

PENGARUH PENAMBAHAN *PLASTICIZER* TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DARI SELULOSA LIMBAH KERTAS

Muh Arif Kamaluddin^{1*}, Maryono¹, Hasri¹, Marlina Ummas Genisa², Haryanti Putri Rizal³

¹Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Makassar, Jl Dg. Tata Raya, Makassar 90224

²Jurusan Pend. Biologi, Program Pascasarjana Unismuh Palembang, Jl. Jenderal Ahmad Yani, Palembang 30263

³Jurusan Pend. Biologi, FKIP, Universitas Sulawesi Barat, Jl. Prof. Dr. Baharuddin Lopa, S.H, Majene 91412

Correspondence Author: hasriu@unm.ac.id

Diterima
21.10.2022

Direvisi
30.10.2022

Dipublikasikan
31 Oktober 2022

© Penulis 2022

PISSN 2540-8224
EISSN 2540-8267



Penerbit:
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung

ABSTRAK

Kertas HVS umumnya dijumpai terutama mahasiswa dalam menunjang aktivitas perkuliahannya, sehingga limbah kertas mudah ditemukan. Oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan limbah kertas perlu daur ulang kertas menjadi bioplastik. Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik bioplastik limbah kertas HVS dan pengaruh penambahan *Plasticizer*. Tahap penelitian meliputi ekstraksi selulosa kertas HVS, sintesis selulosa asetat, sintesis bioplastik dan karakterisasi. Hasil identifikasi gugus fungsi terdapat gugus C=O, dan C-O ciri khas selulosa asetat. Uji ketahanan air terbaik terdapat pada kontrol 0% dengan ketahanan air sebesar 75,81%. Sifat biodegradasi terbaik pada penambahan *plasticizer* konsentrasi 25% (gliserol maupun sorbitol) dengan nilai kehilangan massa masing-masing 28,33% dan 37,58%. Penambahan *plasticizer* menunjukkan sifat mekanik bioplastik cenderung menurun. Disimpulkan bahwa bioplastik limbah kertas HVS yang terbaik terdapat pada kontrol 0% nilai kuat tarik sebesar 3,2893 N/mm², elongasi sebesar 5,16%, nilai *modulus young* 0,6002 N.

Kata kunci: Bioplastik, *plasticizer*, selulosa asetat.

ABSTRACT

HVS paper is commonly found by students to support lecture activities, therefore paper waste is easy to find. The problem of paper waste can be overcome by recycling into bioplastic. The aim of study was to determine the bioplastic characteristics of HVS paper waste and the effect of adding plasticizer. The research stages included extraction of paper cellulose, synthesis cellulose acetate, synthesis of bioplastic, characterization. The identification of functional groups contained C=O and C-O characteristic of cellulose acetate. The best water resistance test is found in 0% control with water resistance 75.81%. The best biodegradation properties were the addition of plasticizer concentration 25% (glycerol and sorbitol) with mass loss 28.33% and 37.58%. The addition plasticizers showed mechanical properties of bioplastics tended to decrease. It was concluded the best HVS paper waste bioplastics were found in 0% control with a tensile strength 3.2893 N/mm², elongation 5.16%, Young's modulus value 0.6002 N.

Keywords: Bioplastics, plasticizer, cellulose acetate.

PENDAHULUAN

Kertas HVS adalah salah satu bahan yang banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari apalagi di lingkup mahasiswa, begitu banyak aktivitas yang menggunakan kertas sehingga limbah kertas mudah ditemukan. Di Indonesia konsumsi kertas terus meningkat sekitar 220 ribu ton (Fuadi dkk., 2015). Besarnya jumlah kertas yang dibutuhkan oleh masyarakat, memacu industri kertas untuk meningkatkan produksinya. Kertas HVS yang telah digunakan, biasanya hanya akan dibuang dan menimbulkan masalah bagi lingkungan. Oleh karena itu perlu adanya pendaur ulangan limbah kertas sehingga mampu mengatasi permasalahan lingkungan. Berdasarkan permasalahan tersebut, beberapa peneliti telah memanfaatkan limbah kertas sebagai bahan baku pembuatan kertas daur ulang, kerajinan tangan, pupuk kompos, dan sebagai bahan dasar pembuatan bioetanol (Sholikhah & Wijayati, 2018; Arfah, 2017; Noor dkk., 2010). Selain itu, limbah kertas pada dasarnya memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber selulosa. Kandungan selulosa inilah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan selulosa asetat yang selanjutnya dijadikan sebagai bioplastik.

