

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SILIKA (SiO_2)
TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK BERBAHAN
DASAR PATI BIJI NANGKA**

SKRIPSI

Oleh :

IRFAN ISROFI MA'RUF

155090300111029

PROGRAM STUDI : S1 FISIKA



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019





(halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SILIKA (SiO_2)
TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK BERBAHAN
DASAR PATI BIJI NANGKA**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Sains dalam bidang fisika

Oleh :
IRFAN ISROFI MA'RUF

155090300111029



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019



(halaman ini sengaja dikosongkan)



(halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Irfan Isrofi Ma'ruf
NIM : 155090300111029
Jurusan : Fisika
Penulis Skripsi Berjudul : Pengaruh variasi penambahan Silika (SiO_2) Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbahan Pati Biji Nangka

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata skripsi saya terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang,

Yang menyatakan,



(Irfan Isrofi Ma'ruf)

NIM. 155090300111029

PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SILIKA (SiO_2) TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK BERBAHAN PATI BIJI NANGKA

ABSTRAK

Bioplastik memiliki kelebihan dibandingkan dengan plastik sintetis oleh karena limbah bioplastik dapat terdegradasi secara alamiah oleh lingkungan. Bahan yang umum digunakan untuk membuat bioplastik adalah pati. Dengan kandungan amilosa dan amilopektin, pati sangat baik digunakan sebagai bahan pembuatan bioplastik. Untuk meningkatkan sifat mekanik bioplastik, dapat ditambahkan bahan pemlastis dan pengisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi penambahan bahan pengisi terhadap karakteristik bioplastik berbahan pati biji nangka. Bioplastik dibuat dengan metode cetak tuang. Bahan pengisi yang digunakan adalah silika (SiO_2) dengan pemlastis gliserol. Komposisi bahan yang digunakan adalah pati seberat 5 gram, dengan penambahan silika 0,25, 0,50, 0,75, 1,00, 1,25, 1,50, dan 1,75 gram.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tarik dan elongasi tertinggi diperoleh pada penambahan silika 1 gram, dimana nilai kuat tariknya sebesar $(30,93 \pm 0,18)$ MPa dan elongasi sebesar 19%. Hasil uji ketahanan air menunjukkan bahwa penambahan silika meningkatkan ketahanan air. Sedangkan penambahan silika dapat menurunkan persen penambahan massa, meningkatkan ketahanan udara plastik dengan mengurangi jumlah jamur dan menghambat pertumbuhan sampel pada plastik.

Kata kunci : Bioplastik, Pati Biji nangka, Silika



(halaman ini sengaja dikosongkan)

THE EFFECT OF VARIATION OF ADDITION OF SILICA (SiO₂) ON CHARACTERISTICS OF PATIENTS FROM JACKFRUIT SEEDS STARCH

ABSTRACT

Bioplastics have advantages compared to synthetic plastic because bioplastic waste can be naturally degraded by the environment. The material commonly used to make bioplastics is starch. With amylose and amylopectin content, starch is very well used as a material for making bioplastics. To improve the mechanical properties of bioplastics, plasticizers and fillers can be added. This research aims to analyze the effect of variations in the addition of fillers to the characteristics of bioplastics made from jackfruit seed starch. Bioplastics are made with cast printing methods. The filler used is silica (SiO₂) with glycerol plasticizer. The composition of the material used is starch weighing 5 grams, with the addition of silica 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, and 1.75 grams.

The test results showed that the highest tensile strength and elongation values were obtained by adding 1 gram of silica, where the tensile strength value was (30.93±0.18 Mpa) and elongation was 19%. Water resistance test results show that the addition of silica increases water resistance. While the addition of silica can reduce the percentage of mass addition, increase plastic air resistance by reducing the number of fungi and inhibiting the growth of samples in plastic.

Keyword : Bioplastics, Jackfruit seed starch, Silica



(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan naskah tugas akhir dengan judul **“Pengaruh Variasi Penambahan Silika (SiO₂) Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbahan Pati Biji Nangka”** sebagai salah satu syarat menyelesaikan program strata satu di jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Bagind Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan teladan kepada umat manusia dalam menjalani hidup di dunia.

Pengerjaan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak, untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Prof. DR. rer. nat. Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika.
2. Gancang Saroja, S.Si., M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir I.
3. Dra. Lailatin Nuriyah, M.Si selaku dosen pembimbing tugas akhir II
4. Semua pihak yang tidak disebutkan disini yang telah ikut serta membantu menyukseskan tugas akhir ini.

Penyusun juga menyadari, bahwa tugas akhir ini tentu masih jauh dari kesempurnaan baik isi maupun tata tulisnya, hal ini karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penyusun. Oleh sebab itu penyusun akan menerima kritik dan saran dari berbagai pihak yang bersifat konstruksif, ini sangat penyusun harapkan demi kesempurnaan tugas akhir yang telah dibuat.

Akhir kata penyusun berharap, semoga tugas akhir ini tetap bermanfaat khususnya bagi penyusun dan tentunya bagi pembaca.





DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN..... v

LEMBAR PERNYATAAN..... vii

ABSTRAK..... ix

ABSTRACT..... xi

KATA PENGANTAR..... xiii

DAFTAR ISI..... xv

DAFTAR GAMBAR..... xix

DAFTAR TABEL..... xxi

DAFTAR LAMPIRAN..... xxiii

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Rumusan Masalah..... 2

1.3 Tujuan..... 3

1.4 Batasan Masalah..... 3

1.5 Manfaat..... 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 5

2.1 Plastik Biodegradable..... 5

2.1.1 Plastik..... 5

2.1.2 Plastik *Biodegradable*..... 6

2.1.3 Pati..... 7

2.1.4 Pati Biji Nangka..... 7

2.1.5 SiO₂ (Silika)..... 8

2.1.6 Gliserol Sebagai Pemlastis..... 9

..... xv



2.2 Karakterisasi Plastik <i>Biodegradable</i>	9
2.2.1 Uji Kuat Tarik dan Elongasi.....	9
2.2.2 Uji Ketahanan Air.....	10
2.2.3 Uji Ketahanan Udara.....	11
BAB III METODOLOGI.....	13
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.2.1 Alat.....	13
3.2.2 Bahan.....	13
3.3 Tahapan Penelitian.....	13
3.3.1 Persiapan Bahan.....	13
3.3.2 Komposisi Bahan Bioplastik dengan Variasi Penambahan SiO ₂	15
3.3.2 Pembuatan Bioplastik dari Bahan Biji Nangka.....	16
3.4 Pengujian Sampel Bioplastik.....	16
3.4.1 Uji Tarik.....	16
3.4.2 Uji Ketahanan Air.....	17
3.4.3 Uji Ketahanan Udara.....	18
3.5 Alur Penelitian.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Hasil Pati Biji Nangka.....	21
4.2 Hasil Bioplastik.....	21
4.2 Karakteristik Bioplastik Berbahan Pati Biji Nangka.....	22
4.2.1 Sifat Mekanik Bioplastik.....	22
4.2.1.1 Kuat Tarik.....	23
4.2.1.2 Persen Pemanjangan.....	25

4.2.2 Uji Ketahanan Air.....	27
4.2.3 Uji Ketahanan Udara.....	30
BAB V PENUTUP.....	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	43





(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Pengaruh Suhu Dan Waktu Terhadap Sifat Fisik Termoplas.....5

Gambar 2.2 Grafik Pengaruh Suhu Dan Waktu Terhadap Sifat Fisik Termoset.....6

Gambar 2.3 Biji Nangka.....8

Gambar 2.4 Struktur Kimia Silika.....8

Gambar 2.5 Struktur Kimia Gliserol.....9

Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Pati Biji Nangka.....14

Gambar 3.2 Alat Uji Tarik.....17

Gambar 3.3 Bentuk Sampel Uji Mekanik.....17

Gambar 3.4 Ukuran Sampel Uji Ketahanan Udara.....19

Gambar 4.1 Pati Biji Nangka.....21

Gambar 4.2 Lembaran Bioplastik.....22

Gambar 4.3 Kondisi Sampel Setelah Uji Mekanik.....23

Gambar 4.4 Grafik Nilai Kuat Tarik.....24

Gambar 4.5 Grafik Persen Pemanjangan.....26

Gambar 4.6 Keadaan Sampel Saat Uji Ketahanan Air.....28

Gambar 4.7 Grafik Ketahanan Plastik Terhadap Air.....29

Gambar 4.8 Keadaan Sampel Saat Uji Ketahanan Udara....30

Gambar 4.9 Grafik Persen Penambahan Massa.....34

Gambar 4.10 Kondisi Sampel Saat Uji Ketahanan Udara...35





(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI.....5

Tabel 3.1 Komposisi Bahan Untuk Pembuatan Bioplastik..16

Tabel 4.1 Data Nilai Kuat Tarik.....24

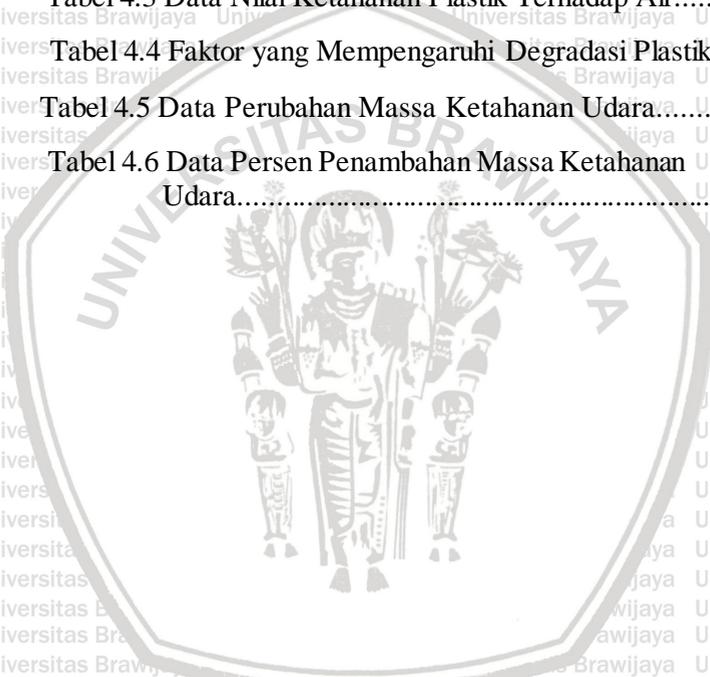
Tabel 4.2 Data Persen Pemanjangan.....26

Tabel 4.3 Data Nilai Ketahanan Plastik Terhadap Air.....28

Tabel 4.4 Faktor yang Mempengaruhi Degradasi Plastik....31

Tabel 4.5 Data Perubahan Massa Ketahanan Udara.....32

Tabel 4.6 Data Persen Penambahan Massa Ketahanan Udara.....33





(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Pengujian.....43

Lampiran 2 Analisis Data.....51

Lampiran 3 Grafik Uji Tarik.....55

Lampiran 4 Bahan-bahan.....59

Lampiran 5 Alat-alat.....61

Lampiran 6 Kondisi Sampel Saat Pengujian.....63



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di zaman modern sekarang ini manusia tidak bisa dihindarkan dari penggunaan plastik. Hampir semua barang menggunakan bahan plastik mulai dari pemenuhan kebutuhan primer manusia, seperti bahan untuk alat makan, bungkus makanan, hingga kebutuhan lain seperti aksesoris alat komunikasi. Plastik banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan seperti harganya yang murah, ringan, praktis, mudah dibentuk dan mudah dicetak. Namun masyarakat mungkin masih banyak yang belum menyadari dampak negatif yang dapat disebabkan karena penggunaan plastik. Plastik konvensional membutuhkan waktu puluhan bahkan ratusan tahun untuk bisa terurai dengan sempurna. Pada saat terurai, partikel plastik akan mencemari tanah dan kandungan air yang berada dalam tanah, jika dibakar akan menghasilkan asap beracun yang berbahaya bagi kesehatan (Abidin, 2011).

Dengan banyaknya dampak negatif yang diakibatkan oleh penggunaan plastik, seharusnya bisa dicari dan ditemukan solusi yang tepat untuk permasalahan ini. Salah satunya seperti membuat plastik dari bahan alam yang mudah terdegradasi oleh mikroorganisme, contohnya bioplastik. Bioplastik merupakan plastik yang ramah lingkungan karena akan kembali ke alam hasil dari aktivitas mikroorganisme. Degradasi disini terjadi karena adanya aktivitas dari beberapa mikroorganisme seperti jamur, bakteri, dan alga. (Thakor, dkk., 2005).

Pengembangan bioplastik sudah banyak dilakukan terutama dengan bahan dasar tepung ataupun pati dari bahan-bahan alam. Pati yang baik digunakan sebagai bahan pembuatan bioplastik adalah pati yang memiliki kandungan karbohidrat tinggi, semakin tinggi kadar karbohidrat maka semakin tinggi pula nilai kuat tariknya, karena di dalam karbohidrat terdapat molekul amilosa dan amilopektin. Amilosa memiliki rantai lurus/linear sedangkan amilopektin memiliki rantai yang bercabang dimana keduanya mempengaruhi nilai uji mekanik. Beberapa contoh bahan alam yang digunakan untuk



pembuatan pati diantaranya dari kentang, nasi aking, umbi-umbian, singkong, jagung, dan aren. Namun bahan-bahan tersebut saat ini masih digunakan oleh masyarakat sebagai makanan pokok pengganti nasi. Dengan melihat perkembangan mengenai bioplastik saat ini yang pada umumnya menggunakan bahan-bahan alam sebagai pengganti bahan pokok, maka di penelitian ini dilakukan pembuatan bioplastik yang bahan utamanya adalah pati dari biji nangka. Selain itu biji nangka memiliki kandungan karbohidrat yang cukup besar dibandingkan dengan jagung dan singkong yaitu sebesar 36,7 gram, sedangkan singkong hanya memiliki kadar karbohidrat sebesar 34,7 gram dan jagung memiliki kadar karbohidrat sebesar 33,1 gram (Poeloengasih, dkk., 2003).

