

PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBAHAN DASAR PATI DARI LIMBAH KULIT PISANG *CAVENDISH* DENGAN PENGUAT KITOSAN DAN *PLASTICIZER GLISEROL***Dwi Hery Astuti*¹, Fildzah Syaflia Putri², Farrel Erikrisna³, Sani⁴****UPN "Veteran" Jawa Timur**E-mail: dwiher59@gmail.com¹, fildzahsp01@gmail.com², farrelerikrisna25@gmail.com³**ABSTRAK**

Meningkatnya permintaan masyarakat akan produk plastik mengakibatkan penumpukan sampah plastik sesuai dengan perkembangan teknologi dan industri. Penggunaan biodegradable merupakan salah satu strateginya untuk mengatasi hal tersebut. Bioplastik terbuat dari bahan alami yang terdegradasi oleh mikroorganisme, membuatnya lebih ramah lingkungan. Pati sering digunakan sebagai bahan baku dalam produksi bioplastik. Gliserin dan kitosan digunakan sebagai bahan penguat bioplastik. tambahkan 4gram pati larutkan dalam 150 ml air pada 70°C. Timbang kitosan (2.5,3,3.5,4,4.5%) dan larutkan dengan asam asetat 1% sampai homogen. Campurkan dengan pati dan panaskan pada 60°C. Tambahkan gliserol (5,10,15,20,25%) dan aduk selama 1 jam pada 60°C, 300 rpm. Tuangkan ke cetakan, keringkan dalam oven 60°C. Keluarkan dari cetakan dan keringkan selama 2-3 hari pada suhu kamar. Bioplastik memiliki ketebalan sekitar 0.15 mm, ketebalan yang melebihi standar mempengaruhi ketahanan terhadap air dan sifat mekanik. Konsentrasi kitosan mempengaruhi kuat tarik, tetapi penambahan berlebihan membuat bioplastik rapuh. gliserol dapat meningkatkan persentase elongasi, tetapi komposisi yang berlebihan membuat bioplastik lengket dan mudah sobek. Kitosan dapat mengurangi persen biodegradasi karena antimikroba. Gliserol berlebih dapat mempercepat daya serap air. Campuran bahan yang tidak homogen mempengaruhi permukaan kurang halus. Bioplastik dengan nilai kuat tarik dan elongasi yang terbaik dan dapat diaplikasikan pada konsentrasi kitosan 4 gr dan plasticizer gliserol 15 ml. Begitupun pada uji biodegradasi dan daya serap air. Dikarenakan pada komposisi tersebut sudah sesuai dengan SNI 7188.9:2016 dimana diperoleh nilai kuat Tarik sebesar 30,28 nilai elongasi sebesar 80% nilai degradabilitas sebesar 82,84 pada hari ke-7 dan nilai daya serap air sebesar 1,51% sehingga memperoleh nilai hidrofobisitas sebesar 98,5%.

Kata Kunci — Bioplastik, Pati Kulit Pisang, Kitosan, Plasticizer Gliserol.**ABSTRACT**

The increasing public demand for plastic products has resulted in the accumulation of plastic waste in accordance with technological and industrial developments. The use of biodegradable is one of the strategies to overcome this. Bioplastics are made from natural materials that are degraded by microorganisms, making them more environmentally friendly. Starch is often used as a raw material in the production of bioplastics. Glycerin and chitosan are used as bioplastic reinforcement materials. add 4grams of starch, dissolve in 150 ml of water at 70°C. Weigh chitosan (2.5,3,3.5,4,4.5%) and dissolve with 1% acetic acid until homogeneous. Mix with starch and heat at 60°C. Add glycerol (5,10,15,20,25%) and stir for 1 hour at 60°C, 300 rpm. Pour into molds, dry in a 60°C oven. Remove from mold and dry for 2-3 days at room temperature. Bioplastics have a thickness of about 0.15 mm, the thickness of which exceeds the standard affects water resistance and mechanical properties. Chitosan concentration affects tensile strength, but excessive addition makes bioplastics brittle.