Bioplastik dapat terbuat dari pati, selulosa dan kitosan karena ketersediaannya yang melimpah (Averous, 2004). Selulosa lebih efektif untuk digunakan sebagai bioplastik dibandingkan dengan pati, karena pemanfaatan pati sebagian besar dalam bidang pangan sehingga untuk pembuatan bioplastik yang berbahan dasar pati nantinya akan sangat bersaing dengan pati di bidang pangan (Darni & Utami, 2010). Sementara, keberadaan selulosa sangat berlimpah, dapat di jumpai di berbagai tanaman non pangan dan terdapat pula pada limbah kertas, khususnya kertas HVS bekas dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu, sebesar 64,84% (Sholikhah & Wijayati, 2018).

Selulosa asetat memiliki beberapa keunggulan antara lain karakteristik fisik dan optik yang baik sehingga banyak digunakan sebagai serat untuk tekstil, filter rokok, plastik, film fotografi, lak, pelapis kertas, dan membran, serta kemudahan dalam pemrosesan lebih lanjut. Selulosa asetat memiliki daya tarik yang cukup tinggi karena sifatnya yang biodegradable sehingga ramah lingkungan (M Roganda L Lumban Gaol dkk., 2013). Selulosa asetat dapat dibentuk melalui reaksi asetilasi dengan beberapa tahap yaitu aktivasi, asetilasi, hidrolisis, pengendapan dan pengeringan.

METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu seperangkat alat gelas, *hot plate*, *stirrer*, neraca analitik, oven, *petri dish*, stopwatch, pompa vakum, kaca arloji, pipet tetes, pipet ukur, corong Buchner, pH meter *mediatek*, termometer, neraca analitis, alat uji mekanik UTM (*Universal Testing Machine*) GAOXIN dan alat FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) Shimadzu. Bahan-bahan yang digunakan yaitu limbah kertas HVS, NaOCl, CH₃COOH (p.a), asetat anhidrat, H₂SO₄ (p.a) NaOH, HCl (p.a), aseton, sorbitol, gliserol dan aquades

Prosedur

Preparasi Bahan Baku

Sebanyak 150 gram kertas HVS bekas, dipotong sekecil mungkin kemudian di *bleaching* menggunakan NaOCl hingga tinta kertas hilang, selanjutnya dibilas dengan aquades hingga pH netral, kemudian dikeringkan dengan oven. Kertas hasil proses *bleaching* ditimbang sebanyak 20 gram kemudian didelignifikasi dengan menambahkan larutan 500 mL NaOH konsentrasi 17,5% (b/v) dipanaskan pada suhu 80 °C selama 30 menit. Hasil delignifikasi dicuci dengan aquades hingga pH netral, dan dioven hingga diperoleh berat konstan. Selulosa hasil delignifikasi ditambahkan asam asetat (1:10) dalam wadah keadaan tertutup selama 60 menit, selanjutnya ditambahkan 5 tetes H₂SO₄ pekat dan dikocok selama 45 menit. Proses asetilasi selulosa menggunakan asam asetat p.a dan asam asetat anhidrat perbandingan (3:2) dan *distirrer* selama 60 menit suhu 500 °C. Endapan terbentuk disaring dan dicuci dengan aquades hingga bau asam asetat hilang (disebut sebagai selulose asetat). Endapan dioven pada suhu 70 °C selama 2 jam (Modifikasi Darni dkk., 2021)

Pembuatan Bioplastik

Sebanyak 0,5 gram selulosa asetat yang telah diperoleh dilarutkan dengan aseton 1:15 (b/b) *distirrer* 60 menit hingga homogen Selanjutnya masing-masing larutan ditambahkan sorbitol dan atau gliserol dengan variasi 0%, 15%, 20%, dan 25% berat selulosa asetat selama 60 menit. Larutan yang dihasilkan dituang pada *petri dish* lalu dikeringkan. Sampel selanjutnya dikarakterisasi

