitas film dengan memperlebar ruang kosong molekul dan melemahkan ikatan hydrogen rantai polimer (Suppakul, 2006). Penggunaan *plasticizer* harus diminimalkan karena beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa *plasticizer* dapat meningkatkan permeabilitas uap air dan menurunkan sifat kohesi film yang mempengaruhi sifat mekanik film (Silva dkk, 2009).

Jenis *Plasticizer* yang paling umum digunakan pada pembuatan edible film adalah gliserol, sorbitol dan polietilen glikol. Karena sifatnya yang hidrofilik maka *plasticizer* ini cenderung banyak menyerap uap air (Suppakul, 2006; Laila, 2008).

Kadar *plasticizer* yang digunakan pada pembuatan plastik *biodegradable* dapat mempengaruhi kuat tarik lapisan plastik. Tekanan turun dan ketegangan meningkat secara signifikan seiring dengan kenaikan *plasticizer* dalam seluruh lapisan film (Cervera dkk., 2004). Ketika suatu *plasticizer* tidak bergabung dalam jaringan polimer, maka jarak antara rantai-rantai polimer semakin melebar. Karena pengaruh kuat tariknya, pergerakan dari rantai polimer berada pada *plasticizer*, sehingga terjadi penurunan suhu transisi gelas dari material-material rantai polimer dan terjadi penurunan kelenturan dari material-material itu (Suppakul, 2006).

Penelitian Bozdemir dan Tutas (2003) menunjukkan bahwa gliserol merupakan *plasticizer* dengan kemampuan menurunkan ikatan hidrogen antar polimer yang terbesar. Namun ikatan hidrogen antar polimer yang kuat akan membuat film yang terbentuk menjadi keras dan kurang fleksibel, dan begitu pula sebaliknya. Pada penelitian ini menggunakan *plasticizer* gliserol. Struktur gliserol seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Gliserol (Pagliaro *et al*, 2010)

Parameter yang dapat menentukan kualitas film plastik biodegradasi adalah sifat mekanik film plastik yang terdiri dari kekuatan tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan saat putus (*elongation to break*) dan elastisitas (elastik/young modulus) (Bertolini, 2010). Sifat mekanik bahan adalah sifat bahan ketika mendapatkan tekanan mekanik (*mechanical stress*). Sifat mekanik penting untuk desain karena fungsi dan kinerja produk tergantung pada daya tahan terhadap deformasi akibat tekanan (Huda, 2009). Sifat mekanik plastik terdiri dari kekuatan tarik (*tensile strength*), perpanjangan

saat putus (*elongation at break*) dan keelastisannya (McHugh and Krochta, 1994).

Tensile strength (MPa) adalah ukuran untuk kekuatan plastik secara spesifik, merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai plastik tetap bertahan sebelum putus/sobek (Krochta and Johnston, 1997). Pengukuran ini untuk mengetahui besarnya gaya yang diperlukan untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap luas area plastik. Kekuatan tarik (%) dipengaruhi oleh bahan pemplastis atau *plasticizer* yang ditambahkan dalam proses pembuatan plastik.

Persen pemanjangan saat putus merupakan perubahan panjang maksimum film sebelum terputus. Perpanjangan didefinisikan sebagai persentase perubahan panjang film pada saat film ditarik sampai putus. Kekuatan regang putus merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai plastik dapat tetap bertahan sebelum film putus atau robek. Pengukuran kekuatan regang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas film untuk merenggang atau memanjang.

Perbandingan antara kuat putus dan perpanjangan saat putus dikenal dengan modulus elastisitas. Modulus elastisitas bahan disebut *Modulus Young* (Krochta and Johnston, 1997). Standar Plastik Internasional besarnya kuat tarik untuk plastik *Poly Lactid Acid* (PLA) dari Jepang mencapai 2050 MPa dan plastik *Polycaprolactone* (PCL) dari Inggris mencapai 190 MPa, persentase pemanjangan (*elongasi*) untuk plastik *Poly Lactid Acid* (PLA) dari Jepang mencapai 9% dan plastik *Polycaprolactone* (PCL) dari Inggris mencapai >500 % (Aveorus, 2009 dalam Utomo *et al.*, 2013).

Karakteristik plastik yang akan dilakukan meliputi karakterisasi FT-IR, uji ketahanan air, sifat mekanik meliputi kekuatan tarik dan persen pemanjangan, dan uji biodegradasi.

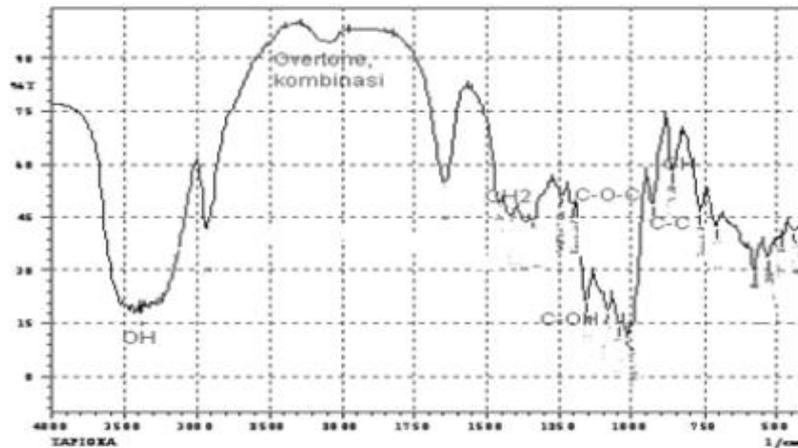
1. Karakterisasi Gugus Fungsi Pati, *Plasticizer* dan Plastik *Biodegradable*
Menggunakan FT-IR Karakterisasi gugus fungsi dapat dilakukan menggunakan FTIR (*Fourier Transform InfraRed*) merupakan metode

yang menggunakan spektroskopi inframerah. Gugus fungsi yang berbeda akan menyerap radiasi inframerah pada frekuensi tertentu.

Spektroskopi inframerah merupakan teknik yang sesuai untuk identifikasi secara kualitatif material melalui analisis gugus fungsi dengan melihat puncak serapan yang muncul dalam spektrum, selanjutnya puncak serapan dianalisis dan dibandingkan dengan tabel korelasi yang ada. Hasil dari analisa FT-IR berupa spektrum yang merupakan besarnya absorpsi molekul dan transmisi yang membentuk sidik jari molekul dari sampel. Spektrum inframerah berupa sidik jari dari suatu sampel menunjukkan puncak absorpsi yang sesuai dengan frekuensi dari getaran yang dihasilkan antara ikatan atom dari sampel.

Bila radiasi inframerah dilewatkan melalui suatu sampel, maka molekul-molekulnya dapat menyerap (mengabsorpsi) energy dan menyebabkan transisi diantara tingkat vibrasi (*ground state*) dan tingkat vibrasi tereksitasi (*excited state*). Energi yang terabsorpsi pada berbagai frekuensi dapat dideteksi oleh *spektrofotometer infrared*, yang memplot jumlah radiasi inframerah yang diteruskan melalui cuplikan sebagai fungsi frekuensi (atau panjang gelombang) radiasi. Radiasi inframerah yang digunakan untuk analisis instrumental adalah radiasi inframerah dalam rentang bilangan gelombang antara 4000 hingga 600 cm^{-1} .

Lindriati, *et al* (2014) melakukan penelitian terhadap gugus fungsi pada tepung pati tapioka menggunakan FTIR memberikan spektrum inframerah seperti yang ditampilkan pada gambar ... Pada penelitian itu pita serapan pada 3382,91 cm^{-1} mengidentifikasi vibrasi regangan OH. Adanya gugus CH pada tapioka ditunjukkan dengan terdapatnya pita serapan pada daerah 2931,6 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C-H alifatik. Selain itu, terdapat pita serapan yang mengidentifikasi ikatan C-O pada cincin anhidroglukosa pada bilangan gelombang 1157,21 cm^{-1} dan 1014,49 cm^{-1} .



Gambar 2. Spektrum inframerah pati tepung tapioka (Lindriati, et al., 2014)

2. Uji Ketahanan air

Uji ketahanan air dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer serta tingkatan atau keteraturan ikatan dalam polimer yang ditentukan melalui presentase penambahan berat polimer setelah mengalami pengembangan. Proses terdifusinya molekul pelarut kedalam polimer akan menghasilkan gel yang mengembang.

Sifat ketahanan plastik terhadap air ditentukan dengan analisis daya serap air (*water uptake*). Pada uji hasil yang diharapkan yaitu film plastik hanya sedikit menyerap air sehingga plastik yang dihasilkan masih kuat meskipun terkena air. Ketahanan terhadap air dihitung melalui persamaan berikut:

% ketahanan air dihitung menggunakan persamaan :

$$\% \text{ ketahanan} = \frac{W_o - \text{air yang diserap}}{W_o} \times 100\%$$

$$\text{Massa air yang diserap} = W_1 - W_o \text{ (gram)}$$

3. Tensile Strength (Kekuatan Tarik)

Kekuatan tarik (*tensile strength*) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum putus. Pengukuran *tensile strength* untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area film untuk

merenggang atau memanjang. Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jumlah plasticizer yang ditambahkan pada proses pembuatan film. Kuat tarik dapat diukur berdasarkan beban maksimum (F_{maks}) yang digunakan untuk mematahkan bahan dibagi dengan luas penampang awal (A_0).

4. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi film plastik dilakukan untuk mengetahui berapa lama film plastik dapat terurai oleh mikroorganisme. Data biodegradasi dapat digunakan untuk menunjukkan sifat bahan di lingkungan. Biodegradasi adalah proses alamiah yang dilakukan oleh mikroorganisme seperti jamur, bakteri dan alga yang berkombinasi dengan gas oksigen. Proses enzimatik mengarah pada degradasi alami secara kompleks dan pembentukan molekul organik kecil.