Penelitian yang dilakukan oleh (Nurfajiah, 2016) dengan pati tapioka, dan silika sebagai *filler* terbukti dapat meningkatkan elongasi hingga 20,77% namun dengan nilai kuat tarik yang rendah yaitu hanya 9,75 MPa. Maka dari itu pada penelitian ini digunakan pati biji nangka ditambahkan dengan penguat SiO_2 guna untuk meningkatkan nilai kuat tariknya. Silika ini dapat meningkatkan sifat fisik dan sifat mekanik antara lain kuat tarik, elongasi, dan stabilitas panas pada plastik. Selain itu SiO_2 memiliki stabilitas kimia yang baik karena tersusun atas ikatan kovalen. Plastik dengan pengisi SiO_2 menghasilkan struktur amorf sehingga lebih mudah terurai dengan tanah (Kord, et al. 2012). Pada penelitian yang dilakukan oleh Ginting, dkk (2014) mengenai pembuatan termoplastik HDPE (*high density polyethylene*), hasil analisis sifat mekaniknya (kekuatan tarik dan perpanjangan putus) meningkat 2% - 4% massa.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi penambahan SiO_2 terhadap sifat mekanik pada bioplastik berbahan pati biji nangka?
2. Bagaimana pengaruh variasi penambahan SiO_2 terhadap ketahanan air dan ketahanan udara pada bioplastik berbahan pati biji nangka?



1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Diperoleh analisis pengaruh variasi penambahan komposisi SiO_2 terhadap sifat mekanik pada bioplastik berbahan pati biji nangka
2. Diperoleh analisis pengaruh variasi penambahan komposisi SiO_2 terhadap ketahanan lingkungan pada bioplastik berbahan pati biji nangka

1.4 Batasan Masalah

1. Pemplastis yang digunakan hanya gliserol 1%
2. Uji ketahanan udara dilakukan dengan jangka waktu paling lama 28 hari
3. Perendaman sampel pada uji ketahanan air dilakukan selama 60 menit

1.5 Manfaat

1. Penelitian ini diharapkan dapat ikut serta membantu pengembangan ilmu pengetahuan tentang pembuatan bioplastik
2. Dapat digunakan sebagai salah satu dasar pengembangan dan penyempurnaan bioplastik
3. Dapat menghasilkan bioplastik yang ramah lingkungan serta memiliki sifat mekanik yang sesuai standar sehingga dapat diaplikasikan dalam beberapa bidang dalam kehidupan sehari-hari.

(halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik Biodegradable

2.1.1 Plastik

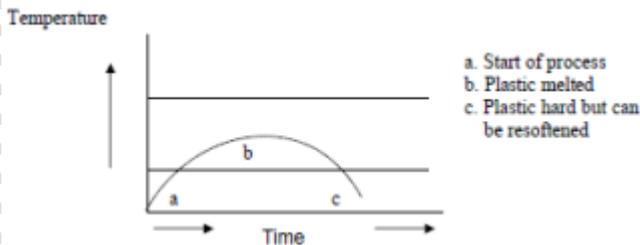
Plastik merupakan salah satu jenis polimer yang tersusun atas rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Sifat atau karakter dari plastik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1. Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI (Darni dan Herti, 2010).

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

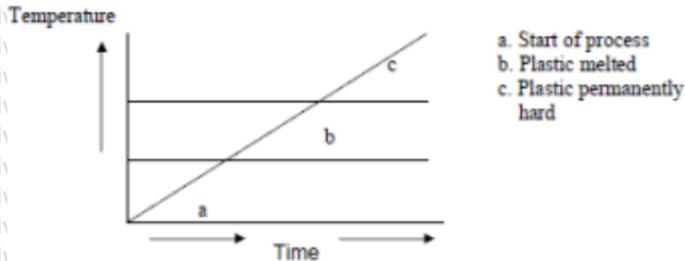
Polimer dapat didefinisikan dari kumpulan monomer yang homogen. Polimer diklasifikasikan menurut sumber, jenis, penggunaan, dan sifat kekenyalannya. Menurut sifat termalnya polimer dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu :

- a. Plastik termoplas, yaitu plastik yang tidak tahan apabila terkena panas, jadi ketika dikenai panas maka bisa dibentuk sesuai keinginan.



Gambar 2.1. Pengaruh Suhu Dan Waktu Terhadap Sifat Fisik Termoplas (Sumber: Mujiarto, 2005).

b. Plastik termoset, yaitu plastik yang tahan terhadap panas, jadi tidak akan mengalami efek apapun ketika terkena panas.



Gambar 2.2. Pengaruh Suhu Dan Waktu Terhadap Sifat Fisik Termoset (Mujiarto, 2005).

Berdasarkan sumbernya polimer dibagi menjadi 2 yaitu :

- a. Polimer alami, yaitu polimer yang tersedia secara alami di alam. Contohnya seperti karet alam, protein, dan selulosa.
- b. Polimer sintetik, yaitu polimer yang dihasilkan dari sintesis industri. Contohnya seperti nilon, poliester, PVC, dan polietilena.

Berdasarkan jenis monomer, polimer dibagi menjadi 2 yaitu :

- a. Homopolimer, yaitu polimer yang terbentuk dari monomer-monomer yang sejenis. Contohnya polipropilen, PVC, dan teflon
- b. Kopolimer, polimer yang terbentuk dari monomer tak sejenis. Contoh : DNA, Bakelit, dan Protein.

Berdasarkan penggunaannya polimer juga dibagi menjadi 2, yaitu:

- a. Serat, yaitu polimer yang dimanfaatkan sebagai serat. Contohnya seperti nilon, poliester, dan dakron.
- b. Plastik, yaitu polimer yang dimanfaatkan untuk plastik, contoh seperti bakelit, PVC, dan polietilena (Mujiarto, 2005).

2.1.2 Plastik Biodegradable

Plastik *biodegradable* atau bioplastik adalah bahan plastik yang ramah lingkungan, karena ketika plastik ini dibuang akan mudah



terurai dengan aktivitas mikroorganisme yang artinya bahan plastik ini kembali menuju alam lagi. Pada bioplastik ini dapat dilakukan beberapa uji seperti uji kuat tarik, uji ketahanan udara, uji mikroorganisme/pengaruh lingkungan dan uji *biodegradable* (Seigel & Lisa, 2007). Bioplastik dianggap lebih baik dibandingkan dengan plastik konvensional karena bahannya yang terbuat dari pati dan polisakarida. Bahan-bahan ini lebih mudah terurai oleh mikroorganisme dibandingkan plastik konvensional yang terbuat dari bahan bakar sisa fosil (Selke, 2006).

Degradasi dapat diartikan sebagai berkurangnya komponen dari struktur material seperti berat molekul, struktur disertai dengan adanya proses pemecahan. Sedangkan *biodegradable* adalah keadaan plastik yang terdegradasi akibat hasil dari kegiatan alam. Keadaan ini melibatkan beberapa mikroorganisme seperti jamur, bakteri dan alga (Seigel dan Lisa, 2007).

2.1.3 Pati

Untuk saat ini kebanyakan bioplastik menggunakan bahan dasar dari pati. Pati banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan diantaranya mampu menyerap kelembaban, dapat digunakan dalam pembuatan kapsul dari segi farmasi, *flexibilizer* seperti sorbitol dan gliserol, dengan memvariasikan jumlah zat aditif, karakteristik material dapat disesuaikan dengan kebutuhan khusus (juga disebut "thermo-pati dari plastik. Pati didalamnya mengandung amilosa dan amilopektin dimana amilosa berperan dalam pemberi sifat kuat pada plastik, sedangkan amilopektin berperan sebagai pemberi sifat elastis (Selke, 2006).

2.1.4 Pati Biji Nangka

Buah nangka merupakan buah yang cukup banyak ditemui pada umumnya, nangka memiliki biji yang sejauh ini kurang dimanfaatkan. Banyak orang yang belum mengetahui bahwa biji nangka dapat diolah menjadi tepung atau pati dan dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan bioplastik. Kandungan amilosa pada pati biji nangka menurut (Mukprasirt, 2004) sebesar 39,23%. Amilosa dan amilopektin memiliki karakter yang berbeda, dimana amilosa lebih mudah larut dalam air dibandingkan dengan amilopektin (Koswara, 2009). Konsentrasi amilosa yang tinggi ini bermanfaat pada saat



pembentukan gel, dan menentukan sifat dari lapisan tipis yang dihasilkan walaupun hasil akhir dari lapisan dipengaruhi juga oleh interaksi plemastis dan amilopektin (Tharanatan, 2003; Mali et al, 2005); Krisna, 2011). Biji nangka dapat dilihat pada Gambar 2.3 :



Gambar 2.3. Biji Nangka

2.1.5 SiO₂ (Silika)

Silika merupakan senyawa yang banyak didapatkan dari silika mineral, nabati, dan sintesis kristal (Bragmann and Goncalves, 2006; Della *et al*, 2002). Silika nabati banyak ditemui pada sekam padi dan tongkol jagung. Silika terbentuk melalui ikatan kovalen dimana empat atom O₂ terikat pada sudut tetrahedral di sekitar atom pusat yaitu Si. Gambar struktur dari SiO₂ dapat dilihat pada Gambar 2.4 :



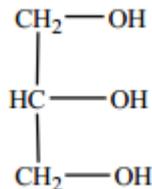
Gambar 2.4. Struktur Silika (Anonim B, 2013).

Struktur primer dari silika adalah tetrahedron SiO₄ dimana 1 atom silika dikelilingi 4 atom oksigen. Ikatan tetrahedron ini sangat kuat karena gaya-gaya yang mengikat berasal dari ikatan ionik dan kovalen (Van and Lawrench, 1992). Silika memiliki kandungan senyawa pengotor yang terbawa saat proses pengendapan. Pasir

kuarsa adalah batuan yang memiliki kandungan mineral seperti kuarsa, pasir kuarsa memiliki gabungan dari SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 dan masih banyak senyawa lain yang berwarna putih bening atau warna lain sesuai senyawa pengotornya (Anonim B, 2013).

2.1.6 Gliserol Sebagai Pemlastis

Plasticizer didefinisikan sebagai bahan pemastis yang dapat meningkatkan fleksibilitas dan kekuatan dari suatu material. Beberapa contoh dari pemlastis antara lain seperti Gliserol, Sorbitol, dan Kitosan. Fungsi dari pemlastis yaitu untuk mengurangi ikatan hidrogen pada ikatan molekuler. selain itu pemlastis berfungsi untuk mengurangi resiko keretakan pada suatu material (Mujiarto, 2005). Gliserol merupakan senyawa alkohol yang memiliki tiga gugus hidroksil. Gliserol memiliki nama baku 1,2,3-propanatriol.



Gambar 2.5. Struktur Kimia Gliserol (Propana-triol).

2.2 Karakterisasi Plastik *Biodegradable*

Pada umumnya polimer memiliki beberapa sifat seperti sifat fisis dan sifat mekanik. Sifat fisis adalah sifat asli dari suatu benda, atau sifat asli sebuah benda yang bukan akibat dari proses pembebanan, pemanasan, pendinginan, dan pengaruh arus listrik. Sedangkan sifat mekanik adalah sifat atau respon atas perilaku material terhadap sebuah proses pada material (Gedney, 2005). Pada penelitian ini dilakukan 3 karakterisasi uji sampel bioplastik yaitu uji kuat tarik yang termasuk dalam uji sifat mekanik, uji ketahanan air dan uji ketahanan lingkungan yang termasuk dalam sifat fisik.

2.2.1 Uji Kuat Tarik dan Elongasi

Kekuatan tarik dapat didefinisikan sebagai kemampuan sebuah bahan untuk menerima beban tarik tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimum sebelum putus. Kerusakan yang terjadi pada bahan bisa disebabkan oleh

beberapa faktor diantaranya tekanan yang berlebihan, atau bisa juga karena deformasi plastis. Uji kuat tarik dapat dilakukan dengan mengukur ketebalan dari plastik, melakukan penarikan dan dicatat panjang sebelum dilakukan dan sesudah dilakukan penarikan. Kemudian dicatat waktu yang dibutuhkan pada saat penarikan hingga plastik terputus. Kemudian untuk data hasil kuat tarik didapatkan dari gaya maksimal dibagi dengan luas penampang bahan. Kadar penguat dan pemlastis juga mempengaruhi hasil uji kuat tarik ini (Gedney, 2005). Kuat tarik dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2.1 berikut :

$$\sigma = \frac{\text{Gaya maksimum (F maks)}}{\text{Luas penampang (A)}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- σ = Kekuatan Tarik (N/m²)
- F_{maks} = gaya maksimum yang diterima (N)
- A = luas penampang sampel (m²)

Sedangkan elongasi adalah perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula seperti ditunjukkan pada Persamaan 2.2 berikut :

$$\% \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- $\% \epsilon$ = elongasi (%)
- ΔL = (L₁ – L₀) pertambahan panjang (m)
- L_0 = panjang awal sampel (m)

2.2.2 Uji Ketahanan Air

Uji ketahanan air ini digunakan sebagai tolak ukur apakah plastik layak digunakan sebagai pembungkus atau wadah benda termasuk makanan dan minuman yang



mengandung banyak air. Seperti contohnya uji ketahanan air dari polipropilen sebesar 0,01(1%) yang menandakan plastik tersebut efektif digunakan sebagai wadah atau pembungkus wadah benda yang banyak mengandung air (Darni, dkk., 2009). Pada prakteknya sampel bioplastik dipotong dengan ukuran 2cm x 2cm, dan massa awal ditimbang sebagai m_0 . Sampel direndam selama 60 menit, setelah itu sampel diambil dan dikeringkan dengan *tissue*. Massa sampel setelah direndam dihitung sebagai m_1 .