Karakterisasi

- 1) Analisis gugus fungsi selulosa dan selulosa asetat dengan FTIR

- 2) Analisis kadar asetil lulosa asetat dengan cara melarutkan 0,05 g selulosa asetat masing-masing 1 mL kedalam pelarut air, aseton dan kloroform

3) Uji ketahanan air bioplastik

Uji ini dilakukan untuk mengetahui sifat ketahanan bioplastik terhadap air yang ditentukan dengan uji *swelling* yaitu persentase pengembangan plastik oleh air. Bioplastik kering sebagai berat awal (W_0), setelah itu, masukkan bioplastik ke dalam wadah berisi aquades. Setiap satu menit, plastik diambil, air dipermukaan plastik dilap dengan tissue, kemudian ditimbang. Langkah ini dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh berat konstan. Ketahanan air dihitung dengan persamaan 1.

$$\% \text{ penyerapan air} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100 \% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

W_0 = berat bioplastik kering

W = berat bioplastik setelah dikondisikan dengan aquades

4) Uji biodegradabilitas bioplastik

Memotong sampel dengan ukuran 2 cm x 2 cm beratnya telah diketahui (W_1). Selanjutnya ditempatkan dan ditanam dalam wadah yang berisi tanah. Sampel dibiarkan dalam rentang waktu 3 hari sehingga mengalami degradasi kemudian ditimbang beratnya sebagai berat biodegradasi (W_2). Kehilangan massa dapat diukur dengan persamaan 2.

$$\% \text{ kehilangan massa} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \% \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

W_1 = massa sampel sebelum biodegradasi

W_2 = massa sampel setelah biodegradasi

5) Uji sifat mekanik bioplastik

Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Tujuan dari pengujian kuat tarik ini adalah untuk mengetahui karakteristik mekanik, yaitu kekuatan dari bioplastik dengan menggunakan alat *tensile strength*. Pertama bioplastik dipotong persegi panjang dengan ukuran 5x2 cm, selanjutnya diuji kekuatan tariknya dengan alat *UTM*, dan dihitung kekuatan tariknya dengan persamaan 3.

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

σ = kekuatan tarik bahan

F_{maks} = beban maksimum (Newton)

A_0 = luas penampang mula-mula (mm^2)
Elongasi

Bioplastik yang disintesis di potong dengan ukuran 5x2 selanjutnya diuji kekuatan tariknya dengan alat *UTM*, dan dihitung kekuatan tariknya dengan persamaan 4.

$$\epsilon = \frac{L_t - L_0}{L_0} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

ϵ = perpanjangan saat putus (%)

L_t = panjang saat putus

L_0 = panjang mula-mula

Modulus Young diperoleh menggunakan persamaan 5.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

E = *modulus young*

σ = kuat putus bahan

ϵ = perpanjangan saat putus

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Bahan Baku

Limbah kertas HVS bekas di *bleaching agent* untuk menghasilkan kertas bersih dari noda tinta. Proses *bleaching* terlalu lama dapat merusak rantai hemiselulosa dan selulosa limbah kertas bekas (Achmad, 2010). Perendaman dengan NaOH menyebabkan terjadinya pembengkakan pada struktur selulosa. Hal ini sesuai dengan Pasla (2006) bahwa pembengkakan yang terjadi akan membuka serat-serat selulosa, menyebabkan aksebilitas gugus -OH pada selulosa meningkat, sehingga proses penetrasi pereaksi dalam selulosa menjadi lebih mudah dan menghasilkan selulosa lebih murni. Hasil delignifikasi menunjukkan adanya pengurangan berat kertas sebelum delignifikasi dengan rendemen 90,97%.

Pembuatan Selulosa Asetat

Pembuatan selulosa asetat menggunakan sampel hasil delignifikasi kemudian direaksikan dengan asam asetat glasial. Fungsi penambahan larutan asam asetat glasial (proses aktivasi) untuk melemahkan ikatan hidrogen yang cukup kuat pada selulosa dalam kertas. Ion H^+ bertindak sebagai proton yang akan menyerang gugus -OH pada struktur selulosa, proses aktivasi ini dapat meningkatkan efektivitas proses asetilasi selulosa oleh asetat anhidrat (Lismeri dkk., 2016).

