

Analisis Sifat Mekanik Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Pisang Raja dengan Variasi Selulosa Jerami Padi

Ety Jumiati^{*)}, Miftahul Husnah, Sri Ayu Lestari

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

Email korespondensi : etyjumiati87@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v20i1.14067>

Submitted: 04 Agustus 2022; Accepted: 10 Februari 2023

ABSTRAK—Sampah plastik merupakan salah satu masalah yang serius bagi masyarakat karena memiliki dampak yang berbahaya bagi lingkungan. Pembuatan bioplastik sebagai pengganti plastik konvensional sampai saat ini masih terus dikembangkan untuk menghasilkan plastik kemasan yang sehat dan aman. Dilakukannya Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana karakteristik mekanik yang didapatkan dari pembuatan plastik dari bahan alam dengan memanfaatkan limbah kulit pisang raja dan jerami padi yang banyak ditemukan di Indonesia. Variasi komposisi pada pembuatan bioplastik menggunakan perbandingan massa selulosa jerami padi dan pati kulit pisang raja antara lain sampel A (0:2); sampel B (0,25:1,75); sampel C (0,5:1,5); sampel D (0,75:1,25) dan sampel E (1:1) (w/w). Proses pembuatan bioplastik dilakukan dengan pemanasan semua bahan menggunakan *hot plate* pada suhu 70°C selama 1 jam. Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini merupakan uji kekuatan tarik, persen elongasi dan modulus elastisitas. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa bioplastik dengan variasi komposisi terbaik terdapat pada sampel E dengan nilai kuat tarik 114,51 kgf/cm², nilai uji elongasi sebesar 3,99% dan nilai modulus elastisitas sebesar 2873,97 kgf/cm². Nilai uji kuat tarik pada penelitian ini sudah sesuai dengan ASTM D882-12 yaitu sebesar 104,72 kgf/cm², dan nilai modulus elastisitas mendekati ASTM D882-12 yaitu sebesar 3163,81 kgf/cm².

KATA KUNCI: bioplastik; pati kulit pisang raja; selulosa jerami padi, sifat mekanik.

ABSTRACT—Plastic waste is a serious problem for society because it harms the environment. The manufacture of bioplastics as a substitute for conventional plastics is still being developed to produce healthy and safe plastic packaging. This study aims to see how the mechanical characteristics obtained from the manufacture of plastic from natural materials by utilizing waste plantain peels and rice straws which are commonly found in Indonesia. Variations in composition in the manufacture of bioplastics using a mass ratio of rice straw cellulose and plantain peel starch include sample A (0:2); sample B (0.25:1.75); sample C (0.5:1.5); sample D (0.75:1.25) and sample E (1:1) (w/w). The process of making bioplastics is carried out by heating all materials using a hot plate at 70°C for 1 hour. The characterization carried out in this study was a test of tensile strength, percent elongation, and modulus of elasticity. The test results show that the bioplastic with the best composition variation is found in sample E with a tensile strength value of 114.51 kgf/cm², an elongation test value of 3.99%, and a modulus of elasticity of 2873.97 kgf/cm². The tensile strength test value in this study was by ASTM D882-12, which is 104.72 kgf/cm², and the value of the modulus elasticity is close to the ASTM D882-12, which is 3163.81 kgf/cm².

KEYWORDS : *bioplastic; banana peel starch; rice straw cellulose, mechanical characteristic.*

PENDAHULUAN

Plastik adalah salah satu benda yang dapat diproduksi dengan berbagai macam bentuk dan banyak fungsi sehingga selalu digunakan oleh masyarakat. Plastik biasanya

digunakan untuk membungkus makanan atau minuman, sebagai tas belanja dan dijadikan berbagai macam peralatan rumah tangga. Banyaknya penggunaan plastik akan menimbulkan masalah yaitu menghasilkan

limbah yang banyak dan untuk bisa berbau di alam akan membutuhkan waktu yang sangat lama sehingga sampah akan terus menumpuk dan mencemari lingkungan sekitar. Selain itu, bahan baku pembuatan plastik juga tidak dapat diperbaharui karena berasal dari minyak bumi. Untuk memecahkan masalah tersebut salah satu cara yang bisa digunakan yaitu dengan memakai plastik yang terbuat dari bahan alam yang sering disebut dengan bioplastik. Bioplastik memiliki keunggulan yaitu mudah terurai dan bahan dasar untuk pembuatannya dapat diperbaharui.

Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian tentang bioplastik seperti yang dilakukan oleh Hayati *et al.*, (2020) tentang pengaruh dari kitosan yang ditambahkan pada pembuatan bioplastik dengan memanfaatkan limbah Nata de Coco. Penelitian ini menghasilkan plastik yang mudah rusak dan nilai kuat tariknya rendah sehingga dalam pembuatan selanjutnya dibutuhkan komposit lain untuk memperbaiki masalah tersebut bisa dengan ditambahkan bahan penguat seperti selulosa dan *plasticizer* (Warsiki *et al.*, 2020).

Untuk membuat bioplastik diperlukan bahan komposit, biasanya terdiri dari matriks dan filler. Matriks yang sering digunakan adalah pati yang nantinya difungsikan untuk membentuk struktur dan bisa juga menggunakan selulosa yang dihasilkan dari tumbuhan berserat sebagai penguat struktur pada sampel bioplastik (Ritonga *et al.*, 2019). Pada penelitian ini, bioplastik dibuat dengan memanfaatkan limbah dari kulit pisang raja dan jerami padi.

Kulit pisang raja merupakan limbah pertanian yang pemanfaatannya masih kurang di masyarakat sedangkan, jumlah limbahnya besar dan dapat mencemari lingkungan. Kulit pisang raja dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan bioplastik karena memiliki kandungan pati yang tinggi yaitu 59% (Melly *et al.*, 2015). Kulit pisang raja mempunyai struktur bentuk kulit yang tebal dan kandungan pati yang dimiliki tinggi (Abror, 2019). Kandungan pati yang tinggi

dapat menghasilkan bioplastik dengan katakteristik yang lebih baik. Selain itu bahan bakunya dapat ditemukan dengan mudah dan mengurangi limbah pertanian. Pati adalah gabungan dari glukosa-glukosa yang saling berikatan satu sama lain membentuk ikatan glikosidik. Pati adalah karbohidrat yang tersimpan pada tanaman sebagai sumber energi.

Dalam penelitian ini matriks lain yang digunakan adalah selulosa yang berasal dari jerami padi. Jerami padi adalah limbah yang dihasilkan dari tanaman padi usai panen berupa batang dan daun tanaman padi yang pemanfaatannya masih kurang optimal. Di dalam jerami padi terdapat kandungan selulosa sebanyak 87,97%, hemiselulosa 4,26% dan lignin sebesar 5,31% (Zulmanwardi dan Vilia, 2019). Selulosa adalah *polimer* alam yang tersusun dari banyak *monomer* membentuk rantai lurus dan berulang. Adapun sifat dari selulosa yaitu memiliki kuat tarik yang tinggi, bersifat *hidrofobik* (tidak mudah menyerap air), memiliki bentuk yang berserat dan memiliki struktur jaringan yang sangat baik (Siagian *et al.*, 2019).

Selain pati dan selulosa yang digunakan dalam penelitian ini, ada juga *filler* yang ditambahkan yaitu kitosan dan sorbitol. *Filler* ini digunakan untuk dapat menghasilkan bioplastik dengan mutu yang lebih baik. Menurut Sutiarno *et al.*, (2022) ada beberapa hal yang bisa mempengaruhi kualitas dari sampel bioplastik yaitu pada saat melakukan tahapan-tahapan dalam membuat sampel, kemudian komposisi variasi dari bahan baku yang digunakan dan *filler*. Menurut Fauzi (2015) penggunaan pemlastis sorbitol sebagai *filler* lebih baik dibandingkan dengan pemlastis lain karna dapat membuat material memiliki nilai kuat tarik yang lebih tinggi. Selain itu, sorbitol dapat membuat plastik lebih fleksibel (Hidayati *et al.*, 2015). Kitosan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik memiliki fungsi sebagai pengikat bahan dan juga sebagai bahan pengawet alami. Sifat baik yang dimiliki kitosan menjadikan kitosan cocok menjadi *filler* dalam pembuatan bioplastik. Adapun sifat tersebut yaitu anti

