

## Biodegradabilitas Bioplastik Berbahan Dasar Limbah Cair Tahu dengan Penguat Kitosan dan *Plasticizer* Gliserol

### *Biodegradability of Bioplastic Based on Tofu Liquid Waste With Chitosan and Plasticizer Glycerol*

Bambang Rahadi Widiatmono<sup>1\*</sup>, Akhmad Adi Sulianto<sup>1</sup>, Corry Debora<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Jl. Veteran, Malang 65145, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Jl. Veteran, Malang 65145, Indonesia

\*Email korespondensi : [b.rahadi@gmail.com](mailto:b.rahadi@gmail.com)

#### ABSTRAK

Plastik merupakan salah satu bahan pengemas yang banyak digunakan. Sampah plastik yang dibiarkan akan menumpuk dan memberikan dampak negatif. Solusi dari penumpukan sampah plastik ini dengan cara membuat plastik yang *biodegradable*. Tujuan penelitian ini untuk melihat pengaruh penambahan kitosan dan *plasticizer* gliserol pada bioplastik dengan bahan dasar limbah cair tahu. Metode yang digunakan pada penelitian ini dengan pendekatan kuantitatif menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk mendeskripsikan hasil perhitungan terhadap sifat biodegradabilitas, sifat solubilitas dan gugus fungsi dari bioplastik yang dihasilkan. Hasil analisa menunjukkan untuk sifat biodegradabilitas dan solubilitas yang terbaik terdapat pada bioplastik perlakuan K2G2 yaitu dengan komposisi kitosan sebanyak 2.3 g dan gliserol sebanyak 1.5 ml. Pada perlakuan K2G2 didapat besar persentase biodegradabilitas sebesar 97.667% dan untuk persentase solubilitas sebesar 40.444%. Gugus fungsi dari bioplastik yang dihasilkan dapat membuktikan sifat hidrofilik yang dimiliki.

Kata kunci: *biodegradable*, gugus fungsi, solubilitas

#### ABSTRACT

Plastic is one of the most commonly used packaging materials. Plastic waste which is left will accumulate and give a negative impact. The solution for plastic waste is by making *biodegradable* plastic. The purpose of this research is to identify the effects of adding chitosan and *plasticizer* glycerol to bioplastics made up of tofu liquid waste. The method used in this research is a quantitative approach with a Completely Randomized Design to describe the result of the *biodegradability* characteristic, solubility characteristic, and a cluster function of bioplastic. The result of the analysis for the best *biodegradability* and solubility was found in K2G2 treatment with a composition of chitosan as much as 2.3 g and glycerol as much as 1.5 ml. On the K2G2 treatment, it was shown that this treatment attained a percentage of *biodegradability* as much as 97.667% and a percentage of solubility amounting to 40.444 %. A cluster function of bioplastic produced can prove the nature of the hydrophilic.

Keywords: *biodegradable*, cluster function, solubility

#### PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu bahan pengemas makanan yang banyak dipakai, dan apabila sampah plastik dibiarkan akan menimbulkan tumpukan yang berdampak

negatif bagi lingkungan. Solusi yang dapat mengurangi sampah plastik dengan membuat plastik dengan sifat yang dapat terdegradasi oleh alam. Pada pembuatan plastik yang memiliki sifat *biodegradable* atau bioplastik, plastik terbuat dari material

yang mempunyai sifat terbarukan, yaitu senyawa yang terdapat dari dalam tanaman seperti pati, selulosa, kolagen, kasein, protein atau lipid yang terdapat dalam hewan (Saputro & Ovita, 2017). Pada penelitian ini, plastik dibuat menggunakan limbah cair tahu yang difermentasikan menjadi *nata de soya* sebagai bahan dasar bioplastik.

Proses dari metode ini yaitu bahan utama dicampurkan dengan penguat dan *plasticizer*. Penguat yang digunakan merupakan kitosan, bahan ini memiliki sifat yang menguntungkan seperti anti bakterial, pengikat pembentuk *film* dan penjernih (Selpiana & Anggraeni, 2016). *Plasticizer* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *plasticizer* gliserol. Gliserol memiliki sifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentuk *film* yang berisifat hidrofobik (Murni *et al.*, 2013). Pembuatan bioplastik dalam penelitian ini menggunakan metode *melt intercalation*. *Melt intercalation* merupakan teknik inversi fasa dengan penguapan terlarut setelah proses pencetakan yang dilakukan pada plat kaca (Aripin *et al.*, 2017).