Glycerol can increase the percentage of elongation, but excessive composition makes bioplastics sticky and easily torn. Chitosan can reduce percent biodegradation due to antimicrobials. Excess glycerol can accelerate water absorption. Inhomogeneous mixtures of materials affect less smooth surfaces. Bioplastics with the best tensile strength and elongation values and can be applied to chitosan concentrations of 4 gr and glycerol plasticizers of 15 ml. Likewise in biodegradation and water absorption tests. Because the composition is in accordance with SNI 7188.9: 2016 where a strong tensile value of 30.28 was obtained, an elongation value of 80%, a degradability value of 82.84 on the 7th day, and a water absorption value of 1.51% so as to obtain a hydrophobicity value of 98.5%.

Keywords — Bioplastics, Banana Peel Starch, Chitosan, Glycerol Plasticizer.

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi dan industri, kebutuhan masyarakat terhadap produk plastik akan semakin meningkat sehingga menyebabkan terjadinya penumpukan sampah plastik. Hal ini berdasarkan data statistik sampah plastik rumah tangga di Indonesia yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Plastik merupakan polimer sintetik yang banyak digunakan karena stabil, tahan air, ringan, transparan, ringan, fleksibel, dan kuat. Meskipun merupakan polimer sintetik yang banyak digunakan, namun plastik yang kita jumpai sehari-hari tidak dapat terurai karena merupakan bahan alami yang tidak mudah terurai [1].

Kebutuhan pisang dalam negeri juga sangat tinggi dibandingkan buah-buahan lainnya. Oleh karena itu, masyarakat Indonesia mengonsumsi pisang sebanyak 9,2 kilogram per tahun. Menurut penelitian Musita tahun 2009, kandungan pati pada kulit pisang dipengaruhi oleh jenis pisangnya. Kandungan pati resisten pada pisang Ambon sebesar 29,37%, pisang Cavendish sebesar 33,72%, pisang Janteng sebesar 26,17%, pisang kapas sebesar 26,55%, dan pisang Kepok Kuning sebesar 27,70%. Jadi para peneliti menggunakan pati dari kulit pisang Cavendish yang mengandung pati resisten paling tinggi. Penggunaan bioplastik atau bahan biodegradable merupakan salah satu strategi untuk memerangi penumpukan limbah kulit pisang secara masif. Bioplastik terbuat dari bahan alami yang diuraikan oleh mikroorganisme, sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan plastik yang tersedia secara komersial. Pati sering digunakan sebagai bahan baku produksi bioplastik. Gliserin dan kitosan merupakan dua bahan lain yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan. Menurut penelitian [2], plasticizer gliserin dapat meningkatkan elastisitas polimer plastik biodegradable. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahan pemlastis seperti sorbitol, gliserin, dan propilen glikol. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan gliserin mempunyai sifat biodegradable plastik terbaik ditinjau dari uji kekuatan tarik, pemanjangan dan degradasi dibandingkan dengan sorbitol dan propilen glikol [1].

Menurut penelitian [3], hasil kekuatan tarik tertinggi untuk sampel plastik biodegradable diperoleh dengan penambahan gliserin 15%. Plastik dengan kekuatan tarik tinggi cenderung tidak rusak karena sedikitnya jumlah gliserin yang ditambahkan. Hal ini karena semakin banyak ikatan hidrogen dalam plastik, semakin kuat ikatan kimianya dan semakin banyak energi yang dibutuhkan untuk memutuskannya, sehingga semakin sulit untuk diputus. Menurut penelitian [4], hasil kekuatan tarik terbaik untuk sampel plastik biodegradable diperoleh dengan penambahan kitosan 2%. Hal ini dikarenakan semakin tinggi jumlah kitosan yang ditambahkan maka nilai kekuatan tarik dan elongasi bioplastik akan semakin rendah. Oleh karena itu, peneliti menambahkan kedua bahan tersebut saat pembuatan plastik biodegradable .