2.2.3 Uji Ketahanan Udara

Uji ketahanan udara ini digunakan untuk mengetahui kekuatan struktur dari plastik tersebut terhadap pengaruh alam dalam rentang waktu tertentu. Pada prakteknya sampel bioplastik dipotong dengan ukuran 2cm x 2cm yang kemudian ditimbang massa awalnya. Setelah itu sampel diletakkan di suatu tempat tertentu untuk mengetahui apakah ada faktor dari luar yang dapat mempengaruhi sifat plastik dalam jangka waktu yang ditentukan seperti contohnya 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Pada setiap waktu yang ditentukan dilakukan pencatatan presentase perubahan massa (Sarka, dkk., 2011).





(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material, dan Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Brawijaya pada November 2018 sampai Maret 2019.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu blender, ayakan mesh 100, cawan petri, spatula, *hot magnetic stirrer*, termometer, statif, timbangan digital, *baker glass*, labu takar, oven, akrilik ukuran 20cm x 20cm, erlenmeyer, *coating thickness*, alat uji tarik *Strength ZP Recorder 50 N* Imada dan Komputer.

3.2.2 Bahan

Bahan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pati biji nangka, aquades, gliserol dengan konsentrasi 90%, dan serbuk SiO_2 .

3.3 Tahapan Penelitian

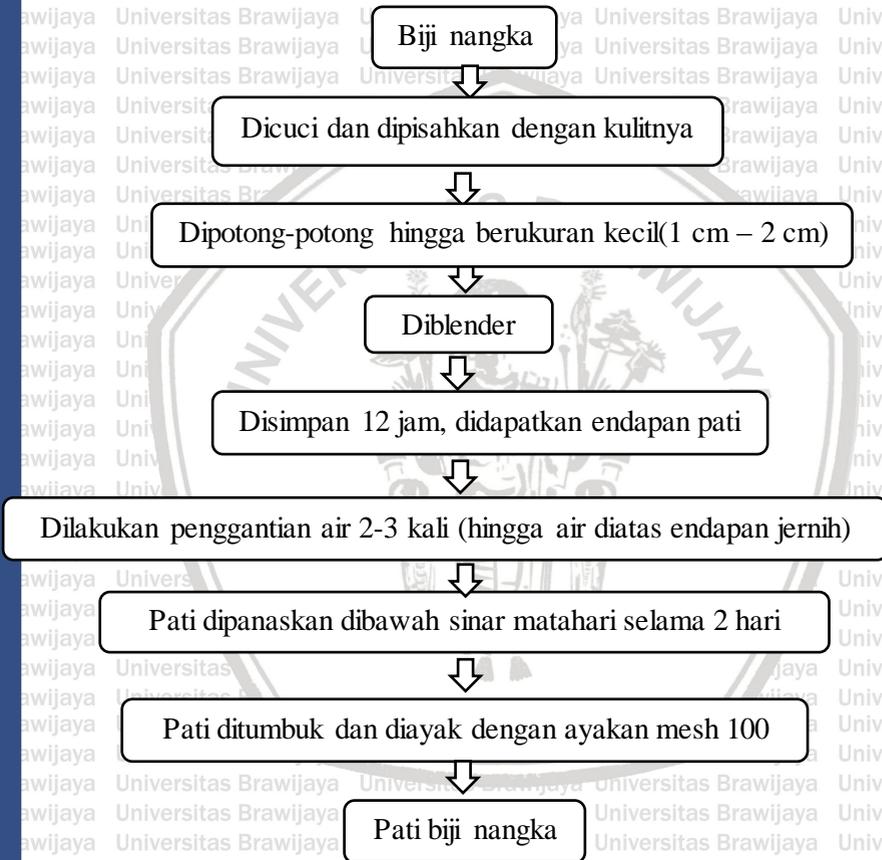
Tahapan dalam penelitian ini antara lain persiapan bahan pembuatan pati biji nangka, pembuatan larutan gliserol 1%, pembuatan bioplastik, dan pengujian sampel.

3.3.1 Persiapan Bahan

1. Pembuatan Pati Biji Nangka

Pada pembuatan bioplastik ini digunakan bahan baku dari pati biji buah nangka. Pada saat pembuatan pati ada beberapa langkah yang harus dilakukan, pertama-tama disiapkan setidaknya 25 biji nangka, kemudian dicuci. Selanjutnya biji nangka dipotong-potong hingga berukuran kecil sekitar 1cm - 2cm. Setelah itu ditambahkan air 500 ml dan irisan biji nangka diblender. Setelah diblender, disaring dengan saringan dan didapatkan larutan biji nangka beserta endapannya. Larutan biji nangka disimpan kurang lebih selama 12 jam untuk didapatkan endapan pati. Setelah pengendapan kurang lebih 12 jam,

dilakukan penggantian air pada endapan pati sebanyak 2-3 kali hingga air diatas endapan terlihat jernih. Kemudian air dibuang, pati diambil dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 hari. Langkah terakhir pati dihaluskan dengan cara ditumbuk dan diayak dengan ayakan mesh 100 untuk didapatkan bentuk yang halus. Tahapan yang dilakukan seperti yang tertera pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Pati Biji Nangka

2. Pembuatan Larutan Gliserol 1%

Gliserol yang digunakan di penelitian ini memiliki kadar konsentrasi sebesar 90%, dengan C_2 sebesar 1%, dan V_2 sebesar 100 ml maka didapatkan volume gliserol sebesar **1,1 ml**. Kemudian dengan digunakannya persamaan $m = \rho \times V$ maka didapatkan massa gliserol sebesar 1,38 gram.

Larutan gliserol 1% dibuat dengan tujuan agar ketika gliserol dicampurkan dengan pati menjadi larutan yang homogen. Pada pembuatan pemlastis gliserol digunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

- C_1 = Konsentrasi gliserol (%)
- C_2 = Konsentrasi yang dibuat (%)
- V_1 = Volume gliserol (ml)
- V_2 = Volume aquades + gliserol (ml)

3.3.2 Komposisi Bahan Bioplastik dengan Variasi Penambahan SiO_2

Dalam pembuatan sampel bioplastik terdapat beberapa komponen penyusun, diantaranya seperti pati biji nangka, SiO_2 , dan gliserol. Komposisi untuk setiap bahan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1. Komposisi Bahan Bioplastik



Massa Pati (gram)	Massa SiO ₂ (gram)	Gliserol 1% (ml)	Gliserol yang Dibuat (ml)
5	0,00	100	1,1
5	0,25	100	1,1
5	0,50	100	1,1
5	0,75	100	1,1
5	1,00	100	1,1
5	1,25	100	1,1
5	1,50	100	1,1
5	1,75	100	1,1

3.3.2 Pembuatan Bioplastik dari Bahan Biji Nangka

Untuk pembuatan bioplastik berbahan biji nangka, pertama-tama pati yang sudah jadi dicampurkan dengan SiO₂ sebagai penguat dan gliserol sebagai pemlastis dalam baker glass. Kemudian campuran diaduk dengan *hot magnetic stirer* dan dipanaskan pada suhu 75°C sehingga terjadi proses gelatinisasi. Campuran larutan yang telah tergelatinisasi dituang pada kaca akrilik berukuran 20cm x 20cm. Kemudian campuran dipanaskan dengan oven pada suhu kurang lebih 70°C selama 7 jam. Bioplastik dilepas dan dibentuk untuk dilakukan uji kuat tarik, uji ketahanan air dan uji ketahanan lingkungan.

3.4 Pengujian Sampel Bioplastik

Pengujian sampel bioplastik dilakukan pada uji mekanik yaitu uji tarik dan elongasi.

3.4.1 Uji Tarik

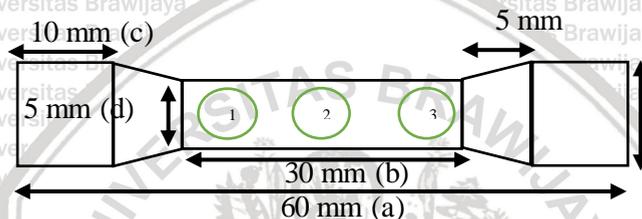
Pengujian sampel bioplastik untuk uji mekanik, yaitu uji kuat tarik bioplastik agar diketahui karakteristik dari bioplastik berbahan pati biji nangka serta elongasinya. Pada uji kuat tarik digunakan alat dengan standart ASTM D 638-02 seperti pada Gambar 3.2 :





Gambar 3.2 Strength ZP Recorder 50 N Imada dan Komputer

Pembentukan sampel bioplastik untuk uji kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3 Bentuk sampel uji tarik

Sampel bioplastik dibentuk sesuai Gambar 3.3. Pertama-tama tebal sampel pada titik 1, 2, 3 diukur dengan alat *coating thickness* terlebih dahulu. Setelah itu sampel dijepit dengan penjepit alat uji tarik. Skala penghitung gaya diatur pada posisi nol. Gaya diberikan dengan diputarnya tuas hingga sampel putus. Persen pemanjangan didapatkan dari sampel bioplastik sampai sebelum putus. Pengukuran panjang sampel dilakukan sebelum sampel diberi gaya (L_0) dan ketika diberi gaya sampai sesaat sebelum sampel putus sebagai L . Perbandingan antara pertambahan panjang sampel bioplastik ΔL dengan L_0 dikalikan 100% merupakan elongasi (persen pemanjangan).

3.4.2 Uji Ketahanan Air

Untuk uji ketahanan plastik terhadap air pertama-tama plastik dipotong pada ukuran 2cm x 2cm. Kemudian plastik yang telah dipotong dimasukkan ke dalam *baker glass* 10 ml yang telah diisi aquades sebanyak 5 ml, kemudian dидiamkan dalam suhu kamar (sekitar 27°C). Setiap satu jam plastik diambil, sisa air yang berada di permukaan plastik dibersihkan dengan *tissue*, kemudian ditimbang untuk diketahui massa akhirnya. Langkah ini dilakukan berulang-

ulang hingga diperoleh massa konstan. Berdasarkan hasil pengukuran massa tersebut, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Air yang diserap} = \frac{(m-m_0)}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan keterangan :

m_0 = massa awal plastik saat kering (kg)

m = massa plastik setelah dikondisikan dalam aquades (kg)

Kemudian untuk ketahanan air plastik dapat ditentukan dengan perhitungan berikut :

$$\text{Ketahanan air plastik} = 100\% - \text{persen air yang diserap} \dots\dots\dots(3.3)$$

3.4.3 Uji Ketahanan Udara

Uji ketahanan udara pertama diletakkan sampel bioplastik pada suhu ruang (sekitar 27°C). Kemudian massa sampel ditimbang terlebih dahulu untuk diketahui massa awal(m_0). Diamati untuk setiap sampel dan dilakukan pengambilan data dengan variasi waktu 7, 14, 21, dan 28 hari. Setelah pengujian selesai massa dari sampel ditimbang kembali dan dinyatakan sebagai massa akhir (m_1). Perubahan massa dihitung dengan persamaan :

$$\Delta m = m_1 - m_0 \dots\dots\dots(3.4)$$

Persentase perubahan massa dapat dihitung dengan persamaan :

$$\% \Delta m = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

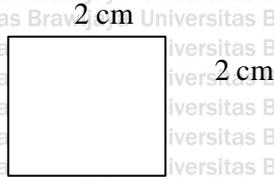
Δm = Perubahan massa (g)

$\% \Delta m$ = Persentase perubahan massa (%)

m_0 = Massa awal (kg)

m_1 = Massa akhir (kg)