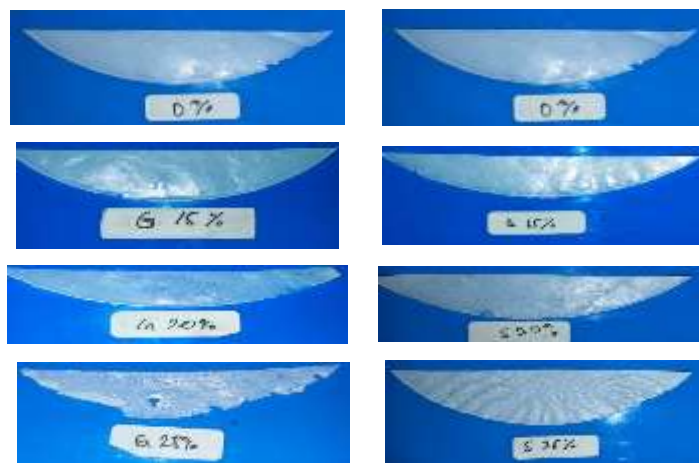
Reaksi asetilasi bertujuan untuk membentuk selulosa asetat yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna putih menjadi larutan berwarna cokelat. Hal ini didukung oleh Fengel dan

Wegener dalam Bahmid dkk., (2014), bahwa perubahan warna disebabkan oleh perubahan-perubahan oksidatif pada molekul-molekul selulosa sehingga menghasilkan larutan yang berwarna coklat selama proses asetilasi. Penambahan asetat anhidrat berfungsi sebagai penyedia gugus asetil yang akan mensubstitusi gugus hidroksil pada selulosa membentuk selulosa asetat Selain itu penambahan asam sulfat pada campuran tersebut berfungsi sebagai katalis.

Hasil asetilasi kemudian dihidrolisis dengan menambahkan asam asetat glasial 75% bertujuan untuk mengubah selulosa triasetat menjadi selulosa diasetat yang menjadi bahan dasar pembuatan bioplastik. Terjadinya pengendapan larutan, karena asam asetat dapat larut dalam pelarut air, sementara selulosa asetat tidak karena sifatnya yang hidrofobik. Selulosa asetat yang diperoleh kemudian dikeringkan dan berbentuk serbuk berwarna putih dengan rendemen 124,55 %.

Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dengan metode *solution casting*, yakni mencampurkan selulosa asetat sebagai bahan dasar dengan aseton sebagai pelarut dan dicetak pada cawan petri, serta ditambahkan *plastiscizer* gliserol dan atau sorbitol dengan variasi 15 %, 20 % dan 25 % dari berat selulosa asetat digunakan.



Gambar 1. Bioplastik dengan variasi konsentrasi *plasticizer* gliserol (kiri) dan sorbitol(kanan)

Fungsi penambahan aseton untuk memudahkan proses homogenasi campuran, penggunaan *plasticizer* gliserol dan sorbitol, karena *plasticizer* cukup efektif digunakan untuk meningkatkan sifat plastis film karena memiliki berat molekul yang kecil dan sifat biodegradasinya yang cepat (Huri & Choirun Nisa, 2014). Hasil sintesis bioplastik berupa lembaran putih, salah satu

permukaan yang halus dan mengkilap, namun permukaan lainnya kasar serta masih terdapatnya beberapa serbuk kecil. Bioplastik tersebut masih jauh dari sifat bioplastik selulosa asetat yang seharusnya mempunyai warna yang jernih (transparan), dan mengkilap di kedua sisi permukaan bioplastik (Bahmid dkk., 2014). Hal ini diakibatkan karena bahan dasar yang digunakan, adapun masih kasarnya di salah satu sisi dari bioplastik diasumsikan selulosa asetat yang diperoleh tidak larut secara sempurna pada aseton. Bioplastik dengan *plasticizer* gliserol dan sorbitol konsentrasi 25% cenderung memiliki bentuk yang kurang baik dan rapuh dibandingkan dengan penambahan 0%, 15% , dan 20%. Penambahan *plasticizer* konsentrasi tinggi dapat menurunkan kerapatan bioplastik sehingga menghasilkan bioplastik yang mudah rusak (Udyani dkk., 2021).

