

Pengaruh Suhu dan Penambahan Gliserol Terhadap Kualitas Plastik *Biodegradable* dari Pati Singkong (*Manihot Esculenta*) dan Pati Bonggol Pisang (*Musa Paradisiaca*)

Effect of Temperature and Addition of Glycerol on the Quality of Biodegradable Plastics from Cassava Starch (Manihot Esculenta) and Banana Weevil Starch (Musa Paradisiaca)

Wahyuni Anjar Aftaningsih^{1,a}, Alifia Herlina Zulfiana²,
Muhammad Mujiburohman³

^{1,2,3} Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

^a Corresponding Author, e-mail: wahyunianjar25@gmail.com

Abstraksi

Dampak dari penggunaan plastik dapat merusak lingkungan, ekosistem terganggu, lahan yang menyempit akibat penumpukan sampah plastik, banjir, kesuburan tanah berkurang, dll. Salah satu solusi yang potensial adalah pengembangan plastik biodegradable (bioplastik). Penelitian ini mempelajari pembuatan bioplastik dari limbah ampas pati singkong dan pati bonggol pisang. Pemilihan bahan tersebut didasarkan pada kemampuan terurai di lingkungan lebih mudah serta ketersediaan bahan baku yang melimpah, dan kurangnya inovasi dalam pemanfaatan limbah pati singkong dan bonggol pisang. Penelitian dimulai dengan mengisolasi pati pada singkong dan bonggol pisang. Bioplastik dibuat dengan mencampur (5) g pati singkong, (1,5) g pati bonggol pisang, serta variasi volume gliserol (3, 4, 5) mL dan variasi massa selulosa (2,5; 3; 3,5) g, serta dengan melakukan variasi suhu 85, 95, 105, 115°C. Kualitas film bioplastik diuji dari sifat mekanisnya mencakup kuat tarik, elongasi, biodegradabilitas, dan ketahanan air. Dibandingkan dengan SNI plastik komersial konvensional, kuat tarik, elongasi, dan hidrofobisitas bioplastik ini masih lebih rendah, tetapi memiliki kecepatan terdegradasi jauh lebih cepat.

Kata kunci : Kopi Arabika, dry house, Suhu Kontrol, roasting.

Abstraction

The biggest environmental problem now comes from the disposal of petroleum derivative plastic. This is because it is difficult to decipher by nature or microorganisms. Plastics are manufactured with an enormous amount reaching 187.2 million tons/year. This is due to high consumer demand is usually used in households, material wrappers, toys, electronics, and other uses that result in the amount of plastic waste in Indonesia increasing. The impact of plastic use can be damaging to the environment, disturbed ecosystem, narrowed land due to increased plastic waste disposal, flooding, infertile soil. Therefore, it is necessary to put solutions to deal with the problem that is with the manufacture of biodegradable plastics that are more environmentally friendly than cassava starch and banana humgol starch. The selection of these materials is based on the ability to break down in an easier environment as well as the availability of abundant raw materials and lack of innovation in the utilization of cassava starch and banana cuffs. This research is done by isolating cassava and banana hump to get starch. Then, the new mixture is done with 5 g cassava starch and 1.5 g of banana cuffs, aquades, cellulose, acetic acid, and glycerol with glycerol (3, 4, 5) mL and cellulose (2.5; 3; 3.5) g, and by performing temperature 85, 95.105, 115 °C. You get a coating of plastic film with elongation test, strong tensile, biodegradability and water resistance to know the mechanical properties of biodegradable plastics made.

Key words: Biodegradable Plastics, Starch, Banana Bonggol, Cellulose, Glycerol.

1. Latar Belakang

Plastik *biodegradable* (bioplastik) terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman misalnya selulosa, kolagen, kasein, dan protein. Pati merupakan salah satu polisakarida yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioplastik.