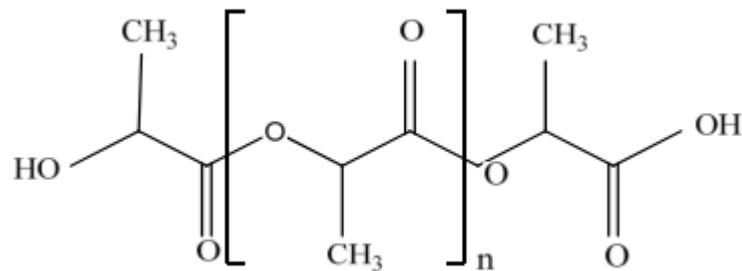
Salah satu metode pengujian biodegradasi adalah *soil burial test* (kontak langsung dengan media tanah). Metode tersebut sering digunakan dalam pengujian biodegradasi suatu bahan (Martelli, 2009). Plastik *biodegradable* melalui metode kontak langsung dengan tanah diartikan sebagai proses terdegradasi suatu film plastik oleh proses biologis untuk menghasilkan CO₂, air dan senyawa organik pada tingkat yang sesuai dan tidak meninggalkan residu yang beracun (Gautam, 2009).

B. Poly Lactic Acid (PLA)

Poli asam laktat atau *poly lactic acid (PLA)* merupakan suatu polimer biodegradable yang diperoleh dari asam laktat. PLA termasuk kedalam golongan poliester alifatik yang dapat terdegradasi maupun teruraikan di dalam tanah. PLA merupakan bahan serbaguna yang 100% dibuat dari bahan baku yang dapat di daur ulang seperti jagung, gula, gandum, dan bahan-bahan yang memiliki pati dalam jumlah banyak (Koesnandar, 2004).

PLA merupakan termoplastik biodegradabel yang disusun oleh monomer-monomer asam laktat. Melalui polimerisasi asam laktat akan dibentuk PLA yang merupakan bahan dasar plastik biodegradabel. PLA

bersifat biodegradable karena memiliki beberapa gugus hidroksil pada ujung rantainya. Selain itu juga PLA bersifat biokompatibel artinya polimer ini dapat diterima dalam tubuh tanpa menimbulkan efek berbahaya. Struktur PLA dapat dilihat pada Gambar 1, sementara sifat fisik dan mekanik PLA dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Struktur Poly Lactic acid (PLA), (Liu et al, 2004)

Berdasarkan sifat mekanik, *barrier*, fisik, dan kimia PLA mempunyai kombinasi yang cocok untuk digunakan sebagai bahan sekali pakai atau sebagai bahan pengemas makanan. PLA diharapkan dapat menggantikan plastik konvensional karena mempunyai emisi gas CO₂ lebih rendah sehingga dapat mengurangi pemanasan global (Widiarto, 2009).

Tabel 2. Sifat Fisik Poly Lactic Acid (PLA)

Kerapatan	1,25
Titik leleh	161°C
Kristalinitas	0-1%
Suhu peralihan kaca	61°C
Modulus	2050 Mpa
Regangan	9%
Biodegradasi	100
Permeabilitas air	172g/me
Tegangan permukaan	50mN.nm

Menurut Botelho (2004), kelebihan poli asam laktat dibandingkan dengan plastik yang terbuat dari minyak bumi adalah :

1. *Biodegradable*, artinya poli asam laktat dapat diuraikan secara alami di lingkungan oleh mikroorganisme.

2. *Biocompatible*, dimana pada kondisi normal, jenis plastik ini dapat diterima oleh sel atau jaringan biologi.
3. Dihasilkan dari bahan yang dapat diperbaharui (termasuk sisa industri) dan bukan dari minyak bumi.
4. 100% *recyclable* (dapat di daur ulang) melalui hidrolisis asam laktat dapat diperoleh dan digunakan kembali untuk aplikasi yang berbeda atau bisa digabungkan untuk menghasilkan produk lain.
5. Tidak menggunakan pelarut organik/bersifat racun dalam memproduksi poli asam laktat.
6. Dapat dibakar sempurna dan menghasilkan gas CO₂ dan air. Saat ini, PLA sudah digunakan untuk beragam aplikasi, diantaranya dibidang medis, kemasan dan tekstil. Dibidang medis, PLA sudah lama digunakan sebagai benang jahit pada saat operasi serta bahan pembungkus kapsul. Selain itu pada dasawarsa terakhir PLA juga dikembangkan dalam upaya perbaikan jaringan tubuh manusia. PLA juga telah dikembangkan untuk pembuatan kantong plastik (*retail bags*), kontainer, bahkan *edible film* untuk sayuran dan buah.

Bentuk film dan bentuk foam digunakan untuk pengemas daging, produk susu, atau roti. Dapat juga digunakan dalam bentuk botol dan cangkir sekali pakai untuk kemasan air, susu, jus dan minuman lainnya. Piring, mangkok, nampan, tas, film pertanian merupakan penggunaan lain dari jenis plastik ini. Selain itu, dibidang tekstil PLA juga telah diaplikasikan untuk pembuatan kaos dan tas. Di Jepang, PLA bahkan sudahn dikembangkan sebagai bahan dasar pembuatan *compact disc* (CD) oleh Sanyo (Saputro, 2012).

C. Pati

Pati merupakan polisakarida yang banyak ditemukan pada tanaman dan disimpan sebagai cadangan makanan bagi tumbuhtumbuhan. Polisakarida adalah senyawa yang molekul-molekulnya tersusun oleh banyak satuan monosakarida dengan ikatan glikosida (Fessenden, 1986). Pati

disimpan dalam bentuk granula dengan ukuran dan karakteristik yang spesifik untuk setiap spesies tanaman.

Pati adalah polimer alam dengan rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$. Secara alami, pati merupakan campuran dari amilosa dan amilopektin dimana keduanya merupakan suatu polimer dari α -D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan α -1,4 glikosida dan ikatan α -1,6 glikosida pada percabangan rantainya. Kandungan amilopektin dalam pati lebih tinggi dari amilosa dimana persentasenya berkisar antara 20-50% amilosa dan 70-80% amilopektin, bergantung pada jenis pati varietas tanaman, dan kesuburan tanah.

Berat molekul amilosa dari beberapa ribu hingga 500.000, begitu pula dengan amilopektin (Lehninger, 1982). Pati yang digunakan pada penelitian ini adalah pati dari biji sorgum.

Bahan baku bioplastik berasal dari senyawa-senyawa tanaman seperti pati, selulosa, dan lignin serta bahan-bahan dari hewan seperti; protein, kasein, lipid (Anonymous, 2006). Di Indonesia sendiri penggunaan pati sebagai bahan baku untuk sintesa bioplastik mempunyai potensi besar, karena di Indonesia banyak tumbuh tanaman-tanaman penghasil pati, salah satunya adalah sorgum. Sorgum merupakan salah satu alternatif sumber pati yang cukup potensial di Indonesia. Kandungan pati dalam sorgum mencapai 80,42% (Suarni, 2004).

Pemanfaatan sorgum di Indonesia saat ini sebagian besar hanya sebagai pakan ternak, karena masih bermasalah dengan tingginya kandungan tannin dalam sorgum, yaitu 0,40 - 3,60% (Sirappa, 2003). Selain itu, tanaman sorgum toleran terhadap kekeringan dan genangan air, dengan berproduksi pada lahan marginal, serta relatif tahan terhadap gangguan hama (Suarni, 2004). Berdasarkan hal tersebut dapat dijamin ketersediaan sorgum sepanjang tahun untuk menjaga kesinambungan bahan baku, jika nantinya akan diterapkan untuk skala komersial.

Untuk peningkatan nilai ekonomis sorgum, maka perlu dilakukan kajian pembuatan bioplastik dari pati sorgum. Sintesis bioplastik memerlukan penambahan bahan pendukung lainnya seperti *plasticizer* dan biopolymer

untuk perbaikan sifat fisik, sifat mekanik dan penyerapan bioplastik terhadap air (Kargarzadeh, dkk., 2012). Klasifikasi biji sorgum sebagai berikut:



Gambar 4. Biji Sorgum

- a. Kingdom/Kerajaan : Plantae/ Plants
- b. Sub kingdom/Sub kerajaan : Tracheobionta/ Vascular Plants
- c. Super division/Super divisi : Spermatophyta/ Seed Plants
- d. Division/Divisi : Magnoliophyta/ Flowering Plants
- e. Classis/Kelas : Liliopsida/ Monocotyledons
- f. Sub classis/Sub Kelas : Commelinidae
- g. Ordo/Bangsa : Cyperales
- h. Familia/Suku : Poaceae (Gramineae)/ Grass Family
- i. Genus/Marga : Sorghum Moench/ Sorghum
- j. Species (Jenis/spesies) : Sorghum bicolor (L.) Moench
- k. Binomial Name>Nama Latin>Nama Ilmiah : Sorghum bicolor (L.) Moench
- l. International Name>Nama Inggris : Sorghum
- m. Nama Daerah : Jagung cantel/Biji cantel

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Jakarta. Waktu penelitian dimulai dari bulan Januari 2017-Juni 2017.

B. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan merupakan metode eksperimental, yang meliputi : Isolasi tepung pati biji sorgum, pembuatan film biodegradable dengan mencampurkan pati biji sorgum, *Poly Lactic Acid* (PLA), maleat anhidrat, serta penambahan plasticizer gliserol dan mengarakterisasi film biodegradable yang dihasilkan meliputi analisis gugus fungsi menggunakan FTIR, uji ketahanan air, sifat mekanik, serta uji biodegradasi didalam tanah.

1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu antara lain: Spatula, pengaduk kaca, gelas kimia, *magnetic stirrer*, *thermometer alkohol*, blender, ayakan 150 mesh, cetakan yang dibuat dari fiber, kertas saring, labu ukur, gelas ukur, pipet tetes, lumpang alu, pipet volumetri 1mL.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji sorgum dari Cirebon, aquadest, gliserol p.a, asam asetat glasial, NaOH teknis, PLA (*Poly lactic Acid*) p.a, maleat anhidrat p.a, kloroform p.a.

2. Prosedur

a. Isolasi tepung biji sorgum

Penelitian ini diawali dengan tahap isolasi tepung pati biji sorgum. Tahapannya yaitu pencucian, perendaman menggunakan NaOH, pengeringan dan penyaringan.