bakteri, mudah terurai dan mudah menyatu dengan bahan lain tanpa menimbulkan efek samping (Hartatik *et al.*, 2014).

Berdasarkan latar belakang di atas, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengamati bagaimana karakteristik mekanik yang dihasilkan dari pembuatan bioplastik berbasis kulit pisang raja dengan variasi penambahan selulosa jerami padi. Adapun parameter yang digunakan yaitu kekuatan tarik, persen elongasi dan modulus elastisitas.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang dipakai adalah wadah, gunting, kertas saring, *hot plate*, magnetik bar, neraca digital, oven, *blender*, gelas ukur, ayakan 40 dan 120 mesh, pipet skala, erlenmeyer dan alat uji kuat tarik. Untuk bahannya, yang diperlukan yaitu kulit pisang raja, jerami padi, sorbitol, kitosan, NaOH 3%, H₂SO₄ 0,2 M, NaOCL 12%, CH₂COOH 1% dan aquades.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Selulosa dari Jerami Padi

Pada pembuatan selulosa jerami padi merujuk pada penelitian Zulmanwardi dan Vilia (2019), yaitu dimulai dari jerami padi dibersihkan dengan air mengalir, kemudian dikeringkan lalu dipotong-potong. Kulit yang sudah dipotong lalu dihaluskan menggunakan *blender* dan dilakukan pengayakan dengan ukuran 40 mesh. Kemudian masuk ke proses penghilangan kadar lignin dengan cara direndam sebanyak 20 gram serbuk jerami padi di dalam larutan NaOH 3% selama 1 jam pada suhu 90°C menggunakan *hot plate* lalu dilakukan penyaringan dan dinetralkan pHnya dengan cara dicuci menggunakan aquades. Setelah itu dilakukan penghilangan kadar hemiselulosa menggunakan larutan H₂SO₄ 0,2 yang dipanaskan dengan suhu 100°C selama 2 jam kemudian disaring dan dicuci memakai aquades sampai mendapatkan pH netral kemudian dikeringkan. Setelah kering masuk ketahap pemutihan yaitu perendaman bahan menggunakan larutan NaClO 12% selama 20

menit. Lalu ampas jerami dibilas memakai aquades sampai bersih lalu dikeringkan menggunakan oven sampai kering. Keringnya selulosa dapat dilihat dari berat selulosa yang dihasilkan konstan. Setelah kering selulosa dihaluskan dengan cara ditumbuk. Selulosa jerami padi yang sudah halus siap untuk digunakan sebagai *filler*.

Pembuatan Pati Kulit Pisang Raja

Pembuatan pati kulit pisang raja merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Abror (2019), yaitu dimulai dengan kulit pisang dicuci sampai bersih kemudian dipotong-potong dan dihaluskan menggunakan *blender* lalu diberi aquades sampai kulit pisang halus. Kulit pisang yang sudah halus kemudian disaring. Setelah itu air hasil perasan didiamkan selama 1 hari agar terjadi endapan. Pati yang mengendap kemudian di oven memakai suhu 50°C dalam waktu 120 menit setelah dibuang air yang tergenang di atasnya. Lalu diayak dengan ayakan 120 mesh.

Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi *et al.*, (2020), yaitu pertama kali yang dilakukan adalah menimbang massa pati dan selulosa sesuai dengan variasi yang sudah ditetapkan. Kemudian membuat larutan kitosan dengan dimasukkan kitosan kedalam 100 mL asam asetat dengan konsentrasi 1% dan diaduk selama 30 menit, kemudian dilarutkan pati dan selulosa kedalam 100 mL asam asetat dengan konsentrasi 1% dan diaduk selama 30 menit menggunakan *hot plate* dengan suhu 70°C. Setelah 30 menit dimasukkan larutan kitosan yang sudah jadi dan sorbitol sebanyak 2 mL kedalam larutan pati selulosa dan diaduk selama 60 menit agar *homogen*. Setelah 60 menit larutan dimasukkan kedalam cetakan lalu dikeringkan kedalam oven selama 12 jam dengan suhu 70°C. Setelah kering sampel diangkat dari oven dan didiamkan sampai bisa dilepaskan dari cetakan. Variasi bahan sejumlah sampel yang digunakan dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Karakterisasi

Uji Kuat Tarik

Dalam membuat bioplastik salah satu hal penting yang harus diketahui adalah seberapa kuat bioplastik dapat menahan beban yang diberikan kepadanya. Untuk mengetahui itu perlu dilakukan pengujian kuat tarik pada sampel bioplastik. Bioplastik yang baik adalah bioplastik yang dapat melindungi produk baik itu bahan makanan ataupun minuman selama proses penanganan, transportasi, dan pemasaran (Novizar *et al.*, 2020). Agar bisa demikian, maka dibutuhkan kekuatan tarik yang besar pada sampel. Adapun nilai kuat tarik dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (1).

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Gaya Maksimal}}{\text{Luas Penampang}} \quad (1)$$

B. Uji Elongasi

Elongasi adalah pertambahan panjang

maksimum yang dihasilkan setelah material diberi gaya. Nilai elongasi menunjukkan bagaimana elastisitasnya suatu material. Nilai elongasi dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (2).

$$\text{Elongasi} = \frac{\text{Pertambahan Panjang}}{\text{Panjang Awal}} \times 100 \quad (2)$$

Uji Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengukur ketahanan suatu material sampai mengalami perubahan bentuk atau deformasi elastis akibat gaya yang diberikan pada saat pengujian (Amri *et al.*, 2019). Pengujian ini biasanya digunakan untuk mengukur bahan logam, kayu, kaca, plastik, beton. Nilai modulus elastisitas dapat dihitung menggunakan Pers. (3).

$$\text{Modulus Elastisitas} = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} \quad (3)$$

Tabel 1. Variasi Komposisi dalam pembuatan Bioplastik.

NO	NAMA SAMPEL	BAHAN MATRIKS		BAHAN FILLER	
		SELULOSA JERAMI PADI (G)	PATI KULIT PISANG RAJA (G)	KITOSAN (G)	SORBITOL (ML)
1	A	0,00	2,00	2	2
2	B	0,25	1,75	2	2
3	C	0,50	1,50	2	2
4	D	0,75	1,25	2	2
5	E	1,00	1,00	2	2

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seluruh sampel bioplastik dengan variasi komposisi pada Tabel 1 yang telah dibuat dapat ditunjukkan pada Gambar 1.