Tujuan penelitian ini untuk melihat pengaruh penambahan kitosan dan *plasticizer* gliserol pada bioplastik dengan bahan dasar limbah cair tahu. Berdasarkan penelitian diharapkan dapat menambah sumber informasi ilmiah dan memberikan pengetahuan secara umum tentang bioplastik. Diharapkan penelitian ini dapat menambah cara pengolahan limbah cair tahu menjadi bioplastik. Penelitian ini diharapkan juga dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pemanfaatan limbah hasil produksi menjadi bioplastik yang mudah diurai oleh alam dan dapat mengurangi sampah plastik.

## BAHAN DAN METODE

Metode menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Limbah cair tahu diambil dari industri tahu rumah di Wagir dan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sumber Daya Alam dan Lingkungan Universitas Brawijaya. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor perlakuan. Tiap

faktor terdiri dari tiga taraf dan dilakukan tiga kali ulangan. Konsentrasi perlakuan kitosan yang digunakan sebanyak 1.5 g (K1), 2.3 g (K2) dan 3.1 g (K3), kemudian gliserol sebanyak 1.0 ml (G1), 1.5 ml (G2) dan 2.0 ml (G3). Kombinasi perlakuan dianalisis dengan menggunakan analisis varian (ANOVA) dan dilanjutkan dengan pengujian BNT 5%.

## Pelaksanaan Penelitian

### 1. Pembuatan Konsentrat Selulosa

- a. Limbah cair tahu disaring menggunakan penyaring dan diukur pada gelas beaker sebanyak 1 L.
- b. Limbah cair tahu dipanaskan hingga terlihat uap panas dan ditambahkan ZA 2 g, gula 25 g dan asam cuka 15 ml.
- c. Setelah homogen dimasukan campuran cairan pada wada fermentasi dan ditutup dengan kertas koran dan karet, ditunggu hingga suhu 80 °C.
- d. Dimasukan *Acetobacter xylinum* sebanyak 100 ml.
- e. Cairan yang telah dimasukan bakteri ditunggu 10-14 hari hingga menjadi nata.
- f. *Nata de soya* yang telah jadi di blender hingga bertekstur bubuk yang dijadikan konsentrat selulosa.

### 2. Pembuatan Bioplastik

- a. Kitosan dilarutkan sesuai variasi pada 2 ml asam asetat dalam aquades sebanyak 200 ml dengan suhu 80 °C.
- b. CaCl<sub>2</sub> sebanyak 8 g dilarutkan dengan aquades sebanyak 40 ml dengan suhu 60 °C selama 10 menit, lalu ditambahkan selulosa sebanyak 25 g hingga larut.
- c. Campurkan larutan kitosan dan selulosa menjadi satu wadah, lalu ditambah gliserol
- d. Campuran dilarutkan dengan suhu 80 °C selama 45 menit hingga homogen dan menjadi adonan bioplastik.
- e. Adonan dicetak pada cetakan dan didiamkan dengan suhu ruangan selama 2-3 hari hingga mengering.

### Pengujian dan Analisis Data

Bioplastik dilakukan uji biodegradabilitas dengan metode penguburan di dalam tanah (*soil burial test*), uji ketahanan air terhadap air dan analisa gugus fungsi dengan FT-IR (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*).

Uji biodegradabilitas dilakukan dengan cara penguburan langsung dalam tanah (metode *soil burial test*) mengikuti cara penelitian Alam *et al.*, (2014). Estimasi waktu penguburan dalam tanah dilakukan selama 15 hari dengan modifikasi pengamatan sekali dalam 2 hari. Pada awal sebelum penguburan bioplastik yang diuji, ditimbang berat awalnya. Setelah itu dilihat perubahannya setiap dua hari sekali.