Sebanyak 500 gram biji sorgum dicuci bersih dengan air, biji sorgum yang telah bersih direndam dengan NaOH (0,25% w/v) selama 24 jam pada suhu 5^oc, kemudian dibilas dengan aquadest. Biji sorgum ditambahkan air dengan perbandingan 1:1 kemudian diblender sampai menjadi bubur, bubur biji sorgum disaring menggunakan kain katun, residu yang tertahan dikain lalu dibilas dengan aquadest, kemudian filtrat didiamkan selama 24 jam hingga menghasilkan endapan putih. Endapan putih didekantasi, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40^oc selama 24 jam. Serbuk pati dihaluskan dengan lumpang alu, kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran 150 mesh.

b. Pengenceran larutan asam asetat 0,5M

Dilakukan dengan cara memasukan asam asetat 96% sebanyak 2,98mL ke dalam labu ukur 100mL dan ditambahkan aquadest sampai tanda batas.

c. Pembuatan plastik

Pembuatan plastik dilakukan dengan menyampurkan pati biji sorgum, *Poly Lactic Acid (PLA)* dengan variasi 0,2:3 ; 0,4:2,8 ; 0,6:2,6 ; 0,8:2,4 dan 1:2,2, asam asetat, gliserol, dan maleat anhidrat. Perbandingan ini mengacu pada referensi (Susilawati, 2011). Dengan langkah sebagai berikut: Gelas A yang berisi pati biji sorgum, 10 gram asam asetat 0,5M, dan 4 gram gliserol dipanaskan pada suhu 80^oc sambil di strirer pada kecepatan 500 rpm. Sedangkan pada gelas B yang berisi PLA dilarutkan dengan kloroform sambil dipanaskan pada suhu 40^oc dan di strirer pada kecepatan 500 rpm. Setelah menjadi larutan kental ditambahkan maleat anhidrat. Selanjutnya, ketika keduanya sudah menjadi larutan kental. Campuran pada gelas A dicampurkan ke gelas B. Gelas B masih dalam keadaan dipanaskan dan distrier sampai semuanya tercampur lalu dicetak dan didiamkan pada suhu ruang hingga kering. Plastik dilepaskan dari

cetakan dengan cara mengangkat lembaran tipis dari salah satu sisi ke arah horizontal secara perlahan hingga semuanya terlepas.

d. Karakterisasi plastik biodegradable

Karakterisasi plastik biodegradable dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat yang dimiliki oleh plastik hasil sintesis dengan menggunakan berbagai instrument kimia. Sifat-sifat yang diamati antara lain:

1. Analisis gugus fungsi menggunakan FTIR

Analisis gugus fungsi menggunakan FTIR dilakukan untuk pati dan plastik. Sampel yang berbentuk serbuk diambil menggunakan spatula, sedangkan yang berupa plastik dipotong sedikit kemudian dicampur dengan serbuk KBr. Sampel dianalisa pada panjang gelombang antara $4000-515\text{ cm}^{-1}$ menggunakan FTIR hingga menghasilkan spektrum IR. Alat FTIR yang digunakan merk SHIMADZU Irrestige-21.

2. Uji ketahanan air

Uji ketahanan air pada plastik *biodegradable* dilakukan dengan analisis daya serap air (water uptake) yaitu plastik dipotong menjadi ukuran $2 \times 2\text{ cm}$, massa plastik ditimbang sebagai W_0 , kemudian dimasukkan kedalam gelas kimia yang berisi 50mL aquadest pada suhu kamar. Setelah 10 detik potongan plastik diambil dan meghilangkan sisa airnya dengan kertas hisap, kemudian ditimbang massa plastik sebagai W_1 . Plastik direndam kembali dan diangkat setiap 10 detik. Perendaman dilakukan hingga diperoleh berat yang konstan.

Air yang terserap dihitung menggunakan persamaan :

$$\% \text{ ketahanan air} = \frac{W_0 - \text{air yang diserap}}{W_0} \times 100\%$$

$$\text{Masa air yang diserap} = W_1 - W_0$$

Dimana,

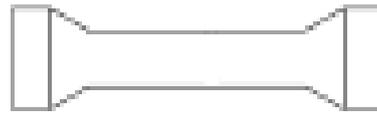
W_0 = Berat sampel kering

W_1 = Berat sampel setelah direndam didalam air

3. Uji kuat tarik dan presentase pemanjangan

Sampel diuji menggunakan alat *tensile strength strograph* sesuai dengan ASTM (American Standard Testing Method) d1882 untuk pengukuran kekuatan tarik bio-plastik.

Pengujian kuat tarik dilakukan dengan cara mengaitkan ujung-ujung spesimen plastik yang berukuran 6X2 cm seperti berikut:



Gambar 5. Bentuk Spesimen Uji Kekuatan Tarik

4. Uji biodegradasi

Biodegradasi ada proses alamiah yang dilakukan oleh mikroorganisme seperti jamur dan bakteri serta dipengaruhi dengan adanya oksigen. Uji biodegradasi plastik dilakukan untuk mengetahui seberapa lama plastik dapat terurai dengan mikroorganisme. Metode yang digunakan yaitu penguburan atau pemendaman (*soil burial test*). Plastik ditanam didalam tanah berukuran 5X8 cm² dengan kedalaman 2cm. Sampel plastik yang berukuran 2X5 cm² dengan bervariasi pati dan PLA ditimbang massanya sebagai W_0 , kemudian ditanam dalam tanah. Masing-masing plastik ditanam ditempat yang berbeda dengan jarak 3 cm, dan diberi nama sesuai dengan komposisi sampel plastik. Plastik yang sudah ditanam dalam tanah dilakukan monitoring dalam dua hari sekali, hingga 14

hari lalu massanya ditimbang sebagai W_1, W_2 , dst. Untuk mengetahui pola terdegradasinya plastik, mengetahui mulai hari beberapa film terdegradasi, dan mengetahui jumlah persen plastik yang terdegradasi.

Perhitungan yang dilakukan yaitu :

$$\% \text{ kehilangan hari ke-2} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ kehilangan hari ke-4} = \frac{W_0 - W_2}{W_0} \times 100\%$$

Begitu pula untuk hari-hari berikutnya.

Dimana:

W_0 = Berat sampel sebelum penguburan

W_1 = Berat sampel setelah penguburan dua hari

W_2 = Berat sampel setelah penguburan empat hari, W_3

dst

Waktu yang digunakan untuk biodegradasi uji biodegradasi adalah 14 hari, maka perhitungan laju degradasi menggunakan persamaan:

$$\text{Laju degradasi} = \frac{W_0 - W_7}{14 \text{ hari}} \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}$$

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Isolasi tepung pati biji sorgum

Penelitian ini diawali dengan isolasi pati yang terdapat dalam biji sorgum. Setelah diproses, diperoleh hasil ekstraksi pati biji sorgum berupa tepung pati yang halus dan berwarna putih. Tepung pati yang di peroleh sebanyak 39,68 gram dari 500 gram biji sorgum dan dihasilkan nilai rendemenen sebesar 7,94%.

B. Pembuatan produk

Plastik ini dibuat dengan mencampuran pati biji sorgum, *plasticizer* gliserol, dan asam asetat 0,5M. Penambahan gliserol bertujuan untuk meningkatkan sifat elastis film plastik. Selain penambahan bahan tersebut, ada penambahan bahan polimer sintesis yaitu PLA (Poli asam laktat) dan Maleat Anhidrat yang sebagai *compatibilizer*.

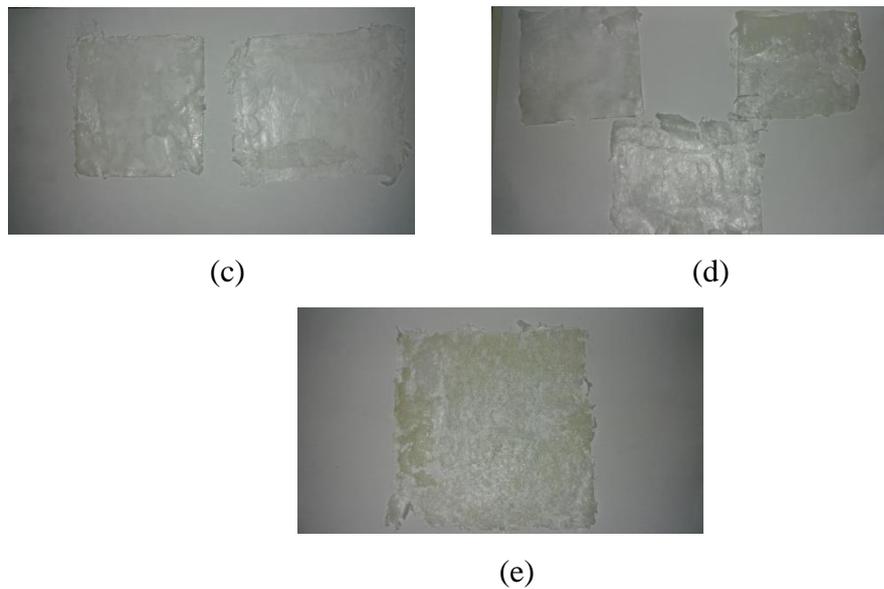
Penelitian ini membandingkan variasi komposisi yaitu pati dan PLA agar mengetahui pengaruh perbandingan pati:PLA terhadap karakteristik plastik *biodegradable*. Dari variasi perbandingan yang dihasilkan plastik yang memiliki kerataan yang berbeda. Plastik yang diperoleh berupa lembaran tipis transparan dan tidak berwarna.