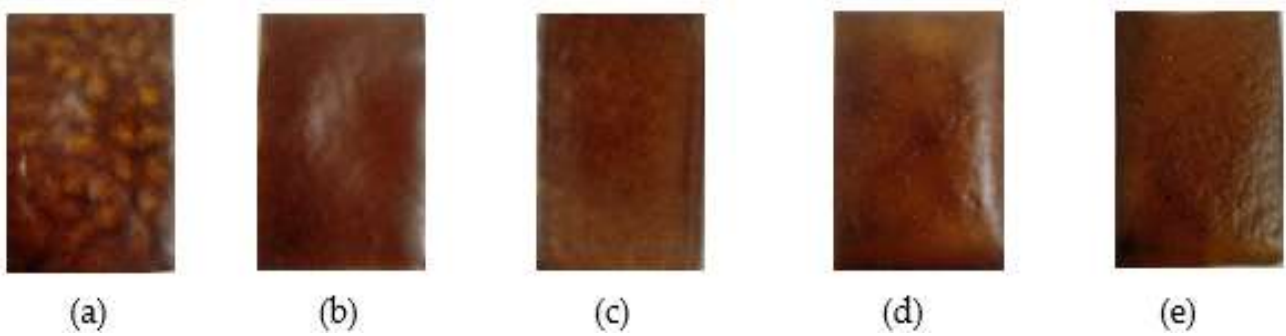
Hasil Analisis Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Setelah dilakukan pengujian kuat tarik pada kelima sampel, hasilnya bisa diamati melalui Gambar 2. Berdasarkan gambar tersebut, nilai yang dihasilkan setiap sampel bioplastik berbeda-beda pada setiap perlakuan. Adapun nilai kuat tarik bioplastik dari kelima sampel berkisar antara 37,12 kgf/cm²-114,51 kgf/cm². Nilai kuat tarik bioplastik terbaik ada pada perlakuan sampel E yaitu sebesar 114,51 kgf/cm² kemudian untuk nilai terendahnya terletak di sampel A yaitu sebesar 37,12 kgf/cm².

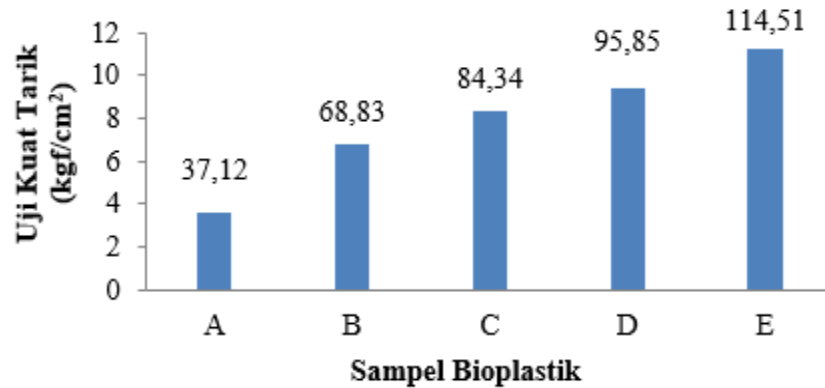
Penambahan selulosa dan pengurangan

jumlah pati yang diberikan pada saat pembuatan bioplastik, membuat nilai kekuatan tarik pada sampel semakin naik. Karena jumlah *filler* yang digunakan pada setiap sampel sama, maka penelitian ini lebih fokus pada jumlah matriks selulosa jerami padi yang digunakan pada pembuatan bioplastik.

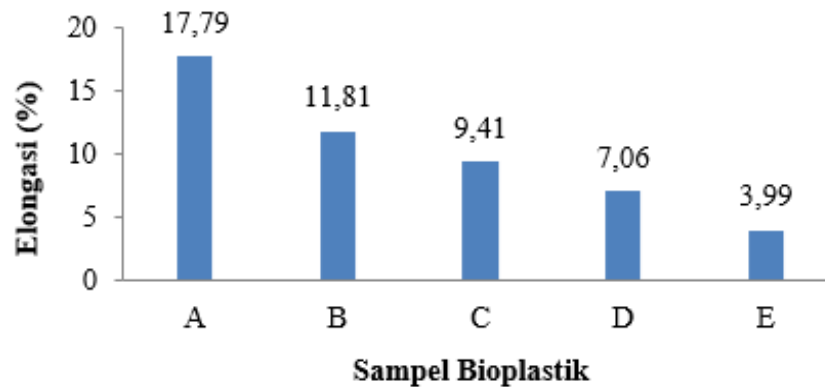
Menurut Indriyati *et al.*, (2006) *polimer* pati dan selulosa saling berikatan dan berinteraksi satu sama lain sehingga menghasilkan ikatan yang disebut dengan ikatan *hidrogen*. Ikatan *hidrogen* ini bisa terjadi antara 2 molekul dalam ruang yang sama dan bisa juga terjadi antara 2 molekul dengan ruang berbeda (tetangga). Ikatan ini akan menguatkan satu sama lain karena tersusun dari serat-serat yang panjang dan berulang