Kandungan amilosa yang tinggi dapat menentukan sifat mekanik yang baik dari bioplastik yang dihasilkan dengan tingkat transparansi yang tinggi [1]. Pati singkong merupakan bahan baku potensial sebagai pengganti plastik sintetis karena keunggulan seperti harga murah, ketersediaan melimpah, fleksibel, transparan, tanpa bau, tanpa rasa, semipermeabel terhadap CO₂, tahan terhadap O₂, dan mampu terdegradasi. Pati diperoleh dari seluruh organ tanaman tingkat tinggi yang disimpan dalam umbi, akar, kulit, dan jaringan batang tanaman. Kekurangan yang terdapat pada plastik dari bahan pati yaitu rendahnya sifat mekanik (kekuatan tarik, regangan, dan modulus Young) serta bersifat hidrofilik. Salah satu cara untuk mengatasinya adalah melalui proses *blending*, yaitu mencampur pati dengan jenis biopolimer lain seperti selulosa dan aditif yang berperan sebagai *plasticizer*, seperti gliserol dan sorbitol yang merupakan penyusun minyak hewani dan minyak nabati [2]. Disamping memperbaiki sifat fisik, penambahan *plasticizer* gliserol untuk melindungi plastik dari mikroorganisme yang dapat merusak plastik. Gliserol termasuk salah satu *plasticizer* yang banyak digunakan dalam pembuatan plastik ramah lingkungan.

Penambahan pati bonggol pisang mempengaruhi tingkat degradasi, nilai kuat tarik, dan elongasi dari bioplastik yang dihasilkan. Bonggol pisang merupakan limbah dari hasil panen tanaman pisang yang mengandung pati cukup tinggi. Kandungan pati di setiap varietas bonggol pisang berbeda, misalnya pada bonggol pisang mas mengandung 67,80% pati dan bonggol pisang kepok mengandung pati sebanyak 64,20% [3]. Selulosa merupakan senyawa yang terdiri dari struktur yang saling terkait antar beberapa ratus hingga lebih dari 10.000 unit glukosa dan saling berhubungan dengan ikatan glikosidik. Selulosa digunakan untuk memproduksi serat film pada pembuatan bioplastik, sehingga mempunyai sifat mekanik yang tinggi, permeabilitas gas, dan tahan air. Penambahan gliserol berperan untuk meningkatkan sifat plastisitasnya, yaitu sifat mekanis yang lunak, ulet, dan kuat. Dalam konsep sederhana, *plasticizer* merupakan pelarut organik yang ditambahkan ke dalam cairan yang keras atau kaku [4], sehingga akumulasi gaya inter molekuler pada rantai panjang akan menurun, akibatnya kelenturan, pelunakan dan pemanjangan bioplastik akan bertambah [5]. Semakin banyak *plasticizer* yang ditambahkan maka sifat mulur akan bertambah, tetapi kekerasannya menurun dikarenakan semakin sedikitnya gaya yang dibutuhkan untuk menekan, sehingga menurunkan kekerasan [6].

Penelitian ini mempelajari pembuatan bioplastik berbahan baku utama pati singkong dan bonggol pisang, dengan bahan campuran selulosa dari serbuk gergaji dan *plasticizer* gliserol. Pengaruh komposisi bahan baku dan suhu terhadap kualitas bioplastik yang dihasilkan diinvestigasi. Kualitas bioplastik diukur dari kuat tarik, elongasi, biodegradabilitas, dan ketahanan air.

2. Metode

2.1. Desain eksperimen

Penelitian bersifat eksperimental, dan dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta, dengan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang dijalankan melalui 2 tahap, yaitu ;

- a. Tahap pertama memvariasi komposisi selulosa dan gliserol dengan variasi (2,5; 3; 3,5) g dan (3, 4, 5) mL, dengan variabel tetap massa pati singkong dan pati bonggol pisang masing-masing 5 g dan 1,5 g. Variabel tetap yang lain adalah jumlah asam asetat, kecepatan pengadukan, dan waktu pengadukan.
- b. Tahap kedua memvariasi suhu *blending* 85, 95, 105, 115°C.