(a)



(b)



Gambar 6. Film plastik variasi Pati dan PLA (a) 0,2:3 (b) 0,4:2,8 (c) 0,6:2,6 (d) 0,8:2,4 (e) 1:2,2

Tabel 3. Ringkasan dari gambar 6

Sampel (Pati:PLA)	Gambar	Keterangan	
		Kerataan	Warna
0,2:3 gram	A	Lebih rata dari B	Putih transparan
0,4:2,8 gram	B	Lebih rata dari C	Putih transparan
0,6:2,6 gram	C	Lebih rata dari D	Putih transparan
0,8:2,4 gram	D	Lebih membentuk jaringan dari E	Putih transparan
1:2,2 gram	E	Tidak rata dan tidak membentuk jaringan	Putih transparan

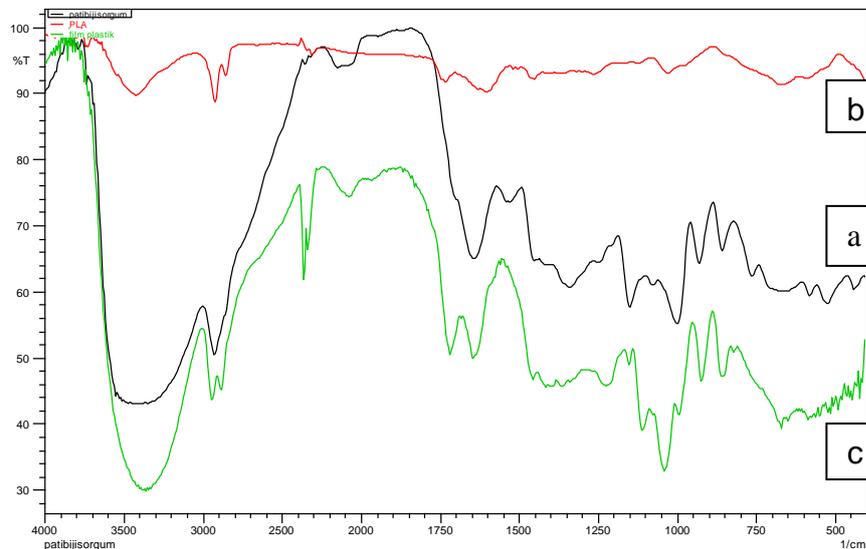
Pengaruh konsentrasi pati dan PLA terhadap kerataan plastik dapat dilihat pada tabel 3. Penambahan konsentrasi PLA pada pembuatan plastik biodegradable menyebabkan lebih rata permukaannya film plastik yang gambar (a). Jika konsentrasi pati yang digunakan lebih banyak, maka permukaan akan semakin tidak rata karena tidak terjadi jaringan yang kuat dan getas.

C. Karakterisasi Produk

Hasil perbandingan pati dan PLA akan dikarakterisasi dengan FTIR, uji ketahanan air, uji kuat tarik dan uji persen pemanjangan, serta uji biodegradasi.

1. Analisa gugus fungsi menggunakan FT-IR

Analisa gugus fungsi dilakukan pada tiga bahan. Bahan pertama adalah plastik, bahan kedua adalah PLA, yang ketiga adalah tepung pati biji sorgum yang di dapatkan dari hasil isolasi. Hasil analisa FT-IR film plastik dapat digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan gugus fungsi atau terbentuknya senyawa baru. Hasil spektrum IR film plastik terlihat pada gambar 7.



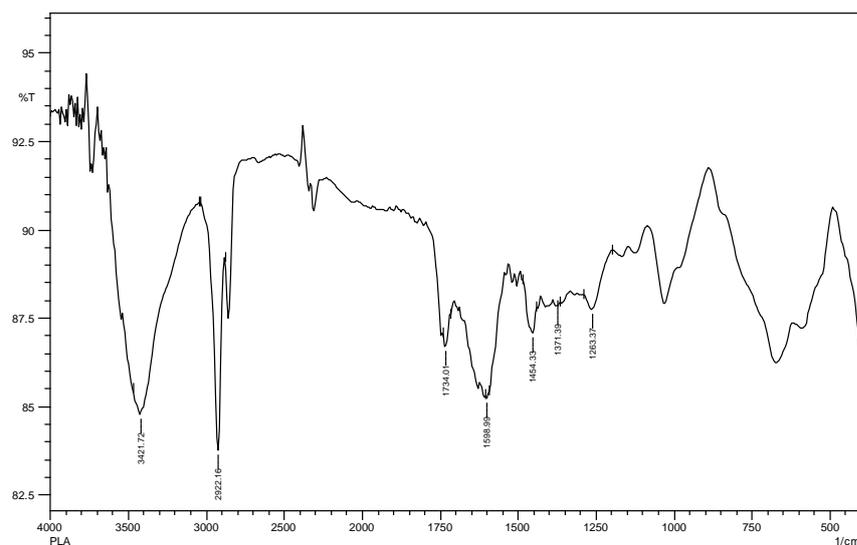
Gambar 7. Perbandingan spektrum FTIR

(a) Pati, (b) PLA, dan (c) Film Plastik

Pengaruh penambahan pati dan PLA terhadap plastik pada spektrum FTIR seperti gambar 7. Penambahan PLA memberikan pengaruh

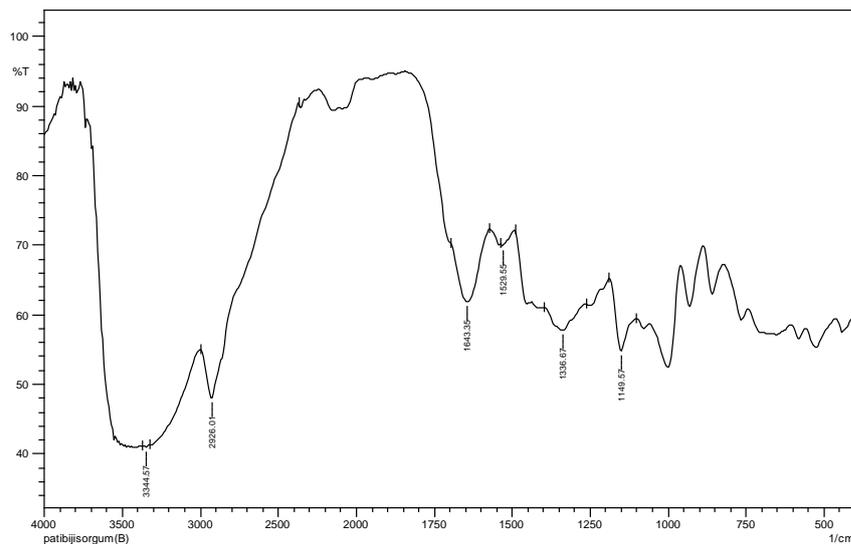
pada munculnya pita serapan dibilangan gelombang yang berada di 3000-3500 cm^{-1} yang mengidentifikasi adanya gugus OH. Hal ini dipengaruhi oleh adanya interaksi ikatan hidrogen pada gugus OH yang menyebabkan kekuatan ikatan semakin kuat.

Spektrum pada (gambar 7.a) memberikan pita serapan yang lebih lebar dan berada pada bilangan gelombang yaitu 3344,57 cm^{-1} dan PLA (gambar 7.b) pada 3421 cm^{-1} , sedangkan pada film plastik (gambar 7.c) menunjukkan pita serapan OH yang lebih tajam dibandingkan pita serapan pada pati dan PLA. Hal ini dipengaruhi tambah banyaknya OH yang diserap karena spektrum pati dan PLA sebelumnya terdapat gugus OH. Pada gambar 7.c menunjukkan adanya pita serapan C-H alifatik (doublet) pada panjang gelombang 2992 cm^{-1} , pita serapan C=O pada panjang gelombang 1734 cm^{-1} , dan ada pita serapan CH_3 pada panjang gelombang 1454 cm^{-1} pengaruh dari penambahan PLA dan dari Gambar 7.c terlihat yang puncak yang muncul didaerah 2250-2300 cm^{-1} yang menandakan adanya penyerapan karbon dioksida. (<http://www2.ups.edu/faculty/hanson/Spectroscopy/IR/IRInterpretation.htm>).



Gambar 8. Spektrum FT-IR (PLA) Poli Asam Laktat

Pita penyerapan karakteristik berpusat pada puncak penyerapan vibrasi peregangan C = O yang ditemukan pada daerah 1700 cm⁻¹, -CH- pada daerah 1454 cm⁻¹ dan 1371 cm⁻¹, dan penyerapan vibrasi -CO- ditemukan pada 1188 cm⁻¹.



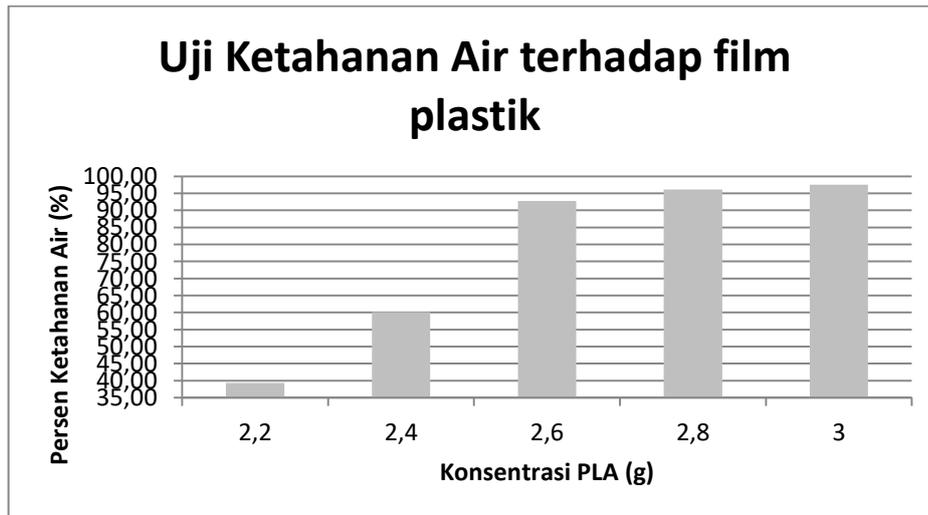
Gambar 9. Spektrum FTIR pati biji sorgum

Spektrum IR dari pati biji sorgum menunjukkan gugus fungsi yang khas sebagai senyawa pati. Spektrum IR senyawa pati ditunjukkan dengan adanya regangan gugus OH (hidroksil) pada bilangan gelombang 3344,57 cm⁻¹ dengan pita serapan yang lebar, regangan ikatan C-H alifatik pada bilangan gelombang 2926,01 cm⁻¹. Adanya pita serapan pada bilangan gelombang 1149,57 cm⁻¹ mengidentifikasi regangan C-O dari ikatan C-O-H. Sedangkan pita serapan pada bilangan gelombang 1000an cm⁻¹ menunjukkan regangan C-O dari ikatan C-O-C dalam cincin anhidroglukosa.

Berdasarkan analisis spektrum IR, dapat disimpulkan bahwa sampel yang dianalisis memiliki gugus -OH, ikatan C-H, ikatan C-O-H, dan ikatan C-O-C dalam cincin anhidroglukosa. Gugus-gugus fungsi yang ditampilkan pada spektrum IR menunjukkan gugus fungsi yang terdapat pada molekul pati.