Uji kelarutan terhadap air yang dilakukan pada bioplastik yang dihasilkan mengikuti cara pengujian dari Garcia *et al.* (2006). Pada pengujian ini sampel yang dihasilkan dipotong menjadi ukuran 2 x 3 cm dan dimasukkan ke dalam desikator selama 7 hari. Lalu sampel yang telah dikeringkan ditimbang berat awal ( $w_0$ ). Setelah 7 hari, direndam sampel tersebut dalam gelas beker dengan 80 ml aquades dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* kecepatan 200 rpm selama 1 jam. Pengadukan ini dilakukan dengan suhu 25 °C dan 100 °C. Sampel yang tidak terlarut dalam larutan diangkat dan dikeringkan dalam oven selama dua jam dengan suhu 60 °C. Sampel yang sudah dikeringkan ditimbang untuk mendapatkan berat sampel kering setelah perendaman ( $w_1$ ). Uji ini bertujuan untuk memprediksi kestabilan film terhadap pengaruh air itu sendiri. Rumus yang digunakan terdapat pada Persamaan (1).

$$\%S = \frac{w_0 - w_1}{w_0} \times 100 \% \dots \dots \dots (1)$$

FTIR merupakan cara pengujian untuk mengetahui karakteristik kimia gugus fungsi dari bioplastik yang dihasilkan. FTIR merupakan metode yang menggunakan spektroskopi inframerah. Pada spektroskopi inframerah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan atau ditransmisikan. Analisis gugus fungsi dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui

proses yang terjadi pada pencampuran apakah terjadi secara fisik atau kimia.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisis Pengaruh Perlakuan pada Sifat Biodegradabilitas

Berdasarkan penelitian didapat bioplastik yang memiliki kesamaan fisik dengan plastik konvensional (Gambar 1).

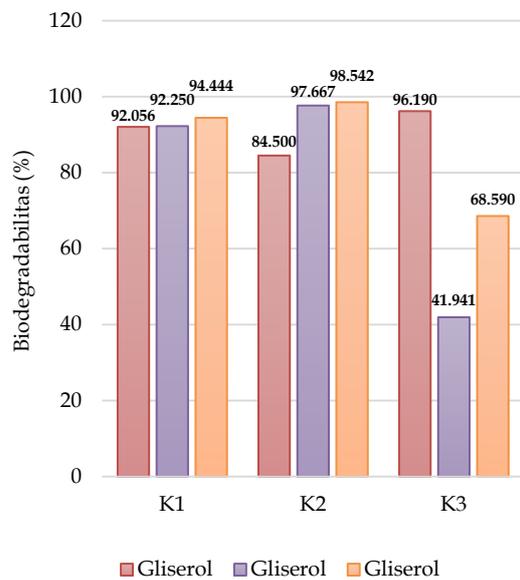


Gambar 1. Bioplastik

Uji biodegradabilitas merupakan pengujian bioplastik untuk mengetahui daya degradasinya di alam. Hal ini untuk mengetahui seberapa cepat bioplastik terdegradasi oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan. Metode yang digunakan yaitu *soil burial test* dengan media tanah. Data hasil persentase pengaruh perlakuan terhadap biodegradabilitas yang dihasilkan terdapat pada Gambar 2.

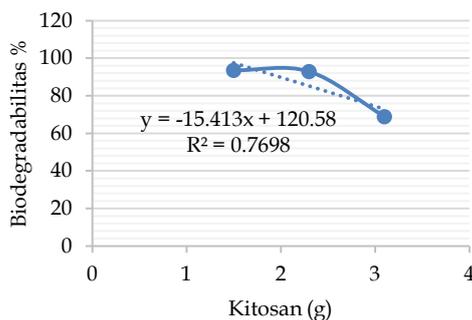
Pada perlakuan K1 dengan komposisi kitosan sebanyak 1.5 g memiliki hasil yang menyerupai perlakuan K2 dengan komposisi kitosan sebanyak 2.3 g. Pada perlakuan K3 dengan komposisi kitosan sebanyak 3.1 g memiliki pola grafik yang berbeda. Pola grafik yang berbeda ini dapat dipengaruhi oleh faktor hujan. Pada penelitian ini dilakukan di alam terbuka dan hujan deras yang turun langsung mengenai tanah tempat penguburan bioplastik mempengaruhi keadaan tanah yang dapat mempengaruhi hasil persentase. Kandungan  $\text{CaCl}_2$  yang terdapat pada bioplastik juga mempengaruhi persentase biodegradabilitas. Menurut Maswiarso & Utomo (2019),  $\text{CaCl}_2$  merupakan garam yang mempunyai sifat higroskopis terhadap air dan memiliki kandungan

panas yang besar hingga dapat mengikat air.