Plastik biodegradable berbahan dasar pati masih mempunyai kekurangan pada hasil pengujian dan sifat, sehingga diperlukan penambahan narkotika untuk memperbaiki sifat plastik biodegradable. Plastik yang terbuat dari pati mudah terurai oleh mikroorganisme di tanah dan air. Namun kekuatan mekanik bioplastik ini tergolong rendah sehingga diperlukan bahan tambahan yaitu gliserin dan kitosan. Penambahan bahan pemlastis dapat meningkatkan elastisitas bahan. Dan berdasarkan penelitian [5], kami menemukan bahwa peningkatan kitosan dapat meningkatkan pemanjangan dan kekuatan tarik. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap komponen pati pisang Cavendish serta penambahan zat lain berupa gliserin sebagai pemlastis, kitosan sebagai perekat dan pelarut.

2. METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu kulit pisang cavendish, gliserol (5, 10, 15, 20, 25%v/v), kitosan (2.5, 3, 3.5, 4, 4.5%b/v), larutan asam sitrat 1 % dan aquadest. Dan alat yang digunakan adalah magnetic stirrer, ayakan mesh, oven, neraca analitik, gelas beker, cawan, spatula, termometer, hot plate dan alat untuk pencetakan menggunakan kaca.

Prosedur

Ekstraksi Pati dari Kulit Pisang Cavendish

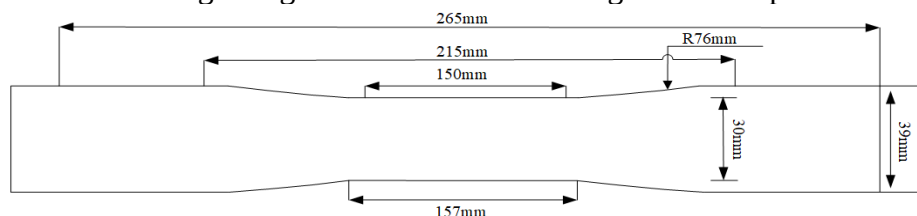
Kulit pisang yang masih segar dicuci bersih lalu dipotong kecil-kecil, kemudian dihaluskan menggunakan blender dengan penambahan aquades (1kg kulit pisang : 2L aquadest) setelah itu disaring. Diamkan suspensi pati tersebut selama 24jam dalam jumlah banyak. Setelah itu air hasil pengendapan dibuang dan pati basah tersebut dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C sampai berat konstan.

Pembuatan Bioplastik.

Melarutkan 4gram pati dengan aquadest sebanyak 150 ml pada suhu 70°C, selanjutnya, menimbang kitosan (2.5, 3, 3.5, 4, 4.5 (%b/v)) dan melarutkannya dengan asam asetat 1% hingga homogen. lalu, mencampurkan larutan pati dengan kitosan hingga homogen serta dilakukan pemanasan pada suhu 60°C. Kemudian, menambahkan plastisizer gliserol (5, 10, 15, 20, 25 (%v/v)) dan aduk selama 1 jam hingga homogen serta melakukan pemanasan selama 1 jam dengan suhu 60°C dan kecepatan 300 rpm. Larutan dituangkan ke cetakan dan diratakan lalu dikeringkan kedalam oven dengan suhu 60°C. Sampel dikeluarkan dari cetakan kemudian lakukan pengeringan dengan suhu kamar selama 2-3 hari. Sampel yang telah kering kemudian dianalisis dan dikarakterisasi.

Uji Kuat Tarik dan Elongasi.

Metode yang digunakan dalam pengujian ini yaitu menggunakan standar ASTM D638 sebagai acuan ukuran komposit bioplastik. Kemudian jepit ke alat dengan kertas di ujung plastiknya untuk menghindari kerusakan sampel. Kemudian dilakukan pengujian dengan memberikan beban hingga bioplastik mencapai titik putusnya. Selanjutnya tuliskan angka-angka yang dibaca oleh alat tersebut agar dapat menghitung nilai kuat tarik dan elongasi film bioplastik, kemudian menghitung nilai kuat tarik dan elongasi film bioplastik tersebut.