2. Uji ketahanan air (Uji hidrofobisitas)

Sifat ketahanan plastik terhadap air ditentukan dengan analisis daya serap air (*water uptake*) sesuai standar ASTM D570-98. Hasil uji yang sesuai adalah film plastik tahan air atau sedikit menyerap air sehingga film plastik kuat walaupun terkena dengan air. Hasil uji daya serap air sampel dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik pengaruh konsentrasi Pati:PLA terhadap ketahanan air

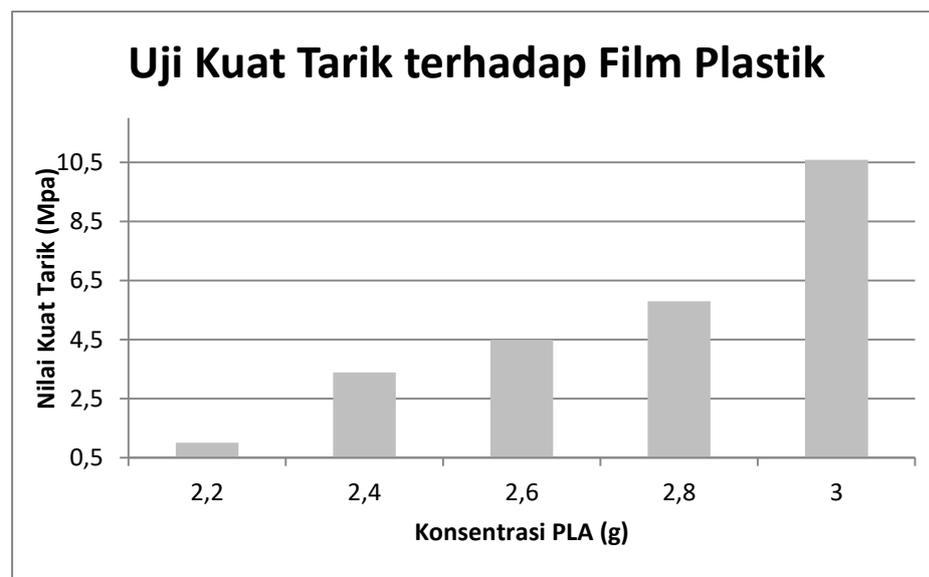
Konsentrasi pati:PLA mempengaruhi ketahanan air, seperti yang ditunjukkan pada gambar 10 dimana penambahan konsentrasi PLA yang digunakan menyebabkan ketahanan air semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh plastik yang mengandung PLA lebih banyak akan lebih sedikit menyerap air karena sifatnya yang hidrofobik. Dari gambar 10, film plastik dengan perbandingan pati:PLA yaitu 0,2:3 g memiliki ketahanan air yang tinggi dibandingkan film plastik dengan perbandingan yang lainnya.

Dapat disimpulkan bahwa plastik dengan perbandingan pati:PLA ialah 0,2:3g memberikan ketahanan air sebesar 97,52%, sedangkan plastik dengan perbandingan 1:2,2g memberikan nilai ketahanan air yang terendah ialah sebesar 39,33%. Dilihat dari data yang dihasilkan bahwa kondisi optimum pada perbandingan pati 0,6g:PLA 2,6g karena setelah perbandingan itu kenaikan persen ketahanan air tidak terlalu signifikan atau cenderung konstan.

3. Uji kekuatan tarik dan Persen pemanjangan

Pengujian sifat mekanik film plastik dilakukan dengan menggunakan alat uji tarik Strograph dengan ASTM-1882. Informasi yang didapat dari kurva tahanan-regangan (stress-strain) yaitu kekuatan tarik (tensile strength) dan pemanjangan (elongation).

Sifat mekanik suatu material dipengaruhi oleh besarnya komponen yang terkandung dari material tersebut. Plastik yang memiliki komponen pati, PLA, gliserol memiliki peran untuk mempengaruhi sifat mekanik plastik. Gliserol berfungsi untuk plastizier memberikan sifat elastis pada plastik. Hasil uji sifat mekanik dapat dilihat pada gambar 11 untuk grafik kekuatan tarik (tensile strength) yang diperoleh dari film plastik.



Gambar 11. Grafik Pengaruh Perbandingan pati:PLA terhadap nilai kekuatan tarik (tensile strength)

Berdasarkan hasil uji kekuatan tarik seperti pada Gambar 11, perbandingan konsentrasi pati:PLA mempengaruhi nilai kekuatan tarik, semakin banyak pati yang digunakan dalam film plastik maka nilai kuat tariknya semakin kecil. Pada film plastik yang mengandung pati 0,2g:PLA 3g menunjukkan nilai kuat tarik yang paling besar dari perbandingan yang lain karena semakin banyak PLA yang digunakan akan membuat permukaan film plastik lebih rata. Serta kerataan suatu sampel juga dapat

mempengaruhi kuat tariknya, jika sampel tidak begitu rata pasti akan mudah robek seperti film plastik dengan perbandingan pati 1g:PLA 2,2g.

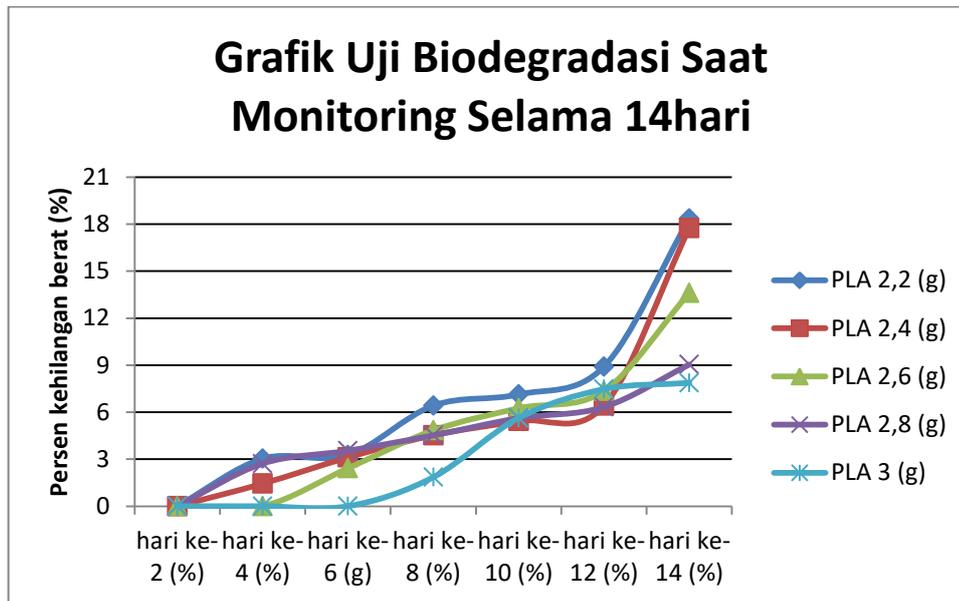
Berdasarkan data uji kuat tarik, penyusun pati 1g:PLA 2,2g diperoleh nilai kuat tarik sebesar 1,01 Mpa dan plastik dengan penyusun pati 0,2g:PLA 3g nilai kuat tariknya ialah 10,58 Mpa. Nilai kuat tarik yang optimum yaitu perbandingan pati 0,2g:PLA 3g dan kondisi optimum dari hasil uji kekuatan tarik yaitu pada perbandingan pati 0,2g:PLA 3g ditandai dengan semakin besar PLA yang digunakan maka semakin besar pula peningkatan nilai kuat tariknya.

Persen pemanjangan merupakan keadaan saat plastik patah setelah mengalami perubahan ukuran panjang dari ukuran yang sebenarnya pada saat mengalami peregangan. Sifat ini mengindikasikan kemampuan plastik dalam menahan beban sebelum film plastik putus/patah. Pada penelitian ini, persen pemanjangannya menunjukkan 0%. Hal ini dikarenakan peranan gliserol tidak berfungsi sebagai *plastizier*. Ketika suatu plasticizer tidak bergabung dalam jaringan polimer, maka jarak antara rantai-rantai polimer semakin melebar. Karena pengaruh kuat tariknya, pergerakan dari rantai polimer berada pada plasticizer plastik, sehingga terjadi penurunan suhu transisi gelas dari material-material rantai polimer dan terjadi penurunan kelenturan dari material-material itu (Suppakul, 2006).

4. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan untuk mengetahui lamanya waktu yang diperlukan film plastik supaya terurai dalam tanah. Metode yang dilakukan yaitu soil burial test, uji kontak langsung film plastik tanah dengan cara ditanam dalam tanah.

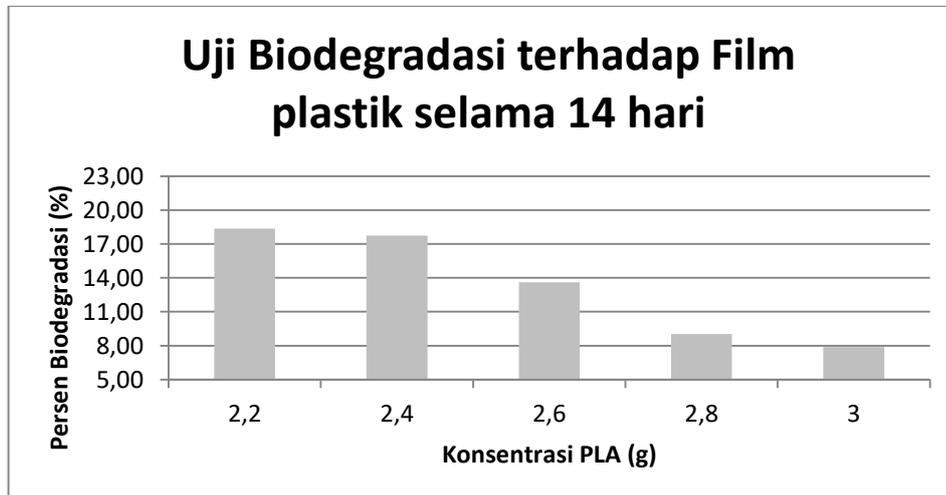
Pada penelitian ini juga dimonitoring kehilangan beratnya pada dua hari sekali, adapun data yang didapat sebagai berikut :