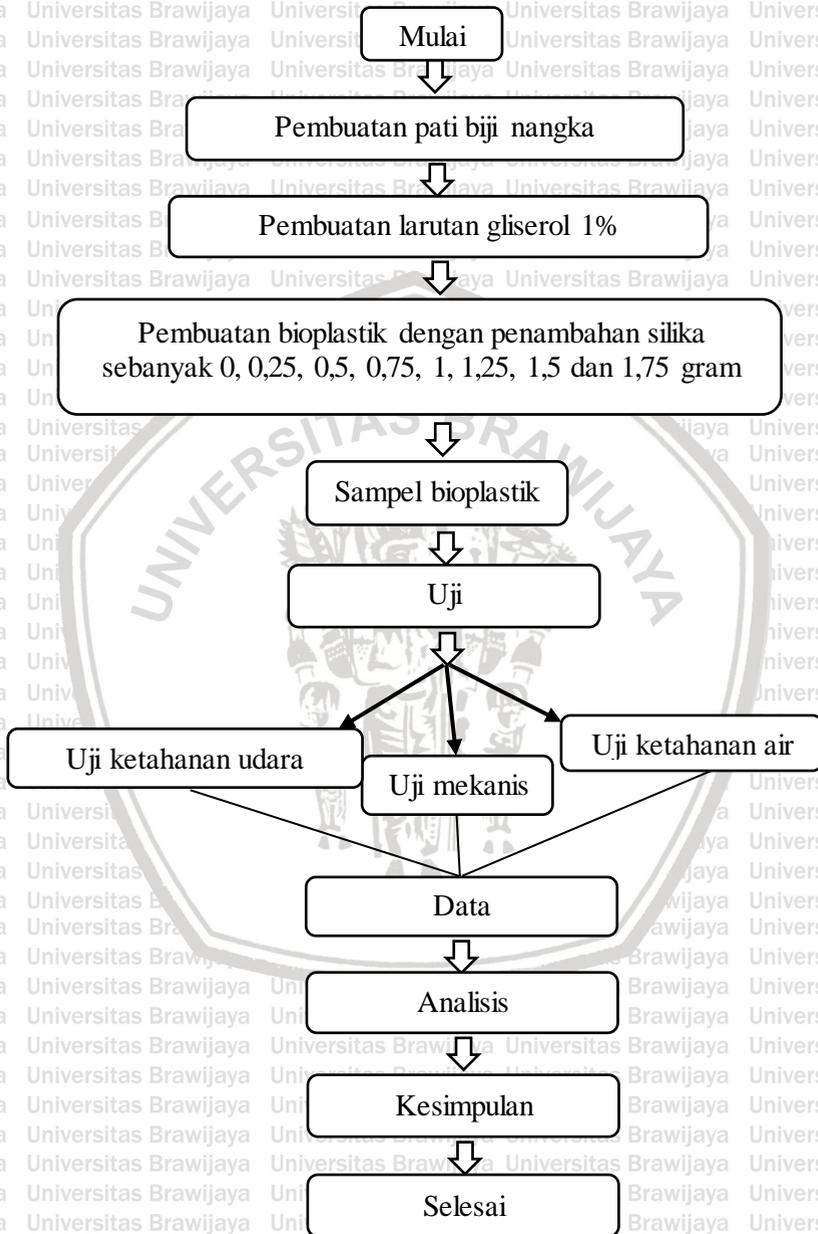


Gambar 3.4 Ukuran Sampel Uji Ketahanan Air dan Uji Ketahanan Udara

Gambar 3.4 diatas adalah bentuk sampel yang dibuat untuk dilakukan uji ketahanan air dan uji ketahanan udara, dimana sampel berbentuk persegi dengan ukuran 2cm x 2cm. Pada uji ketahanan air dicatat perubahan massanya sebagai ukuran banyaknya air yang dapat diserap oleh sampel, sedangkan untuk uji ketahanan udara perubahan massa sampel menunjukkan seberapa tahan sampel terhadap pengaruh mikroorganisme.



3.5 Alur Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pati Biji Nangka

Setelah dilakukan proses pencucian, penyaringan, pengendapan, penjemuran, dan penghalusan didapatkan hasil pati dari biji nangka. Bentuk dari pati biji nangka berupa serbuk halus berwarna putih yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pati Biji Nangka

4.2 Hasil Bioplastik

Pembuatan bioplastik digunakan dengan metode *blending*. Metode *blending* ini merupakan salah satu metode pembuatan bioplastik dengan mencampurkan semua bahan dasar plastik, dalam hal ini seperti aquades, pati, SiO_2 , dan gliserol. Bioplastik yang dihasilkan dalam penelitian ini berbentuk lembaran tipis, berwarna putih kekuningan dan transparan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Lembaran Bioplastik

Melalui hasil sampel bioplastik berikut dapat dilakukan pengujian sifat mekanik dengan alat uji tarik untuk mengetahui nilai kuat tarik, persen pemanjangan, serta dilakukan uji ketahanan air untuk mengetahui tingkat ketahanan plastik jika dikenai air atau berapa lama plastik dapat mempertahankan bentuknya ketika terkena air, dan untuk mengetahui apakah plastik sudah memenuhi standar ketika diaplikasikan sebagai bungkus minuman. Uji ketahanan udara yang dilakukan di ruangan terbuka untuk mengetahui ketahanan plastik terhadap pengaruh mikroorganisme.

4.2 Karakteristik Bioplastik Berbahan Pati Biji Nangka

4.2.1 Sifat Mekanik Bioplastik

Sifat mekanik dari bioplastik dipengaruhi oleh kandungan dari komponen penyusun bioplastik itu sendiri. Sifat mekanik bioplastik diukur menggunakan uji tarik untuk mengetahui nilai kuat tarik dan persen pemanjangan. Kuat tarik dan persen pemanjangan merupakan parameter penting dalam menentukan sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan. Kondisi sampel saat dilakukan uji mekanik dapat dilihat pada Gambar 4.3.





(a)

(b)

Gambar 4.3. Kondisi Sampel Saat Uji Mekanik : (a) Sebelum pengujian, (b) Setelah pengujian

4.2.1.1 Kuat Tarik

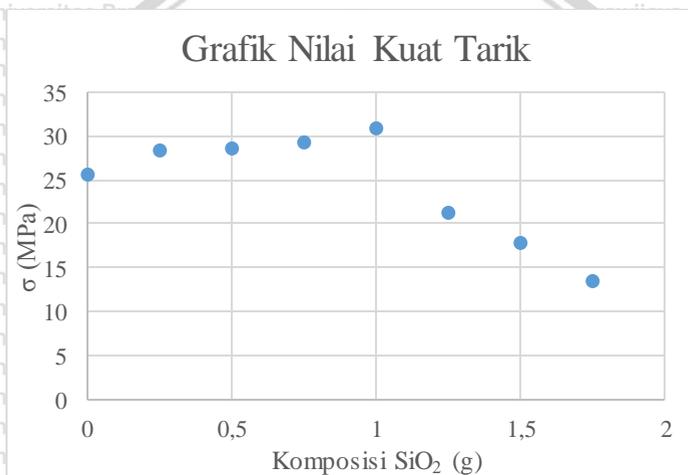
Kuat tarik didefinisikan sebagai kemampuan suatu benda atau bahan untuk menahan gaya tarik eksternal maksimum sebelum benda putus. Kuat tarik menunjukkan kekuatan tegangan maksimum bioplastik dalam menahan gaya yang diterima hingga terputus. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai kuat tarik bioplastik, contohnya seperti komposisi pemlastis, dan komposisi *filler* SiO_2 yang diberikan. Dari penelitian yang dilakukan oleh Butler *et al* (1996) terbukti dengan banyaknya penambahan *plasticizer* gliserol akan menghasilkan nilai kuat tarik yang semakin kecil. Hal ini disebabkan karena molekul-molekul pemlastis terletak diantara rantai ikatan biopolimer dan dapat berinteraksi dengan membentuk ikatan hidrogen dalam rantai ikatan antar polimer sehingga menyebabkan berkurangnya interaksi antara molekul biopolimer. Hal inilah yang juga dapat menyebabkan berkurangnya nilai kuat tarik pada plastik.

Perbedaan komposisi SiO_2 mempengaruhi nilai kuat tarik dan persen pemanjangan dari sampel bioplastik yang dihasilkan. Pada uji kuat tarik digunakan alat dengan standart ASTM D 638-02. Data nilai kuat tarik dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut :



Tabel 4.1 Data Nilai Kuat Tarik Bioplastik Pati Biji Nangka

Nama Sampel	Rasio Massa Pati : SiO ₂ (g)	σ (MPa)
Sampel 1	5 : 0,00	25,58 ± 0,05
Sampel 2	5 : 0,25	28,46 ± 0,05
Sampel 3	5 : 0,50	28,47 ± 0,01
Sampel 4	5 : 0,75	29,35 ± 0,13
Sampel 5	5 : 1,00	30,93 ± 0,18
Sampel 6	5 : 1,25	21,28 ± 0,28
Sampel 7	5 : 1,50	17,88 ± 0,14
Sampel 8	5 : 1,75	13,48 ± 0,07



Gambar 4.4. Grafik Nilai Kuat Tarik Bioplastik

Dari data nilai kuat tarik yang terdapat pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kuat tarik terus mengalami kenaikan dari sampel 1 hingga sampel 5 dengan nilai kuat tarik tertinggi sebesar (30,93 ± 0,18) MPa dengan pemberian silika sebesar 1 gram. Setelah itu kuat tarik mengalami penurunan pada pemberian silika diatas 1 gram. Dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tarik tertinggi didapatkan pada komposisi SiO₂ sebesar 1 gram, dan nilai kuat tarik terendah pada komposisi SiO₂ sebesar 1,75 gram. Hal ini terjadi karena sifat dari silika yang terkenal keras, rapat, berelastisitas rendah, dan



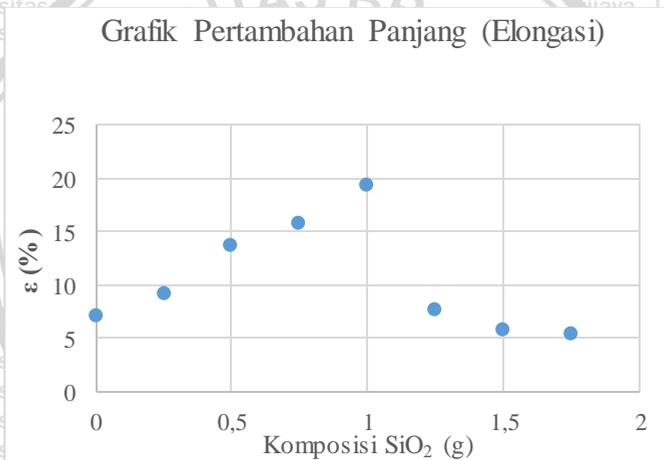
bertemperatur tinggi. Maka dari itu, jika diberikan porsi silika yang berlebih pada plastik akan menyebabkan plastik semakin getas atau mudah patah. Dengan karakteristik yang dimiliki oleh silika, maka silika banyak digunakan dalam pembuatan gelas dan baja (Smallman and Bishop, 1999). Pada Gambar 4.4 grafik nilai kuat tarik bioplastik menjelaskan hubungan antara komposisi silika dengan nilai kuat tarik bioplastik. Dimana nilai kuat tarik terus mengalami peningkatan seiring dengan penambahan silika dengan batas maksimal pemberian silika sebanyak 1 gram.

4.2.1.2 Persen Pemanjangan

Setiap bahan polimer dapat memberikan suatu reaksi pemanjangan ketika diberikan gaya tarik dari luar (eksternal). Persen pemanjangan didefinisikan sebagai persentase pertambahan panjang terhadap panjang awal bahan. Panjang maksimum didapatkan ketika benda mengalami deformasi plastis. Deformasi plastis pada benda disebabkan oleh pemberian gaya tarik secara terus-menerus sehingga melebihi gaya ikat antar molekul, dan molekul dari setiap bahan tidak dapat kembali ke posisi semula. Sama halnya dengan kuat tarik, komposisi dari pemlastis dan komposisi *filler* SiO_2 juga mempengaruhi besar kecilnya nilai persen pemanjangan. Pada umumnya plastik yang diberikan tambahan pemlastis pastinya akan memiliki nilai persen pemanjangan yang lebih besar dibandingkan dengan plastik tanpa pemlastis. Persen pemanjangan untuk mengetahui perubahan panjang maksimum bioplastik sesaat sebelum putus. Data nilai persen pemanjangan dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Data Nilai Persen Pemanjangan Bioplastik Biji Nangka

Nama Sampel	Rasio Massa Pati : SiO ₂ (g)	ϵ (%)
Sampel 1	5 : 0,00	7,17 ± 0,12
Sampel 2	5 : 0,25	9,17 ± 0,12
Sampel 3	5 : 0,50	13,70 ± 0,11
Sampel 4	5 : 0,75	15,83 ± 0,14
Sampel 5	5 : 1,00	19,43 ± 0,20
Sampel 6	5 : 1,25	7,70 ± 0,11
Sampel 7	5 : 1,50	5,93 ± 0,12
Sampel 8	5 : 1,75	5,50 ± 0,12



Gambar 4.5. Grafik Persen Pemanjangan Bioplastik

Dari data persen pemanjangan yang terdapat pada Tabel 4.2, dapat dilihat bahwa nilai persen pemanjangan mengalami kenaikan dari sampel 1 hingga sampel 5 dengan nilai persen pemanjangan tertinggi yaitu sebesar 19,43% pada pemberian silika sebanyak 1 gram. Setelah itu persen elongasi mengalami penurunan pada pemberian silika diatas 1 gram. Hal ini terjadi karena pemberian silika diatas 1 gram mengakibatkan silika tidak mampu untuk berinteraksi dengan komponen penyusun lain (tidak bisa menyatu dengan bahan



lain) sehingga silika hanya berinteraksi dengan dirinya sendiri. Sehubungan dengan sifat silika yang keras, kaku dan berelastisitas rendah, maka ketika diberikan silika dengan komposisi yang berlebihan akan mempengaruhi sifat dari bahan-bahan penyusun bioplastik lainnya dan justru berakibat menurunkan nilai persen pemanjangan atau elongasinya.