Gambar 2. Spektrum FTIR (a) Selulosa hasil *bleaching* dan delignifikasi (Aditama & Ardhyananta, 2017) (b) Selulosa hasil sintesis (c) Selulosa asetat hasil sintesis

Berdasarkan hasil analisis FTIR, terlihat perbedaan yang signifikan pada spektra selulosa dan selulosa asetat. Puncak serapan $3550,95\text{ cm}^{-1}$ gugus O-H (hidroksil) merupakan bagian dari selulosa asetat. Intensitas serapan gugus -OH selulosa asetat menurun dibandingkan gugus -OH pada selulosa (Souhoka & Latupeirissa, 2018), karena tersubstitusinya gugus OH pada reaksi asetilasi. Puncak serapan $2956,87\text{ cm}^{-1}$ menandakan gugus C-H tajam (*stretching*) yakni gugus C-H alifatik pada CH_2 dari grup $\text{CH}_2\text{-OH}$ selulosa asetat. Adanya puncak serapan pada bilangan gelombang $1750,15\text{ cm}^{-1}$ merupakan karakteristik dari gugus karbonil (-C=O) ester, (-CH_3) pada bilangan gelombang $1379,10\text{ cm}^{-1}$ dan $1238,30\text{ cm}^{-1}$ sebagai gugus (-C-O) asetil, gugus tersebut tidak ditemukan pada selulosa utamanya gugus karbonil. Hal ini menunjukkan bahwa secara kualitatif selulosa telah mengalami reaksi asetilasi, sehingga terbentuk produk selulosa asetat. Hasil

analisis spektra FTIR selulosa asetat yang dihasilkan didukung oleh Darmawan, dkk., (2018) menunjukkan gugus-gugus tersebut pada selulosa asetat.

Selulosa asetat yang dihasilkan kemudian ditentukan golongan asetilnya dengan melakukan uji kualitatif, yakni melarutkannya pada pelarut air, aseton dan kloroform. Hasil yang diperoleh adalah selulosa asetat tidak larut dalam air dan kloroform akan tetapi larut pada pelarut aseton. Jika selulosa asetat dapat larut dalam pelarut air dapat digolongkan sebagai selulosa monoasetat, jika larut dalam pelarut aseton digolongkan sebagai selulosa diasetat, dan jika larut pada pelarut kloroform maka akan digolongkan sebagai selulosa triasetat (Fengel, 2005). Oleh karena itu, selulosa asetat yang diperoleh di kategorikan sebagai selulosa diasetat.

Uji Ketahanan Air Bioplastik.

Tabel 1. Presentasi daya serap dan ketahanan air

Sampel	Kontrol 0%	Gliserol 15%	Gliserol 20%	Gliserol 25%	Sorbitol 15%	Sorbitol 20%	Sorbitol 25%
Berat awal (g)	0,0062	0,0063	0,0072	0,0078	0,0079	0,0090	0,0056
Berat akhir (g)	0,0077	0,0101	0,0121	0,0142	0,0141	0,0166	0,0105
Daya serap Air (%)	24,19	60,32	68,06	82,05	78,48	84,44	87,50
Ketahanan Air (%)	75,81	39,68	31,94	17,95	21,52	15,56	12,50

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan penambahan *plasticizer* dapat berpengaruh terhadap daya serap air pada bioplastik. Daya serap air tertinggi masing-masing untuk *plasticizer* gliserol dan sorbitol terdapat pada konsentrasi 25%, sebesar 82,05% dan 87,50%. Hal ini dikarenakan *plasticizer* gliserol dan sorbitol memiliki sifat hidrofilik sehingga seiring penambahan konsentrasi *plasticizer* dapat meningkat pula kelarutan bioplastik. Bioplastik dengan kelarutan yang tinggi mengakibatkan ketahanan air bioplastik menjadi rendah (Unsa & Paramastri, 2018). Oleh karena itu, penambahan konsentrasi 25% *plasticizer* gliserol dan sorbitol yang memiliki daya serap tertinggi, sebaliknya memiliki ketahanan air terendah dengan persentase ketahanan air sebanyak 17,95% untuk gliserol dan sebanyak 12,50% untuk sorbitol. Dan selain itu diperoleh juga ketahanan air tertinggi terdapat pada bioplastik 0% (tanpa penambahan *plasticizer*), hal ini karena sifat dari selulosa asetat pada pembuatan bioplastik yang tidak larut dalam air yang telah dijelaskan pada pengujian kelarutan selulosa asetat .