Gambar 12. Grafik Uji Biodegradasi Saat Monitoring Selama 14 hari

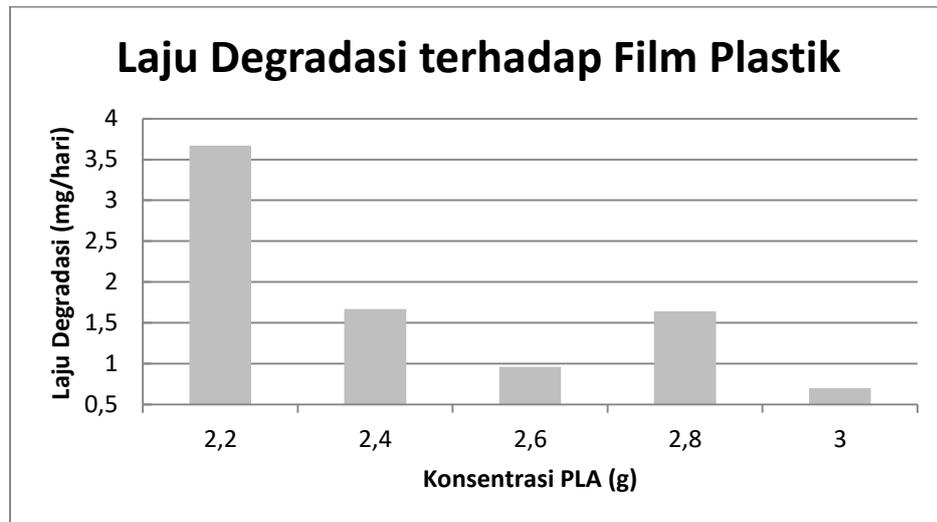
Terlihat dari gambar 12, pola kehilangan berat pada saat monitoring dilakukan dua hari sekali. Pada sampel pati 0,2:PLA 3 gram mulai terdegradasi pada hari ke 8, dan massa yang terdegradasi yaitu sebesar 1,85% dari berat awal. Pada sampel pati 0,4:PLA 2,8 gram mulai terdegradasi pada hari ke 4 dengan persen massa yang hilang sebesar 2,72% dari berat awal. Pada sampel pati 0,6:PLA 2,6 gram terdegradasi mulai dari hari ke 6 dengan persen massa yang hilang yaitu sebanyak 2,42% dari berat awal. Pada sampel pati 0,8:PLA 2,4 gram, hari ke 4 sudah mulai terdegradasi dengan persen kehilangan berat sebanyak 1,44% dari massa awal. Sedangkan pada sampel pati 1:PLA 2,2 gram sudah mulai terdegradasi dari hari ke 4 dengan persen masa yang hilang sebesar 3,03% dari berat awal. Hari selanjutnya dapat dilihat pada lampiran data yang sudah dicantumkan. Dari data yang diperoleh, maka bisa disimpulkan pada hari ke-12 bahwa persen kehilangan berat mengalami peningkatan yang cukup signifikan, kecuali untuk perbandingan pati 0,2g:PLA 3g. Hal ini diduga mikroorganisme lebih suka mengabiskan plastik yang lebih banyak komposisi patinya. Dari data ini juga bisa mengetahui persen massa yang hilang selama 14 hari.

Banyaknya massa yang hilang (%) hasil uji biodegradasi dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Grafik pengaruh konsentrasi pati:PLA terhadap hasil uji biodegradasi selama 14 hari.

Berdasarkan Gambar 13. Konsentrasi pati:PLA yang digunakan mempengaruhi biodegradasi plastik. Pada plastik yang mengandung pati 1g:PLA 2,2g lebih mudah terdegradasi dari plastik yang mengandung pati 0,2g:PLA 3g. Hal ini dikarenakan konsentrasi pati yang semakin besar akan semakin banyak juga yang terdegradasi. Sedangkan plastik yang mengandung PLA 3g:pati 0,2g lebih sedikit terdegradasi karena konsentrasi PLA yang semakin banyak akan semakin sedikit plastik yang terdegradasi di tanah. Jadi dapat disimpulkan dari grafik tersebut, semakin banyak pati yang digunakan maka semakin banyak pula plastik yang terdegradasi. Kedua bahan tersebut berpotensi untuk terdegradasi dalam waktu yang singkat dibandingkan dengan plastik yang berbahan petroleum atau minyak bumi. Dari hasil uji biodegradasi dapat disimpulkan keadaan yang optimum ialah pada variasi pati 0,6g:PLA 2,6g serta ditinjau dari grafik uji ketahanan airnya. Dari hasil persen biodegradasi selama 14 hari, maka didapat juga data laju degradasi plastik. Datanya adalah sebagai berikut :



Gambar 14. Grafik laju degradasi plastik

Gambar 14, variasi konsentrasi pati: PLA tidak memberikan pengaruh nyata pada laju degradasi film. Pada variasi pati 0,2g:PLA 3g memiliki laju degradasi sebesar 0,70 mg/hari, pada konsentrasi pati 0,4g:PLA 2,8g yaitu sebesar 1,64 mg/hari, konsentrasi pati 0,6g:PLA 2,6g adalah sebesar 0,96 mg/ hari, dan konsentrasi pati 0,8g:PLA 2,4g ialah 1,67 mg/hari, serta pada konsentrasi pati 1g:PLA 2,2g sebesar 3,67 mg/hari.

Plastik *biodegradable* ini memiliki komponen penyusun yang memang mudah terdegradasi secara alami, adanya bantuan dari mikroorganisme dan makroorganisme didalam tanah sehingga akan mempercepat laju degradasi plastik. Banyaknya komponen penyusun, ikut mempengaruhi lamanya plastik untuk terdegradasi, semakin kecil masa penyusunnya maka semakin cepat plastik untuk terdegradasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan film plastik biodegradable dapat disintesis dari pati biji, sorgum, PLA, gliserol, dan maleat anhidrat dengan metode blending menghasilkan film plastik yang transparan. Dari film yang dihasilkan memiliki sifat sebagai berikut:

1. Film plastik yang dihasilkan berdasarkan uji ketahanan air yang optimum diperbandingkan pati 0,6:PLA 2,6 gram dengan nilai ketahanan air sebesar 92,76%. Berdasarkan uji biodegradasi hasil yang optimum juga pada perbandingan pati 0,6:PLA 2,6 gram dengan nilai 13,61%
2. Selain itu hasil uji kuat tarik optimum diperbandingkan pati 0,2g:PLA 3 gram dengan nilai kuat tarik 10,58 Mpa.

B. SARAN

1. Perlu penelitian lebih lanjut untuk plasticizer yang mampu bergabung membentuk sebuah jaringan polimer dengan campuran pati biji sorgum, PLA, asam asetat, dan maleat anhidrat yang ditandai dengan nilai persen pemanjangannya dapat ternilai.
2. Perlu penelitian lanjut terhadap pelarut PLA yang digunakan.
3. Perlu dilakukan uji biodegradable lebih lanjut dengan menggunakan mikroorganisme yang spesifik untuk mengetahui ketahanan film plastik terhadap pengurai.

DAFTAR PUSTAKA

- Chiellini, E. 2001. *Environmentally Degradable Polymers and Plastics (EDPs)- An Overview*. Italy: University of Pisa.
- Cooper, Chirtopher. 1996. *Jendela Iptek Seri 4: Materi*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Fessenden & Fessenden. 1986. *Kimia Organik 2*. Jakarta: Erlangga.
- Flieger, M., M. Kantorova., A. Prell., T. Rezanka., J. Votruba. 2003. *Biodegradable Plastics from Renewable Sources. Folia Microbiol Journal*, 48 (1): 27-44.
- Gautam, S.P. 2009. *Biodegradable Plastics-Imact on Environment*. http://www.cpcb.nic.in/upload/Newitem_150_PlasticsWaste. Diakses tanggal 17 Maret 2017 pukul 23.10 WIB.
- Intan, Maharani K. 2012. *Pati, Bahan Dasar untuk Membuat Plastik*. <http://www.kompasiana.com/post/read>. diakses tanggal 6 Febuari 2017 pukul 20.09 WIB.
- John, Maya J., Thomas, Sabu. 2012. *Natural Polymer, Volume 2: Nanocomposites*. United Kingdom: The Royal Society of Chemistry.
- Kargarzadeh, H., Ahmad, I., Abdullah, I., Dufresne, A., Zainuddin, A.Y., Sheltami, R.M. (2012) Effect of hydrolysis conditions on the morphology, crystallinity, and thermal stability of cellulose nanocrystals extracted from kenaf bast fibers, *Cellulose*, 19, 855-866.
- Kitamoto, H.K., Y. Shinozaki., X. Cao., T. Morita., M. Konishi., K. Tago., H. Kajiwara., M. Koitabashi., S. Yoshida., T. Watanabe., Y.S. Yamashita., T.N. Kambe., S. Tsushima. 2011. Phyllosphere Yeast Rapidly Break Down Biodegradable Plastics. *AMB Express*. 1 (1): 44-54.
- Martelli, S.M., E.G. Fernandez., E. Chiellini. 2009. Thermal Analysis of Soil-Buried Oxo-Biodegradable Polyehylene based Blends. *Journal Thermal Analysis Calorim*, 97: 853-858.
- Mintarsih, Tuti Hendrawati. 2015. *Rangkaian HLH 2015 – Dialog Penanganan Sampah Plastik*. <http://www.menlh.go.id>. diakses pada tanggal 12 Febuari 2017 pukul 20.20 WIB.
- Nazzarudin., Muchlisah, F. 1996. *Buah Komersial*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Nithiyanantham, S., Palaniappan, L. 2010. Ultrasonic Investigation on

