

KARAKTERISTIK PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI PATI UBI JALAR DENGAN VARIASI KITOSAN

Listyarum Hening Pakerti¹, Muryeti²

^{1,2}Program Studi Teknologi Industri Cetak Kemasan, Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. DR. G. A. Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok 16424

E-mail : Listyarumhening35@gmail.com

ABSTRACT

Plastics used in everyday life are not biodegradable by soil microorganisms. So that as the use of plastic increases, plastic waste will continue to increase and can pollute the environment. One alternative to reducing plastic waste is by making biodegradable plastics. Biodegradable plastics are plastics made from natural materials and are easily broken down by microorganisms. In this study, the ingredients used were sweet potato glycerol as a plasticizer and chitosan. The aim of this research is to obtain the optimum composition for the manufacture of biodegradable plastics. The weight of sweet potato starch used was 6 grams, glycerol with a concentration of 1.5% and chitosan with various concentrations of 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, and 2%. The method used is the manufacture of bioplastics and testing. Sweet potato starch, glycerol solution with aquadest, and chitosan solution were stirred at 80°C for 30 minutes using a hot magnetic stirrer. And printed on the mold then oven at 70°C until dry. Bioplastics that have been made will be tested for tensile strength, elongation, modulus young, thickness, transparency, and water resistance. From the test results, it was found that the optimum tensile strength value was produced at a concentration of 0.5% chitosan with a tensile strength value of 0.4765 MPa. The greatest percentage of elongation was at the chitosan concentration of 0.5% with an elongation value of 25.0123%. Meanwhile, the optimum young modulus was obtained at a concentration of 1% with a value of 0.0274 MPa. For the greatest thickness obtained at the concentration of chitosan 2% sample 2 with a value of 0.319 mm. The optimum transparency value is at a concentration of 0% sample 1 with a value of 83%. And the optimum water resistance is at a concentration of 1% with a water resistance value of 35.729%.

Keywords: Biodegradable plastic, sweet potato starch, chitosan, glycerol, tensile strength.

ABSTRAK

Plastik yang digunakan dalam kehidupan sehari – hari memiliki sifat tidak dapat terurai oleh mikroorganisme tanah. Sehingga seiring bertambahnya penggunaan plastik maka sampah plastik akan terus bertambah dan dapat mencemari lingkungan. Salah satu alternatif untuk mengurangi sampah plastik yaitu dengan pembuatan plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* adalah plastik yang terbuat dari bahan alami serta mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah ubi jalar gliserol sebagai *plasticizer*, dan kitosan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan komposisi yang optimum pada pembuatan plastik *biodegradable*. Berat pati ubi jalar yang digunakan adalah 6 gram, gliserol dengan konsentrasi 1,5% dan kitosan dengan variasi konsentrasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%. Metode yang digunakan adalah pembuatan bioplastik dan pengujian. Pati ubi, larutan gliserol dengan aquadest, dan larutan kitosan diaduk dengan suhu 80°C selama 30 menit menggunakan *hot magnetic stirrer*. Dan dicetak pada cetakan lalu dioven dengan suhu 70°C sampai kering. Bioplastik yang telah dibuat akan dilakukan pengujian kuat tarik, elongasi, *modulus young*, ketebalan, transparansi, dan ketahanan air. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat tarik optimum dihasilkan pada konsentrasi kitosan 0,5% dengan nilai kuat tarik 0,4765 MPa. Persentase elongasi paling besar berada pada konsentrasi kitosan 0,5% dengan nilai elongasi sebesar 25,0123%. Sementara untuk *modulus young* optimum didapat pada konsentrasi 1% dengan nilai 0,0274 MPa. Untuk ketebalan paling besar didapat pada konsentrasi kitosan 2% sampel 2 dengan nilai 0,319 mm. Nilai transparansi optimum ada pada konsentrasi 0% sampel 1 dengan nilai 83%. Dan untuk ketahanan air optimum terdapat pada konsentrasi 1% dengan nilai ketahanan air sebesar 35,729%.

Keywords: Plastik biodegradable, pati ubi jalar, kitosan, gliserol, kuat tarik.

