

Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Tepung Tapioka dan Tepung Beras Ketan dengan Penambahan Filler

Nasywa Hasna Aisyi ^{*1}
Michelle Holly ²
Muhammad Rizky Akbar ³
Muhammad Iffa ⁴
Nadya Devika ⁵
Deni Swantomo ⁶

^{1,2,3,4,5,6} Politeknik Teknologi Nuklir
*e-mail: nasywahasna773@gmail.com¹

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik bioplastik dengan bahan baku tepung tapioka, tepung beras ketan, dan campuran kedua tepung tersebut dan untuk mengetahui bahan dasar mana yang optimum dalam sintesis bioplastik dari kedua tepung tersebut dengan tahapan sintesis bioplastik dengan penambahan filler kitosan, dan karakterisasi yang meliputi uji ketahanan air (uji sudut kontak), kemampuan biodegradasi, sifat mekanik (kuat tarik, elongasi, dan modulus young). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan yang cukup optimum dalam pembuatan bioplastik pada hasil praktikum kali ini adalah bioplastik yang terbuat dari campuran tepung tapioka dan tepung beras ketan. Hal tersebut dilihat dari bioplastik yang diharapkan dapat digunakan untuk menggantikan plastik kresek komersial sehingga memerlukan karakteristik yang elastis dan fleksibel, nilai kuat tarik diperoleh sebesar 0,325 MPa, elongasi sebesar 1,10% dan nilai modulus young 0,025 MPa.

Kata kunci: Bioplastik, Tepung tapioka, tepung beras ketan, kitosan

Abstract

This study aims to determine the characteristics of bioplastics with raw materials of tapioca flour, glutinous rice flour, and a mixture of the two flours and to determine which basic material is optimum in the synthesis of bioplastics from the two flours with the stages of bioplastic synthesis with the addition of chitosan filler, and characterization which includes water resistance test (contact angle test), biodegradation ability, mechanical properties (tensile strength, elongation, and young modulus). The results showed that the optimum material in making bioplastics in this practicum was bioplastics made from a mixture of tapioca flour and glutinous rice flour. It is seen from the bioplastics that are expected to be used to replace commercial crackle plastic so that it requires elastic and flexible characteristics, the tensile strength value obtained is 0.325 MPa, the elongation is 1.10% and the young modulus value is 0.025 MPa.

Keywords: Bioplastic, tapioca starch, glutinous rice starch, chitosan.

PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang manusia tidak bisa lepas dari penggunaan plastik. Mulai dari pemenuhan kebutuhan primer manusia, seperti bahan alat makan atau pengemas makanan, hingga kebutuhan tersier. Bahan yang banyak digunakan dalam pembuatan plastik adalah polimer sintetis yang mempunyai sifat sukar terurai secara alamiah. Karena sukar terurai, sampah plastik cenderung akan menumpuk di tempat pembuangan akhir dan dapat menimbulkan masalah bahkan kerusakan lingkungan. Adapun jika sampah plastik dibakar maka dapat menghasilkan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dalam CNN Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyebut total sampah nasional pada 2021 mencapai 68,5 juta ton. Dari jumlah itu sebanyak 17 persen, atau sekitar 11,6 juta ton disumbang oleh sampah plastik. Dampak negatif dari pemakaian plastik sintetis tersebut telah mendorong para peneliti untuk membuat plastik yang dapat terurai secara alamiah atau disebut bioplastik (Haryanto & Titani, 2017).

Beberapa usaha telah dilakukan untuk mengurangi penggunaan dan limbah plastik, antara lain dengan pembakaran dan penimbunan. Akan tetapi upaya ini dinilai belum efektif

karena akan menimbulkan efek buruk lain. Pembakaran akan menghasilkan gas yang bersifat korosif dan beracun seperti HCL, HCN, NH₃ dan SO₂ (Darni, dkk, 2008). yang dapat terurai secara alamiah atau disebut bioplastik.

Berbagai bahan alami, seperti polisakarida (selulosa, pati, kitin), protein (kasein, whey, kolagen), dan lemak, telah dapat digunakan sebagai bahan pembuat bioplastik dengan peruntukan sebagai pengemas makanan. Bioplastik merupakan plastik yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme, yang berasal dari sumber senyawa-senyawa dalam tanaman misalnya pati, selulosa, dan lignin. Penggunaan pati sebagai bahan utama pembuatan plastik memiliki sifat biodegradasi, kemudahan proses, dan ekonomis karena tanaman penghasil pati seperti singkong, jagung, beras, kentang, dan kacang tanah, ketersediannya cukup melimpah di Indonesia (Haryanto & Saputr, 2016).