2.2. Alat dan bahan

a. Alat Penelitian

Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi ayakan 100 *mesh*, *blender*, botol timbang, cawan porselen, cetakan, gelas beker 250 mL dan 150 mL, gelas ukur 100 mL, *hot plate*, kaca arloji, kain saring, karet hisap, labu ukur 250 mL dan 100 mL, *magnetic stirrer*, mortal, oven, pengaduk, pipet ukur, thermometer.

b. *Bahan/Material*

Pada penelitian ini menggunakan bahan baku antara lain pati bonggol pisang, pati singkong, aquades, H_2O_2 , selulosa, NaOH, asam asetat, dan Glisero sebagai *plasticizer*.

c. *Tahapan Ekperimen*

1. *Pembuatan pati dari singkong dan bonggol pisang*

Ampas bonggol pisang dan singkong dikeringkan dalam oven pada suhu $85^\circ C$ selama 1 jam. Setelah kering, ampas dihaluskan dengan menggunakan pamarut listrik hingga halus. Setelah itu, ampas halus sebanyak 500 g direndam dengan air sebanyak 1000 mL, kemudian diperas lalu diambil intisarinnya dan didiamkan selama satu malam hingga terbentuk endapan. Setelah itu, diambil endapannya sehingga diperoleh residu yaitu berupa pati. Residu ini dikeringkan dengan menggunakan oven. Pati yang telah kering siap digunakan untuk pembuatan bioplastik.

2. *Pembuatan Selulosa*

Serbuk kayu mula-mula didelignifikasi menggunakan larutan NaOH 15 % (b/v) selama 3 jam, kemudian dimasukkan dalam *microwave* pada suhu yang dijaga yaitu $80-90^\circ C$. Setelah itu, larutan didinginkan, dan di-*bleaching* menggunakan larutan H_2O_2 10 % (b/v) selama 1,5 jam dengan suhu yang dijaga $65-75^\circ C$. Selanjutnya, selulosa yang diperoleh dicuci bersih dengan aquades hingga pH netral. Tahap terakhir sampel yang telah dicuci berulang kemudian dikeringkan dalam oven, dan dihaluskan menggunakan *grinder* untuk diayak agar menghasilkan tepung 100 mesh.

3. *Pembuatan bioplastik*

Pati bonggol pisang sebanyak 1,5 g dan pati singkong sebanyak 5 g dicampur dengan 100 mL asam asetat 1 % sampai homogen. Kemudian, selulosa dengan variasi yang berbeda yaitu (2,5; 3; 3,5) g dimasukkan ke dalam gelas beker, dan ditambahkan aquades sebanyak 50 mL serta asam asetat 2,5 mL. Menggunakan suhu pemanasan $95^\circ C$ selama 15 menit. Setelah diperoleh larutan yang homogen, langkah selanjutnya yaitu menambahkan gliserol dengan variasi yang berbeda yaitu (3, 4, 5) mL yang berfungsi sebagai *plasticizer*. Campuran diaduk dengan *magnetic stirer* dengan menggunakan variasi suhu yang berbeda yaitu 85, 95, 105, $115^\circ C$ selama 60 menit. Campuran homogen yang terbentuk dicetak dalam cetakan agar didapatkan lembaran bioplastik yang diinginkan. Lembaran bioplastik dikeringkan selama 24 jam pada suhu ruangan.

3. Hasil Penelitian

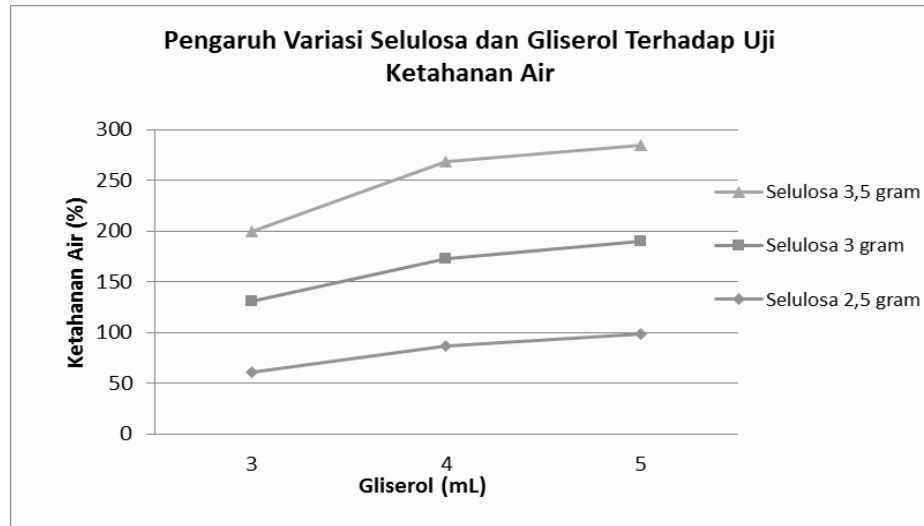
Bioplastik dengan bahan baku pati singkong dan pati bonggol pisang menghasilkan film bioplastik transparan yang berwarna coklat. Bentuk dari film bioplastik ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Film bioplastik berbahan baku utama pati singkong dan bonggol pisang.