Gambar 1. Ukuran Bioplastik pada Uji Kuat Tarik dan Elongasi

Rumus:

$$TS = \frac{F_{max}}{A_0} \dots\dots\dots(1)$$

$$\epsilon = \frac{l_1 - l_0}{gauge\ length} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- TS = Tensile strength
- Fmax = Tegangan maksimum (Kgf)
- A₀ = Luas Penampang mula-mula (mm²)
- ε = Pemanjangan/Elongasi (%)
- L₀ = Panjang Awal benda uji
- l₁ = Panjang Akhir benda uji [6].

Uji Biodegradabilitas.

Metode yang digunakan dalam pengujian ini yaitu dengan cara memotong film bioplastik dengan ukuran 5 cm x 5 cm. Selanjutnya, menimbang berat pada film bioplastik. Kemudian, menguburkan film bioplastik kedalam tanah dengan ketinggian 15 cm. Lalu, masing-masing sampel ditanam pada tanah dan diamati setiap tujuh hari sekali (selama 35 hari).

$$Biodegradability\ (\%) = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- W₀ = Berat uji mula-mula (gr)
- W = Berat uji akhir (gr) [7].

Uji Daya Serap.

Metode yang digunakan dalam pengujian ini dengan cara perendaman sampel dalam air. Dengan cara memotong film bioplastik dengan ukuran 5 cm x 5 cm. berat pada film bioplastic lalu masukkan kedalam wadah. kemudian mengambil aquadest 20ml lalu tuang kedalam wadah berisi bioplastik. lalu, diamkan selama 5 jam dan lakukan pengamatan setiap 1 jam sekali (selama 5 jam). Setelah itu, lakukan perhitungan persen daya serap dengan rumus sebagai berikut:

$$Daya\ Serap\ Air\ \% = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

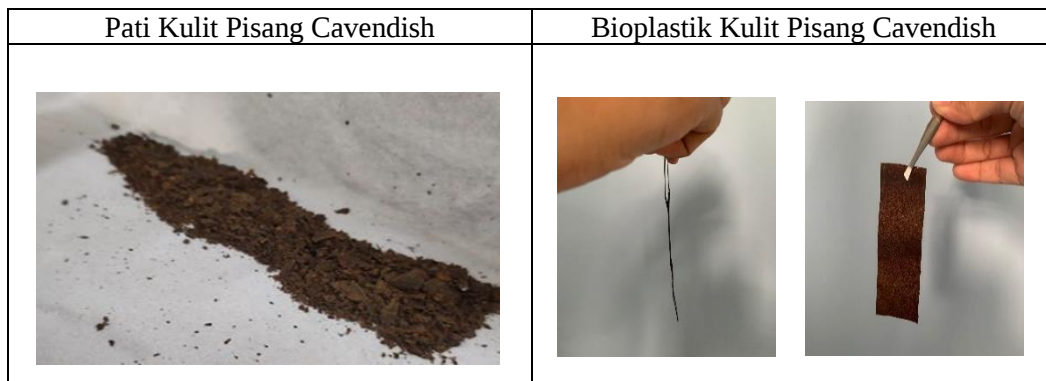
Keterangan:

- W₀ = Berat uji mula mula (gr)
- W = Berat uji akhir (gr) [8].

Uji Morfologi Permukaan.

Uji morfologi permukaan bioplastik dilakukan dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope) yang bertujuan untuk mengetahui struktur permukaan, retakan, kehalusan permukaan hasil bioplastik yang dibuat dan dihasilkan. Proses pengujian ini ditujukan untuk melihat perbandingan antara tiga kombinasi yaitu Pati, gliserol dan Kitosan [9].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

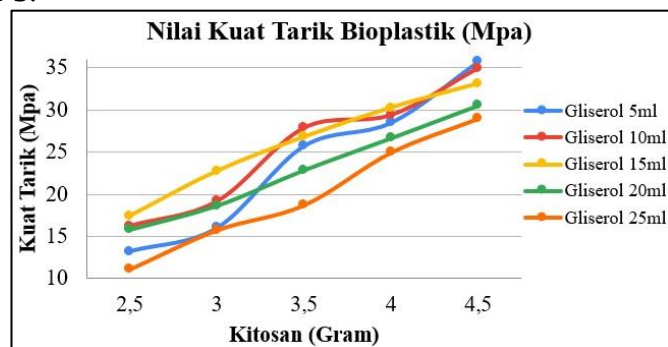


Gambar 2. Hasil Pati Kulit Pisang Cavendish dan Bioplastik Kulit Pisang Cavendish

Pada Gambar 2, pati kulit pisang Cavendish menghasilkan pati padat dengan kandungan 33% dan pati semi padat 30%. Bioplastik yang dihasilkan memiliki ketebalan sekitar 0.15 mm, yang dipengaruhi oleh jumlah padatan yang ditambahkan ke dalamnya. Jika ketebalannya melebihi standar, akan mempengaruhi ketahanan terhadap air dan sifat mekaniknya. Ketebalan yang kurang baik akan menyebabkan mudah sobek dan putus. Penambahan ketebalan terjadi karena perbedaan konsentrasi bahan pembuat plastik, sementara volume larutan plastik yang dituangkan tetap. Peningkatan padatan juga menyebabkan peningkatan jumlah polimer dalam bioplastik. Pembuatan bioplastik melibatkan reaksi berantai dari monomer yang berbeda dan terbentuk molekul H_2O .

A. Uji Kuat Tarik (Tensile Strenght)

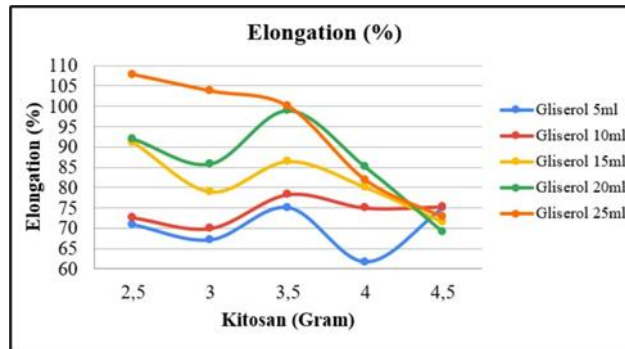
Kuat tarik adalah gaya maksimum yang dapat ditahan oleh bioplastik sebelum putus. Hubungan antara nilai kuat tarik dengan penambahan konsentrasi kitosan dan gliserol dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Hasil Kuat Tarik dengan Berbagai Penambahan Kitosan dan Penambahan Gliserol

B. Uji Persen Pemanjangan (Elongation)

Persen pemanjangan (ϵ) adalah ukuran seberapa jauh bioplastik dapat meregang sebelum patah atau putus. Hubungan antara nilai persen pemanjangan dengan penambahan konsentrasi kitosan dan gliserol dapat dilihat pada Gambar 4 .

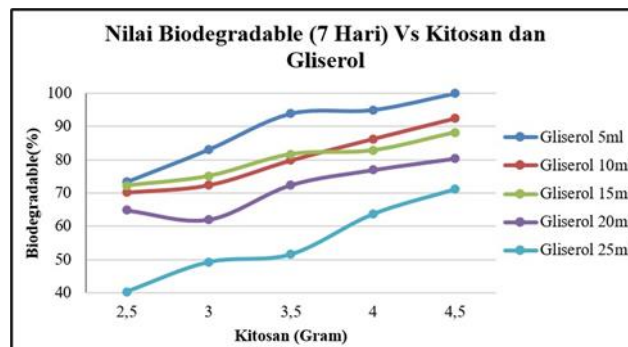


Gambar 4. Hubungan Hasil Elongasi dengan Berbagai Penambahan Kitosan dan Penambahan Gliserol

Pada Gambar 4, menunjukkan bahwa penambahan gliserol 5 ml menghasilkan nilai elongasi yang rendah sedangkan pada penambahan gliserol 20 ml nilai elongasinya mengalami kenaikan. Selain itu penambahan gliserol 15 ml menghasilkan nilai elongasi yang lebih rendah dibandingkan dengan penambahan gliserol 25 ml yang menghasilkan nilai elongasi diatas konsentrasi sebelumnya hal tersebut dipengaruhi oleh komposisi kitosan yang mempengaruhi nilai persen elongasi dari bioplastik yang dibuat. Sehingga, hasil terbaik yang diperoleh pada uji elongasi terdapat pada konsentrasi kitosan 4gr dan gliserol 15ml dengan nilai kuat tarik sebesar 80% dan untuk rasio konsentrasi kitosan 4gr dan gliserol 10ml memiliki nilai kuat tarik yang terendah dengan nilai 61,67%. Penggunaan plasticizer (gliserol) dapat meningkatkan persentase pemanjangan (elongasi) karena mengurangi gaya antar molekul, membuat plastik menjadi fleksibel. Namun, penggunaan gliserol yang berlebihan membuat bioplastik lengket dan mudah sobek. Penambahan kitosan pada bioplastik menyebabkan penurunan persen pemanjangan. Semakin banyak kitosan, persen pemanjangan semakin rendah. Gliserol juga mempengaruhi nilai elongasi pada bioplastik [4].

C. Uji Biodegradabilitas

Kuat tarik adalah gaya maksimum yang dapat ditahan oleh bioplastik sebelum putus. Hubungan antara nilai biodegradabilitas dengan penambahan konsentrasi kitosan dan gliserol dapat dilihat pada Gambar 5



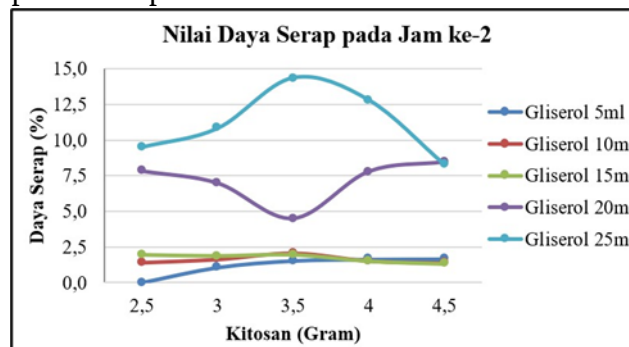
Gambar 5. Hubungan Hasil Kuat Tarik dengan Berbagai Penambahan Kitosan dan Penambahan Gliserol

Pada Gambar 5, menunjukkan bahwa penambahan gliserol 25 ml menghasilkan nilai daya serap air yang rendah sedangkan pada penambahan gliserol 10 ml nilai biodegradabilitasnya mengalami kenaikan. Selain itu penambahan gliserol 20 ml menghasilkan nilai daya serap air yang lebih rendah dibandingkan dengan penambahan gliserol 5 ml yang

menghasilkan nilai biodegradabilitas diatas konsentrasi sebelumnya hal tersebut dipengaruhi oleh komposisi gliserol, yang dapat mempengaruhi nilai persen biodegradable. Penggunaan kitosan dalam bioplastik dapat menurunkan tingkat kebiodegradasian karena kitosan memiliki sifat antimikroba, antioksidan, dan dapat memperkuat struktur bioplastik. Namun, ini juga memperlambat waktu biodegradasi. Penambahan gliserol sebagai plasticizer meningkatkan tingkat kebiodegradasian karena menciptakan kondisi lembab. Penambahan plasticizer ini meningkatkan tingkat kebiodegradasian pada bioplastik [11].