Tepung tapioka merupakan pati murni yang diperoleh dari ekstraksi penggilingan singkong. Kadar amilosa tepung tapioka berkisar sekitar 12,28% sampai 27,38% dan kadar amilopektin berkisar antara 72,61% sampai 87,71%. Kadar amilosa berpengaruh terhadap sifat mekanik bioplastik. Sedangkan kadar amilopektin akan memberikan sifat lengket yang optimal (Haryanto & Saputr, 2016). Komposisi kimiawi beras ketan putih terdiri dari karbohidrat 79,4 % ; protein 6,7 % ; lemak 0,7 % ; Ca 0,012 % ; Fe 0,008 % ; P 0,148 % ; Vit B 0,0002 % dan Air 12%.

Tepung beras ketan putih memiliki kandungan pati yang besar. Pati beras ketan putih mengandung amilosa sebesar 1% dan amilopektin sebesar 99%. Kadar amilopektin yang tinggi menyebabkan tepung beras ketan putih sangat mudah mengalami gelatinisasi bila ditambahkan dengan air dan memperoleh perlakuan pemanasan. Hal ini terjadi karena adanya pengikatan hidrogen dan molekul-molekul tepung beras ketan putih (gel) bersifat kental.

Ada beberapa kekurangan yang terdapat pada plastik berbahan pati yaitu rendahnya kekuatan mekanik jika dibandingkan dengan plastik sintetik. Kekurangan tersebut dapat diatasi dengan mencampurkan bahan lain untuk menghasilkan plastik dengan sifat mekanik yang baik. Gliserol merupakan salah satu plastikizer yang banyak digunakan karena cukup efektif mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intarmolekuler.

Plasticizer

Plasticizer didefinisikan sebagai zat non volatil, bertitik didih tinggi yang pada saat ditambahkan pada material lain mengubah sifat fisik dari material tersebut. Plasticizer merupakan bahan yang ditambahkan kedalam campuran bioplastik berbasis pati dan berperan dalam mempengaruhi karakteristik plastik yang dihasilkan (Muharam, Fitriani, Jannah, Ghifari, & Sihombing, 2022). Plasticizer sendiri merupakan bahan yang tidak mudah menguap, dapat merubah struktur dimensi objek, menurunkan ikatan rantai antar protein dan mengisi ruang-ruang yang kosong pada produk. Bioplastik yang terbuat dari protein dan polisakarida bersifat rapuh, sehingga membutuhkan plasticizer untuk meningkatkan elastisitas film. Molekul plasticizer mengurangi daya ikat rantai protein serta meningkatkan elastisitas dan fleksibilitas bahan film.

Untuk meningkatkan kekuatan mekanik pada pati, maka dilakukan penambahan filler ke dalam bioplastik.

Filler

Filler merupakan sebuah bahan pengisi suatu bahan material, yang bertujuan untuk meningkatkan atau merubah karakteristik suatu material. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mencari penambahan filler yang menghasilkan karakteristik terbaik. Zat aditif sangat diperlukan pada pembuatan plastik biodegradable untuk meningkatkan kekakuan plastik yang terlalu lentur, dan mengurangi kelarutan. Zat aditif diklasifikasikan dalam berbagai kelas di antaranya adalah aditif penguat dan bahan pengisi (filler). Aditif penguat berfungsi untuk meningkatkan kepadatan dan kekerasan polimer. Sedangkan, aditif bahan pengisi berfungsi untuk meningkatkan konduktivitas termal polimer. Filler merupakan material yang ditambahkan kedalam suatu bahan untuk meningkatkan kekuatan mekanik pada pati sehingga didapatkan karakteristik terbaik (Muharam, Fitriani, Jannah, Ghifari, & Sihombing, 2022).

Polivinil alkohol (PVA)

Polivinil alkohol (PVA) merupakan polimer dengan ketahanan kimia, kemampuan membentuk film dan biokompetibel yang baik (Cinelli dkk, 2006). Sifat PVA ini mampu meningkatkan kekuatan fleksibilitas dan ketahanan air ketika ditambahkan pada bioplastik (Cinelli dkk, 2006). Pada komposit biotermoplastik maizena-glikomanan, penambahan PVA dapat meningkatkan sifat mekanik komposit yang dihasilkan, sehingga kemungkinan dengan peningkatan konsentrasi PVA akan meningkatkan kuat tarik, perpanjangan saat putus dan elastisitas biotermoplastik yang dihasilkan.