Gambar 2. Persentase biodegradabilitas

Dari data ANOVA didapat bahwa perlakuan kitosan memberikan pengaruh nyata pada biodegradabilitas. Biodegradabilitas dengan persentase terkecil didapat pada perlakuan K3 sebesar 68.91%, pada perlakuan K1 persentase biodegradabilitasnya sebesar 92.92% dan persentase tertinggi pada perlakuan K2 sebesar 93.57%. Hubungan komposisi kitosan dengan nilai biodegradabilitas terdapat pada Gambar 3.

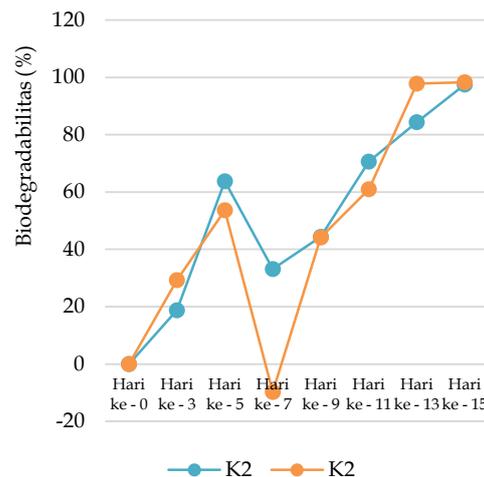


Gambar 3. Hubungan kitosan dengan biodegradabilitas

Pada grafik yang didapat menunjukkan grafik yang menurun, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah kitosan yang digunakan, maka semakin kecil nilai

biodegradabilitas yang dihasilkan. Nilai biodegradabilitas dipengaruhi oleh sifat kitosan yang dapat berfungsi sebagai anti bakterial yang biasa digunakan pada bahan pengawet. Menurut Sarwono (2010), anti bakteri dari kitosan adalah gugus fungsional amina dan kemampuan menyerap dari kitosan yang mempunyai muatan positif. Sel pada mikroba bermuatan negatif akan berinteraksi menyebabkan tekanan osmotik yang dapat menghalangi pertumbuhan dari mikroba. Komposisi kitosan yang semakin banyak akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme yang berfungsi untuk mengurai bioplastik sehingga laju degradasi pada bioplastik akan melambat.

Dari data yang diperoleh dan dianalisis dapat ditarik kesimpulan pengaruh perlakuan terhadap biodegradabilitas. Pengaruh ini terdapat pada Gambar 4.



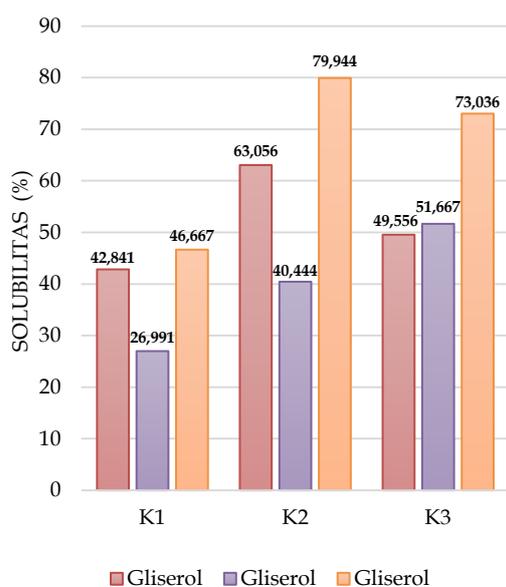
Gambar 4. Persentase biodegradabilitas tertinggi

Biodegradabilitas yang tertinggi kedua dimiliki perlakuan K2G2 dengan komposisi kitosan sebanyak 2.3 g dan gliserol sebanyak 1.5 ml. Bioplastik pada perlakuan ini terdegradasi sebesar 97.667% selama 15 hari. Perlakuan yang memiliki persentase biodegradabilitas tertinggi terdapat pada perlakuan K2G3 dengan komposisi kitosan sebanyak 2.3 g dan gliserol sebanyak 2 ml. Bioplastik perlakuan ini terdegradasi sebesar 98.542% selama 15 hari. Persentase ini dipengaruhi oleh tambahan bahan aditif gliserol yang bersifat hidrofilik. Menurut