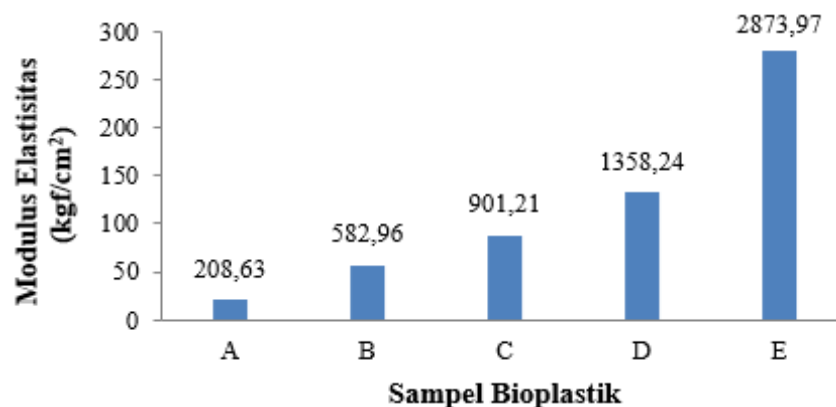
Gambar 1. Sampel Bioplastik a) Sampel A; b) Sampel B; c) Sampel C; d) Sampel D; e) Sampel E



Gambar 2. Kaitan antara variasi komposisi selulosa jerami padi pada pembuatan bioplastik terhadap nilai kuat tarik.



Gambar 3. Hubungan antara variasi komposisi selulosa jerami padi pada pembuatan bioplastik terhadap nilai elongasi



Gambar 4. Kaitan antara variasi komposisi selulosa jerami padi pada pembuatan bioplastik terhadap nilai modulus elastisitas.

membentuk lapisan tipis. Ketertarikan antara bahan penyusun bioplastik merupakan salah satu hal penting yang bisa mengubah sifat mekanik dari sampel itu sendiri. Ketertarikan itu terjadi antara monomer yang mempunyai kecondongan untuk saling menyatu dan mengikat. Banyaknya ikatan yang terjadi di antara molekul berarti menandakan bahwa ketertarikannya semakin meningkat. Kekuatan suatu material tergantung pada struktur dari senyawa ikatan kimianya. Hal-hal yang mempengaruhi kuatnya suatu ikatan kimia adalah banyaknya jumlah dari ikatan monomer dan pengikat apa yang digunakan (Novizar *et al.*, 2020). Jika dilihat dari penelitian sebelumnya, penelitian ini masih menghasilkan nilai kekuatan tarik yang lebih baik yaitu sebesar 114,51 kgf/cm² dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Budianto *et al.*, (2019) yaitu pembuatan bioplastik dari bahan kulit singkong dan kulit kacang tanah yang menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 27,74 kgf/cm². Nilai kuat tarik yang dihasilkan pada sampel E sudah memenuhi standar dari plastik LDPE pada ASTM D882-12.

Elongasi (*Elongation*)

Hasil pengujian elongasi pada ke lima sampel bioplastik dapat dilihat pada Gambar 3. Pada gambar tersebut dapat dilihat nilai elongasi bioplastik dari ke lima sampel adalah 3,99-17,79%. Nilai elongasi bioplastik tertinggi ada pada perlakuan sampel A yaitu sebesar 17,79% dan nilai elongasi bioplastik paling rendah ditemukan pada sampel E yaitu sebanyak 3,99%. Seiring bertambahnya massa selulosa dan berkurangnya massa pati pada pembuatan bioplastik menunjukkan bahwa nilai elongasi yang dihasilkan semakin menurun. Penurunan nilai elongasi dipengaruhi oleh berapa banyak penguat yang digunakan dalam pembuatan sampel. Semakin besar jumlah zat penguat yang dipakai maka akan terjadi penurunan pada nilai elongasinya. Selain itu, jerami padi mempunyai sifat keras dan kaku (Darni *et al.*, 2010). Penurunan nilai elongasi terjadi karena adanya ikatan *intramolekuler* dan *intermolekuler*