Hasil akhir film plastik harus melalui beberapa rangkaian pengujian. Seperti yang telah disebutkan bahwa pati sebagai bahan utama plastik biodegradable memiliki sifat hidrofilik sehingga perlu dilakukan uji daya serap air sehingga menghasilkan plastik yang tidak membawa sifat hidrofilik dari pati. Standar terurai plastik biodegradable yakni harus terurai dalam kurun waktu kurang dari 180 hari. Kemampuan biodegradasi dari film plastik yang dihasilkan dapat diuji dengan pemendaman dalam tanah (soil burial test). Hal ini bertujuan untuk mengetahui durasi sampel tersebut akan terurai oleh mikroorganisme di dalam tanah. Terdapat banyak uji yang dapat dilakukan terhadap plastik biodegradable seperti uji kuat tarik (tensile strength), uji persen pemanjangan (Elongation).

METODE

A. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, neraca analitik, *hot plate stirrer*, *magnetic stirrer*, cetakan kaca, sendok sungu, dan seperangkat alat uji Dino-lite AM4515T8.

B. Bahan

Bahan pembuatan bioplastik yaitu, tepung tapioka, tepung beras ketan, PVA, gliserol 98%, filler (kitosan), dan aquades.

C. Prosedur Kerja

1. Pembuatan Bioplastik

Tepung tapioka dan tepung beras ketan ditimbang dengan variasi rasio berat sebesar 1:0, 1:3, 1:1, 3:1, 0:1 (total 20 gram) dan PVA ditimbang sebanyak (25% dari banyaknya tepung) 5 gram, kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker 250 mL dan diaduk rata. Aquadest ditambahkan sebanyak 150 mL, kemudian dipanaskan pada suhu 70-80°C sambil diaduk. Setelah campuran menjadi seperti bubur, ditambahkan 3 mL gliserol kedalam campuran kemudian campuran diaduk sampai merata sambil dipanaskan menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit sampai terbentuk gel. Campuran kemudian ditambahkan filler sebanyak 1 gram. Setelah mengental, campuran dituang kedalam cetakan kaca dan dijemur dengan panas matahari sampai kering dan mengeras.

2. Karakterisasi Bioplastik

a. Uji Sudut Kontak

Uji ini dilakukan untuk mengetahui karakterisasi permukaan suatu bahan, karena dari pengukuran sudut kontak akan nampak bagaimana profil tetapan secara makro. Pengujian ini dilakukan dengan metode pengukuran tetapan (*sessile drop method*). Teknik pengukuran sudut kontak yang populer digunakan adalah dengan melakukan pengukuran langsung perpotongan sudut antara kontak tiga fasa pada kontur tetapan cairan. Peralatan yang digunakan berupa papan atau alas horizontal untuk meletakkan bioplastik, pipet untuk meneteskan cairan, aquadest, dan seperangkat alat Dino-lite. Pengujian dilakukan dengan cara meneteskan aquadest keatas bioplastik dan dilihat bentuk tetapan yang terbentuk. Dari tetapan tersebut dilakukan pengukuran sudut antara kontak dari tiga fasa, yaitu bioplastik itu sendiri, air tetapan, dan udara.

b. Uji Biodegradabilitas

Uji kemampuan degradasi dilakukan dengan metode soil burial test yaitu metode penguburan dalam tanah. Adapun langkah pengujian ini yaitu dengan memotong sampel dengan ukuran 2x2cm yang beratnya telah diketahui (W_1). Selanjutnya ditanam dalam tanah dengan kedalaman sekitar 10 cm. Sampel dibiarkan dalam rentang waktu 7 hari sehingga mengalami degradasi kemudian ukur beratnya sebagai berat biodegradasi (W_2). Kehilangan massa dapat diukur dengan persamaan berikut.

$$\% \text{Degredasi} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

Keterangan:

W_1 = massa sampel sebelum biodegradasi.