- Nurul. (2015). *Sintesis dan Karakterisasi Plastik Biodegradable dari Pati Biji Durian (*Durio zibethinus murr*) menggunakan Plasticizer Sorbitol dan Gliserol*.
- Pagliario, Mario., Rossi, Michele. 2010. *The Future of Glycerol*. United Kingdom: The Royal Society of Chemistry.
- Parvin, F., M.A. Khan., A.H.M. Saadat., M.A.H. Khan., J.M.M. Islam., M.Ahmed., M.A. Gafur. 2011. Preparation and Characterization of Gamma Irradiated Sugar Containing Starch/Poly (Vinyl Alcohol)-Based Blend Film. *Journal Polymer Environmental*, 19: 1013-1022.
- Seigel, Emma., Barrow, Lisa. 2007. *Biodegradable Plastics*. United Kingdom: The Royal Society of Chemistry.
- Selke, Susan E. 2006. *Handbook of Plastics Technologies: Plastics Recycling and Biodegradable Plastics*. United Kingdom: The Royal Society of Chemistry.
- Sirappa, M.P. (2003) Prospek Pengembangan Sorgum di Indonesia sebagai Komoditas Alternatif untuk Pangan, Pakan, dan Industri, *Jurnal Litbang Pertanian*, 22 (4), 133-140
- Suarni. (2004). Evaluasi Sifat Fisik dan Kandungan Kimia Biji Sorgum Setelah Penyosohan, *Jurnal Stigma* 11 (1): 88- 91.
- Sunarti TC, Nunome T, Yoshio N, Hisamatsu M. 2002. Study on outer chains from amylopectin between immobilized and free debranching enzymes. *Journal of Applied Glycoscience*, Vol.48, No.1, 1-10.
- Susilawati, Mustafa, I., Maulina, D. 2011. Biodegradable Plastics from A Mixture of Low Density Polyethylene (LDPE) and Cassava Starch with The Addition of Acrylic Acid. *Natural Journal*, 69-73.
- Swift, G. 2001. Agro-Industrial and Related Applications of Environmentally Degradable Polymer. *International Journal of Molecular Science*, 10: 3722-3742.
- Udachan, Iranna S, Sahoo A.K. and Hend G.M. 2012. *Extraction and characterization of sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*) starch*. *International Food Research Journal* 19(1): 315-319.
- Vieira, Melissa Gurgel A., Silva, Mariana Altenhofen D., Santos, Lucielen Oliveira D., Beppu, Marisa Masumi. 2010. Natural-based Plasticizers and Biopolymer Films: A Review. *European Polymer Journal*, 47, 254-263.

Yulianti, Rahmi., Ginting, Erliana. 2012. Perbedaan Karakteristik Fisik *Edible Film* dari Umbi-umbian yang Dibuat dengan Penambahan *Plasticizer*. *Jurnal Tanaman Pangan*, PP31/02, 131-136.

Zheng, Y., Yanful, E.K. 2005. *A Review of Plastic Waste Biodegradation*. *Critical Reviews in Biotechnology*, 25: 243-250.

LAMPIRAN

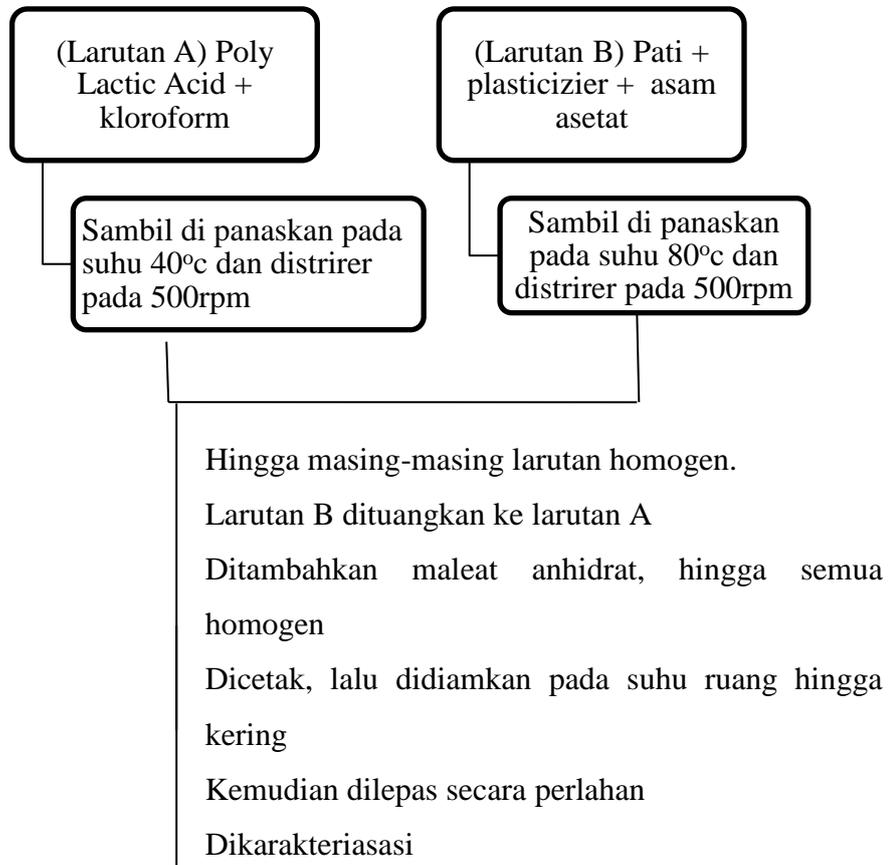
Lampiran 1. Bagan Kerja

Bagan alir prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengisolasi pati biji sorgum

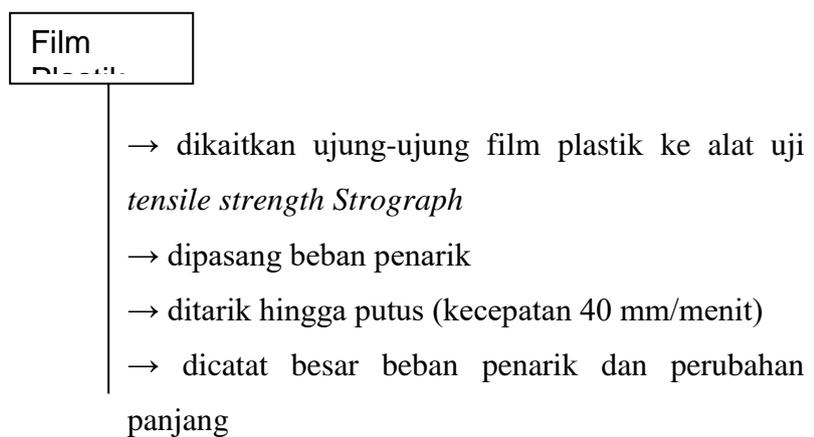
500g Biji Sorgum	Dicuci dengan air bersih
	Direndam dengan NaOH selama 1 hari
	Dibilas dengan aquadest
	Ditambahkan air 1:1
	Diblender menjadi bubur
	Disaring, residu dibilas dengan aquadest, filtrat dibiarkan 24 jam hingga menghasilkan endapan putih
	Didekantasi, dan dikeringkan dalam oven 24 jam pada suhu 40°C
	Pati ditumbuk dan diayak 150 mesh

1. Pembuatan Film Biodegradable Pati Biji Sorgum



2. Karakterisasi film plastik biodegradable

a. Uji kekuatan tarik dan presentase pemanjangan



b. Uji Ketahanan Air

Film

- dipotong menjadi ukuran 2 x 2 cm
- ditimbang, sebagai W_0
- dimasukkan ke dalam ke dalam gelas kimia berisi 50 ml aquadest pada temperatur kamar
- diambil setelah 10 detik
- dihilangkan air yang menempel dengan tissue
- ditimbang, sebagai W_1
- diulangi hingga diperoleh berat yang konstan

c. Analisa Gugus Fungsi menggunakan FTIR

Sampel (pati & Film)

- diambil menggunakan spatula (serbuk) atau dicampurkan dengan pelet KBr (film)
- dianalisis dengan FTIR

Spektrum IR

d. Uji Biodegradasi

Film Plastik

- dipotong berukuran 2 x 10 cm²
- ditimbang, sebagai W_0
- ditanam di dalam tanah berukuran 20 x 30 cm² kedalaman 10 cm
- diamati perubahan strukturnya setelah 2 hari selama 14 hari ditimbang, sebagai W_1, W_2, dst

Lampiran 2. Data Uji Ketahanan Air

Perbandingan sampel (Pati:PLA)	W _o (gram)	W ₁ (gram)	Ketahanan air (%)
1:2,2	0,0816	0,1311	39,33
0,8:2,4	0,0364	0,0509	60,16
0,6:2,6	0,0373	0,0400	92,76
0,4:2,8	0,0655	0,0680	96,18
0,2:3	0,0684	0,0701	97,52

% ketahanan air dihitung menggunakan persamaan :

$$\% \text{ ketahanan} = \frac{W_o - \text{air yang diserap}}{W_o} \times 100\%$$

$$\text{Massa air yang diserap} = W_1 - W_o \text{ (gram)}$$

Lampiran 3. Data Uji Biodegradasi

Data uji biodegradasi

konsentrasi PLA (g)	Wo (sebelum dikubur) (g)	hari ke-2 (g)	hari ke-4 (g)	hari ke-6 (g)	hari ke-8 (g)	hari ke-10 (g)	hari ke-12 (g)	hari ke-14 (g)
2,2	0,2808	0,2808	0,2723	0,2708	0,2628	0,2608	0,2558	0,2293
2,4	0,1325	0,1325	0,1306	0,1248	0,1265	0,1253	0,124	0,109
2,6	0,0992	0,0992	0,0992	0,0968	0,0944	0,093	0,0919	0,0857
2,8	0,2546	0,2546	0,2477	0,2456	0,2431	0,2403	0,2385	0,2316
3	0,1245	0,1245	0,1245	0,1245	0,1222	0,1175	0,1152	0,1147

konsentrasi PLA (g)	Persen kehilangan berat setiap						
	hari ke-2 (%)	hari ke-4 (%)	hari ke-6 (g)	hari ke-8 (%)	hari ke-10 (%)	hari ke-12 (%)	hari ke-14 (%)
2,2	0	3,03	3,26	6,42	7,13	8,91	18,35
2,4	0	1,44	3,11	4,53	5,44	6,42	17,74
2,6	0	0	2,42	4,84	6,25	7,36	13,61
2,8	0	2,72	3,54	4,52	5,62	6,33	9,04
3	0	0	0	1,85	5,63	7,47	7,87

Konsentrasi PLA (g)	Laju degradasi/hari (mg/hari)
2,2	3,67
2,4	1,67
2,6	0,96
2,8	1,64
3	0,70

Perhitungan yang dilakukan yaitu :

$$\% \text{ kehilangan hari ke-2} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\% \quad \%$$

$$\text{kehilangan hari ke-4} = \frac{W_0 - W_2}{W_0} \times 100\%$$

Begitu pula seterusnya, hingga 14 hari

$$\text{Laju degradasi} = \frac{W_0 - W_7}{14 \text{ hari}} \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}$$

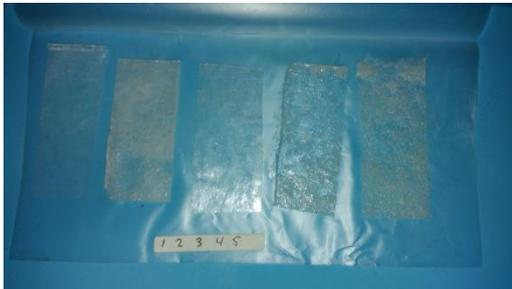
Lampiran 4. Data Uji Kuat Tarik

Perbandingan sampel (Pati:PLA)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Kuat Tarik (MPa)
1:2,2	3	0,25	10,58
0,8:2,4	3	0,26	5,79
0,6:2,6	3	0,25	4,49
0,4:2,8	3	0,27	3,38
0,2:3	3	0,42	1,01

Lampiran 5.