Tabel. 1 menunjukkan daya serap air *plasticizer* sorbitol lebih tinggi dibandingkan gliserol akibatnya ketahanan air gliserol lebih tinggi dibandingkan dengan sorbitol, hal ini didukung penelitian Krisnadi dkk., (2019) bahwa daya serap air pada *plasticizer* sorbitol lebih tinggi

dibandingkan *plasticizer* gliserol, sebab sorbitol memiliki sifat yang lebih hidrofil dibandingkan dengan gliserol dan propilen glikol karena sorbitol memiliki lebih banyak gugus hidroksil.

Uji Biodegradasi Bioplastik.

Tabel 2. Biodegradasi bioplastik dengan variasi penambahan *plasticizer*

Sampel	Berat awal (Wo)	Kehilangan Massa (%)			
		H-3	H-6	H-9	H-12
Kontrol (0%)	0,0423	3,07	17,73	22,07	23,17
Gliserol 15%	0,0547	14,26	14,63	15,90	16,45
Gliserol 20%	0,0215	11,63	15,81	19,53	21,40
Gliserol 25 %	0,0773	24,32	27,55	27,81	28,33
Sorbitol 15%	0,0469	11,09	26,01	27,29	28,36
Sorbitol 20%	0,0742	29,25	29,65	31,81	32,75
Sorbitol 25%	0,0157	12,10	27,39	36,31	37,58

Berdasarkan Tabel. 2 dapat dinyatakan bahwa seiring meningkatnya konsentrasi *plasticizer* meningkat pula biodegradasinya. Hasil tertinggi terdapat pada konsentrasi *plasticizer* sebanyak 25% baik pada gliserol maupun sorbitol dengan persen kehilangan massanya berturut-turut 28,33% dan 37,58% pada hari ke-12. Sebaliknya biodegradasi terendah terdapat pada konsentrasi *plasticizer* 15% baik gliserol maupun sorbitol dengan masing-masing persen kehilangan massanya sebanyak 16,45% dan 28,36% pada hari ke-12. Hal ini karena penambahan *plasticizer* dalam jumlah yang banyak dapat menurunkan kerapatan bioplastik (Udyani dkk., 2021), sehingga dapat membentuk rongga lebih besar yang berpotensi menjadi tempat masuknya air sebagai media pertumbuhan mikroba yang berperan dalam menguraikan material dari bioplastik. Nilai biodegradasi sorbitol yang tinggi dibandingkan dengan gliserol pada bioplastik dari bekatul padi (Krisnadi dkk., 2019). Hal ini diakibatkan Sorbitol memiliki sifat yang lebih hidrofil dibandingkan dengan gliserol karena sorbitol memiliki lebih banyak gugus hidroksil. Dengan demikian, sorbitol mampu mengikat air lebih banyak dimana air merupakan media tumbuh bagi sebagian bakteri dan mikroba yang berperan dalam menguraikan material dari bioplastik.

Uji kuat Tarik (*Tensile Strength*).

Uji kuat tarik bertujuan untuk mengetahui besarnya gaya yang dapat dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area bioplastik untuk merenggang atau memanjang (Anandito dkk., 2012). Nilai tertinggi terdapat pada bioplastik dengan *plasticizer* 0% dengan nilai rata-rata kuat tarik 3,2893 N/mm², dan kuat tarik terendah terdapat pada bioplastik dengan penambahan 25% *plasticizer* gliserol dan sorbitol dengan nilai rata-rata kuat tarik masing-masing sebesar 0,1289 N/mm² dan 0,1856 N/mm². Hasil tersebut ditunjang oleh penelitian Unsa &