W_2 = massa sampel setelah biodegradasi.

c. Uji Mekanik

Kuat tarik (tensile strength) adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh film selama pengukuran berlangsung. Kuat tarik dipengaruhi oleh bahan pemlastis yang ditambahkan dalam proses pembuatan bioplastik. Nilai kuat tarik pada sampel bioplastik dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

σ = Kuat tarik

F = gaya tarik

A = Luas penampang

Persen pemanjangan (elongation to break) merupakan perubahan panjang maksimum film sebelum terputus:

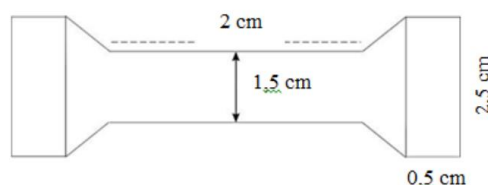
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Keterangan:

ε = elongasi

ΔL = pertambahan panjang

L_0 = panjang awal

**HASIL DAN PEMBAHASAN****A. Pembuatan Bioplastik**

Pembuatan bioplastik dari tepung tapioka dan tepung beras ketan dilakukan dengan dengan mencampurkan PVA, gliserol, dan filler kitosan. Penambahan kitosan akan menyebabkan bioplastik berwarna putih sedikit kuning kecoklatan dan lebih kaku, terjadinya perubahan warna ini disebabkan karena serbuk kitosan yang kita gunakan berwarna kuning kecoklatan.

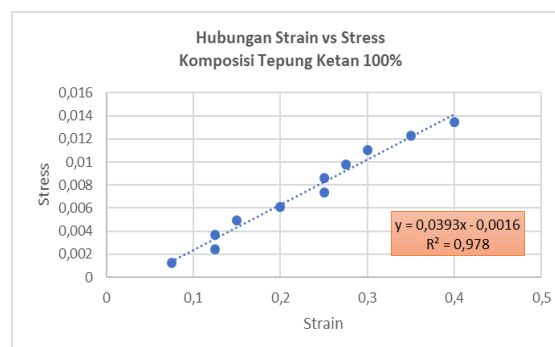
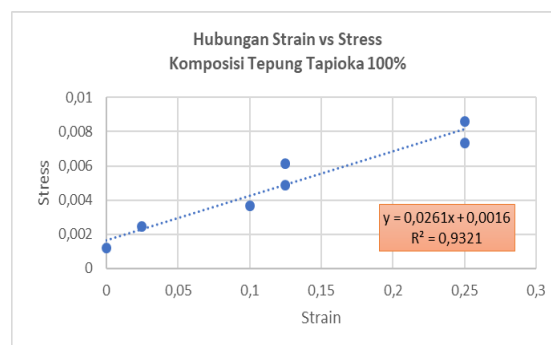
Penambahan kitosan mengakibatkan bioplastik memiliki bentuk fisik yang lebih elastis dan berwarna kehijauan, hal ini disebabkan karena dari zoelite sendiri berwarna hijau.

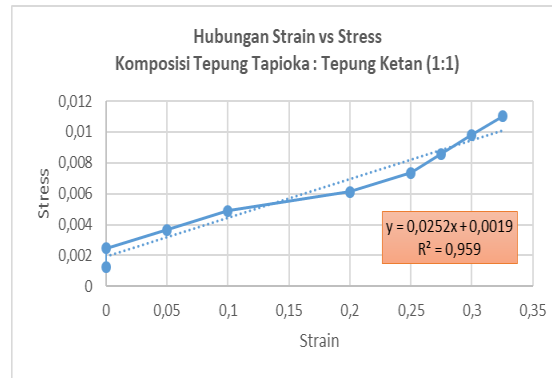
B. Uji Mekanik

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. Menurut ASTM D 638 M-III kuat tarik dipengaruhi oleh bahan plastic yang ditambahkan dalam proses pembuatan film. Ukuran suatu molekul dan jumlah kelompok fungsional hidroksil pemlastik serta kompatibilitas hidroksil pemlastik serta kompatibilitas dengan polimer dapat mempengaruhi interaksi antar pemlastik dan polimer. Pemlastik juga berdampak pada berkurangnya ikatan hydrogen molekul dan gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan sehingga mengurangi daya renggang putus. Hal ini menyebabkan molekul-molekul pemlastis yang dapat mengurangi energy yang dibutuhkan molekul untuk melakukan pergerakan sehingga kekakuan menurun yang mengakibatkan menurunnya kekuatan tarik.