D. Uji Daya Serap Air

Persen daya serap air adalah ukuran seberapa jauh bioplastic dapat menyerap air sebelum terlarut. Hubungan antara nilai daya serap air dengan penambahan konsentrasi kitosan dan gliserol dapat dilihat pada Gambar 6

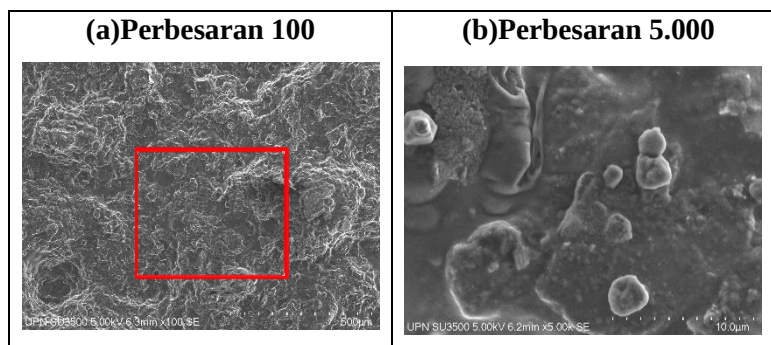


Gambar 6. Hubungan Hasil Daya Serap Air dengan Berbagai Penambahan Kitosan dan Penambahan Gliserol

Pada Gambar 6, menunjukkan bahwa penambahan gliserol 5 ml menghasilkan nilai daya serap air yang rendah sedangkan pada penambahan gliserol 20 ml nilai daya serapnya mengalami kenaikan. Selain itu penambahan gliserol 15 ml menghasilkan nilai daya serap air yang lebih rendah dibandingkan dengan penambahan gliserol 25 ml yang menghasilkan nilai daya serap air diatas konsentrasi sebelumnya hal tersebut dipengaruhi oleh komposisi kitosan yang mempengaruhi nilai persen daya serap air dari bioplastik yang dibuat. Sehingga, hasil terbaik yang diperoleh pada uji daya serap air terdapat pada konsentrasi kitosan 4gr dan gliserol 15ml dengan nilai daya serap air sebesar 1,51% Mpa sehingga memperoleh nilai hidrofobisitas sebesar 98,5%. Penggunaan plasticizer gliserol dapat meningkatkan persentase daya serap air karena gliserol adalah jenis plasticizer yang hidrofilik, polar, dan mudah larut dalam air. Namun, jika gliserol ditambahkan dalam jumlah berlebihan, bioplastik tersebut akan terurai dengan cepat dalam air. Konsentrasi kitosan juga mempengaruhi daya serap air bioplastik. Semakin tinggi konsentrasi kitosan, daya serap air akan semakin rendah, tetapi kualitas bioplastik yang dihasilkan akan semakin baik. Penambahan kitosan pada bioplastik mengurangi persentase daya serap air [12].

E. Uji Morfologi Permukaan

Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM) bertujuan untuk menjelaskan bagaimana morfologi dari bioplastik yang terbentuk.



Gambar 7 Morfologi permukaan bioplastik pada konsentrasi gliserol 5 ml kitosan 4,5 gr.

Pada Gambar 7, menunjukkan bahwa permukaan sampel bioplastik pada konsentrasi pati 4 gr, gliserol 5 ml dan kitosan 4,5 gr terlihat bahwa hasilnya memiliki permukaan yang kurang halus dikarenakan campuran bahan yang digunakan kurang homogen dan belum tergelatinisasi secara sempurna, hal tersebut pengaruh dari kitosan yang berlarut dengan gliserol, gliserol sendiri berfungsi sebagai plasticizer ini akan terletak diantara rantai biopolimer sehingga jarak antar kitosan dan pati akan meningkat [1]. Menurut peningkatan kandungan bahan pengisi bisa menyebabkan terbentuknya aglomerat pada bioplastik. Dimana ketika tingkat aglomerasi meningkat maka interaksi antara pengisi dan antar partikel menjadi lemah [13].

4. KESIMPULAN

Bioplastik dengan nilai kuat tarik dan elongasi yang terbaik dan dapat diaplikasikan dengan konsentrasi kitosan 4 gr dan plasticizer gliserol 15 ml. Begitupun pada uji biodegradasi dan daya serap air. Dikarenakan pada komposisi tersebut sudah sesuai dengan SNI 7188.9:2016 dimana diperoleh nilai kuat Tarik sebesar 30,28; nilai elongasi sebesar 80%; nilai degradabilitas sebesar 82,84 pada hari ke-7 dan nilai daya serap air sebesar 1,51% sehingga memperoleh nilai hidrofobisitas sebesar 98,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Agustin, dan S. Karsono, Sintesis Bioplastik dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Zat Aditif, Jurnal Teknik Kimia, Vol. 10, No. 2, hh. 40-48, 2016
- [2] E. Kamsiati, H. Heny, dan Y. Endang, Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia, Jurnal Litbang Pertanian, Vol. 36, No. 2, hh. 67-76, 2017
- [3] M. Utami, Latifah dan N. Widiarti, Sintesis Plastik Biodegradable dari Kulit Pisang dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol, Indonesian Journal of Chemical Science, Vol.3, No.2, hh.165, 2014
- [4] Y. Hartatik, N. Lailatin dan J. Siti, Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik, Brawijaya Physics Student Journal, Vol.1, No.1, hh. 1 – 3, 2017
- [5] S. Katili, Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol dan Komposisi Kitosan dalam zat pelarut Terhadap Sifat Fisik Edible Film dari Kitosan, Jurnal Teknologi, Vol 6, No.1, hh 29-38, 2013
- [6] A. Ningsih, D. Erwana, K. Leila, dan M. Elina, Karakteristik Bioplastik dari Pektin Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca formatypica*) dengan Penambahan Kasein, Jurnal Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri, Vol. 1, No. 1, hh. 190-198, 2019
- [7] Muhammad, Sintesis Bioplastik Dari Pati Biji Alpukat Dengan Bahan Pengisi Kitosan, Jurnal Teknologi Kimia Unimal, Vol 9, No. 2, hh. 3, 2020
- [8] T. Muharam, Karakterisasi Daya Serap Air dan Biodegradabilitas Pada Bioplastik Berbasis Pati

- Singkong dengan Penambahan Polyvinyl Alcohol, Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, Vol.1, No.1, hh. 47-48, 2022
- [9] E. Maneking, F. Hanny, dan H. Seni, Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol, Jurnal MIPA, Vol 9, No.1, hh 23-27, 2020
 - [10] A. Wibowo, G. Andaka, Pengaruh Penambahan Gliserin dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Kuat Tarik, Kemuluran, Biodegradasi pada Proses Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Limbah Kulit Singkong, Jurnal Inovasi Proses, Vol. 4, No.1, hh. 10-11
 - [11] S. Dewi, Pembuatan dan Karakterisasi Kelarutan dalam Air dan Biodegradabilitas Bioplastik dari Campuran Dedak Padi Jagung, Jurnal Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ, Vol. 1, No.1, hh. 5-6, 2020
 - [12] M. Alam, T. Halid dan I. Illing, Efek Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Fisika Kimia Bioplastik Pati Batang Kelapa Sawit , Indonesian Journal Of Fundamental Sciences (IJFS), Vol.4, No.1, hh. 42-43, 2018
 - [13] T. Ani, I. Amri, dan Zultiniar, Pengaruh Perbandingan Kitosan dan Selulosa Dari Serat Buah Nanas (Ananas Comosus) Terhadap Pembuatan Bioplastik, Jom FTEKNIK, Vol.6, No.1, hh. 5-6, 2019