Anggraini (2013), kemampuan biodegradasi plastik akan memiliki nilai biodegradabilitas yang tinggi apabila semakin banyak komposisi gliserol yang ditambahkan. Sifat gliserol yang mampu menyerap air menambah banyak kandungan air sebagai media bagi sebagian mikroba dan bakteri. Hal ini dapat membantu laju degradasi plastik.

#### Analisis Pengaruh Perlakuan Pada Sifat Kelarutan Terhadap Air

Analisis kelarutan terhadap air (solubilitas) pada bioplastik dilakukan untuk menambah data penunjang untuk mengetahui perlakuan bioplastik yang terbaik. Perlakuan terbaik yaitu perlakuan dengan nilai kelarutan terhadap air dengan persentase terendah. Hasil persentase solubilitas terdapat pada Gambar 5.

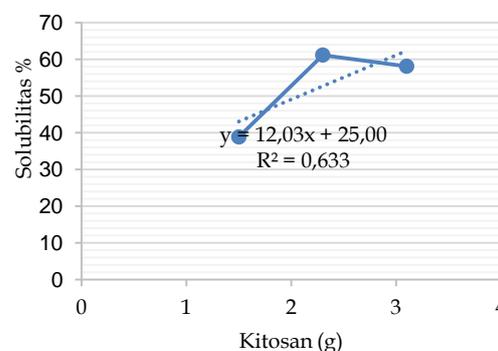


Gambar 5. Persentase solubilitas

Berdasarkan hasil grafik persentase solubilitas dapat dilihat terdapat persamaan pola pada perlakuan K1 dengan komposisi 1.5 g dan K2 dengan komposisi 2.3 g, tetapi perlakuan K3 dengan komposisi 3.1 g memiliki kesamaan pola hanya pada perlakuan G3. Dari persentase tiap perlakuan dapat dilihat bahwa pada perlakuan G3 dengan komposisi gliserol 2 ml memiliki persentase solubilitas tertinggi. Menurut Zulferiyenni *et al.* (2014), penambahan gliserol mampu menurunkan

gaya intermolekuler pada bioplastik sehingga nilai kelarutannya bertambah. Sehingga semakin banyak jumlah gliserol yang terkandung persentase solubilitas yang didapat semakin besar.

Pada hasil ANOVA diketahui bahwa perlakuan kitosan dan gliserol memberikan pengaruh yang nyata. Perlakuan K1 dengan komposisi kitosan sebanyak 1.5 g didapat persentase solubilitasnya sebesar 38.83%, pada perlakuan K3 dengan komposisi kitosan sebanyak 3.1 g didapat persentase solubilitasnya sebesar 58.09% dan perlakuan K2 dengan komposisi 2.3 g didapat persentase solubilitasnya sebesar 61.15%. Pengaruh perlakuan kitosan terhadap solubilitas yang dihasilkan terdapat pada Gambar 6.

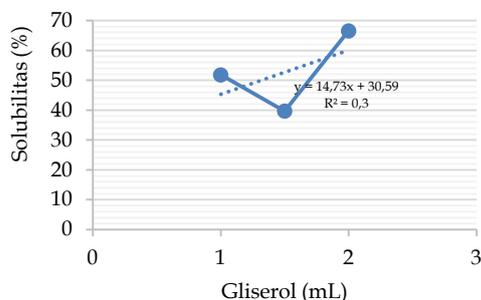


Gambar 6. Hubungan kitosan dengan solubilitas

Berdasarkan Gambar 6, grafik menunjukkan grafik yang menaik tetapi pada komposisi terbanyak mengalami penurunan. Hal ini dapat dikatakan bahwa semakin banyak penambahan kitosan akan memperkecil persentase solubilitas bioplastik yang dihasilkan. Menurut Saputro & Ovita (2017), peningkatan jumlah zat yang bersifat hidrofilik diduga menyebabkan peningkatan nilai solubilitas, sebaliknya kitosan merupakan zat yang bersifat hidrofobik, penambahan kitosan akan menurunkan nilai solubilitas plastik.