Beberapa ciri dan karakter yang dimiliki oleh silika diantaranya berbentuk padatan atau serbuk halus, memiliki elastisitas rendah, mempunyai daya tahan panas tinggi, dan memiliki stabilitas kimia yang baik. Maka dari itu silika banyak diaplikasikan untuk pembuatan barang-barang yang cukup keras seperti keramik, gelas, dan banyak digunakan dalam industri baja. Silika sendiri juga berfungsi untuk menambah nilai elastisitas pada keramik. Penambahan elongasi pada keramik terjadi karena ada ruang kosong akibat penguapan dari proses pembakaran bahan dengan silika hingga terbentuk permukaan yang lebih rapat (Hanafi dan Nandang, 2010). Pada Gambar 4.5 grafik persen pemanjangan menjelaskan hubungan antara komposisi silika dengan elongasi. Dimana silika dapat meningkatkan persen pemanjangan dengan titik optimal pada batas pemberian silika sebanyak 1 gram.

4.2.2 Uji Ketahanan Air

Uji ketahanan air dilakukan dengan standart ASTM D 570-98. Pertama-tama sampel dibentuk persegi dengan ukuran 2cm x 2cm, kemudian sampel ditimbang massa awalnya (m_0). Setelah itu sampel direndam dalam air selama 1 jam. Setelah direndam sampel dikeringkan dan di lap dengan *tissue*. Sampel ditimbang massanya sebagai m_1 untuk mengetahui perubahan massa pada sampel dan menganalisis perubahan yang terjadi seperti kekuatan sampel bioplastik tersebut terhadap air. Perlakuan diatas dilakukan 5 kali untuk setiap sampel.

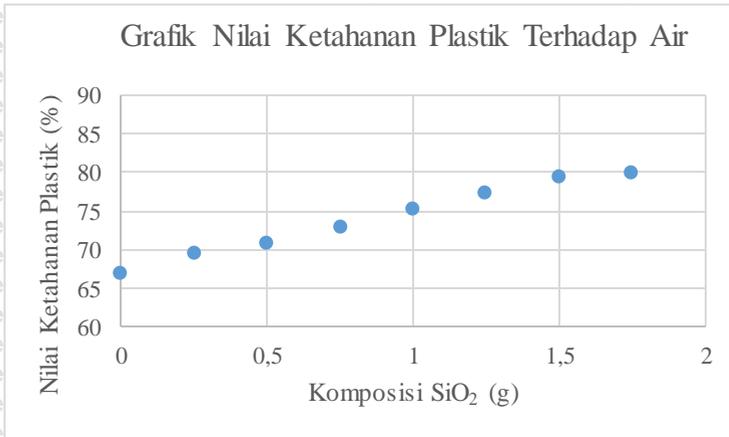


Gambar 4.6. Keadaan Sampel Saat Uji Ketahanan Air

Uji ketahanan air ini bertujuan untuk mengetahui presentase air yang diserap oleh sampel, ketahanan sampel terhadap air, serta mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer atau keteraturan ikatan dalam polimer yang didapatkan melalui persen penambahan massa polimer setelah mengalami penggelembungan (Sanjaya, 2010). Data untuk perbandingan air yang diserap oleh sampel dan tingkat ketahanan sampel terhadap air ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Data Nilai Ketahanan plastik Terhadap Air

Nama Sampel	Massa SiO ₂ (g)	Air yang Diserap (%)	Nilai Ketahanan Plastik Terhadap Air (%)
Sampel 1	0,00	32,83	67,17
Sampel 2	0,25	30,43	69,57
Sampel 3	0,50	28,94	71,06
Sampel 4	0,75	26,82	73,18
Sampel 5	1,00	24,71	75,29
Sampel 6	1,25	22,58	77,42
Sampel 7	1,50	20,40	79,6
Sampel 8	1,75	19,80	80,2



Gambar 4.7. Grafik Nilai Ketahanan Plastik Terhadap Air

Dari data nilai ketahanan plastik terhadap air pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa semakin besar komposisi *filler* SiO_2 yang diberikan, air yang diserap semakin sedikit, berbanding terbalik dengan nilai ketahanan plastiknya terhadap air dimana semakin banyak komposisi SiO_2 yang diberikan, maka semakin tinggi nilai ketahanan plastik terhadap air. Maka bisa dibilang bahwa semakin tinggi ketahanan sampel bioplastik terhadap air maka air yang diserap semakin sedikit. Sedangkan penyerapan air yang rendah menyebabkan pembangkakan (*swelling*) pada sampel bioplastik.

Persen air yang diserap dengan nilai tertinggi yaitu pada sampel 1 tanpa diberikan silika (0 gram) yaitu sebesar 32,83%, sedangkan persen air yang diserap dengan nilai terendah didapatkan pada sampel 8 dengan komposisi silika 1,75 gram sebesar 19,80%. Dan untuk nilai ketahanan plastik terhadap air tertinggi yaitu sebesar 80,20% pada sampel 8 dengan pemberian silika sebanyak 1,75 gram. Hal ini terjadi karena silika memiliki sifat higroskopis atau memiliki kemampuan untuk mengikat air dan melepaskan air dalam bentuk uap. Di dalam silika terdapat gugus silanol dan siloksin pada permukannya, dimana kedua gugus ini berperan untuk menyerap atau berinteraksi dengan air (Oscik, 1982;188).

Silika memiliki sifat untuk menyerap air namun daya serapnya tidak setinggi pati biji nangka, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.3 dimana sampel I tanpa diberikan silika dapat menyerap air dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan sampel yang telah ditambahkan silika. Dalam beberapa hal silika digunakan salah satunya sebagai aplikasi higroskopis, contohnya silika gel. Bioplastik sendiri menggunakan bahan baku utama pati, dimana pati memiliki gugus hidroksil lebih banyak sehingga dapat menyerap air lebih banyak (Darni, *et al.*, 2008). Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan silika sebagai *filler* pada bioplastik dapat meningkatkan kekuatan atau ketahanan plastik terhadap air.

4.2.3 Uji Ketahanan Udara

Uji ketahanan udara dilakukan dengan langkah yang sama dengan uji ketahanan air yaitu sampel dibentuk berukuran 2cm x 2cm. Setelah itu sampel diletakkan di ruangan terbuka dan didiamkan selama 28 hari, dan setiap 7 hari dicatat massanya untuk diketahui perubahan massa dan dilakukan analisis faktor-faktor apa saja yang bisa menyebabkan perubahan massa atau kerusakan pada sampel bioplastik.



Gambar 4.8. Keadaan Sampel Saat Uji Ketahanan Udara

Bioplastik merupakan plastik yang mudah terdegradasi secara alami sama seperti plastik pada umumnya. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan bioplastik mengalami degradasi, contohnya degradasi yang disebabkan oleh substrat, sumber nitrogen, PH, suhu

lingkungan, kelembaban, dan mikroorganismenya (Yatim, 2007). Sedangkan menurut (Chiellini, 2001) degradasi dari material yang tersusun atas polimer bisa terjadi karena faktor makhluk hidup contohnya seperti oleh makroorganismenya atau mikroorganismenya, atau karena faktor benda mati melalui proses fisika maupun kimia. Beberapa faktor yang berpotensi mempengaruhi proses degradasi pada plastik dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Faktor-faktor yang Berpotensi Mempengaruhi Proses Degradasi

Biologis	Kimiawi	Fisika
Bakteri, jamur	Hidrolisis	Pencucian
Predator	Oksidasi	Sinar Matahari
Organisme yang lebih tinggi		Iklm
		Tekanan Mekanis

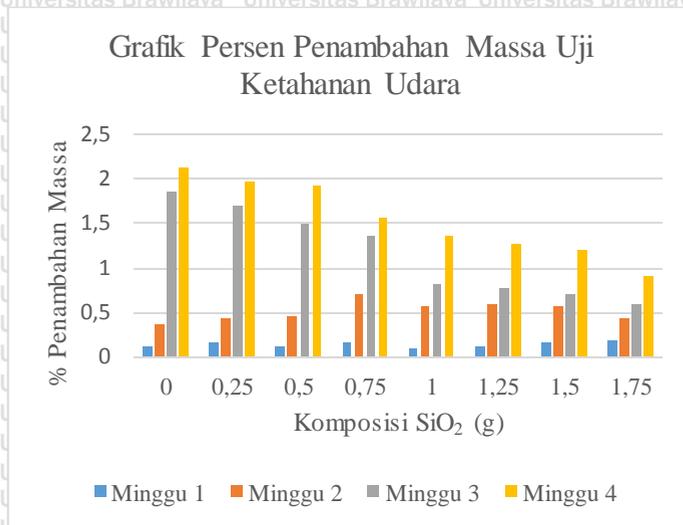
Data untuk perubahan massa dan persen penambahan massa dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan 4.6 berikut :

Tabel 4.5 Data Perubahan Massa Uji Ketahanan Udara (g)

Jenis Sampe	Rasio Massa Pati : SiO ₂	Perubahan Massa (g)				
		Mingg u 0	Mingg u 1	Mingg u 2	Mingg u 3	Mingg u 4
Sampe 1 1	5 : 0,00	0,066	0,067	0,069	0,084	0,087
Sampe 1 2	5 : 0,25	0,067	0,069	0,072	0,084	0,087
Sampe 1 3	5 : 0,50	0,073	0,075	0,078	0,088	0,093
Sampe 1 4	5 : 0,75	0,079	0,081	0,086	0,091	0,095
Sampe 1 5	5 : 1,00	0,083	0,084	0,089	0,093	0,097
Sampe 1 6	5 : 1,25	0,091	0,093	0,097	0,099	0,104
Sampe 1 7	5 : 1,50	0,095	0,097	0,101	0,102	0,107
Sampe 1 8	5 : 1,75	0,101	0,103	0,105	0,107	0,110

Tabel 4.6 Data Persen Penambahan Massa Uji Ketahanan Udara (%)

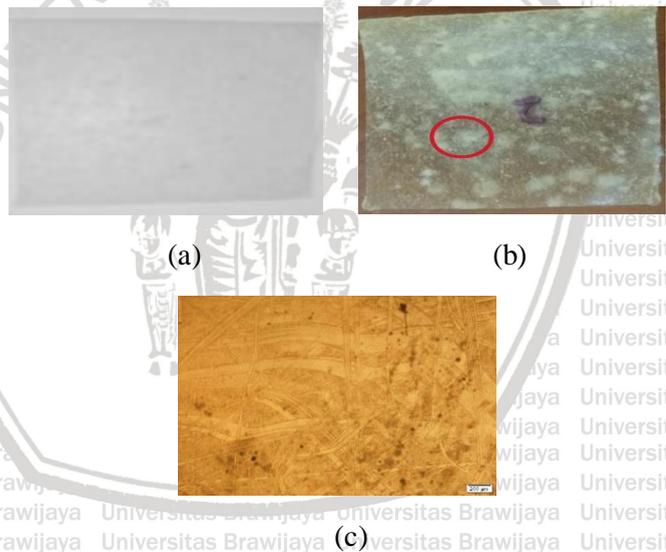
Jenis Sampe	Rasio Massa Pati : SiO ₂	Persen Penambahan Massa (%)				
		Minggu u 0	Minggu u 1	Minggu u 2	Minggu u 3	Minggu u 4
Sampe 11	5 : 0,00	0	0,13	0,37	1,87	2,13
Sampe 12	5 : 0,25	0	0,17	0,43	1,70	1,97
Sampe 13	5 : 0,50	0	0,13	0,47	1,50	1,93
Sampe 14	5 : 0,75	0	0,17	0,70	1,37	1,57
Sampe 15	5 : 1,00	0	0,10	0,57	0,83	1,37
Sampe 16	5 : 1,25	0	0,13	0,60	0,77	1,27
Sampe 17	5 : 1,50	0	0,17	0,57	0,70	1,20
Sampe 18	5 : 1,75	0	0,20	0,43	0,60	0,90



Gambar 4.9. Grafik Persen Penambahan Massa

Dari data perubahan massa dan persen penambahan massa pada Tabel 4.5 dan 4.6 diatas, dapat dilihat bahwa setiap minggunya sampel mengalami kenaikan massa, hal ini disebabkan karena sampel yang mulai ditumbuhi mikroorganismen dalam hal ini adalah jamur. Penambahan komposisi silika dapat mempengaruhi massa sampel, dimana semakin besar komposisi silika yang diberikan dapat mengurangi persen penambahan massa dimana hal itu menandakan jamur yang dapat tumbuh pada sampel semakin sedikit/berkurang. Persen penambahan massa tertinggi yaitu pada sampel 1 tanpa diberi silika sebesar 2,13%, dan persen penambahan massa terendah ada pada sampel 8 pemberian silika sebanyak 1,75 gram sebesar 0,90%. Hal ini terjadi karena silika memiliki sifat anti lembab atau bisa menjaga kelembaban plastik dengan pengaruh faktor dari luar atau lingkungan sekitar. Pada umumnya mikroorganismen lebih cepat tumbuh dan berkembang di tempat yang lembab, maka dengan penambahan silika ini terbukti dapat menghambat laju pertumbuhan jamur. Selain itu silika juga memiliki sifat adsorben untuk fungsi/jamur, bau, dan ion (Damiyanti, 2012).

Pada Gambar 4.9, grafik persen penambahan massa menjelaskan hubungan antara komposisi silika dengan persen penambahan massa sampel yang terjadi setiap minggunya. Persen penambahan massa sampel dari minggu 1 ke minggu 2 terlihat tampak fluktuatif (naik turun) karena selain baru memasuki fase awal yaitu jamur mulai tumbuh pada sampel, pada minggu 1 dan minggu 2 sifat-sifat bioplastik masih ada pada sampel dimana salah satu sifat bioplastik yaitu memiliki ketahanan terhadap mikroorganisme. Sedangkan pada minggu 3 dan minggu 4 sifat ketahanan bioplastik terhadap mikroorganisme mulai berkurang, dapat dilihat pada minggu 3 dan minggu 4 terlihat konsisten mengalami penurunan dimana jumlah jamur yang semakin banyak mulai mempengaruhi bentuk dari sampel.