Pengujian tarik bioplastik pada praktikum kali ini dilakukan secara konvensional, dengan cara membeirkan beban pada salah satu ujung platik dan menghitung luas area regangan bioplastik. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh data pengujian kuat tarik sebagai berikut:

Variasi	Strain	Stress	Modulus Young
100% tepung tapioka (1:0)	0,24	0,008575	0,0261
Tepung tapioka dan tepung ketan (1:1)	0,325	0,011025	0,0252
100% tepung ketan (0:1)	0,4	0,013475	0,0393





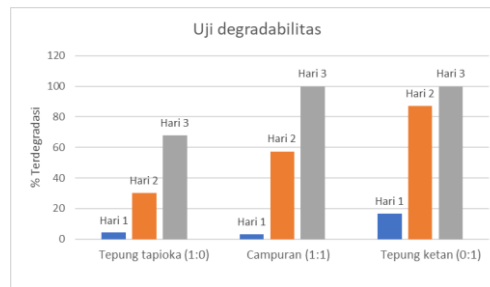
Dari hasil pengoalahan data didapatkan nilai modulus young yang dihasilkan dari nilai slope kurva linear melalui kurva hubungan antara strain dengan stress. Ketika suatu bahan diberi tegangan (gaya per satuan luas), bahan tersebut akan mengalami regangan atau perubahan dimensi (strain). Kemiringan daerah linier pada kurva tegangan-regangan ini disebut Modulus Young atau Modulus Elastisitas (E). Semakin rendah nilai elongasi dari bioplastik, maka karakteristik dari bioplastik semakin bagus. Nilai elongasi berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik, nilai perpanjangan terendah merupakan nilai kuat tarik yang tertinggi. Berdasarkan data yang diperoleh, bioplastik yang memiliki karakteritik paling kaku adalah bioplastik yang terbuat dari 100% tepung ketan.

Untuk bioplastik yang baik, nilai Modulus Young yang diinginkan tergantung pada aplikasi dan sifat yang dibutuhkan. Untuk aplikasi yang membutuhkan kekakuan dan kekerasan tertentu, seperti kemasan makanan, containerplastik, atau komponen teknis, bioplastik dengan Modulus Young yang tinggi akan lebih cocok digunakan. Namun, perlu diingat bahwa Modulus Young yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan bioplastik menjadi getas (rapuh) dan kurang fleksibel. Sebaliknya, bioplastik dengan Modulus Young yang lebih rendah cenderung lebih lunak, fleksibel, dan elastis. Sifat ini dapat menguntungkan untuk aplikasi yang membutuhkan kelenturan dan ketahanan terhadap benturan, seperti film plastik atau bahan kemasan yang memerlukan fleksibilitas.

C. Uji Biodegradable

Hari ke-	Massa bioplastik		
	100% tepung tapioka (1:0)	Tepung tapioka : tepung ketan (1:1)	100% tepung ketan (0:1)
Awal	0,096	0,094	0,102
1	0,092	0,091	0,085
2	0,067	0,040	0,013
3	0,031	0	0
% degredasi	67,7%	100%	100%

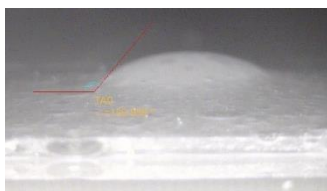
Uji biodegradabilitas bioplastik dilakukan untuk melihat laju penguraian bioplastik oleh bakteri penguraian dalam tanah, sehingga dapat dihitung berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh plastic tersebut hingga habis terurai dalam tanah. Metode yangdigunakan adalah soil burial test yaitu sampel bioplastik ditanam dalam tanah selama 3 hari dan dilakukan pemeriksaan berat setiap 1 hari, 2 hari dan 3 hari dengan cara menghitung selisih antara berat bioplastik sebelum dan setelah ditanam.



Gambara di atas menunjukkan bahwa bioplastik dapat terdegradasi dalam waktu kurang lebih 3 hari. Hal ini dikarenakan bioplastik terbuat dari bahan alami yang mudah terdegradasi dengan mikroorganisme didalam tanah. Bioplastik yang memiliki laju degradasi atau % terdegradasi paling cepat dimiliki oleh bioplastik yang terbuat dari 100% beras ketan. Bioplastik mudah terdegradasi karena bioplastik yang dihasilkan mengandung gugus hidroksil (OH) dan gugus karbonil (CO). Gugus tersebut memiliki sifat hidrofilik sehingga molekul air dapat mengakibatkan mikroorganisme pada lingkungan memasuki matriks plastik tersebut. Air yang tinggi akan mengakibatkan bioplastik menjadi lebih mudah terdegradasi. Sedangkan nilai laju biodegradasi paling lama dimiliki oleh bioplastik yang terbuat dari 100% tepung tapioka dimana pada hari ke-3 baru sekitar 67% bioplastik yang terdegradasi, mungkin masih memerlukan 1 sampai 2 hari hingga bioplastik dapat 100% terdegradasi.