PENDAHULUAN

Pada kehidupan sehari – hari plastik selalu digunakan dimanapun dan kapanpun di berbagai bidang. Plastik dipilih karena ringan, tahan air, mudah dibentuk, transparan, dapat diberi warna dan juga murah. Namun walaupun plastik memiliki banyak kelebihan plastik juga memiliki kelemahan. Plastik yang digunakan pada kehidupan sehari – hari dibuat dari minyak bumi, minyak bumi sulit untuk diperbaharui dan membutuhkan waktu yang lama untuk memperbaharui. Sehingga jika semakin banyak minyak bumi digunakan maka akan semakin menipis persediaan minyak bumi. Selain itu plastik memiliki sifat sulit terurai oleh mikroorganisme tanah. Plastik yang tidak terurai akan menjadi sampah plastik dan dapat mencemari lingkungan. Apabila sampah plastik dibuang ke sungai maka dapat menyumbat jalannya air dan dapat menyebabkan banjir. Sampah yang mengalir hingga ke laut dapat membunuh biota laut apabila ikut termakan oleh biota laut. Sampah plastik yang dibakar asap hasil pembakarannya mengandung gas beracun seperti hydrogen sianida (HCN) dan karbon monoksida (CO) [1]. Menurut data statistik persampahan domestik Indonesia, di Indonesia jenis sampah plastik menduduki peringkat kedua sebesar 5.4 juta ton per tahun atau 14 persen dari total produksi sampah [2]. Jika penggunaan plastik konvensional tetap diteruskan maka sampah plastik akan terus semakin meningkat. Maka dari itu perlu adanya solusi untuk mengurangi sampah plastik, salah satu solusinya yaitu dengan membuat plastik biodegradable.

Plastik biodegradable atau bioplastik adalah plastik yang dibuat dari bahan alami dan dapat diuraikan oleh mikroorganisme tanah. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk pembuatan bioplastik adalah pati. Pati dipilih karena memiliki kelebihan yaitu harganya murah dan dapat terdegradasi dengan sempurna [3]. Pati mengandung karbohidrat, dan komposisi dari karbohidrat terdiri dari amilosa dan amilopektin. Ubi jalar merupakan salah satu bahan yang memiliki kandungan pati yang besar. Ubi jalar mengandung 22% amilosa dan 78% amilopektin [4]. Kandungan amilosa dan amilopektin dapat mempengaruhi kekuatan mekanis bioplastik yang dihasilkan. Ubi jalar merupakan bahan yang mudah didapatkan serta harganya yang terjangkau. Namun bioplastik yang dihasilkan sifatnya kaku, maka dibutuhkan bahan tambahan berupa plasticizer. Kekuatan mekanis dari bioplastik yang dibuat dapat meningkat jika pati dengan kandungan amilopektin tinggi ditambah dengan plasticizer [3].

Plasticizer ditambahkan dengan tujuan untuk menambah fleksibilitas dari bioplastik yang dibuat. Sehingga bioplastik yang dihasilkan bisa lebih plastis. Gliserol dan sorbitol merupakan plasticizer yang sering digunakan dalam pembuatan plastik biodegradable. Pada penelitian ini akan digunakan gliserol sebagai plasticizer.

Pada penelitian ini digunakan bahan tambahan lain yaitu kitosan. Kitosan disini berfungsi sebagai penguat bioplastik. Kitosan memiliki sifat yang baik untuk dibentuk menjadi plastik dan mempunyai sifat antimikrobakterial [5].