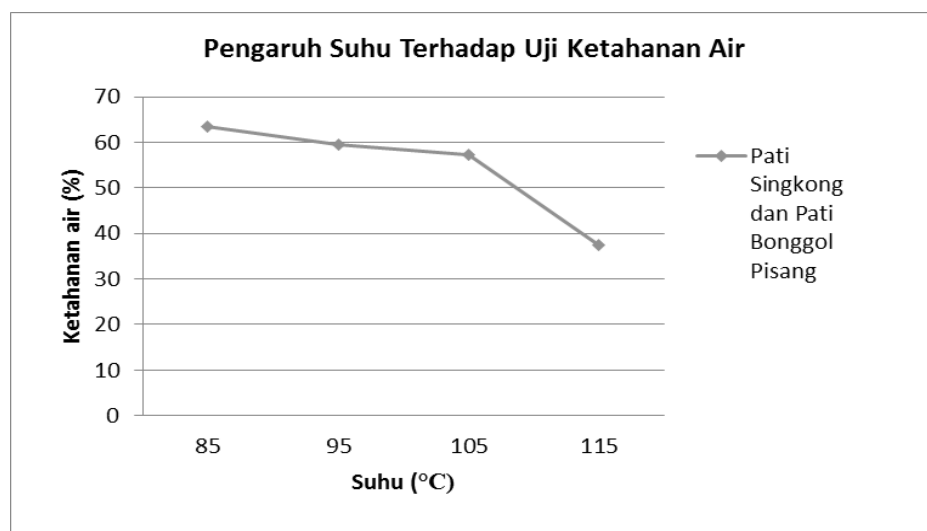
a. Sifat Ketahanan Air

Pengaruh penambahan selulosa dan gliserol terhadap sifat ketahanan air atau daya jerap bioplastik terhadap air ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh selulosa dan gliserol terhadap % daya jerap air.

Terlihat bahwa nilai ketahanan air tertinggi diperoleh pada bioplastik dengan komposisi gliserol 5 mL dan selulosa 2,5 g yaitu sebesar 99,2 %. Penambahan jumlah selulosa dan gliserol mempengaruhi % ketahanan air pada bioplastik yang dihasilkan. Semakin tinggi jumlah gliserol dan semakin rendah selulosa maka % ketahanan air juga semakin tinggi.



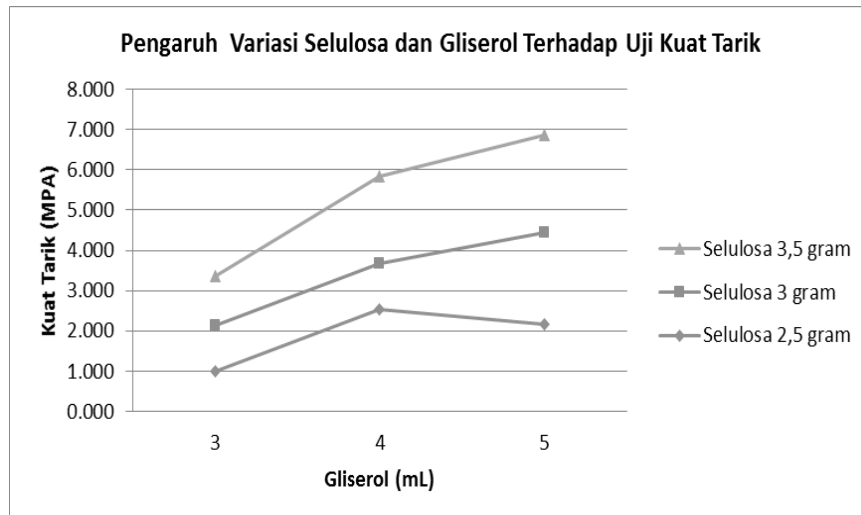
Gambar 3. Pengaruh variasi suhu blending terhadap % ketahanan air.

Gambar 3 menunjukkan pengaruh suhu blending terhadap nilai ketahanan air bioplastik, yang mana semakin tinggi suhu semakin rendah % ketahanan air. Ketahanan air tertinggi terdapat pada bioplastik dengan suhu blending 85 °C yaitu sebesar 63,51 %, dengan komposisi selulosa 2 g dan gliserol 5 mL. Variasi suhu mempengaruhi tekstur bioplastik yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan mengurangi sifat plastisitas pada gliserol yang berfungsi sebagai *plasticizer*. Sifat ketahanan air suatu campuran berhubungan dengan sifat dasar penyusun campuran. Bahan pati yang digunakan dalam penelitian ini bersifat hidrofilik, yaitu mengandung

air. Penambahan gliserol juga menambah sifat hidrofilik bioplastik yang dibuat. Peningkatan penyerapan air terkait dengan karakter hidrofilik pada gliserol sehingga terjadi peningkatan daya tarik-menarik gliserol dengan air.

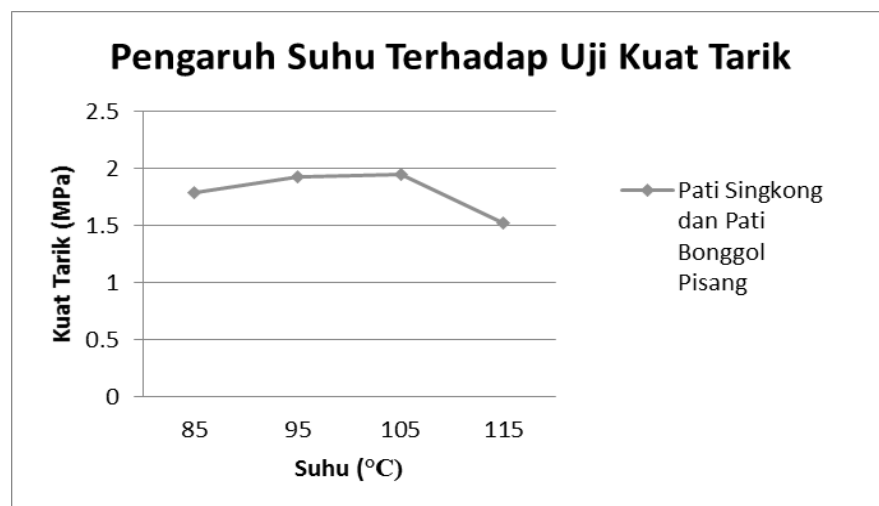
b. Kuat Tarik

Hasil kuat tarik dari film bioplastik yang diuji ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh penambahan selulosa dan gliserol terhadap nilai kuat tarik bioplastik.

Nilai kuat tarik yang tertinggi terdapat pada komposisi yaitu 3 g selulosa dengan gliserol sebanyak 5 mL, yaitu sebesar 3,11 MPa. Penambahan selulosa dan gliserol berpengaruh terhadap nilai kuat tarik. Semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka kuat tarik akan semakin tinggi.

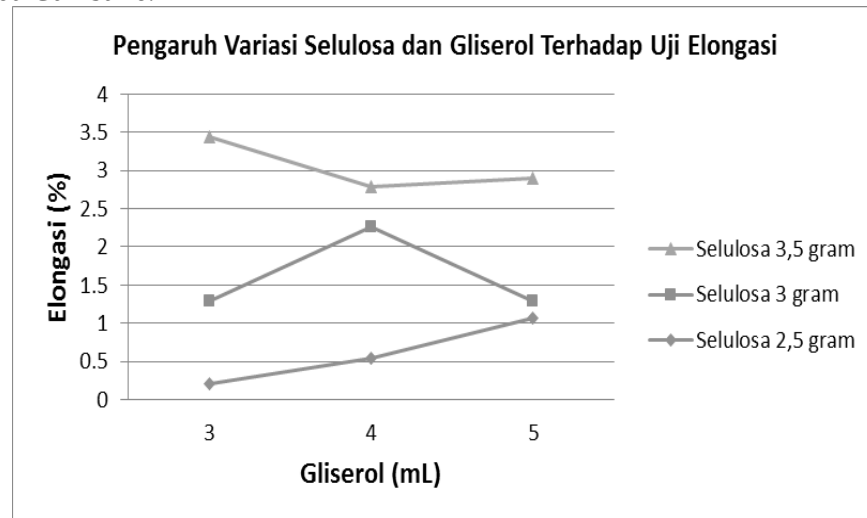


Gambar 5. Pengaruh variasi suhu *blending* terhadap nilai kuat tarik (MPa).

Pengaruh suhu *blending* terhadap kuat tarik bioplastik ditunjukkan Gambar 5. Terdapat suhu *blending* optimal untuk mendapatkan bioplastik dengan kuat tarik maksimal, yaitu suhu 105 °C dengan nilai kuat tarik 1,947 MPa. Semakin tinggi suhu *blending* memudahkan campuran menjadi lebih homogen, dan hal ini bisa memberikan nilai kuat tarik bioplastik yang makin besar. Tetapi, di atas suhu 105 °C, justru kuat tarik menurun. Hal ini disebabkan suhu yang terlalu tinggi bisa menyebabkan terputusnya rantai polimer pati ataupun selulosa.

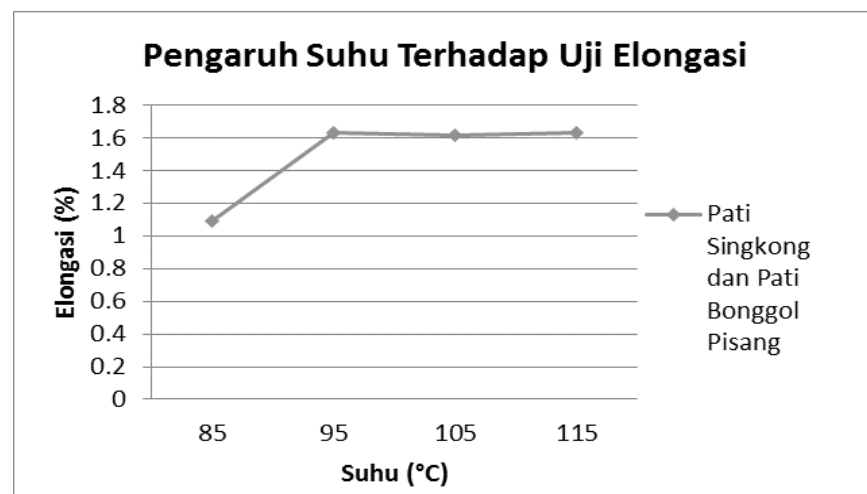
c. *Uji Elongasi*

Dari penelitian ini didapatkan hasil dari uji elongasi film bioplastik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh penambahan selulosa dan gliserol terhadap nilai elongasi (%).

Terlihat bahwa nilai elongasi tertinggi terdapat pada komposisi yaitu selulosa sebesar 3,5 g dengan volume gliserol sebanyak 3 mL, yaitu sebesar 2,15 %. Penambahan gliserol berperan untuk meningkatkan sifat plastisitasnya, yaitu sifat mekanis yang lunak, ulet, dan kuat. Dalam konsep sederhana, *plasticizer* merupakan pelarut organik yang ditambahkan ke dalam cairan yang keras atau kaku, sehingga akumulasi gaya intermolekuler pada rantai panjang akan menurun, akibatnya kelenturan, pelunakan dan pemanjangan bioplastik akan bertambah [7]. Semakin banyak *plasticizer* yang ditambahkan maka sifat mulur akan bertambah, tetapi kekerasannya menurun [8]. Konsep ini berlaku pada penambahan selulosa 2,5 g; sedangkan untuk penambahan 3 g dan 3,5 g mengalami fluktuatif.



Gambar 7. Pengaruh variasi suhu *blending* terhadap nilai uji elongasi (%).