D. Uji Sudut Kontak

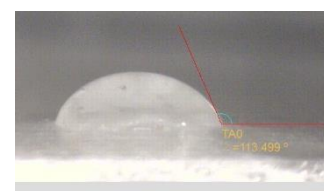
Uji sudut kontak pada sampel bioplastik yang dihasilkan bertujuan untuk mengetahui sifat permukaan dari masing-masing bioplastik. Uji ini dilakukan dengan melakukan pengamatan pada sudut kontak tetesan air pada permukaan bioplastik menggunakan dinolite. Sudut kontak kecil ($<90^\circ$) memperlihatkan tingkat keterbasahan yang tinggi (hidrofilik) dan sudut kontak besar ($>90^\circ$) memperlihatkan tingkat keterbasahan rendah (hidrofobik). Sudut kontak dapat didefinisikan sebagai sudut yang dibentuk oleh perpotongan antarmuka cair-padat dan antar muka cair uap. Sudut kontak diperoleh secara geometris dengan menerapkan garis singgung dari titik kontak sepanjang antarmuka cair-uap di profil droplet.



Gambar 1. Bioplastik tepung campuran



Gambar 2. Bioplastik tepung tapioka



Gambar 3. Bioplastik tepung beras ketan

Berdasarkan data pengamatan, dapat diketahui bahwa masing-masing sampel bioplastik yang dihasilkan memiliki besar sudut kontak yang bervariasi. Pada bioplastik dengan variasi komposisi 100% tepung beras ketan, diperoleh hubungan yang linear antara besar sudut kontak dengan komposisi tepung beras yang digunakan, dimana semakin banyak komposisi tepung beras yang digunakan, besar sudut kontak permukaan bioplastik akan semakin besar sehingga sifat hidrofobitasnya semakin meningkat. Sudut kontak tertinggi diperoleh pada sampel bioplastik tepung beras dengan nilai sudut kontak sebesar $79,36^\circ$.

KESIMPULAN

Penggunaan bahan tepung tapioka yang dicampurkan dengan tepung beras ketan cukup berpengaruh terhadap karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Bahan yang cukup optimum dalam pembuatan bioplastik pada hasil praktikum kali ini adalah bioplastik yang terbuat dari

campuran tepung tapioka dan tepung beras ketan. Hal tersebut dilihat dari bioplastik yang diharapkan dapat digunakan untuk menggantikan plastik kresek komersial sehingga memerlukan karakteristik yang elastis dan fleksibel, nilai kuat tarik diperoleh sebesar 0,325 MPa, elongasi sebesar 1,10% dan nilai modulus young 0,025 MPa. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan filler dengan variasi tertentu untuk mengetahui pengaruh filler dalam bioplastik lebih jauh lagi, dan disarankan menggunakan dua jenis filler yang berbeda antara filler bebahan sintesis dan filler bebahan organik apakah akan sangat mempengaruhi karakteristik bioplastik yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahmid, N. A., Syamsu, K., & Maddu, A. (2014). INFLUENCE OF CELLULOSE ACETATE FIBERS SIZE AND DIETHYLEN GLIKOL (DEG) ADDITION ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BIOPLASTICS. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 226-234.
- Cinelli, P., Chiellini, J. W. Lawton, and S. H. Imam. (2006). "Foamed Articles Based on Potato Strach, Corn Fiber and Poly (Vinyl Alcohol)." *Polymer Degradation and Stability* . 91 (5): 1147-55.
- Haryanto, & Saputr, A. E. (2016). Development of Bioplastics From Tapioca Starch And White Glutinous Rice Flour. *Techno*, 104-110.
- Haryanto, & Titani, F. R. (2017). Bioplastic from Tapioca and Maizena Starch. *Techno*, 1-6.
- Intandiana, S., Dawam, A. H., Denny, Y. R., Septiyanto, R. F., & Affifah, I. (2019). PENGARUH KARAKTERISTIK BIOPLASTIK PATI SINGKONG DAN SELULOSA MIKROKRISTALIN TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN HIDROFOBISITAS. *EduChemia*, 185-194.
- Muharam, T., