

**BIOPLASTIK BERBASIS SELULOSA SERAT SABUT KELAPA MUDA
DAN KITOSAN DENGAN PEMLASTIS ASAM ASKORBAT**

**BIOPLASTIC BASED ON CELLULOSE OF YOUNG COCONUT FIBER
AND CHITOSAN WITH ASCORBIC ACID AS A PLASTICIZER**

Dewi Hidayati Fatwa, Dhony Hermanto, Sri Seno Handayani*

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat,
Indonesia

*email: dewihidayati270399@gmail.com

Abstrak: Penggunaan plastik konvensional telah banyak digunakan oleh masyarakat karena biaya yang rendah, kekuatan plastik, keperaktisan dan keserbagunaan, selain itu plastik konvensional membutuhkan waktu yang lama untuk terurai secara alami sehingga dapat diatasi dengan menggunakan plastik yang mudah terdegradasi yaitu bioplastik berbahan dasar polimer alam. Penelitian tentang selulosa dari sabut kelapa dengan kitosan sebagai pengisi pada rantai polimer dalam bioplastik dan asam askorbat sebagai pemlastis untuk memodifikasi selulosa dan kitosan menjadi bioplastik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi bioplastik selulosa dan kitosan dengan pemlastis asam askorbat, karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infrared*), sifat uji mekanik dan analisis termal TGA (*Thermogravimetric Analysis*)- (*Differential Thermal Analyzer*) DTA. Bioplastik selulosa-kitosan-asam askorbat telah dibuat dengan komposisi 1:2 serta asam askorbat 2 % sebagai pemlastis dengan variasi 1,5, 2 dan 2,5 mL. Bioplastik yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan FTIR, uji kuat tarik, uji elongasi, uji ketahanan air, uji biodegradasi dan uji analisis termal TGA-DTA. Bioplastik yang dihasilkan pada uji FTIR tidak didapatkan serapan gugus fungsi baru yang terjadi pada spektrum sehingga interaksi antara komponen dalam plastik adalah interaksi fisik, uji kuat tarik 2,25 MPa, uji elongasi 81,93 %, uji ketahanan air 33,57 %, uji biodegradasi 100 % pada empat belas hari, uji analisis termal TGA-DTA bahwa bioplastik yang dihasilkan dapat tahan panas sampai 210 °C sehingga dapat diaplikasikan untuk produk kemasan. Oleh karena itu dapat dikatakan bioplastik yang dihasilkan baik dan asam askorbat pemlastis yang baik dalam produksi bioplastik selulosa

Kata kunci : bioplastik, selulosa, kitosan, asam askorbat, sabut kelapa.

Abstrack: *The use of conventional plastics has been widely used by the public because of its low cost, plastic strength, practicality and versatility, besides that conventional plastics take a long time to decompose naturally so that they can be overcome by using easily degraded plastics, namely bioplastics made from natural polymers. Research on cellulose from coconut fiber with chitosan as a filler in polymer chains in bioplastics and ascorbic acid as a plasticizer to modify cellulose and chitosan into bioplastics. This study aims to characterize cellulose and chitosan bioplastics with ascorbic acid as plasticizer, characterization of FTIR (Fourier Transform Infrared), mechanical test properties and thermal analysis of TGA (Thermogravimetric Analysis)- (Differential Thermal Analyzer) DTA. Cellulose-chitosan-ascorbic acid bioplastic has been made with a composition of 1:2 and 2% ascorbic acid as a plasticizer with variations of 1.5, 2 and 2.5 mL. The resulting bioplastics were further characterized using FTIR, tensile strength test, elongation test, water resistance test, biodegradation test and TGA-DTA thermal analysis test. The bioplastics produced in the FTIR test did not get any new absorption of functional groups that occurred in the spectrum so that the interaction between the components in the plastic was physical interaction, tensile strength test 2.25 MPa, elongation test 81.93%, water resistance test 33.57 %, test 100 % biodegradation in fourteen days, TGA-DTA thermal analysis test that the resulting bioplastic can be heat resistant up to a temperature of 210 °C that bioplastics can be applied to packaging products. Therefore, it can be said that the bioplastic produced is good and ascorbic acid is a good plasticizer in the production of cellulose bioplastic*

Keywords: bioplastic, chitosan, cellulose, ascorbic acid, coconut fiber

PENDAHULUAN

Plastik adalah hasil sintesis minyak bumi polimer hidrokarbon yang jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbaharui (Faturrohman, dkk 2020). Selain itu pembuangan plastik minyak bumi telah menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Varghese dkk, 2022). Salah satu dampak negatif plastik terhadap lingkungan yaitu pembakaran sampah plastik menghasilkan emisi gas rumah kaca (Millios dkk, 2018). Salah satu upaya untuk mengatasi masalah sampah plastik sintetik adalah pembuatan bioplastik. Bioplastik merupakan plastik yang mudah terdegradasi karena komponen penyusun didalamnya merupakan bahan alam (Sartika dkk, 2018). Salah satu sumber selulosa polimer alam yang digunakan sebagai bioplastik yaitu serat serabut kelapa. Sabut kelapa memiliki

kandungan selulosa sebanyak 26,64%-43,44% (Dewi dkk, 2021). Selulosa memiliki struktur rantai linier Panjang. Kandungan pati dan selulosa dapat dijadikan bahan baku pembuatan bioplastik karena terdapat gugus O-H yang bersifat hidrofilik. Peningkatan hidrofobisitas dapat dilakukan dengan penambahan kitosan. Semakin besar konsentrasi kitosan pada bioplastik maka semakin tinggi nilai kuat tarik yang dihasilkan (Mutamainna, dkk 2019). Bioplastik yang dihasilkan dari penambahan kitosan pada selulosa masih sangat kaku dan rapuh sehingga dibutuhkan pemlastis (Hasan dkk 2018). Pemlastis yang dapat digunakan yaitu asam askorbat. Asam askorbat lebih unggul dibanding poliol pada pembuatan bioplastik, karena keberadaan gugus fungsi karboksil yang dapat berpadu baik dengan selulosa. Asam askorbat memiliki struktur 4 gugus hidroksil, 1 gugus eter dan 1 gugus keton sebagai gugus fungsional sehingga diharapkan dapat menghasilkan bioplastik yang lebih baik dibanding *plasticizer* poliol (gliserol dan sorbitol) (Yoon dkk 2014). Metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah *Melt intercalation*. *Melt intercalation* merupakan proses perubahan terkendali polimer dari fase padat ke fase cair (Antonius dkk, 2020). Uji yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji mekanik, fisika dan kimia. Uji mekanik meliputi uji kuat tarik, uji elongasi, uji ketahanan air dan uji biodegradable. Sedangkan untuk uji kimianya dilakukan pengujian FTIR dan Uji fisika dilakukan pengujian Uji termal. Uji FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dari bioplastik. Sedangkan untuk uji termal dilakukan untuk mengetahui perubahan sampel terhadap pengaruh suhu. Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk membuat bioplastik dengan selulosa kelapa muda dan kitosan dengan pemlastis asam askorbat dan untuk mengetahui karakterisasi bioplastik yang dihasilkan.

MATERI DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2021 – juni 2022 di Laboratorium Kimia Lanjut, Laboratorium Fisika Lanjut dan Laboratorium Kimia Analitik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Mataram dan LTPPT Insititut Teknologi Bandung

Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan alat yaitu oven, *magnetic stirrer* joan lab SH-4, *hot plate* SH-3, FTIR shimadzu, TGA/DSC metler toledo, gelas kimia 50 mL dan gelas kimia 1000 mL, *rubber bulb*, pipet volume 5 mL, pipet tetes, corong kaca 75 mm, cetakan akrilik 5x5cm, batang pengaduk, *bleander*, mikrometer skrup digital, *Universal Testing Machine* (UTM) sedangkan bahan yang digunakan adalah, serat sabut kelapa yang diambil di sekitar desa puyung, NaOH 10 %, akuades, kitosan sigma aldrich, asam askorbat , NaOCl 10 %, CH₃COOH 2 %

Pembuatan selulosa

Selulosa serbuk serat sabut kelapa muda diisolasi berdasarkan metode Sutan, dkk.(2018) serat sabut kelapa dicuci, dikeringkan dibawah sinar matahari, dirajang dan dihaluskan menggunakan blender. Pembuatan *pulp* dilakukan dengan merendam 50 gserbuk sabut sabut kelapa dengan 500 mL NaOH 10 % sambil dipanaskan selama 120 menit pada suhu 80 °C dengan dilakukan pengadukan terus menerus. Setelah itu disaring dan dinetralkan dengan akuades. Residu yang didapatkan dikarakterisasi dengan FTIR. Setelah itu residu dipucatkan menggunakan NaOCl 10 % selama 60 menit pada suhu 50°C. Setelah itu disaring dan dinetralkan kembali dengan akuades. Setelah dinetralkan serbuk sabut kelapa dikeringkan dalam oven pada suhu 160°C selama 6 jam. Serbuk sabut kelapa yang telah dikeringkan dihaluskan menggunakan blender kemudian hasil yang didapatkan dilakukan pengujian FTIR untuk mengetahui adanya kandungan selulosa.

Sintesis bioplastik

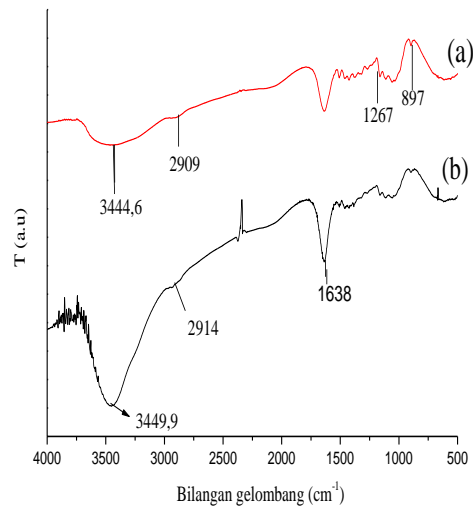
Pembuatan bioplastik dilakukan dengan metode *melt intercalation* yang telah dimodifikasi dari Antonius., dkk. (2020) dengan menggunakan suhu ruang tanpa pemanasan. Masing-masing kitosan dan selulosa dengan komposisi 1:2 g dilarutkan dengan larutan asam asetat 2 %. Setelah itu, dilakukan pengadukan selama 4 jam dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Masing–masing hidrosol didiamkan selama 12 jam untuk membebaskan gelembung-gelembung. Hidrosol kitosan yang dihasilkan dicampurkan dengan variasi kosentrasi asam askorbat 1,5

: 2 : dan 2,5mL kemudian di-*stirrer* selama 2 jam. Hidrosol selulosa dicampurkan ke masing-masing hidrosol kitosan dan di-*stirrer* selama 1 jam. Pencetakan dilakukan dengan akrilik ukuran 5×5cm. Setelah itu dikering anginkan selama 24 jam kemudian bioplastik dilepaskan. Bioplastik yang dihasilkan dikarakterisasi dengan spektrum FTIR, dikarakterisasi sifat mekaniknya dan dikarakterisasi dengan analisis termal

HASIL DAN DISKUSI

Pembuatan selulosa

Serat sabut kelapa yang diperoleh dilakukan pengeringan yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam sampel. Serat sabut kelapa yang sudah kering kemudian dirajang dan dihaluskan menjadi serbuk. Hal ini bertujuan untuk memudahkan perendaman sampel pada tahap delignifikasi. Proses delignifikasi bertujuan untuk mengurangi lignin yang terdapat diserbuk sabut kelapa agar selulosanya mudah diperoleh. Pada tahap delignifikasi yaitu dengan perendaman NaOH 10 % (mL) sambil dilakukan pemanasan dengan suhu 80°C selama 120 menit. Perendaman dengan NaOH 10 % (mL) bertujuan untuk mengurangi kadar lignin dan hemiselulosa yang terdapat didalam serbuk sabut kelapa(Gunam, dkk., 2010). Residu yang telah disaring dinetralkan menggunakan akuades dan dilakukan pemutihan untuk menghilangkan lignin menggunakan dengan perendaman menggunakan NaOCl 10 %. Tujuan dari perendaman NaOCl 10 % dalam proses *bleaching* untuk menghilangkan warna hitam pada sabut kelapa setelah itu dinetralkan kembali dengan akuades. Dilakukan pengeringan dengan oven untuk menghilangkan kadar air pada serat sabut kelapa dan dikarakterisasi dengan FTIR. Hasil karakterisasi ditampilkan pada Gambar pada 1.1



Gambar 1 Hasil FTIR (a) Perendaman serbuk sabut kelapa dengan NaOH 10% dan (b) *bleaching* dengan NaOCl 10%

Berdasarkan Gambar 1 yang menunjukkan adanya perubahan bilangan gelombang baik itu pergeseran maupun penghilangan puncak. Pada perlakuan delignifikasi didapatkan pada pengujian FTIR terdapat regangan -OH pada bilangan gelombang 3444,9 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 2914 cm^{-1} terdapat gugus CH dan pada bilangan gelombang 1638 cm^{-1} terdapat gugus CO. Pada perlakuan *bleaching* terjadi pergeseran bilangan gelombang pada CH dari 2914 cm^{-1} menjadi 2909 cm^{-1} sesudah dilakukan *bleaching* yang mengindikasikan keberadaan lignin semakin berkurang. Terdapat regangan -OH pada bilangan gelombang 3444,63 cm^{-1} . Terdapat gugus fungsi CO pada bilangan gelombang 1267,90 cm^{-1} . Selain itu, munculnya puncak pada bilangan gelombang 897,09 cm^{-1} terdapat gugus fungsi β glikosilikantara unit glukosa dari selulosa yang khas.

Hasil sintesis bioplastik dengan optimasi konsentrasi asam askorbat

Pembuatan bioplastik selulosa-kitosan-asam askorbat 2 % dilakukan dengan cara mencampurkan selulosa dan kitosan yang telah dilarutkan menggunakan asam asetat 2 % dengan perbandingan 1:2. Sebelum dicampurkan masing-masing larutan ini didiamkan untuk menghilangkan gelembungnya. Tujuan Hidrosol kitosan dan selulosa dicampurkan kemudian ditambahkan variasi asam askorbat 1,5, 2 dan 2,5 mL kemudian di-*stirrer* selama 2 jam. Tujuan penambahan asam askorbat dalam pembuatan bioplastik berfungsi untuk membuat bioplastik elastis. Bioplastik yang sudah dikeringkan di dalam suhu

ruang kemudian dilakukan karakterisasi. Adapun hasil bioplastik dapat dilihat pada Gambar 2 dan karakterisasi FTIR ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 2

Karakterisasi uji FTIR

Hasil karakterisasi FTIR bioplastik selulosa serat sabut kelapa dengan pemlastis asam askorbat. Pada Gambar 3 terdapat hasil karakterisasi FTIR dari selulosa, kitosan, asam askorbat dan bioplastik, hasil FTIR pada selulosa terdapat bilangan gelombang $3444,63 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus -OH. Pada bilangan gelombang 2909 cm^{-1} gugus CH. Pada bilangan gelombang $1267,90 \text{ cm}^{-1}$ gugus CO. Pada bilangan gelombang 897 cm^{-1} terdapat gugus fungsi β glikosidik antara unit glukosa dari selulosa yang khas

Berdasarkan hasil spektrum FTIR kitosan pada penelitian ini, pada bilangan gelombang $3449,48 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi OH. Pada bilangan gelombang $2345,88 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi CH dan pada bilangan gelombang $1638,58 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi C=O.

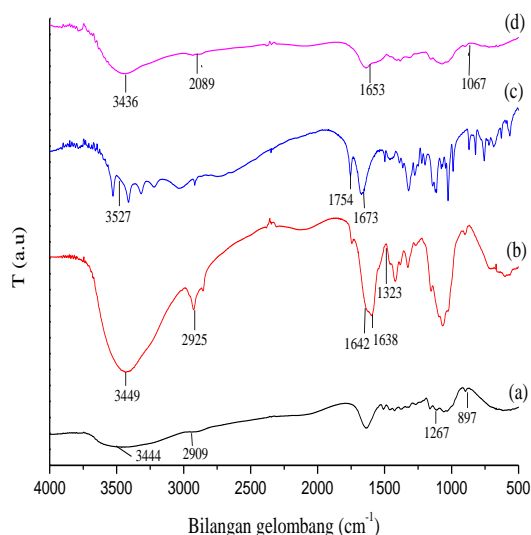
Berdasarkan hasil spektrum FTIR asam askorbat pada penelitian ini, Pada bilangan gelombang $3527,39 \text{ cm}^{-1}$, $3411,87 \text{ cm}^{-1}$, $3317,38 \text{ cm}^{-1}$, dan $3220,03 \text{ cm}^{-1}$. Terdapat gugus fungsi -OH. Pada bilangan gelombang $2917,27 \text{ cm}^{-1}$. Terdapat gugus CH. Pada bilangan gelombang $1754,81 \text{ cm}^{-1}$ dan $1673,01 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi C=O dan C=C.

Berdasarkan hasil spektrum FTIR bioplastik. Hasil yang didapatkan penelitian ini terdapat bilangan gelombang $3436,40 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi OH. Pada bilangan gelombang $1638,72$ terdapat gugus fungsi C=C. Pada bilangan gelombang $1383,96 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi CH.

Interaksi bioplastik antara komponen penyusunnya yaitu selulosa, kitosan dan pemlastis asam askorbat. Pada asam askorbat dan selulosa terjadi setelah

dicampurkan terjadi ikatan hidrogen sehingga pada uji biodegradasi bioplastik mengalami degradasi lebih cepat karena sama-sama bersifat hidrofilik, dimana ikatan ini tidak menghasilkan serapan baru tetapi membuat puncak semakin lebar pada bioplastik (Byu dan Yoon, 2013). Pada asam askorbat dan kitosan terjadi ikatan silang antara asam askorbat dan kitosan dimana NH_3 kitosan berikatan dengan O^- dari asam askorbat. Hal ini menyebabkan kitosan akan cenderung berinteraksi dengan asam askorbat dibandingkan dengan selulosa, sehingga ikatan antara selulosa dan kitosan menjadi berkurang. Berkurangnya jumlah ikatan hidrogen antara selulosa dan kitosan ini tentunya akan membuat ikatan antara molekulnya menjadi lebih lemah sehingga mudah putus. Hal ini bersesuaian dengan data nilai kuat tarik dari plastik biodegradable yang didapatkan, dimana penambahan konsentrasi asam askorbat akan menurunkan nilai kuat tarik dari plastik yang dihasilkan

Berdasarkan hasil diatas maka dapat dikatakan bahwa bioplastik yang dihasilkan memiliki gugus fungsi yang sama dengan penyusunnya. Sehingga bioplastik yang dihasilkan memiliki komponen sifat yang sama dengan penyusunnya pada kuat tarik, elongasi, uji ketahanan air dan uji bidegradasi (Pratiwi, 2016).

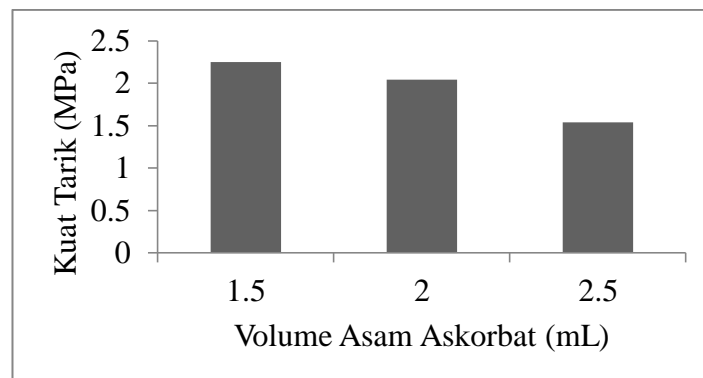


Gambar 3 Hasil FTIR bioplastik (a) serat sabut kelapa (b) kitosan (c) asam askorbat (d) bioplastik

Karakterisasi uji mekanik

Pada bioplastik ini dilakukan optimasi dengan utntuk mendapatkan karakteristik sifat mekanik terbaik. Digunakan rasio 1:2 (v/v) untuk selulosa dan kitosan. Hasil dari uji mekanik dengan menggunakan optimasi variasi asam askorbat 1,5, 2 dan 2,5 mL dapat dilihat pada Gambar 4 uji kuat tarik, Gambar 5 uji elongasi, Gambar 6 uji daya serap air dan Gambar 7 uji biodegradibilitas

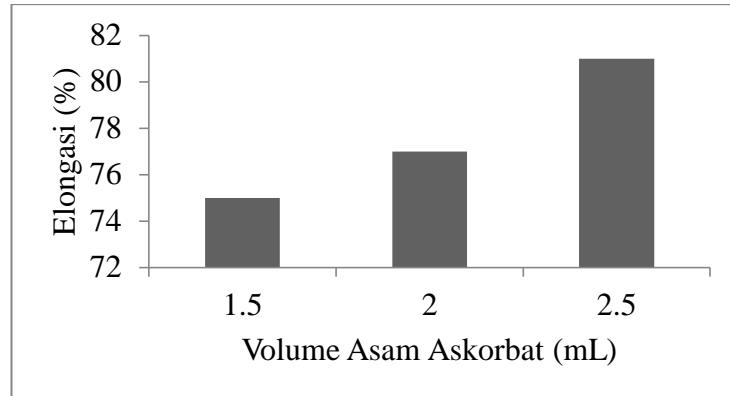
Uji kuat tarik pada gambar 4 didapatkan nilai tertinggi pada bioplastik dengan penambahan pemlastis 1,5 mL asam askorbat yaitu 2,25 MPa sedangkan pada penambahan pemlastis 2,5 mL asam askorbat didapatkan nilai kuat tarik yaitu 1,5 MPa. Hasil uji kuat tarik yang didapatkan dipengaruhi oleh kitosan karena semakin banyak kitosan dalam bioplastik maka hasil nilai kuat tarik pada bioplastik akan meningkat (Lubis, dkk, 2021) karena nilai kuat tarik berbanding lurus dengan kitosan sedangkan



Gambar 4 diagram uji kuat tarik

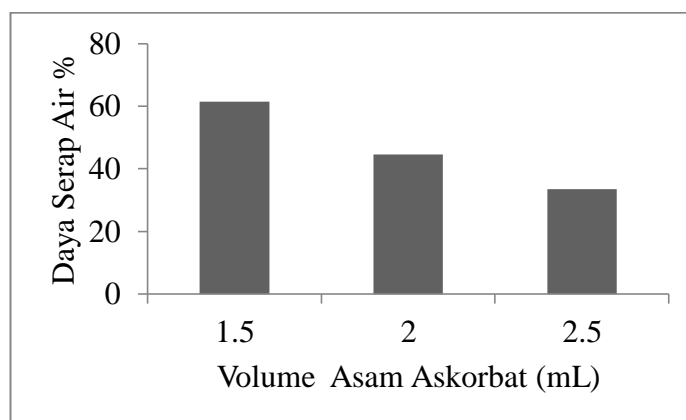
Uji elongasi gambar 5 didapatkan hasil elongasi yang didapatkan berbanding lurus dengan penambahan pemlastis. Nilai elongasi yang paling tinggi didapatkan pada penambahan asam askorbat 2,5 mL yaitu sebesar 81,93 %. Hal ini terjadi karena semakin banyak penambahan pemlastis asam askorbat maka semakin tinggi nilai elongasi yang didapatkan. Sedangkan pada penambahan asam askorbat 1,5 mL nilai elongasi 75 % dan pada 2 mL asam askorbat nilai elongasi 77 %. Penurunan nilai elongasi disebabkan karena menurunnya jarak antara ikatan dan molekulnya dan penambahan pemlastis.

Menurut standar nasional Indonesia (SNI) 7188.7:2016 plastik memiliki nilai standar elongasi sebesar 21-220 % Bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini memenuhi standar nasional Indonesia (SNI) 7188.7:2016.



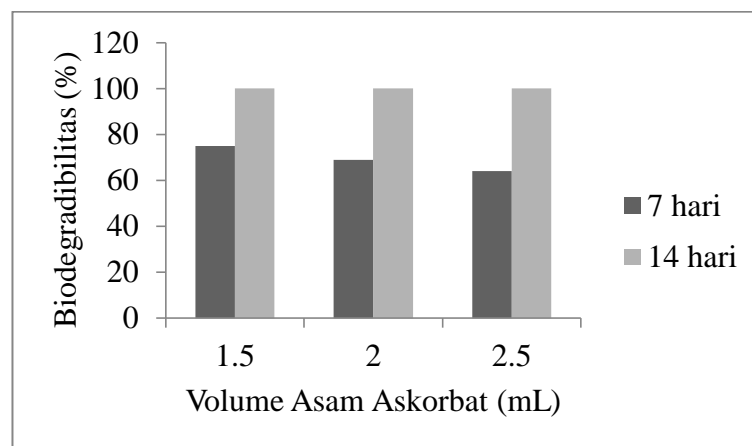
Gambar 5 diagram uji elongasi

Uji daya serap air gambar 6 Presentase didapatkan hasil dari bioplastik asam askorbat 1,5 mL ke bioplastik 2,5 mL asam askorbat. Presentase daya serap air bioplastik tertinggi pada penambahan asam askorbat 1,5 mL. Peningkatan daya serap air ini disebabkan, karena meningkatnya sifat hidrofilik dari bioplastik yang berkaitan dengan sifat pemlastis yaitu asam askorbat yang bersifat hidrofilik sehingga meningkatkan daya tarik menarik antara pemlastis dan air (Danar, dkk., 2021). Presentase daya serap air menurun pada bioplastik 2 mL dan 1 mL, hal ini disebabkan karena penambahan asam askorbat. Semakin banyak ikatan dalam suatu polimer maka daya serap air akan berkurang karena air tidak bisa masuk diantara rongga rongga polimer



Gambar 6 diagram daya serap air

Uji biodegradabilitas 7 didapatkan hasil yaitu pada hari ke tujuh diperoleh pada variasi 1,5 mL asam askorbat diperoleh sebesar 75 %. Sedangkan untuk variasi 2 yaitu 69 % dan 2,5 mL 64 %. Setelah itu empat belas hari hasil yang diperoleh bahwa bioplastik telah terdegradasi 100 %. Nilai persentasi pada uji biodegradabilitas ini dipengaruhi oleh gugus -OH yang ada pada selulosa dan asam askorbat karena sama-sama bersifat hidrofilik sehingga menyebabkan bioplastik cepat terdegradasi. Berdasarkan standar nasional Indonesia (SNI) 7188.7:2016 plastik akan terdegradasi 60 % selama 12 hari, dari pernyataan tersebut dapat dikatakan bahwa bioplastik penelitian ini memenuhi standar nasional Indonesia (SNI)7188.7:2016.

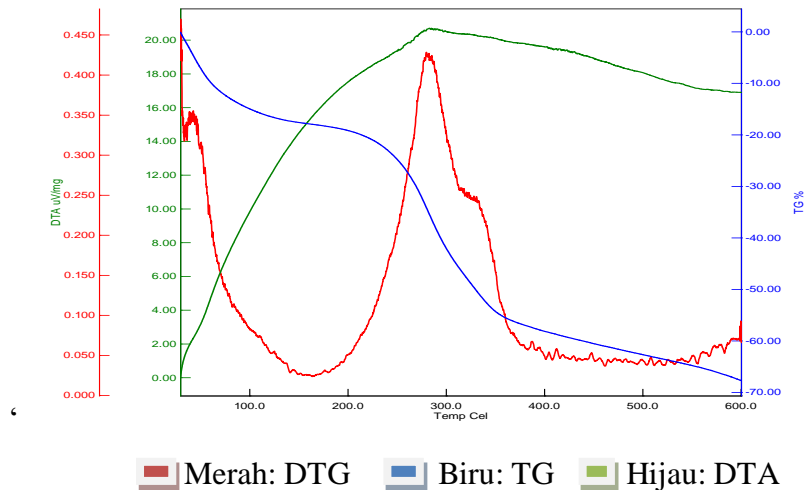


Gambar 7 diagram biodegradabilitas

Karakterisasi uji analisis termal

Uji analisis termal dilakukan berdasarkan kondisi optimum yang telah didapatkan pada uji sifat mekanik, maka uji DTA dan TGA dilakukan pada bioplastik dengan pemlastis 1,5 mL asam askorbat. Hasil uji analisis termal dapat dilihat pada gambar 8 Kedua analisis termal dilakukan secara bersamaan pada suhu 29-600°C. Diapatkan hasil analisis DTA pada grafik warna hijau dan TGA pada grafik warna biru didapatkan hasil dengan penurunan berat bioplastik secara bertahap. Pada suhu 60-110°C menghilangnya kadar air. Pada suhu 280°C penurunan tahap utama yang terjadi pada bioplastik yaitu terjadinya transisi kaca dimana bioplastik yang padat dan kaku akan berubah wujud menjadi lunak dan elastis perubahan ini dipengaruhi oleh suhu yang tinggi. Pada suhu 300°C terjadinya depolimerisasi yaitu proses pemutusan rantai polimer pada bioplastik

sehingga menurunnya bobot pada bioplastik. Pada suhu 370- 600 °C terjadinya titik leleh dimana bioplastik yang padat akan berubah wujud menjadi cair, sehingga dapat dikatakan bahwa bioplastik yang dihasilkan dapat menjadi kemas dan dapat menahan panas hingga 210°C. Tetapi pada suhu lebih dari 210°C bioplastik akan terjadi degradasi.



Gambar 8 Grafik Uji Analisis Termal

KESIMPULAN

Bioplastik dapat disintesis dari selulosa sabut kelapa dilakukan dengan metode *melt intecalation*. Bioplastik yang dihasilkan berwarna coklat karena masih terdapat lignin pada selulosa selain itu bioplastik memiliki tekstur sedikit kasar dan karakterisasi yang dihasilkan pada penelitian ini. Pada uji FTIR hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa interaksi antara komponen dalam bioplastik yang dihasilkan adalah interaksi fisik. Pada uji karakterisasi mekanik, pada uji kuat didapatkan kuat tarik tertinggi yaitu 2,25 MPa, hasil uji elongasi didapatkan nilai tertinggi pada 81,93 %, hasil uji ketahanan air didapatkan nilai tertinggi pada 33,57, hasil uji biodegradabilitas menunjukkan bahwa bioplastik terurai sempurna pada hari ke empat belas. Sedangkan pada uji TGA-DTA bioplastik yang dihasilkan dapat menjadi kemas dan tahan panas sampai suhu 210°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonius, R., Simamora, L, L, B., Setiani, P., Sitorus, T, S., Luthfyana, H., and Idris, Z, Y., 2020, Production of Biodegradable Package Material From Tofu Industry by Product, Department of Agricultural Engineering Faculty of Agricultural Technology, Universitas Brawijaya Malang. Indonesia.
- Bashari, A., Shirvan, A, R., and Shakeri, M., 2017, Cellulose-Based Hydrogels for Personal Care Products.
- Byun, S, H., dan Yoon, D, S., 2014. Crosslinked Potato Starch-Based Blend Film Using Ascorbic Acid as a Plasticizer, Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol 62(8):1-49.
- Daniar, P, S., Hermanto, D., and Darmayanti, G., 2021, Effect of Ascorbic Acid Concentration On The Properties of Biodegradable Plastic Based On Yellow Kepok Banana (*Musa sapientum*) Weevil Starch.
- Dewi, I, A., Ikhwan, A., Setyawan, H, Y., Kurniasari, A, A., and Ulfah, Optimazation of NaOH Concentration and Delignification of Mature Coconut (*Cocos Nucifera L*) Coir, 2021, International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy, IOP Publishing.
- Milios, L., Devani, E, A., and Yu, Y., 2018, Sustainability Impact Assessment of Increased Plastic Recycling and Future Pathways of Plastic Waste Management in Sweden, MDPI.
- Pratiwi, R., Rahayu, D., dan Barliana, I, M., 2016, Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik, Indonesia Journal of Pharmaceutical Science and Technology. Vol 3(3):83-91.
- Varghese, S., Dhanraj, D, N., Rebello, S., Shindhu, R., Binod, P., Pandey, A., Jisha, M, S., and Awasthi, K, M., 2022, Leads and to Sustainable Microbial Bioplastic Production, Chemosphere.