Paramastri (2018), yang memperoleh nilai kuat tarik yang menurun seiring pertambahan *plasticizer* gliserol dan sorbitol pada *edible film*. Hal tersebut dikarenakan *plasticizer* dapat mengurangi energi yang dibutuhkan molekul untuk melakukan pergerakan sehingga kekakuannya menurun dan menyebabkan menurunnya nilai kuat tarik. Penambahan *plasticizer* juga dapat mengurangi ikatan hidrogen internal molekul dan menyebabkan melemahnya gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan sehingga mengurangi daya regang putus (Putra dkk., 2017). Berat molekul *plasticizer* berpengaruh pada kuat tarik dan efisiensi *plasticizer*. Semakin tinggi berat molekul maka kuat tarik plastik juga akan semakin meningkat (Wirawan & Prasetya, 2012).

Penambahan *plasticizer* terhadap elongasi bioplastik memberikan hasil yang bervariasi, dalam hal ini dengan adanya penambahan *plasticizer* sorbitol membuat nilai elongasi cenderung naik, dan pada gliserol memberikan hasil yang berbeda dengan elongasi meningkat sekaligus menurun. *Plasticizer* jika dicampurkan dengan suatu polimer akan memberikan suatu sifat yang lembut dan fleksibel (Arini dkk., 2017). Peningkatan konsentrasi *plasticizer* akan menurunkan ikatan hidrogen dalam bioplastik sehingga meningkatkan fleksibilitas, karena bioplastik yang dihasilkan menjadi lebih lentur, lembut, dan fleksibel (Unsa & Paramastri, 2018).

Nilai modulus young yang dihasilkan cenderung menurun seiring dengan pertambahan *plasticizer*. Penurunan *modulus young* ini disebabkan oleh semakin menurunnya jarak ikatan antar molekulnya, karena titik jenuh telah terlampaui sehingga molekul-molekul *plasticizer* yang berlebih berada di dalam fase tersendiri di luar fase polimer dan akan menurunkan gaya intermolekul antarrantai, menyebabkan gerakan rantai lebih bebas sehingga *fleksibilitas* mengalami peningkatan (semakin elastis). Selain itu, bahwa nilai *modulus young* gliserol pada konsentrasi 15% itu lebih tinggi dibandingkan dengan sorbitol 15%, namun sebaliknya pada konsentrasi 20% dan 25% nilai *Modulus Young* sorbitol lebih tinggi dibandingkan dengan gliserol. Hal ini karena adanya pengaruh dari kuat tarik dan elongasi bioplastik dengan *Modulus young* berbanding lurus dengan nilai kuat tarik dan berbanding terbalik dengan nilai elongasi.

KESIMPULAN

Bioplastik yang dihasilkan diperoleh berupa lembaran berwarna putih, dengan tekstur halus dibagian salah satu sisinya dan berstruktur kasar disisi lainnya. Semakin bertambah konsentrasi *plasticizer* gliserol dan sorbitol maka semakin menurun ketahanan airnya, semakin meningkat persentase degradasi plastik. Hasil uji mekanik bioplastik diperoleh pada bioplastik tanpa

penambahan *plasticizer* dengan nilai 3,2893 N/mm², serta elongasi tertinggi terdapat pada bioplastik dengan *plasticizer* 15% dengan nilai 6,48% .