Dokumentasi Uji Biodegradasi

Sebelum dikubur



Setelah dikubur

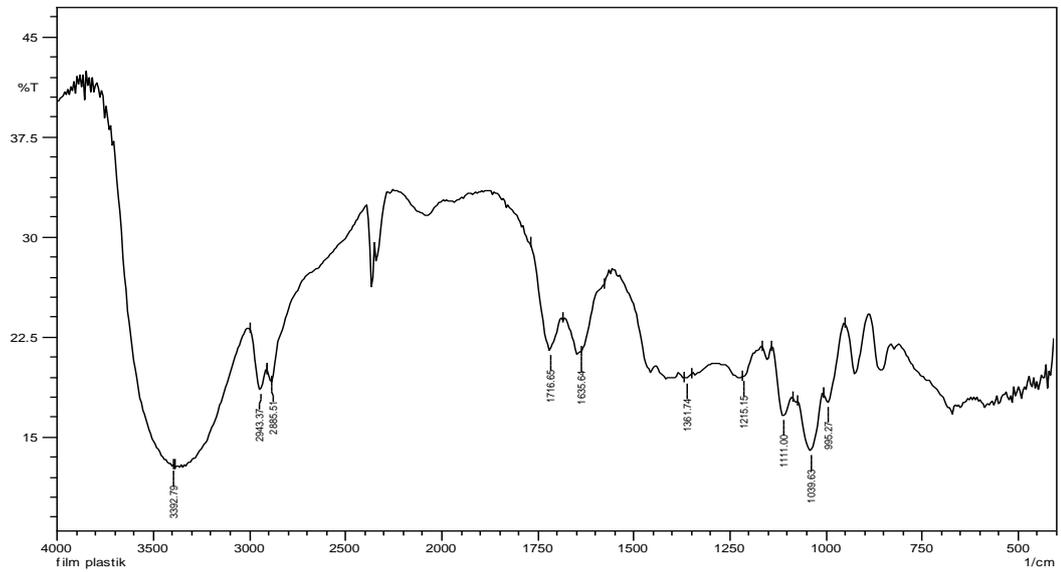




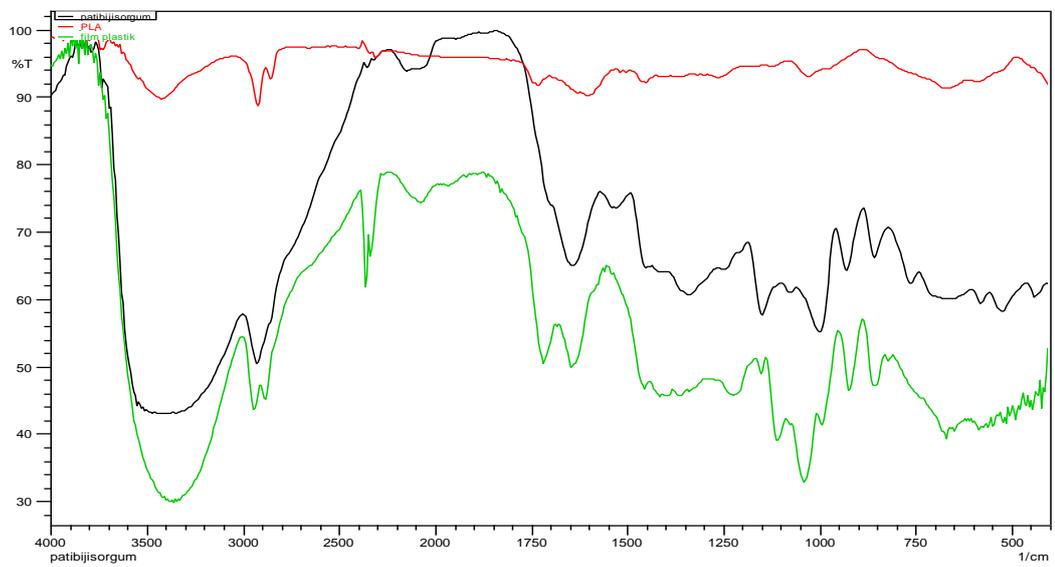
LAMPIRAN 6.

DATA SPEKTRUM FTIR

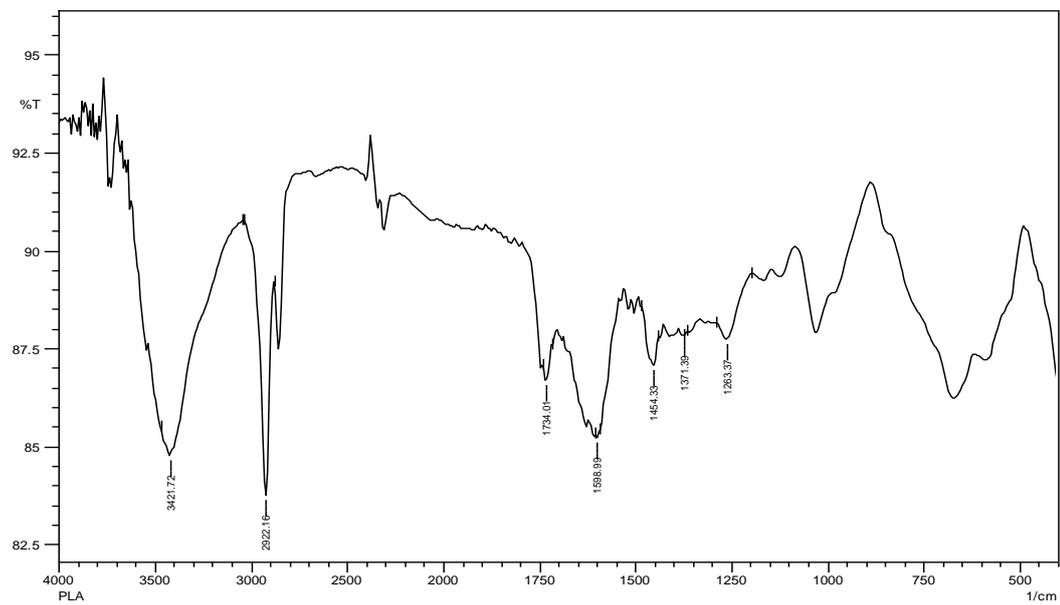
Plastik



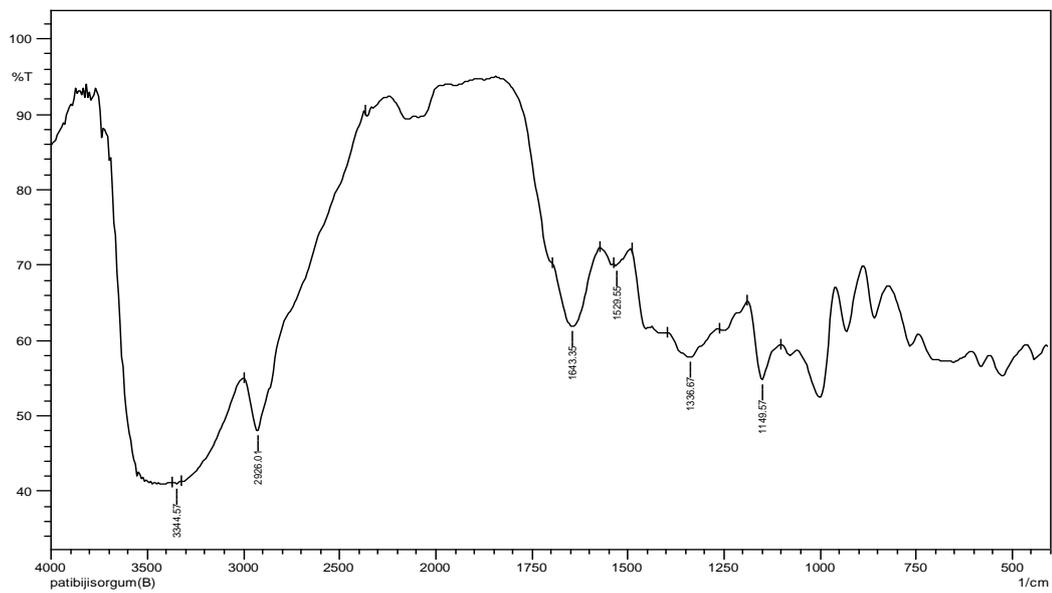
Penggabungan Spektrum Pati,Pla, dan Plastik



PLA



Pati





SITI SARIFAH, Dilahirkan di Tangerang pada 23 Oktober 1995. Anak keenam dari enam bersaudara. Lahir dari pasangan dari Selamat Riyanto dan Haryati. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar di SDN 03 Pagi Jakarta di Kecamatan Tanjung Priok pada tahun 2003-2008, SMPN 221 Jakarta Utara pada tahun 2008-2010, SMAN 15 di Jakarta pada tahun 2010-2013, dan diterima di Kimia FMIPA Universitas Negeri Jakarta melalui jalur undangan SNMPTN pada tahun 2013. Studi S1 diselesaikan pada tahun 2017.

Penulis pernah melakukan kunjungan ke beberapa industri, seperti PT. Nirmas Utama (INACO), PT. Coca Cola Amatil Indonesia, PT. Amerta Indah Otsuka (Pocari Sweat), PT. Semen Gersik, PT. Krakatau Steel. Penulis juga pernah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Jati Rangas, Karawang. Selain itu juga pernah menjadi asisten dosen Praktikum Termodinamika, dan Praktikum Struktur dan Dasar Reaksi Anorganik.