antara gugus senyawa pati dengan selulosa. Ikatan ini menghasilkan kekuatan yang tinggi sehingga dapat menurunkan sifat elastisitas pada bioplastik (Intandiana *et al.*, 2019). Jumlah massa pati yang banyak pada pembuatan bioplastik membuat sampel mengalami nilai elongasi yang besar. Hal demikian terjadi karena adanya kandungan amilosa dan amilopektin pada pati. Amilosa merupakan senyawa dengan bentuk yang lurus sementara amilopektin mempunyai bentuk bercabang dan terbuka sehingga membuat ikatan antar monomer tidak kuat dan membuat sampel lebih regang. Nilai elongasi yang dihasilkan dari penelitian ini masih lebih tinggi yaitu sebesar 17,79% dibandingkan dengan nilai elongasi yang dihasilkan dari pembuatan bioplastik menggunakan bahan dasar pati kulit ubi dengan selulosa kulit kacang yaitu sebesar 8,75% (Budianto *et al.*, 2019).

Modulus Elastisitas (*Modulus of Elasticity*)

Hasil pengujian modulus elastisitas pada kelima sampel bioplastik dapat dilihat melalui Gambar 4. Pada gambar tersebut nilai modulus elastisitas bioplastik dari kelima sampel berkisar antara 208,63 kgf/cm²-2873,97 kgf/cm². Nilai terbesar yang dihasilkan dari pengujian modulus elastisitas bioplastik ada pada sampel E sebesar 2873,97 kgf/cm² dan nilai modulus elastisitas bioplastik paling rendah terdapat pada perlakuan sampel A yaitu sebesar 208,63 kgf/cm². Penambahan massa selulosa pada pembuatan bioplastik menghasilkan nilai modulus elastisitas yang semakin naik. Seiring meningkatnya elastisitas pada sampel maka nilai modulus elastisitasnya menurun. Dari penelitian ini dihasilkan nilai modulus elastisitas yang lebih baik yaitu sebesar 2873,97 kgf/cm² jika disandingkan dengan nilai modulus elastisitas yang di hasilkan dari penelitian bioplastik pati kulit singkong dengan selulosa kulit siwalan yaitu sebesar 104,01 kgf/cm² (Sutan *et al.*, 2018). Nilai modulus elastisitas yang dihasilkan pada penelitian ini mendekati nilai ASTM D882-12 plastik LDPE yaitu sebesar 3163,81 kgf/cm².

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pembuatan bioplastik dari limbah berupa pati kulit pisang raja dengan variasi komposisi selulosa jerami padi didapatkan kesimpulan yaitu semakin banyak massa selulosa yang ditambahkan pada pembuatan bioplastik dan semakin berkurang jumlah patinya maka akan meningkatkan nilai kuat tarik dan modulus elastisitas namun akan menurunkan nilai elongasinya. Bioplastik yang menghasilkan nilai karakterisasi terbaik terdapat pada sampel E dengan nilai kuat tarik 114,51 kgf/cm², nilai elongasi 3,99% dan nilai modulus elastisitas 2873,97 kgf/cm². Pada penelitian ini nilai dari pengujian kuat tarik sudah memenuhi standar dari ASTM D882-12 yaitu sebesar 104,72 kgf/cm² dan nilai modulus elastisitas mendekati standar ASTM D882-12 yaitu sebesar 3163,81 kgf/cm².