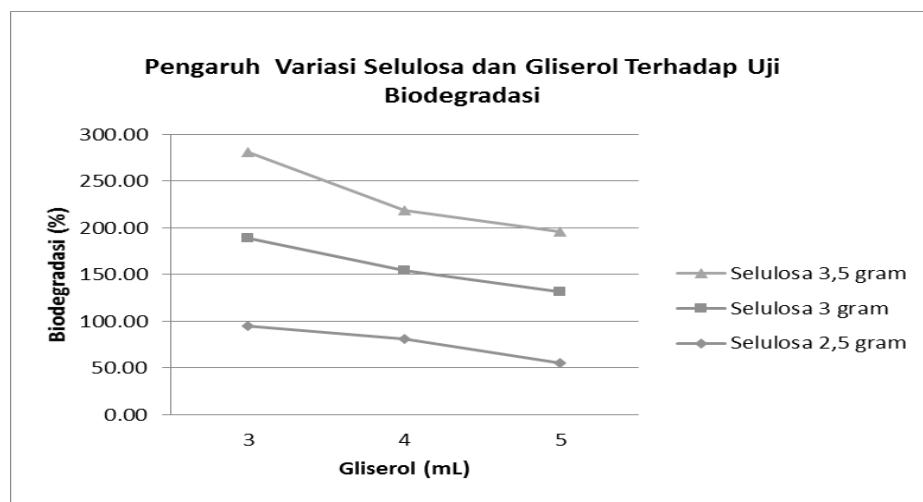
Pengaruh suhu *blending* terhadap nilai elongasi bioplastik memiliki tren yang relatif beraturan, bahwa semakin tinggi suhu *blending* semakin besar nilai elongasi bioplastik. Pada kisaran suhu *blending* yang dipelajari, nilai elongasi tertinggi terdapat pada variasi suhu 115 °C diperoleh nilai elongasi sebesar 1,828 %. Sampel yang diuji memiliki komposisi selulosa sebanyak

2 g dan volume gliserol sebanyak 5 mL. Pada dasarnya sifat mekanik dipengaruhi oleh jenis dan jumlah kandungan komponen-komponen penyusun bioplastik yang digunakan, yaitu selulosa dan gliserol. Faktor penting yang mempengaruhi sifat elongasi pada suatu plastik adalah afinitas antara tiap komponen penyusunnya. Sebagai tolak ukur keelastisitasan sebuah plastik. Penambahan gliserol akan mengurangi gaya intermolekuler sehingga mobilitas antar rantai molekul polimer meningkat.

4. Pembahasan

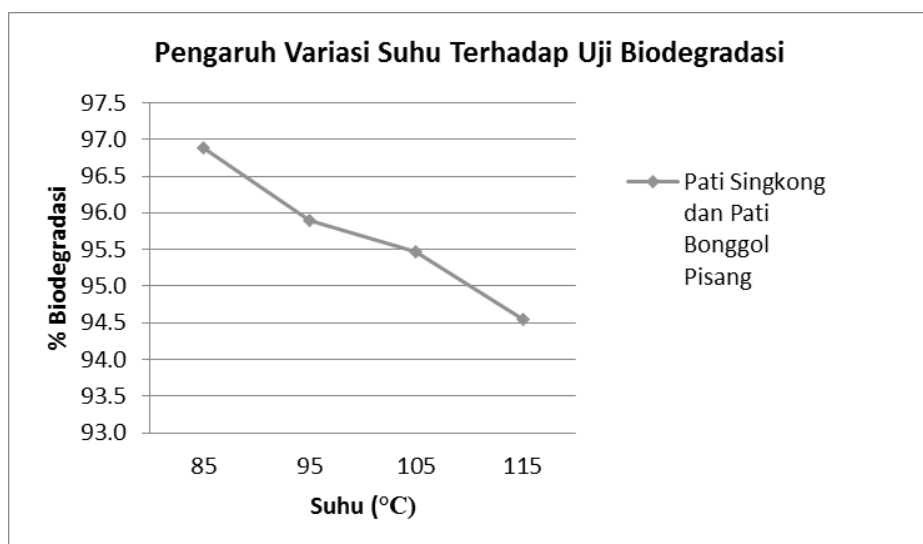
4.1. Uji Biodegradasi

Hasil penelitian mengenai uji biodegradabilitas bioplastik berbahan baku utama pati singkong dan pati bonggol pisang dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Pengaruh penambahan selulosa dan gliserol terhadap tingkat biodegradabilitas (%).

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai biodegradabilitas tertinggi yaitu pada komposisi selulosa (2,5; 3) g dan gliserol 3 mL, dengan tingkat biodegradabilitas sebesar 95 %.



Gambar 9. Pengaruh variasi suhu terhadap tingkat biodegradabilitas (%).

Gambar 9 memperlihatkan nilai biodegradabilitas tertinggi yaitu pada suhu *blending* 85 °C dengan tingkat biodegradabilitas sebesar 96,9 %. Dari hasil masing-masing variasi yang dihasilkan, dengan mengacu pada standar bioplastik yang telah ditentukan dapat diperoleh hasil bioplastik yang

dihasilkan telah memenuhi standar yang ada, bahwa lama waktu terdegradasi kurang lebih 15 hari pada lingkungan dengan bantuan mikroorganisme.

Tabel 1. Perbandingan kualitas bioplastik yang dihasilkan dengan plastik komersial konvensional.

Parameter	SNI (Plastik Komersil)	Hasil Penelitian
Kuat tarik	24,7 - 302	3,11
Elongasi	21 – 220	2,15
Hidrofobisitas (%)	99	6,5
Biodegradasi (%)	17	95

Dari tabel 1. Didapatkan perbandingan data eksperimen dengan SNI plastik komersial konvensional, kualitas bioplastik hasil penelitian ini hanya lebih dominan pada tingkat degradabilitas, yaitu jauh lebih mudah terurai di tanah, sedangkan pada sifat mekanis kuat tarik, elongasi dan hidrofobitas masih perlu diuji dan analisa penyebabnya.

5. Kesimpulan

Penelitian pembuatan bioplastik dengan bahan utama pati singkong dan bonggol pisang, dengan bahan tambahan selulosa dan gliserol telah dilakukan. Penambahan selulosa dan gliserol, serta suhu *blending* terbukti mempengaruhi kualitas bioplastik, yang diukur dari kuat tarik, elongasi, daya serap air dan tingkat biodegradabilitas. Semakin banyak kandungan selulosa maka kuat Tarik bioplastik semakin meningkat, sedangkan penambahan *plasticizer* gliserol menambah elongasi (elastisitas) bioplastik. Meskipun sifat mekanis bioplastik yang dihasilkan masih dibawah plastik komersial (polipropilen), tetapi memiliki kelebihan dapat terurai jauh lebih cepat.

Daftar Pustaka

- [1] 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. [12].
- [2] Billmeyer, F. W. 1971. “*Textbook of Polymer Science.*” 2nd ed. New York: WILEY.
- [3] Asni, W. 2015. “*Analisis Kandungan Pati pada Bonggol Pisang.*” Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- [4] Darder, W. R, Hampton, R & Howell, R. D. 2008. “*Career versus organizational commitment: Antecedents and consequences of retail salespeoples’ commitment.*” Journal of Retailing; Spring 1989; 65, 1; 80
- [5] Jassen Leon, and Mosciki Leszek. 2009. “*Thermoplastic Starch - Green Material For Various Industries.*” Edited by Jassen Leon and Mosciki Leszek.
- [6] Syamsu Khaswar, Pandji Chilwan, and Walid Jummi. [2008]. “*Karakterisasi Bioplastik PoliB-Hidroksialkanoat yang Dihasilkan Oleh Ralstonia Eutropha pada Substrat Hidrolisat Pati Sagu dengan Pemplastis Isopropil Palmitat.*” Teknologi Pertanian 2 (2).
- [7] Iriani Evi Savitri, Sunarti Titi C., and Richana Nur. [2011]. “*Pengembangan Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati.*” Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian 7.
- [8] Yadav G. D., and Satoskar D. V. [1997]. “*Kinetics of Epoxidation of Alkyl Esters of Undecylenic Acid: Comparison of Traditional Routes vs. Ishii-Venturello Chemistry.*” Journal of the American Oil Chemists’ Society 74 (4): 397–407.