Perlakuan gliserol juga memberi pengaruh nyata pada nilai solubilitas bioplastik. Pada perlakuan G2 dengan komposisi 1.5 ml didapat persentase solubilitasnya sebesar 39.70%, pada perlakuan G1 dengan komposisi 1 ml didapat persentase solubilitasnya sebesar 51.82% dan pada perlakuan G3 dengan

komposisi 2 ml didapat persentase solubilitasnya sebesar 66.55%. Hubungan gliserol dengan persentase solubilitas yang dihasilkan terdapat pada Gambar 7.



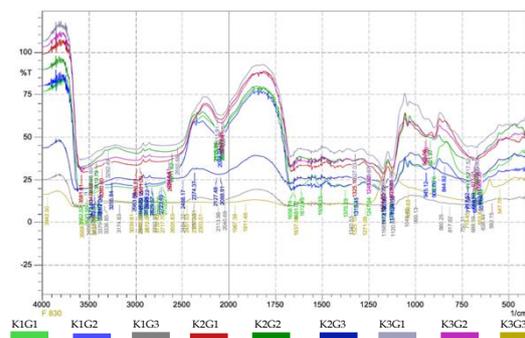
Gambar 7. Hubungan gliserol dengan solubilitas

Pada Gambar 7 diketahui bahwa pada awal data grafik menunjukkan hubungan yang menurun, tetapi pada komposisi gliserol terbanyak menunjukkan grafik yang naik. Hal ini dapat dikatakan bahwa semakin banyak jumlah gliserol akan memperbesar nilai solubilitasnya. Sifat hidrofilik dari gliserol ini yang mempengaruhi nilai solubilitas. Menurut Zulferiyenni *et al.* (2014), gliserol memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan molekuler yang dapat menurunkan gaya intermolekuler pada bioplastik.

Dari data yang didapat dan dianalisis dapat diketahui bahwa semakin rendah nilai solubilitas, semakin baik bioplastik yang dihasilkan. Pada parameter ini diketahui bahwa persentase terendah terdapat pada perlakuan K1G2 dengan persentase solubilitas sebesar 26.991% dan perlakuan dengan persentase solubilitas terendah kedua yaitu perlakuan K2G2 dengan persentase solubilitas sebesar 40.444%. Dari hasil ini dapat dikatakan bahwa komposisi *plasticizer* merupakan faktor penting untuk menentukan nilai solubilitas bioplastik. *Plasticizer* menurunkan kekuatan inter dan intramolekuler dan meningkatkan fleksibilitas, semakin banyak penggunaan *plasticizer* akan meningkatkan kelaurtan terutama *plasticizer* yang bersifat hidrofilik (Coniwati *et al.*, 2014).

### Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR

Pengujian dengan menggunakan FTIR ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam bioplastik. Hasil dari penggunaan FTIR ini berupa data *peak* yang menunjukkan gugus-gugus yang menyusun bioplastik pada rentang serapan tertentu. Hasil pengujian gugus fungsi ini terdapat pada Gambar 8.



Gambar 8. Spektra gugus fungsi FTIR bioplastik

Berdasarkan hasil spektra yang dihasilkan bioplastik dapat diketahui bahwa terdapat gugus fungsi C-H Alkana, C-H Alkena, C-H cincin *aromatic*, O-H alkohol ikatan hidrogen, O-H ikatan asam karboksilat, N-H Amina, C-N Amina/amida, dan C-O alkohol/ester. Gugus fungsi ini terdapat dikarenakan bahan penyusun yang terkandung. Gugus O-H, C-H, C=C, cincin *aromatic* muncul dikarenakan terdapatnya bahan selulosa pada bioplastik. Gugus amina/amida terbentuk dari gugus asetil pada kitosan yang masih mengandung gugus asetil. Kemudian adanya penambahan *plasticizer* gliserol menunjukkan gugus C-O ester pada bioplastik yang merupakan penanda reaksi antara pati dan gliserol. Menurut Suryati *et al.* (2017), terdapatnya sifat hidrofilik pada bioplastik dapat dilihat dari gugus O-H yang terkandung. Gugus ikatan kimia antara kitosan dan gliserol ditandai dengan adanya gugus O-H dari gliserol dan N-H dari kitosan. Tetapi pada hasil yang didapat diketahui bahwa larutan adonan bioplastik belum homogen secara rata, hal ini ditandai belum samanya gugus fungsi yang terlihat puncaknya