DAFTAR PUSTAKA

- Abror, R. W. (2019). Pengaruh Variasi Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Musa Paradisiaca L. *Prosiding Seminar Nasional*, 252-257.
- Amri, I., Khairani, Irdoni. (2019). Proses Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Dari Berbasis Starch Cassava dan Serat Nanas. *Chempublish Journal*, 4(2) : 62-70.
- Budianto, A., Dewi F. A., Vonny, S. J. Pemanfaatan Pati Kulit Ubi Kayu dan Selulosa Kulit Kacang Tanah Pada Pembuatan Plastik Biodegradable. *Jurnal Sagu*, 18(2) : 11-18.
- Darni, Y., dan Utami, H. (2010). Karakteristik Sifat Mekanik Dan Hidrofobisitas Bioplastik Dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 7(4) : 88-93.
- Fauzi, Y. A. (2015). Pengaruh penambahan Plasticizer Sorbiol dan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Bioplastik dengan Bahan Baku Serat Selulosa Wceng Gondok. SKRIPSI. Universitas Sriwijaya.
- Hartatik, Y. D., Lailatin N., & Iswarin. (2014). Pengaruh Komposisi Kitosan Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik. *Brawijaya Physics Student Journal*.
- Hayati K., Setyaningrum, C. C., Fatimah, S. (2020). Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Limbah Nata de Coco dengan Metode Inversi Fasa. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 9-14.
- Hidayati, S., Zuidar, A. S., & Ardiani, A. (2015). Aplikasi Sorbitol Pada Produksi Bioplastik dari Nata De Cassava. *J. Reaktor*, 15(3): 196-204
- Indriyati, L., Indrarti, & Rahimi, E. (2006). Influence (CMC) and Glycerol Plasticizer on Mechanical Properties of Thin Layer Composites Cellulose Bacteria. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 8(1) : 40-44.
- Intandiana, S., Akbar, H. D., Yus, R. D., Rahmat, F. S. (2019). Effect of Bioplastic Characteristic Cassava Starch And Microcrystalline Cellulose Against Mechanical Properties And Hydrophobicity. *Jurnal Kimia Dan Pendidikan*.
- Sutan, M. S., Dewi, M. M., Fitria, F. (2018). Pengujian sifat mekanik pada pembuatan bioplastik berbahan pati-selulosa kulit siwalan. *Jurnal keteknikan pertanian tropis dan biosistem*. Vol 6 : 157-171.
- Melly, A., Septyana A. P. & Rosdiana, M. (2015). Production of Bioethanol from Banana Peels (Musa Sapientum) Using Acid Hydrolysis and Fermentation Methods. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(2).
- Novizar, N., Nur, R. A., Gunarif, T. (2020). Bioplastic Characteristics of Durian Seed Starch and Starch Cassava Using MCC Fillers (Microcrystalline cellulose) from Cocoa Bark, 25(1) : 01-10.
- Ritonga, A. U. M. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Biofoam dengan Bahan

Dasar Daun Keladi Diperkuat Oleh Polivinil Asetet (PVA), 1-45

Siagian, H. S., Gultom, R. P., & Anggraini, R. (2019). *Modifikasi Alang-Alang Sebagai Filler Adsorban Logam Berat*. Yogyakarta: CV Budi Utama.

Sutiarno, Mega, M., Adi, S., Rahmawati, Fegi, L., Agus, R. (2022). Pengaruh penambahan Tepung Umbi Porang dan Variasi Konsentrasi *Flavonoid* Kulit Nanas dalam Pembuatan *Biofoam*. *Jurnal Fisika FLUX*, 19(2) : 101-111.

Warsiki, E., Setiawan, I., & Hoerudin. (2020). Synthesis Of Cassava Peel Starch

Bioplastic Composites Nanosilica Particles And Their Characterization. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 42(2) : 37-45.

Wahyudi, B., Kasafir, M. B., & Hidayat, M. R. (2020). Sintesis Dan Karakterisasi Bioplastik Dari Pati Talas Dengan Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XVI*, 1-11.

Zulmawardi, dan Vilia, D. P. (2019). Sintesis Selulosa Dari Limbah Jerami Padi (*Oryza Satifa*). *Proding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 70-75.