Gambar 4.10. Kondisi Sampel Saat Uji Ketahanan Udara : (a) kondisi sampel sebelum pengujian, (b) kondisi sampel setelah pengujian, (c) kondisi sampel diamati dengan mikroskop Optik dengan perbesaran 400 kali

Pada Gambar 4.10 diatas dapat dilihat perbedaan sampel saat sebelum dilakukan pengujian, sesudah pengujian dan ketika sampel diamati dengan mikroskop optik dengan perbesaran 400 kali. Keadaan sampel yang diamati dengan mikroskop optik (gambar C), daerah yang diamati adalah pada daerah yang dilingkari dengan lingkaran merah (gambar b). Jamur mulai tampak jelas dengan kasat mata dan diamati dengan *loop* sekitar ± 15 hari setelah dilakukan pengujian. Menurut (Saraswati, 2010) ada dekomposer (makhluk yang berperan dalam penguraian makhluk hidup) dan uraian tersebut dapat diserap oleh tanaman dan tumbuhan disekitar. Beberapa contoh dari dekomposer antara lain gangga, fungi, protozoa dan cacing tanah. Untuk merombak plastik, mikroba harus bisa mengontaminasi lapisan plastik dengan muatan elektrostatik, dan mampu menggunakan komponen di dalam ataupun pada lapisan plastik sebagai nutrien.

Pertumbuhan jamur pada suatu medium dipengaruhi oleh beberapa hal seperti suhu, ph, kelembaban ruang, dan kandungan pada medium tersebut dimana bahan yang memiliki kandungan selulosa dan lignin tinggi akan lebih banyak dan lebih mudah ditumbuhi jamur, karena selulosa dan lignin merupakan salah satu kandungan makanan yang dapat dikonsumsi oleh jamur (Trisnawidarti, Nopiyanti, & Muzakar, 2010). Dapat disimpulkan bahwa faktor yang dapat mempengaruhi massa sampel pada uji ketahanan udara ini yaitu mikoorganisme jamur, dan penambahan konsentrasi silika dapat mencegah/menghambat tumbuhnya jamur serta menambah ketahanan plastik terhadap pengaruh dari kontaminasi mikroorganisme.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Silika terbukti dapat meningkatkan nilai kuat tarik serta elongasi. Nilai kuat tarik tertinggi didapatkan pada pemberian silika sebanyak 1 gram yaitu sebesar $(30,93 \pm 0,18)$ MPa dan dengan elongasi sebesar $(19,43 \pm 0,20)\%$. Hal ini menandakan titik optimal pemberian silika yaitu pada pemberian komposisi sebesar 1 gram.
2. Silika dapat menambah ketahanan plastik terhadap air. Nilai ketahanan plastik terhadap air tertinggi didapatkan pada pemberian komposisi silika sebanyak 1,75 gram dengan nilai 80,20%.
3. Silika dapat menambah kekuatan plastik terhadap pengaruh mikroorganisme. Dapat dilihat seiring dilakukan penambahan komposisi silika, persen penambahan massa sampel setiap minggunya semakin berkurang, menandakan silika dapat menghambat laju tumbuhnya jamur pada sampel.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada penelitian ini, dapat disarankan bahwa :

1. Pemberian silika tidak lebih dari 1 gram untuk didapatkan nilai mekanik optimal.
2. Menggunakan saringan dengan ukuran minimal 100 mesh agar didapatkan pati yang halus dan pada saat pencetakan didapatkan hasil plastik yang permukaannya halus, tidak pecah atau retak.
3. Diperhitungkan jarak antara waktu pembuatan sampel dan waktu saat pengujian



(halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

Abidin. 2011. *Volume Sampah Overload, Pagar Pembatas TPA Jabon Ambrol*. Artikel Online. Tersedia di kabarsidoarjo.com [diakses 4 Maret 2012].

A.Hanafi dan A. Nandang (2010). *Studi Pengaruh Bentuk Silika dari Abu Ampas Tebu terhadap Kekuatan Produk Keramik*. Jurnal Kimia Indonesia. Volume 5 : 35-38.

Borghel, Mehdi, Abdolreza Karbassi, Shahrzad Khoramnejadian, Abdol rasoul Oromiehie dan Amir Hossein Javid. 2010. *Microbial Biodegradable Potato Starch Based Low Density Polyethylene*. *African Journal of Biotechnology*, 9(26): 4075-4080.

Bragmann, C.P and Goncalves, M.R.F. 2006. *Thermal Insulators Made With Rice Husk Ashes: Production and Correlation Between Properties and Microstructure*. Department of materials, school of engineering, federal university of rio grande do sul, Brasil.

Butler, B.L., Vergano, P.J., Testin, R.F., Bunn, J.M., and Wiles, J.L., 1996, *Mechanical and Barrier Properties of Edible Chitosan Films as Affected by Composition and Storage*, *Journal of Food Science*, Vol. 61, No. 5, 953 – 956.

Chiellini, Emo. 2001. *Environmentally Degradable Polymers and Plastics (EDPs)-An Overview*. Italy: Dept of Chemistry and Industrial Chemistry, University of Pisa.

Darni Y. dan Herti Utami. 2010. *Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum*. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(4): 88-93.



Gedney, Richard. 2005. *Tensile Testing Basics, Tips and Trends*, ADMET Inc. Online. Tersedia di rgedney@admet.com [diunduh 25 Februari 2012].

Ginting, M. Hendra S., Hasibuan, Rosdanelli., Sinaga, Rnaldi F., dan Ginting, Gita. 2014. *Pengaruh Variasi Temperatur Gelatinisasi Pati terhadap sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan pada saat Putus Bioplastik Pati Umbi Talas*. Jurnal Seminar Nasional Sains.

Kord, B., *Effects of compatibilizer and nanolayered silicate on physical and mechanical properties of PP/bagasse composites*, Turk J Agric For 36 (2012) 510-517.

Koswara, Sutrisno. 2009. *Teknologi Modifikasi Pati*. EbookPangan.com . Indonesia.

Krisna, Dimas Damar Adi. 2011. *Pengaruh Reglatinasi dan Modifikasi Hidrotermal Terhadap Sifat Fisik pada Pembuatan Edible Film dari Pati Kacang Merah (Vigna angularis sp.)*. Tesis. Magister Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.Semarang, Indonesia.

Mali, S., M.V.E. Grossmann, M.A. Garcia, M.N. Martino dan N.E. Zaritzky. 2005. *Mechanical and Thermal properties of yam starch films*. J. Food Hydrocolloid. 19:157-164.

Mujiarto, Imam. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Jurnal Traksi, 3(2).

Mukprasirt, A. And Sajjaanantakul, K., 2004. *Physic o-chemical propertis of flour and starch from jackfruit seed (Arthocarpus heterophyllusLam). Compared with modified starches*. International Journal of Food Science and Technology., 39, 271-276.

Oscik, J. 1982. *Adsorption*. John Wiley & Sons, Inc. New York.



Sanjaya, I Gede M.H. dan Tyas Puspita. 2009. *Pengaruh Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol Pada Karakteristik Plastik Biodegradable Dari Pati Limbah Kulit Singkong*. *Jurnal FTI-ITS*.

Saraswati, Rasti, DR, 2010 *Bioaktivator Perombak Bahan Organik*. ([http://Biodekomposer/Bioaktivator Perombak Bahan Organik \(Biodekomposer\)](http://Biodekomposer/Bioaktivator Perombak Bahan Organik (Biodekomposer). Organic Entrepreneur Harmony and Humans and Nature.htm)). Organic Entrepreneur Harmony and Humans and Nature.htm. diakses tanggal 10 Oktober 2010).

Smallman, R.E. "*Metalurgi fisik modern & rekayasa material*" oleh R.E. Smallman dan R.J. Bishop ; penerjemah Sriati Djaprie" (1999).

Thakor, Nehal, Ujval Trivedi dan K C Pattel. 2005. *Microbiological And Biotechnological Aspects Of Biodegradable Plastics: Poly(Hydroxyalkanoates)*. *Indian Journal of Biotechnology*, 5(4): 137-147.

Tharanathan, R. N. (2003). *Biodegradable films and composite coating : Past, present and future*. *Trends in Food Science and Technology*, 54, 343-351.

Poeloengasih, C. Dewi, dan Djagal W. Marseno. 2003. *Karakterisasi Edible Film Komposit Protein Biji Kecipir dan Tapioka*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 14(3).

Sanjaya, G. I. dan Puspita, T. 2010. *Pengaruh Penambahan Khitosan dan Plasticizer Gliserol pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong*. Surabaya: ITS.

Sarka, Evzen, Zdenek Krulis, Jiri Kotek, Lubomir Ruzek, Anna Korbarova, Zdenek Bubnik dan Michaela Ruzkova. 2011. *Application of Wheat B Starch in Biodegradable Plastic Materials*. *Czech Journal of Food Science*, Vol. 29, 3:232-242.

Seigel, Emma and Lisa Barrow. 2007. *Biodegradable Plastics*. Online. Artikel diunduh tanggal 8 Februari 2012.



Selke, Susan E. 2006. *Handbook of Plastics Technologies: Plastics Recycling And Biodegradable Plastics*. Tersedia di www.digitalengineeringlibrary.com [diunduh 2 Februari 2012].

Trisnawidiyarti, T., Nopiyanti, & Muzakar, K. 2010. *Penggunaan Metode Pencampuran (Blending) dalam Pembuatan Plastik Biodegradabel*, <http://www.scribd.com/doc/53513995> (diakses 10 Mei 2011, 06:42).

Lawrence H. Van Vlack. *Ilmu Dan Teknologi Bahan*, Erlangga, 1992.

Yatim, W. 2007. *Kamus Biologi*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.



LAMPIRAN 1

DATA HASIL PENGUJIAN

1. Data Hasil Pengujian Sifat Mekanik Bioplastik

Tabel 1.1 Tanpa penguat SiO₂

n	σ (Mpa)	ϵ (%)	F (N)	A (m)	ΔL (m)	L0 (m)	t (s)
1	26,1	6,5	6,84	$250,5 \times 10^{-9}$	$0,4 \times 10^{-2}$	$6,1 \times 10^{-2}$	3,11
2	25,21	6,7	6,43	255×10^{-9}	$0,4 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-2}$	2,42
3	25,44	8,3	6,40	$251,5 \times 10^{-9}$	$0,5 \times 10^{-2}$	6×10^{-2}	3,09
Rata-rata	25,58	7,17					2,87

Tabel 1.2 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 0,25 (g)

n	σ (Mpa)	ϵ (%)	F (N)	A (m)	ΔL (m)	L0 (m)	t (s)
1	28,11	9,6	7,10	$252,2 \times 10^{-9}$	$0,6 \times 10^{-2}$	$6,2 \times 10^{-2}$	3,47
2	28,48	8,1	7,15	251×10^{-9}	$0,5 \times 10^{-2}$	$6,1 \times 10^{-2}$	3,30
3	28,78	9,8	7,21	$250,5 \times 10^{-9}$	$0,6 \times 10^{-2}$	$6,1$	3,33
Rata-rata	28,46	9,17					3,37

Tabel 1.3 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 0,5 (g)

n	σ (Mpa)	ϵ (%)	F (N)	A (m)	ΔL (m)	L0 (m)	t (s)
1	28,43	13,1	7,25	255×10^{-9}	$0,8 \times 10^{-2}$	$6,1 \times 10^{-2}$	4,22
2	28,34	14,7	7,26	257×10^{-9}	$0,9 \times 10^{-2}$	$6,1 \times 10^{-2}$	4,22
3	28,46	13,3	7,40	260×10^{-9}	$0,8 \times 10^{-2}$	6×10^{-2}	4,44
Rata-rata	28,47	13,70					4,33



Tabel 1.4 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 0,75 (g)

n	σ (Mpa)	ε (%)	F (N)	A (m)	ΔL (m)	L0 (m)	t (s)
1	29,84	16,7	7,82	262 x 10 ⁻⁹	1 x 10 ⁻²	6 x 10 ⁻²	4,41
2	28,15	14,5	7,46	265 x 10 ⁻⁹	0,9 x 10 ⁻²	6,2 x 10 ⁻²	4,38
3	30,05	16,3	7,92	263,5 x 10 ⁻⁹	1 x 10 ⁻²	6,1 x 10 ⁻²	5,38
Rata-rata	29,35	15,83					4,73

Tabel 1.5 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 1 (g)

n	σ (Mpa)	ε (%)	F (N)	A (m)	ΔL (m)	L0 (m)	t (s)
1	29,3	21,3	8,07	276 x 10 ⁻⁹	1,3 x 10 ⁻²	6,1 x 10 ⁻²	4,73
2	32,03	17,7	8,73	272,5 x 10 ⁻⁹	1,1 x 10 ⁻²	6,2 x 10 ⁻²	4,37
3	31,46	19,3	8,48	269,5 x 10 ⁻⁹	1,2 x 10 ⁻²	6,2 x 10 ⁻²	5,44
Rata-rata	30,93	19,43					4,85

Tabel 1.6 Komposisi Pati : SiO₂ = 1,25 (g)

n	σ (Mpa)	ε (%)	F (N)	A (m)	ΔL (m)	L0 (m)	t (s)
1	20,76	8,3	5,72	275,5 x 10 ⁻⁹	0,5 x 10 ⁻²	6 x 10 ⁻²	3
2	23,94	8,1	6,50	271,5 x 10 ⁻⁹	0,5 x 10 ⁻²	6,1 x 10 ⁻²	3,10
3	19,15	6,7	5,21	272 x 10 ⁻⁹	0,4 x 10 ⁻²	6 x 10 ⁻²	2,45
Rata-rata	21,28	7,70					2,85

Tabel 1.7 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 1,5 (g)

n	σ (Mpa)	ε (%)	F (N)	A (m)	ΔL (m)	L0 (m)	t (s)
1	16,67	4,8	4,39	263,5 x 10 ⁻⁹	0,3 x 10 ⁻²	6,2 x 10 ⁻²	2,82
2	18,74	6,5	5,09	271,5 x 10 ⁻⁹	0,4 x 10 ⁻²	6,1 x 10 ⁻²	2,78
3	18,24	6,5	5,00	274 x 10 ⁻⁹	0,4 x 10 ⁻²	6,1 x 10 ⁻²	2,92
Rata-rata	17,88	5,93					2,84



Tabel 1.8 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 1,75 (g)

n	σ (Mpa)	ε (%)	F (N)	A (m)	ΔL (m)	L0 (m)	t (s)
1	13,74	5	3,82	278 x 10 ⁻⁹	0,3 x 10 ⁻²	6 x 10 ⁻²	2,38
2	13,91	4,9	3,75	269,5 x 10 ⁻⁹	0,3 x 10 ⁻²	6,1 x 10 ⁻²	1,49
3	12,8	6,6	3,47	270,5 x 10 ⁻⁹	0,4 x 10 ⁻²	6 x 10 ⁻²	1,8
Rata-rata	13,48	5,5					1,89

2. Data Hasil Uji Ketahanan Air Bioplastik

Tabel 2.1 Tanpa penguat SiO₂

No	Massa Sebelum Pengujian (g)			Massa Setelah Pengujian (g)		
1	0,068	0,067	0,068	0,089	0,089	0,088
2	0,066	0,066	0,069	0,090	0,088	0,087
3	0,065	0,067	0,067	0,089	0,089	0,090
4	0,068	0,067	0,068	0,090	0,088	0,089
5	0,066	0,068	0,066	0,088	0,090	0,089

Tabel 2.2 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 0,25 (g)

No	Massa Sebelum Pengujian (g)			Massa Setelah Pengujian (g)		
1	0,070	0,071	0,069	0,091	0,091	0,090
2	0,069	0,067	0,071	0,090	0,090	0,092
3	0,069	0,072	0,070	0,090	0,090	0,090
4	0,072	0,070	0,071	0,092	0,089	0,090
5	0,071	0,070	0,069	0,089	0,089	0,090

Tabel 2.3 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 0,5 (g)

No	Massa Sebelum Pengujian (g)			Massa Setelah Pengujian (g)		
1	0,076	0,072	0,078	0,098	0,098	0,097
2	0,076	0,076	0,076	0,096	0,098	0,096
3	0,074	0,077	0,075	0,097	0,097	0,097
4	0,073	0,075	0,074	0,097	0,096	0,096
5	0,075	0,073	0,074	0,096	0,095	0,096



Tabel 2.4 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 0,75 (g)

No	Massa Sebelum Pengujian (g)			Massa Setelah Pengujian (g)		
1	0,082	0,083	0,082	0,105	0,103	0,104
2	0,083	0,083	0,084	0,104	0,105	0,104
3	0,081	0,082	0,082	0,103	0,104	0,103
4	0,081	0,083	0,083	0,104	0,104	0,102
5	0,082	0,082	0,081	0,103	0,103	0,104

Tabel 2.5 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 1 (g)

No	Massa Sebelum Pengujian (g)			Massa Setelah Pengujian (g)		
1	0,090	0,089	0,091	0,111	0,110	0,110
2	0,087	0,089	0,088	0,111	0,111	0,109
3	0,090	0,091	0,088	0,110	0,110	0,111
4	0,088	0,090	0,088	0,108	0,111	0,109
5	0,087	0,090	0,089	0,109	0,108	0,110

Tabel 2.6 Komposisi Pati : SiO₂ = 1,25 (g)

No	Massa Sebelum Pengujian (g)			Massa Setelah Pengujian (g)		
1	0,097	0,095	0,095	0,115	0,116	0,115
2	0,094	0,096	0,096	0,114	0,115	0,114
3	0,097	0,097	0,095	0,114	0,113	0,114
4	0,098	0,095	0,094	0,115	0,114	0,115
5	0,093	0,091	0,092	0,114	0,116	0,114

Tabel 2.7 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 1,5 (g)

No	Massa Sebelum Pengujian (g)			Massa Setelah Pengujian (g)		
1	0,104	0,101	0,101	0,118	0,120	0,120
2	0,102	0,102	0,101	0,120	0,119	0,120
3	0,098	0,101	0,100	0,118	0,119	0,119
4	0,104	0,104	0,102	0,119	0,119	0,118
5	0,101	0,100	0,102	0,120	0,120	0,118

Tabel 2.8 Komposisi Pati : SiO₂ = 5 : 1,75 (g)

No	Massa Sebelum Pengujian (g)			Massa Setelah Pengujian (g)		
1	0,106	0,106	0,105	0,120	0,121	0,120
2	0,105	0,107	0,100	0,119	0,120	0,120
3	0,101	0,100	0,100	0,121	0,120	0,121
4	0,109	0,106	0,105	0,120	0,119	0,119
5	0,104	0,103	0,103	0,119	0,120	0,120



3. Data Hasil Uji Ketahanan Lingkungan Bioplastik

Tabel 3.1 Komposisi 1 (tanpa penguat SiO₂)

Minggu	Massa Sampel (g)				
	0	1	2	3	4
1	0,066	0,066			
	0,067	0,067			
	0,065	0,065			
2	0,065	0,065	0,068		
	0,066	0,066	0,068		
	0,066	0,066	0,067		
3	0,067	0,067	0,068	0,073	
	0,066	0,066	0,068	0,076	
	0,066	0,066	0,067	0,075	
4	0,067	0,067	0,067	0,074	0,079
	0,065	0,065	0,066	0,075	0,080
	0,065	0,065	0,065	0,076	0,081

Tabel 3.2 Komposisi 2 (Pati : SiO₂ = 5 : 0,25%)

Minggu	Massa Sampel (g)				
	0	1	2	3	4
1	0,068	0,068			
	0,069	0,069			
	0,069	0,069			
2	0,067	0,067	0,070		
	0,066	0,066	0,069		
	0,069	0,069	0,071		
3	0,068	0,068	0,070	0,089	
	0,066	0,066	0,068	0,087	
	0,068	0,068	0,069	0,085	
4	0,069	0,069	0,069	0,090	0,094
	0,067	0,067	0,068	0,085	0,089
	0,067	0,067	0,069	0,085	0,088



Tabel 3.3 Komposisi 3 (Pati : SiO₂ = 5 : 0,5%)

Minggu	Massa Sampel (g)				
	0	1	2	3	4
1	0,074	0,074			
	0,073	0,073			
	0,075	0,075			
2	0,072	0,072	0,074		
	0,074	0,074	0,075		
	0,074	0,074	0,074		
3	0,075	0,075	0,075	0,092	
	0,073	0,073	0,074	0,093	
	0,073	0,073	0,073	0,090	
4	0,074	0,074	0,075	0,091	0,095
	0,074	0,074	0,076	0,089	0,095
	0,073	0,073	0,074	0,091	0,094

Tabel 3.4 Komposisi 4 (Pati : SiO₂ = 5 : 0,75%)

Minggu	Massa Sampel (g)				
	0	1	2	3	4
1	0,080	0,080			
	0,078	0,078			
	0,079	0,079			
2	0,079	0,079	0,080		
	0,078	0,078	0,078		
	0,078	0,078	0,078		
3	0,079	0,079	0,079	0,094	
	0,080	0,080	0,081	0,091	
	0,080	0,080	0,082	0,093	
4	0,077	0,077	0,079	0,093	0,095
	0,080	0,080	0,080	0,095	0,096
	0,081	0,081	0,083	0,091	0,094



Tabel 3.5 Komposisi 5 (Pati : SiO₂ = 5 : 1%)

Minggu	Massa Sampel (g)				
	0	1	2	3	4
1	0,086	0,086			
	0,083	0,083			
	0,084	0,084			
2	0,085	0,085	0,085		
	0,086	0,086	0,086		
	0,083	0,083	0,084		
3	0,084	0,084	0,085	0,096	
	0,083	0,083	0,085	0,095	
	0,085	0,085	0,085	0,092	
4	0,082	0,082	0,083	0,091	0,096
	0,085	0,085	0,085	0,094	0,097
	0,083	0,083	0,083	0,090	0,096

Tabel 3.6 Komposisi 6 (Pati : SiO₂ = 1,25%)

Minggu	Massa Sampel (g)				
	0	1	2	3	4
1	0,091	0,091			
	0,094	0,094			
	0,092	0,092			
2	0,092	0,092	0,092		
	0,090	0,090	0,091		
	0,094	0,094	0,095		
3	0,091	0,091	0,091	0,098	
	0,091	0,091	0,092	0,095	
	0,093	0,093	0,093	0,095	
4	0,092	0,092	0,095	0,095	0,108
	0,094	0,094	0,095	0,091	0,106
	0,091	0,091	0,092	0,089	0,107



Tabel 3.7 Komposisi 7 (Pati : SiO₂ = 5 : 1,5%)

Minggu	Massa Sampel (g)				
	0	1	2	3	4
1	0,099	0,099			
	0,098	0,098			
	0,096	0,096			
2	0,095	0,095	0,096		
	0,098	0,098	0,098		
	0,096	0,096	0,096		
3	0,097	0,097	0,097	0,114	
	0,099	0,099	0,099	0,108	
	0,096	0,096	0,097	0,109	
4	0,099	0,099	0,099	0,112	0,118
	0,096	0,096	0,098	0,113	0,119
	0,097	0,097	0,098	0,110	0,116

Tabel 3.8 Komposisi 8 (Pati : SiO₂ = 5 : 1,75%)

Minggu	Massa Sampel (g)				
	0	1	2	3	4
1	0,105	0,105			
	0,102	0,102			
	0,106	0,106			
2	0,103	0,103	0,103		
	0,103	0,103	0,104		
	0,104	0,104	0,104		
3	0,103	0,103	0,104	0,111	
	0,105	0,105	0,105	0,109	
	0,105	0,105	0,105	0,119	
4	0,104	0,104	0,105	0,121	0,126
	0,103	0,103	0,103	0,116	0,124
	0,103	0,103	0,104	0,120	0,124



LAMPIRAN 2

ANALISIS DATA

Analisis Data Sifat Mekanik

Kuat tarik σ diperoleh dari persamaan :

$$\sigma = \frac{\text{Gaya maksimum (F maks)}}{\text{Luas peampang (A)}}$$

Dimana : σ = Kekuatan Tarik (N/mm²)

F_{maks} = gaya maksimum yang diterima (N)

A = luas penampang sampel (mm²)

Nilai F dan A didapatkan dari pengukuran berulang sebanyak 3 kali. Pengukuran ralat yang dilakukan adalah pengukuran berulang (variabel ralat ditentukan dari deviasi standart rata-rata) dan digunakan teori ralat tidak langsung, untuk menghitung nilai ralat digunakan rumus :

$$\Delta\sigma = \left| \frac{\partial\sigma}{\partial F_{max}} \right| [\Delta F_{max}] + \left| \frac{\partial\sigma}{\partial A} \right| |\Delta \bar{A}|$$

Nilai ΔF_{max} didapatkan dari rumus \bar{A}

$$\Delta F_{max} = \sqrt{\frac{\Sigma (F_{max} - \bar{F}_{max})^2}{n(n-1)}}$$

Nilai $\Delta \bar{A}$ didapatkan dari rumus

$$\Delta \bar{A} = \sqrt{\frac{\Sigma (A - \bar{A})^2}{n(n-1)}}$$

Penulisan hasil perhitungan kuat tarik $\sigma = \bar{\sigma} \pm \Delta\sigma$



Persen pemanjangan ϵ diperoleh dari

persamaan :

$$\% \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Keterangan :

$\% \epsilon$ = elongasi (%)

ΔL = $(L_1 - L_0)$ pertambahan panjang (mm)

L_0 = panjang awal sampel (mm)

L_0 didapatkan langsung dari satu kali pengukuran, sedangkan L_1 diperoleh langsung dari pengukuran berulang sebanyak 3 kali.