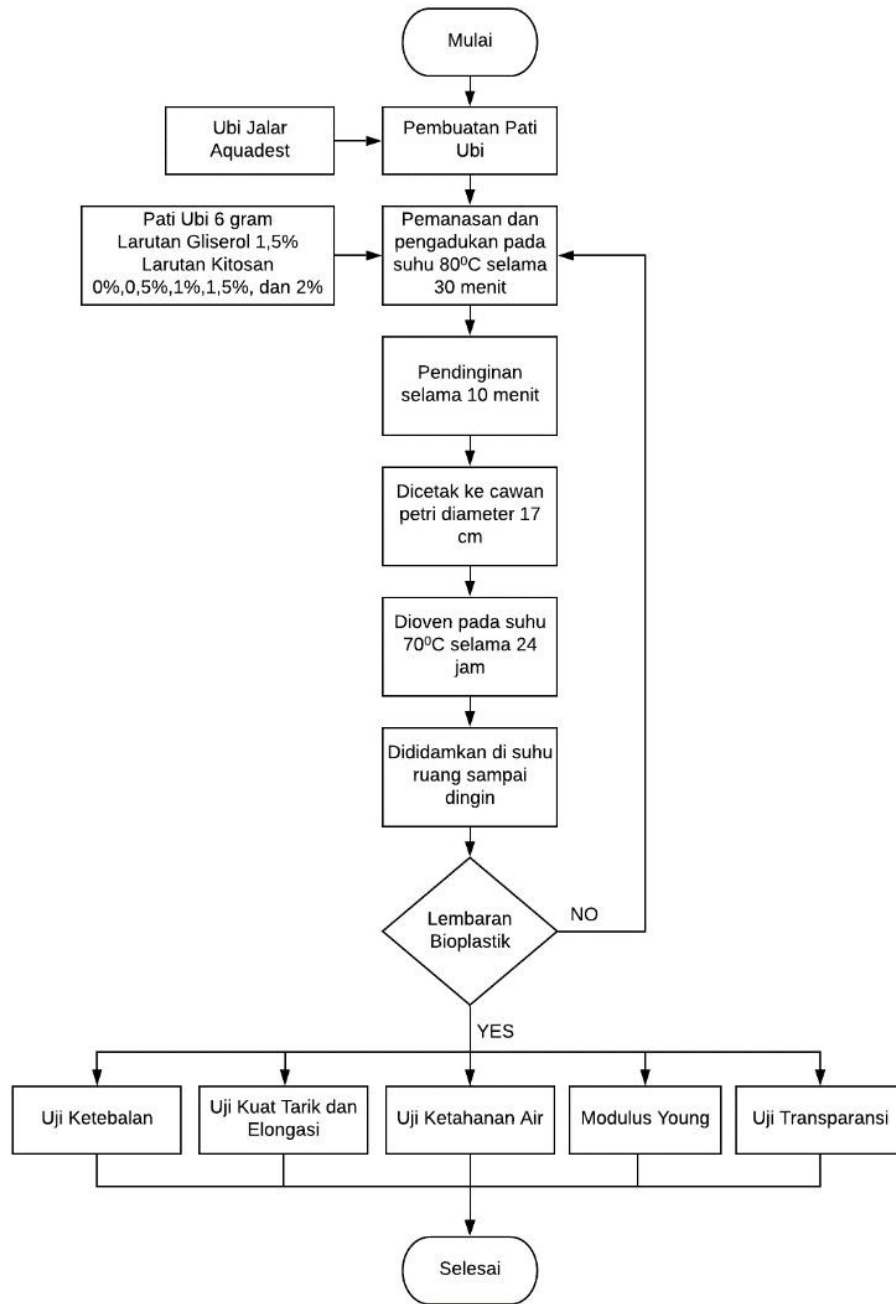
Berdasarkan penjelasan diatas maka pada penelitian ini akan dibuat plastik biodegradable dengan pati ubi jalar sebagai bahan utama, gliserol sebagai plasticizer serta kitosan sebagai bahan penguat. Berat pati ubi yang digunakan adalah 6 gram. Konsentrasi gliserol yang digunakan yaitu 1,5%. Dan variasi konsentrasi kitosan yang digunakan adalah 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%.

Metode penelitian yang digunakan adalah pembuatan plastik biodegradable dan pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tarik, elongasi, modulus young, ketebalan, transparansi, dan ketahanan air. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mencari komposisi optimum yang dilihat dari aspek kuat tarik, elongasi, modulus young, ketebalan,

transparansi, dan ketahanan air. Penelitian ini diharapkan bermanfaat dalam pengembangan pembuatan plastik biodegradable dan pengurangan penggunaan plastik konvensional.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah pati ubi jalar, gliserol sebagai plasticizer dan kitosan. Alat yang digunakan adalah blender, gelas beaker, hot magnetic stirrer, thermometer, neraca analitik, oven, cawan petri dengan diameter 17 cm, kain saring, dan ayakan 60 mash. Metode penelitian pada penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu pembuatan pati, pembuatan plastik biodegradable, dan pengujian. Flowchart metode penelitian terdapat pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Pembuatan Plastik Biodegradable

1. Pembuatan Pati

Langkah pertama yang dilakukan adalah kupas ubi jalar dan cuci hingga bersih, kemudian ubi dipotong kecil – kecil agar mempermudah proses blender. Ubi yang sudah dipotong dimasukkan ke dalam blender dan tambahkan aquadest lalu diblender. Ubi halus yang sudah jadi kemudian disaring menggunakan kain saring guna mendapatkan pati. Peras bubur ubi hingga diperoleh ampas dan cairan pati. Cairan pati kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker dan diendapkan selama satu malam. Setelah diendapkan maka akan terpisah antara endapan dan air, air yang berada di atas endapan dibuang. Kemudian masukkan aquadest pada endapan tadi, aduk sehingga tercampur dan endapkan kembali selama satu malam. Setelah diendapkan buang air yang ada di atas endapan kemudian tuangkan endapan ke kertas saring dan keringkan di oven dengan suhu 80⁰C selama 5 jam.