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, W. (2010). *Studi Proses Bleaching Serat Kelapa Sebagai Reinforced Fiber*. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro: Semarang
- Aditama, A. G., & Ardhyanta, H. (2017). Isolasi Selulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Nano Filler Komposit Absorpsi Suara: Analisis FTIR. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 228–231. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24098>
- Anandito, R. B. K., Nurhartadi, E., & Bukhori, A. (2012). Pengaruh gliserol terhadap karakteristik edible film berbahan dasar tepung jali (*coix lacryma-jobi l.*) Effect of glycerol on the characteristics of edible film from jali (*Coix lacryma-jobi L.*) Flour. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, V(2), 17–23.
- Arfah, M. (2017). Pemanfaatan limbah kertas menjadi kertas daur ulang bernilai tambah oleh mahasiswa. *Buletin Utama Teknik*, 13(1), 28–31.
- Arini, D., Ulum, M. S., & Kasman, K. (2017). Pembuatan dan Pengujian Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Berbasis Tepung Biji Durian. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 6(3), 276–283. <https://doi.org/10.22487/25411969.2017.v6.i3.9202>
- Av  rous, L. (2004). Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. *Journal of Macromolecular Science - Polymer Reviews*, 44(3), 231–274. <https://doi.org/10.1081/MC-200029326>
- Bahmid, N. A., Syamsu, K., & Maddu, A. (2014). Ukuran serat memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai kuat tarik bioplastik (Gambar 3). Semakin kecil ukuran serat penyusun selulosa asetat maka semakin tinggi nilai kuat tarik yang dihasilkan. Peningkatan kuat tarik juga terjadi pada penelitian Wicaks. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 24(3), 226–234.
- Darmawan, M. T., Elma, M., & Ihsan, M. (2018). Sintesis Dan Karakterisasi Selulosa Asetat Dari Alfa Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 4(1), 50–55. <https://doi.org/10.20527/jukung.v4i1.4658>
- Darni, Y., Anggraeni, P., & Lismeri, L. (2021). Pengaruh Pemlastis Dietilen Glikol terhadap Karakteristik Mekanik Bioplastik Selulosa Asetat Mikrofiber. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri*, 2(1), 18–23.
- Darni, Y., & Utami, H. (2010). Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, Vol. 7(No. 4), 190–195.
- Fengel D, 1995. *Kimia Kayu Ultrastruktur Reaksi-reaksi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Fuadi, A., Harismah, K., & Setiawan, A. (2015). Pengaruh Suhu Dan Ph Terhadap Banyaknya Yield (Kadar Glukosa) Yang Dihasilkan Pada Proses Hidrolisis Enzimatis Dari Limbah Kertas. *Simposium Nasional RAPI*, 179–185.
- Huri, D., & Choirun Nisa, F. (2014). Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Ampas Kulit Apel terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*,

- 2(4), 29–40. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/75>
- Krisnadi, R., Handarni, Y., & Udyani, K. (2019). Pengaruh jenis plasticizer terhadap karakteristik plastik biodegradable dari bekatul padi. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VII*, 100, 125–130.
- Lismeri, L., Zari, P. M., Novarani, T., & Darni, Y. (2016). Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Batang Ubi Kayu. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 11(2), 82. <https://doi.org/10.23955/rkl.v11i2.5407>
- M Roganda L Lumban Gaol, Roganda Sitorus, Yanthi S, Indra Surya, & Renita Manurung. (2013). Pembuatan Selulosa Asetat Dari A -Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3), 33–39. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i3.1447>
- Noor, E., Rusli, M., Yani, M., Halim, A., & Reza, N. (2010). Pemanfaatan Sludge Limbah Kertas Untuk Pembuatan Kompos Dengan Metode Windrow Dan Cina. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(2), 67–71.
- Putra, A. D., Johan, V. S., & Efendi, R. (2017). Penambahan Sorbitol sebagai Plasticizer dalam Pembuatan Edible film Pati sukun. *Jom Fakultas Pertanian*, 4(2), 1–15.
- Sholikhah, S. M., & Wijayati, N. (2018). Produksi Bioetanol dari Kertas HVS Bekas melalui Hidrolisis Enzim Selulase Jamur Tiram. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(1), 11–16.
- Souhoka, F. A., & Latupeirissa, J. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat (CA). *Indo. J. Chem. Res.*, 5(2), 58–62. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2018.5-fen>
- Udyani, K., Rinto, K., & Handarni, Y. (2021). Pengolahan Limbah Penggilingan Padi Menjadi Bioplastik menggunakan plasticizer Sorbitol. *Journal of Industrial Process and Chemical Engineering (JOICHE)*, 1(1), 18. <https://doi.org/10.31284/j.joiche.2021.v1i1.2115>
- Unsa, L. K., & Paramastri, G. A. (2018). Kajian jenis plasticizer campuran gliserol dan sorbitol terhadap sintesis dan karakterisasi edible film pati bonggol pisang sebagai pengemas buah apel. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(1), 35–47.
- Wirawan, S. K., & Prasetya, A. (2012). Pengaruh Plasticizer Pada Karakteristik Edible Film dari Pektin. *Journal Food Science*, 14(1), 61–67.