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapat kesimpulan yaitu:

1. Bioplastik yang dihasilkan dari limbah cair tahu dengan penambahan kitosan dan gliserol dapat terdegradasi. Perlakuan K2G2 dengan nilai biodegradabilitas terbaik dapat terdegradasi sebesar 97.667% selama 15 hari.
2. Kitosan dan gliserol memberi pengaruh pada biodegradabilitas bioplastik. Semakin banyak penambahan kitosan akan menurunkan kemampuan degradasi pada bioplastik. Penambahan gliserol lebih mempengaruhi sifat solubilitas, semakin banyak gliserol semakin cepat larut bioplastik.
3. Penambahan kitosan dan gliserol serta selulosa pada bioplastik menghasilkan gugus fungsi O-H, C-H, C-O, C-N dan N-H. Pencampuran larutan adonan bioplastik belum homogen, sehingga terdapat gugus fungsi yang tidak terdapat pada perlakuan yang lain. Sifat hidrofilik dapat dibuktikan dari terdapatnya gugus O-H pada bioplastik.
4. Konsentrasi kitosan dan gliserol yang terbaik berdasarkan pengujian sifat biodegradabilitas dan kelarutan terhadap air yaitu perlakuan K2G2 dengan komposisi kitosan sebanyak 2.3 g dan gliserol sebanyak 1.5 ml. Perlakuan ini memiliki nilai biodegradabilitas sebesar 97.667% dan kelarutan sebesar 40.444%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M. N., Kumalasari, K., Nurmalasari, N., & Illing, I. (2018). Pengaruh komposisi kitosan terhadap sifat biodegradasi dan water uptake bioplastik dari serbuk tongkol jagung. *Al-Kimia*, 6(1), 24-33.
- Anggarini, F. (2013). *Aplikasi Plasticizer gliserol pada pembuatan plastik biodegradable dari biji nangka* [Doctoral Dissertation]. Universitas Negeri Semarang.
- 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 Mercu Buana*, 6(2), 79-84.
- Coniwanti, P., Laila, L., & Alfira, M. R. (2015). Pembuatan film plastik biodegradable dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemplastis gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4), 22-30.
- Garcia, M. A., Pinotti, A., & Zaritzky, N. E. (2006). Physicochemical, water vapor barrier and mechanical properties of corn starch and chitosan composite films. *Starch-Stärke*, 58(9), 453-463. <https://doi.org/10.1002/star.200500484>
- Maswiarso, A. & Utomo, R. K. (2019). *Pra Rancangan Pabrik Kimia Kalsium Klorida dari Asam Klorida dan Batuan Kapur Dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun Perancangan Pabrik* [Skripsi]. Universitas Islam Indonesia.
- Murni, S. W., Pawignyo, H., Widyawati, D., & Sari, N. (2015, April). Pembuatan edible film dari tepung jagung (*Zea Mays L.*) dan kitosan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, B17, 1-9.
- Saputro, A. N. C., & Ovita, A. L. (2017). Sintesis dan karakterisasi bioplastik dari kitosan-pati ganyong (*Canna edulis*). *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 2(1), 13 - 21.
- Sarwono, R. (2010). Pemanfaatan kitin/kitosan sebagai bahan anti mikroba. *JKTI (Jurnal Kimia Terapan Indonesia)*, 12(1), 32-38.
- Selpiana, P., & Anggraeni, C. P. (2016). Pengaruh penambahan kitosan dan gliserol pada pembuatan bioplastik dari ampas tebu dan ampas tahu. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(22), 57-64.
- Suryati, S., Meriatna, M., & Marlina, M. (2017). Optimasi proses pembuatan bioplastik dari pati limbah kulit singkong. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 5(1), 78-91.
- Zulferiyenni, Z., Marniza, M., & Sari, E. N. (2014). Pengaruh konsentrasi gliserol dan tapioka terhadap karakteristik biodegradable film berbasis ampas rumput laut *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 19(3), 257-273.