Setelah kering pati ubi lalu ditumbuk dan disaring menggunakan ayakan 60 mash agar pati halus.

2. Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Pati ubi ditimbang dengan neraca digital hingga 6 gram, kemudian masukkan larutan gliserol 1,5% sebanyak 100 ml dan larutan kitosan dengan konsentrasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% sebanyak 2 ml ke gelas beaker. Larutan gliserol merupakan gliserol yang sudah dilarutkan pada 100 ml aquadest, banyaknya gliserol yang dilarutkan tergantung oleh konsentrasi yang digunakan. Larutan kitosan adalah kitosan yang sudah dilarutkan menggunakan asam asetat 1%. Kemudian masukkan pati ke dalam gelas beaker berisi larutan gliserol dan larutan kitosan tadi, panaskan dan aduk dengan hot magnetic stirrer dengan suhu

80⁰C selama 30 menit. Selesai proses pengadukan lalu film didinginkan selama 10 menit, untuk menghilangkan gelembung. Lalu cetak film ke cawan petri diameter 17 cm dan keringkan di oven dengan suhu 70⁰C selama 24 jam. Setelah kering cetakan didiamkan terlebih dahulu pada suhu ruang hingga dingin. Lepas lembaran bioplastik dari cetakan dan lakukan pengujian.

3. Pengujian

Dilakukan beberapa pengujian antara lain kuat tarik, elongasi, modulus young, ketebalan, transparansi, dan ketahanan air.

A. KUAT TARIK DAN ELONGASI

Pengujian dilakukan menggunakan tensile strength tester Hounsfield. Pengujian kuat tarik dan elongasi dilakukan berdasarkan standar ASTM D882-02. Sampel dipotong dengan ukuran 10 cm x 2,5 cm, lalu dijepitkan pada gripper lalu akan ditarik keatas oleh mesin sampai putus. Nilai gaya tarik dan elongasi akan tertera pada layar yang terhubung dengan perangkat alat pengujian. Kemudian nilai kuat tarik pada sampel bioplastik dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A}$$

Keterangan:

σ = Kuat tarik (N/m²)

F_{maks} = Gaya tarik maksimum (N)

A = Luas penampang (m²)

Sedangkan untuk persentase elongasi dihitung menggunakan rumus berikut.

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

Keterangan:

ε = Elongasi (%)

ΔL = (L-L₀) pertambahan panjang (mm)

L_0 = panjang mula – mula (mm)

B. MODULUS YOUNG

Modulus young merupakan nilai yang didapat dari hasil pembagian antara kuat tarik dengan elongasi.

C. KETEBALAN

Pada pengujian ini ketebalan dari bioplastik diukur menggunakan micrometer digital Mitutoyo. Cara pengukuran yaitu dengan mengukur 3 sisi dari bioplastik yang diuji. Dilakukan dua kali pengulangan, setelah dilakukan pengukuran ketebalan lalu dihitung nilai rata – rata.

D. TRANSPARANSI

Transparansi bioplastik diukur menggunakan alat opacity tester Spherical Hazemeter BS2782 ASTM D1003. Alat Hazemeter dikalibrasi sebelum pengukuran. Lalu bioplastik dimasukkan kedalam opacity tester, angka hasil pengujian akan muncul berupa angka persentase transparansi dari bioplastik. Dilakukan dua kali pengulangan pada pengujian ini.

E. KETAHANAN AIR

Sampel bioplastik dipotong dengan ukuran 2 x 2 cm dan ditimbang menggunakan neraca analitik agar diketahui berat awal. Kemudian bioplastik dimasukkan ke dalam gelas beaker yang sudah diisi dengan aquades 10 ml. Kemudian didiamkan selama 5 menit pada suhu ruang. Setelah 5 menit kemudian keluarkan sampel bioplastik dari gelas beaker dan keringkan. Timbang menggunakan neraca analitik untuk mengetahui berat akhir. Setelah itu hitung ketahanan air oleh bioplastik dengan rumus berikut.

$$\text{Ketahanan air (\%)} = \frac{w_0 - w_1}{w_0} \times 100\%$$

Keterangan:

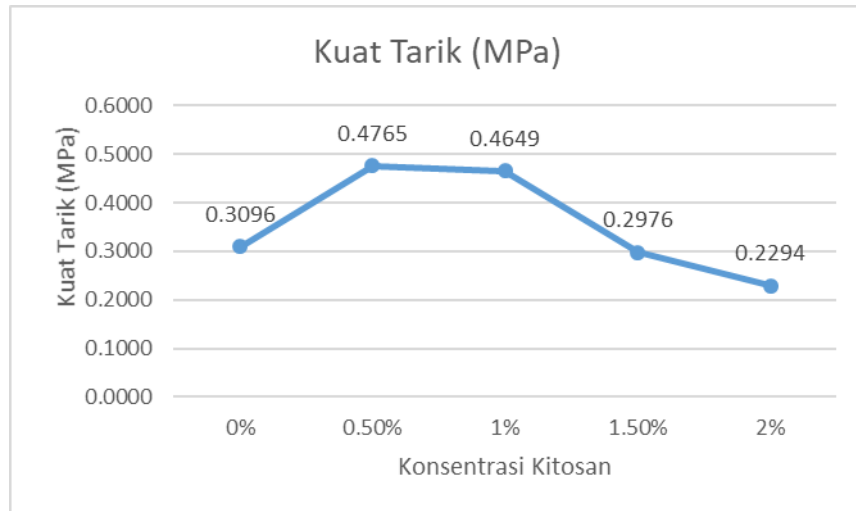
w_0 = Berat sampel kering

w_1 = Berat sampel setelah 5 menit

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kuat Tarik

Pada pengujian kuat tarik terdapat bioplastik dengan 5 variasi konsentrasi kitosan yang diuji, yaitu 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%.



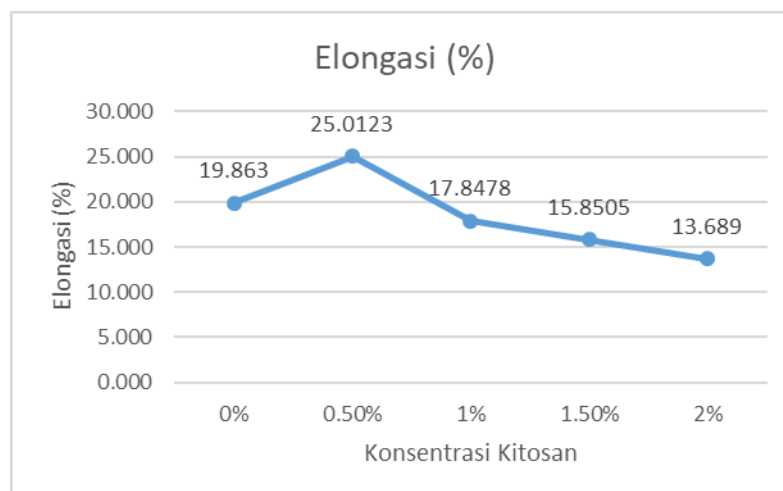
Gambar 2. Grafik Kuat Tarik

Pada konsentrasi kitosan 0% memiliki nilai kuat tarik sebesar 0,3096 MPa, dari konsentrasi 0% ke 0,5% terjadi kenaikan dengan nilai kuat tarik sebesar 0,4765 MPa. Namun terjadi penurunan dari konsentrasi 0,5% ke 1% dengan nilai kuat tarik sebesar 0,4649 MPa. Penurunan terjadi lagi pada konsentrasi 1,5% dengan nilai 0,2976 MPa. Pada konsentrasi 2% kembali terjadi penurunan nilai kuat tarik dengan nilai sebesar 0,2294 MPa dan ini merupakan nilai terkecil kuat tarik. Semakin banyak kitosan yang ditambahkan tanpa adanya penambahan komposisi gliserol dan pati menyebabkan tidak semua kitosan dapat bercampur dengan sempurna sehingga nilai kuat tarik setelah meningkat kemudian akan mengalami penurunan [6].

Pada pengolahan data di SPSS dengan menggunakan ANOVA menunjukkan konsentrasi kitosan berpengaruh secara signifikan pada kuat tarik bioplastic, sehingga berdasarkan hasil kuat tarik didapat kuat tarik optimum terdapat pada konsentrasi kitosan 0,5% dengan nilai kuat tarik sebesar 0,4765 MPa.

2. Elongasi

Data pengujian elongasi dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Elongasi

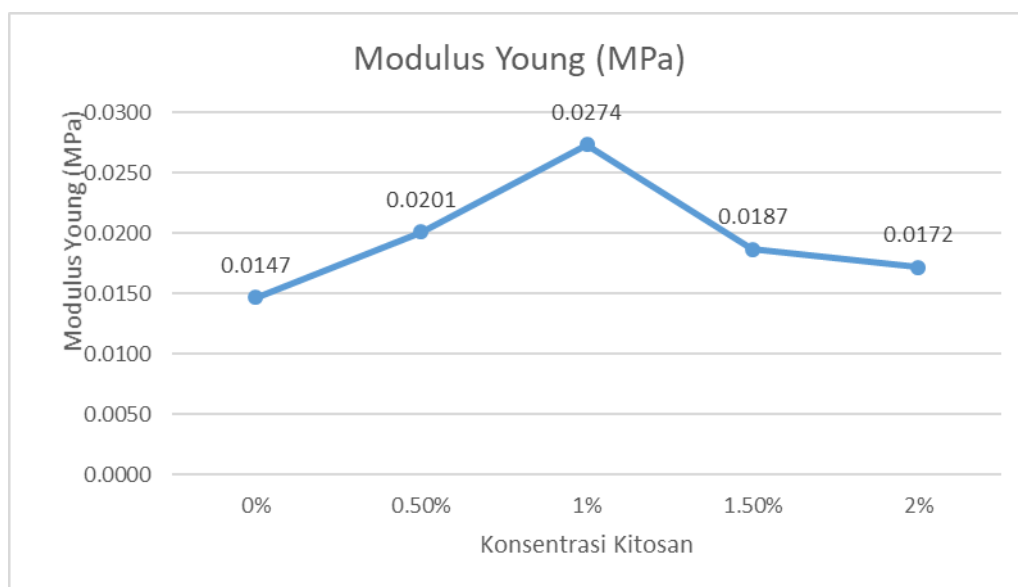
Konsentrasi kitosan 0% menunjukkan nilai kuat tarik 19,863%. Dari konsentrasi 0% ke 0,5% mengalami kenaikan nilai elongasi menjadi 25,0123%. Namun penurunan terjadi dari konsentrasi 0,5% ke 1% dengan nilai elongasi sebesar 17,8478%. Penurunan terus terjadi di konsentrasi 1,5% dengan nilai elongasi sebesar 15,8505%. Dan diikuti oleh penurunan pada konsentrasi 2% menjadi 13,689%.

Dari grafik diatas dapat dilihat setelah mengalami kenaikan kemudian seiring bertambahnya konsentrasi kitosan yang digunakan maka nilai elongasi dari bioplastik semakin menurun. Penurunan nilai elongasi juga terjadi pada penelitian sebelumnya dimana kitosan mempengaruhi nilai elongasi, nilai elongasi menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi kitosan [7]. Struktur rantai yang dimiliki kitosan adalah struktur rantai linier, struktur rantai linier ini cenderung membentuk fasa kristalin karena mampu menyusun molekul polimer yang teratur. Fasa kristalin dapat memberikan kekerasan, kekuatan, dan kekakuan namun dapat juga menyebabkan bioplastik menjadi lebih getas sehingga lebih mudah putus atau patah [6].

Berdasarkan hasil pengujian elongasi didapat persentase elongasi optimum terdapat pada konsentrasi 0,5% dengan nilai 25,0123%.

3. Modulus Young

Data pengujian Modulu Young dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.

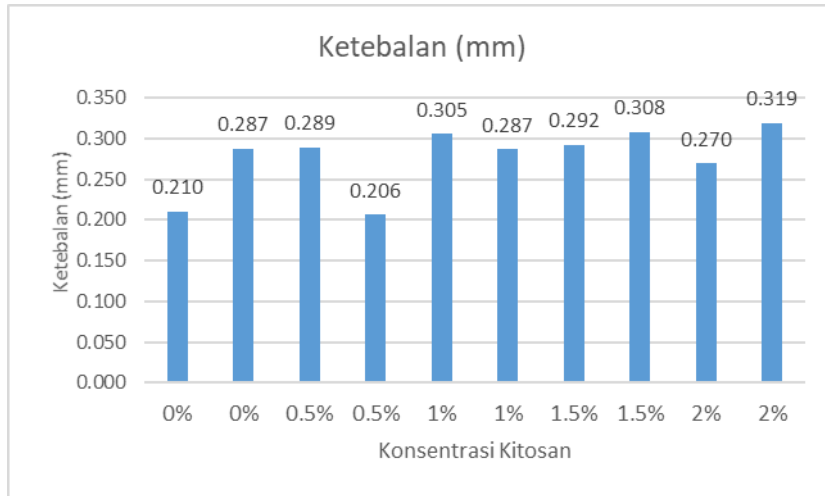


Gambar 4. Grafik Modulus Young

Dari grafik diatas dapat dilihat pada konsentrasi 0% memiliki nilai modulus young sebesar 0,0147 MPa, lalu meningkat pada konsentrasi 0,5% dengan nilai 0,0201 MPa. Pada konsentrasi 1% nilai modulus young mengalami kenaikan kembali dengan nilai 0,0274 MPa. Namun pada konsentrasi 1,5% mengalami penurunan menjadi 0,0187 MPa diikuti oleh penurunan pada konsentrasi 2% menjadi 0,0172 MPa.

Berdasarkan pengolahan data menggunakan ANOVA, menunjukkan bahwa konsentrasi kitosan memiliki pengaruh secara signifikan terhadap nilai modulus young.

4. Ketebalan



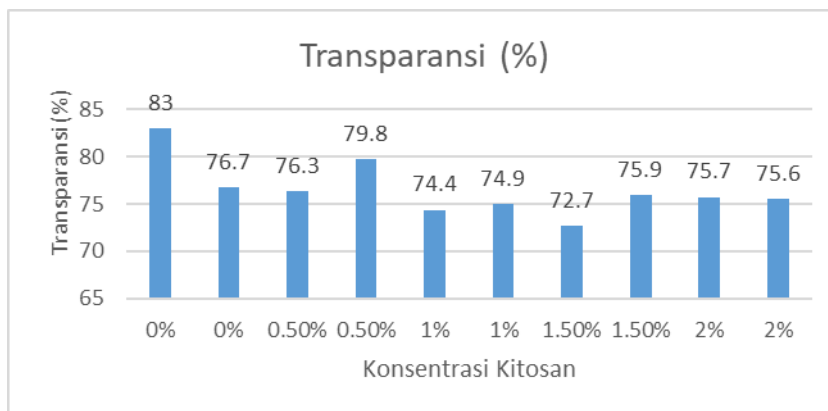
Gambar 5. Grafik Ketebalan

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan bahwa ketebalan pada setiap sampel bioplastik berbeda – beda. Hal ini dapat dikarenakan oleh faktor pencetakan. Pada proses pencetakan masih dilakukan secara manual. Saat film dituangkan ke cetakan, film tidak menyebar dengan merata. Sehingga ada sisi yang terlalu tipis dan ada sisi yang terlalu tebal. Ketebalan yang tidak merata ini juga dapat mempengaruhi proses pengeringan. Saat proses pengeringan di oven, sisi film yang tipis akan lebih cepat kering dibandingkan sisi dengan film yang tebal. Semakin kental film yang dihasilkan maka akan semakin sulit proses penuangan dan perataannya. Film yang kental disebabkan karena suhu yang digunakan saat proses pengadukan terlalu tinggi dan proses pengadukan yang terlalu lama.

Untuk ketebalan paling besar terdapat pada konsentrasi kitosan 2% sampel 2 dengan nilai 0,319 mm. Dan untuk bioplastik dengan ketebalan paling kecil terdapat pada konsentrasi kitosan 0,5% sampel 2 dengan nilai 0,206 mm.

5. Transparansi

Hasil pengujian tranparansi film dapat dilihat pada Gaambar 6 dibawah ini.

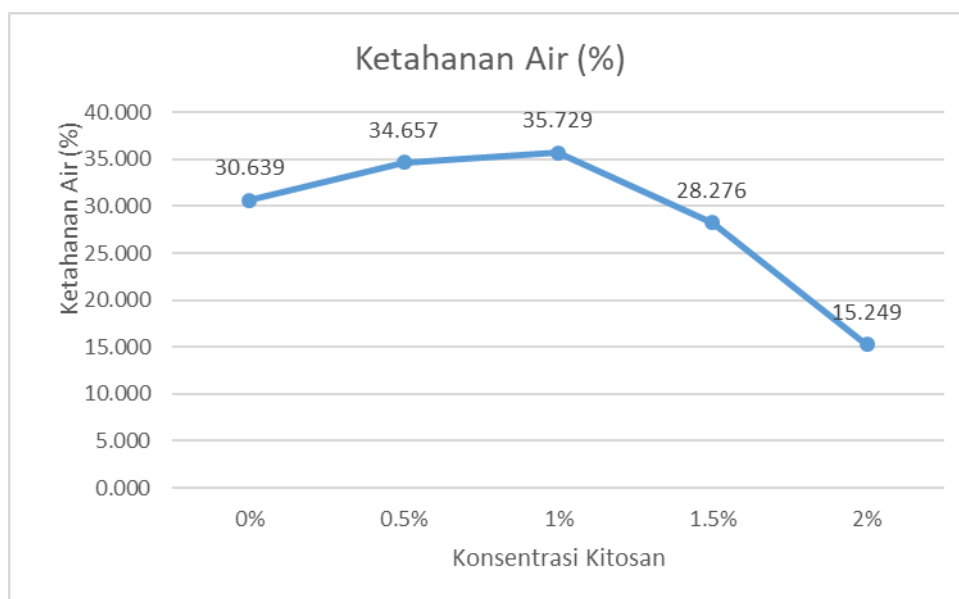


Gambar 6. Grafik Transparansi

Berdasarkan hasil pengujian diatas, grafik mengalami naik dan turun. Setiap sampel memiliki transparansi yang berbeda – beda, dengan nilai mulai dari 72,7% - 83%. Dari hasil pengujian didapat nilai persentase paling besar terdapat pada konsentrasi 0% sampel 1 yaitu dengan nilai 83%. Bioplastik yang dihasilkan hamper semua memiliki warna bening kekuningan.

6. Ketahanan Air

Hasil pengujian ketahanan air dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Grafik Ketahanan Air

Pada konsentrasi kitosan 0% memiliki nilai ketahanan air sebesar 30,639%, lalu mengalami kenaikan pada konsentrasi 0,5% dengan nilai 34,657% dan mengalami peningkatan kembali pada konsentrasi 1,5% dengan nilai 35,729%. Namun saat konsentrasi kitosan bertambah menjadi 1,5% terjadi penurunan dengan nilai 28,276%. Penurunan terjadi kembali pada konsentrasi 2% dengan nilai 15,249% dan ini merupakan nilai ketahanan air terendah. Penambahan kitosan tidak selalu membuat nilai ketahanan air meningkat, namun dapat membuat nilai ketahanan air menurun. Hal ini dapat disebabkan karena kitosan memiliki sifat yang hidrofobik sehingga apabila konsentrasi kitosan semakin tinggi dapat menyebabkan persentase ketahanan air menurun.

Sehingga dari hasil pengujian diatas, didapat konsentrasi kitosan dengan ketahanan air paling besar terdapat pada konsentrasi 1% dengan nilai 35,729%.

KESIMPULAN

Bioplastik dengan kuat tarik terbaik diperoleh pada konsentrasi 0,5% dengan nilai kuat tarik 0,4765 MPa. Elongasi optimum diperoleh pada konsentrasi kitosan 0,5% dengan nilai elongasi sebesar 25,0123%. Modulus young dengan nilai optimum terdapat pada konsentrasi 1% dengan nilai 0,0274 MPa. Ketebalan yang dihasilkan berbeda – beda setiap sampelnya. Ketebalan paling besar terdapat pada konsentrasi 2% sampel 2 dengan nilai 0,319 mm. Nilai transparansi optimum didapat pada konsentrasi 0% sampel 1 dengan nilai 83%. Persentase ketahanan air paling besar terdapat pada konsentrasi

kitosan 1% dengan nilai ketahanan air sebesar 35,729%. Penambahan kitosan dapat berpengaruh pada sifat plastik yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Purwaningrum, P. (2016). *Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan*. JTL Vol 8 No.2, Desember 2016, 141 – 147. Universitas Trisakti.
2. Handayani, P, A., Wijayanti, H. (2015). *Pembuatan Film Plastik Biodegradable Dari Limbah Biji Durian (Durio Zibethinus Murr)*. JBAT 4 (1) (2015) 21-26 ISSN 2303-0623. Universitas Negeri Semarang.
3. Kamsiati, E., Herawati, H., Purwani, E, Y. (2017). *Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia*. Jurnal Litbang Pertanian Vol. 36 No. 2 Desember 2017 : 67 – 76. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
4. Moorthy, S, N., Sajeev, M, S., Shnavas, S. (2012). *Sweet Potato Starch : Physico – Chemical, Functional, Thermal and Rheological Characteristics*. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology 6 (Special Issue 1). 124 – 133.
5. Tripathi, S., Mehrotra, G, K., Dutta, P, K. (2009). *Physicochemical and bioactivity of cross-linked chitosan–PVA film for food packaging applications*. International Journal of Biological Macromolecules 45 (2009) 372–37.
6. Nafiyanto, I. (2019). *Pembuatan Plastik Biodegradable dari Limbah Bonggol Pisang Kepok dengan Plasticizer Gliserol dari Minyak Jelantah dan Komposit Kitosan dari Limbah Cangkang Bekicot (Achatina Fullica)*. INTEGRATED LAB JOURNAL ISSN 2339-0905 Vol. 07, No. 01, April 2019: 75 – 89. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
7. Aripin, S., Saing, B., Kustiyah, E. (2017). *Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan Plasticizer Gliserol dengan Metode Melt Intercalation*. Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 06, Edisi Spesial 2017. Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.