Teori ralat sampel mula-mula yang digunakan adalah teori ralat tidak langsung menggunakan persamaan differensial dan berulang

$$\Delta \epsilon = \left| \frac{\partial \epsilon}{\partial L} \right| |\Delta \bar{L}| + \left| \frac{\partial \epsilon}{\partial L_0} \right| |\Delta \bar{L}_0|$$

Nilai $\Delta \bar{L}_{max}$ didapatkan dari rumus \bar{A}

$$\Delta \bar{L} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta L - \Delta \bar{L})^2}{n(n-1)}}$$

Nilai $\Delta \bar{A}$ didapatkan dari rumus

$$\Delta \bar{L}_0 = \sqrt{\frac{\sum (L_0 - \bar{L}_0)^2}{n(n-1)}}$$

Penulisan laporan hasil perhitungan adalah

$$\epsilon = \bar{\epsilon} \pm \Delta \epsilon$$

Perubahan massa didapatkan ketika uji ketahanan air dan ketahanan udara



Persen penambahan massa atau pengurangan massa :

$$\% m = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\%$$

Keterangan : m_0 = massa awal

m_1 = massa akhir

Penulisan laporan hasil perhitungan adalah :

$$\% m = \% \bar{m} \pm \Delta \% m$$



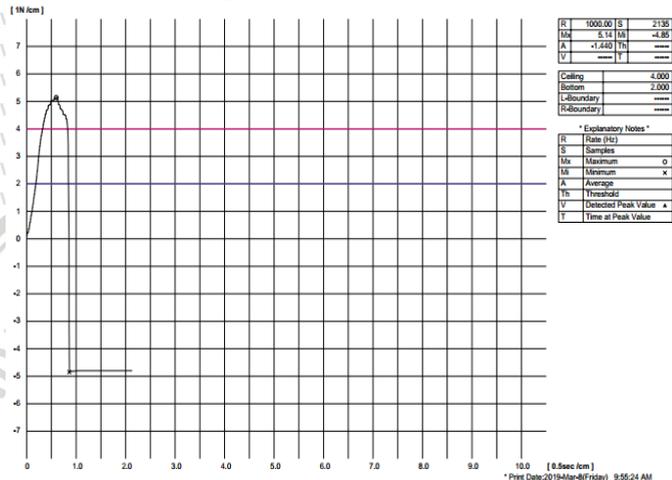


(halaman ini sengaja dikosongkan)

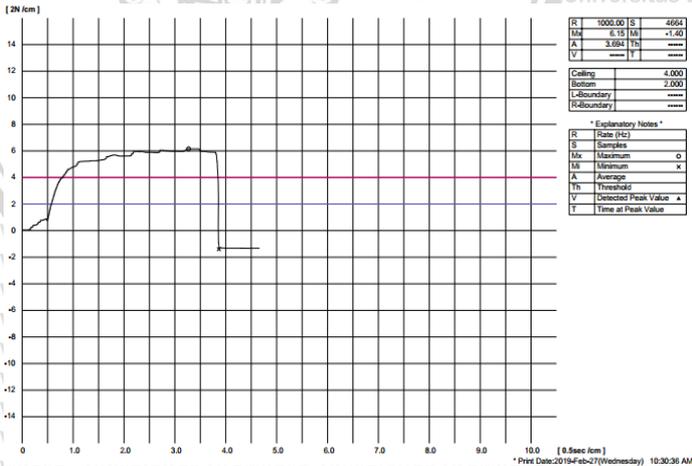
LAMPIRAN 3

GRAFIK UJI TARIK

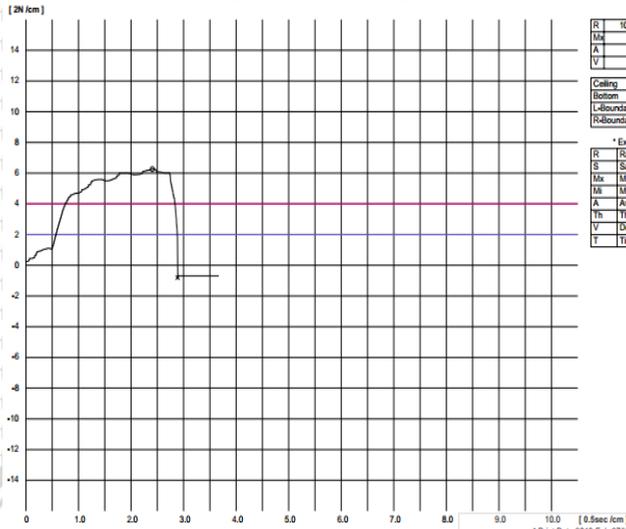
1. Grafik uji tarik tanpa silika (0 gram)



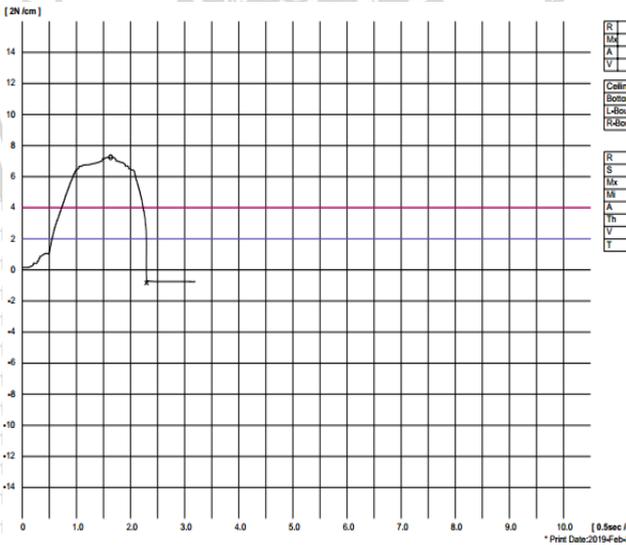
2. Grafik uji tarik dengan silika 0,25 gram



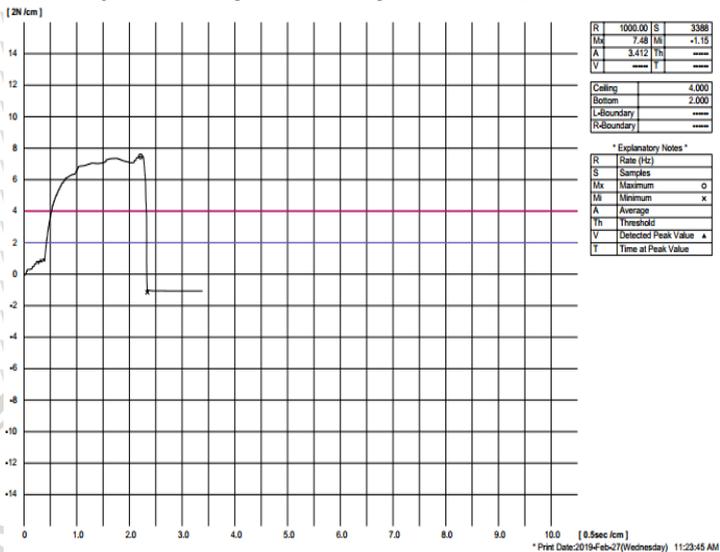
3. Grafik uji tarik dengan silika 0,5 gram



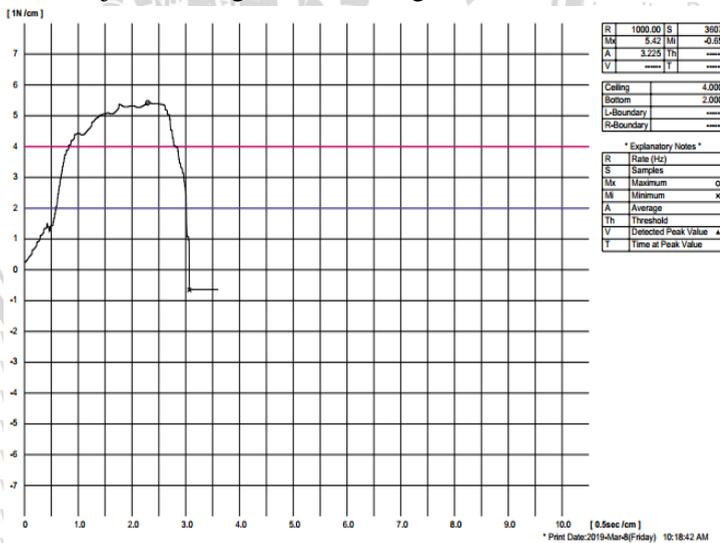
4. Grafik uji tarik dengan silika 0,75 gram



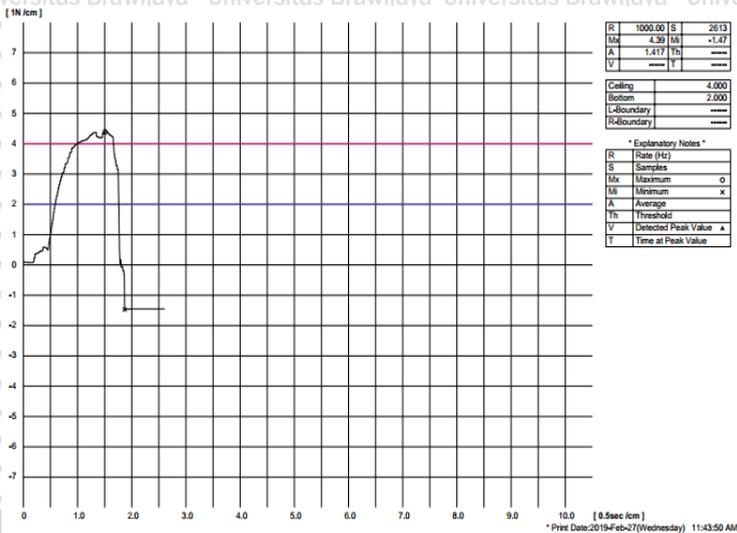
5. Grafik uji tarik dengan silika 1 gram



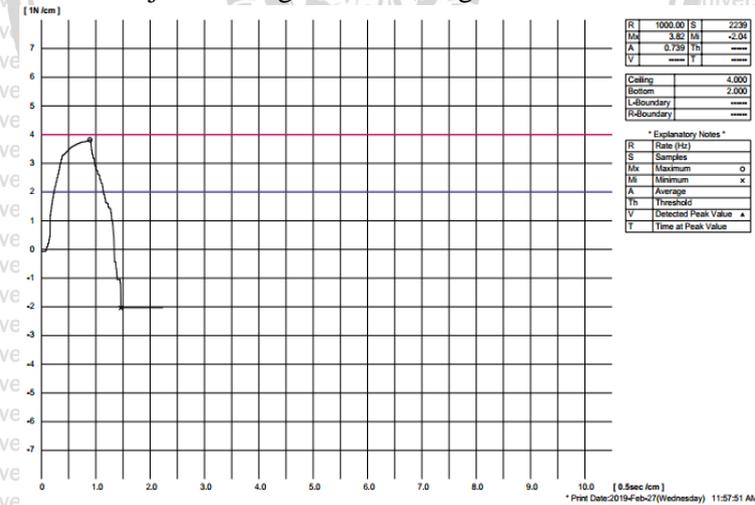
6. Grafik uji tarik dengan silika 1,25 gram



7. Grafik uji tarik dengan silika 1,5 gram



8. Grafik uji tarik dengan silika 1,75 gram



LAMPIRAN 4 BAHAN-BAHAN



Gambar 1 Pati biji nangka



Gambar 2 Penguat SiO₂



Gambar 3 Gliserol



Gambar 4 Aquades





(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN 5 ALAT-ALAT



Gambar 1 Coating Thickness



Gambar 2 Thermometer



Gambar 3 Magnetic Stirrer



Gambar 4 Baker Glass



Gambar 5 Statif



Gambar 6 Pengaduk



Gambar 7 Timbangan Digital

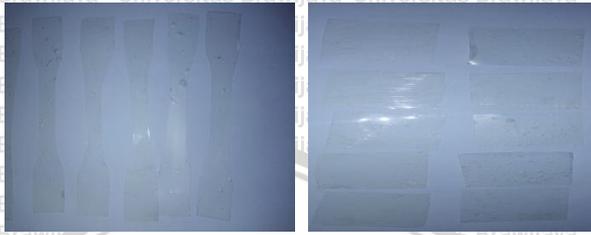


Gambar 8 Ayakan 100 Mesh



LAMPIRAN 6

KONDISI SAMPEL BIOPLASTIK SAAT PENGUJIAN



Gambar 1 contoh sampel tanpa penguat



Gambar 2 Contoh sampel dengan penguat SiO_2 0,25 gram



Gambar 3 Contoh sampel dengan penguat SiO_2 0,5 gram



Gambar 4 Contoh sampel dengan penguat SiO₂ 0,75 gram



Gambar 5 Contoh sampel dengan penguat SiO₂ 1 gram



Gambar 6 Contoh sampel dengan penguat SiO₂ 1,25 gram



Gambar 7 Contoh sampel dengan penguat SiO_2 1,5 gram



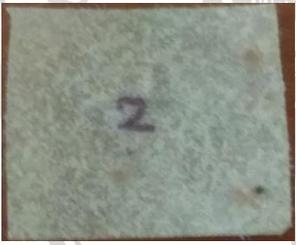
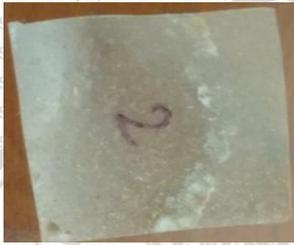
Gambar 8 Contoh sampel dengan penguat SiO_2 1,75 gram



Gambar 9 Kondisi sampel saat uji ketahanan air



Gambar 10 Kondisi sampel saat uji ketahanan lingkungan



(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)



(g)

(h)

Gambar 11 Kondisi sampel bioplastik setelah dilakukan uji ketahanan udara : (a) tanpa penguat (b) dengan penguat SiO_2 0,25 gram (c) dengan penguat SiO_2 0,5 gram (d) dengan penguat SiO_2 0,75 gram (e) dengan penguat SiO_2 1 gram (f) dengan penguat SiO_2 1,25 gram (g) dengan penguat SiO_2 1,5 gram (h) dengan penguat SiO_2 1,75 gram

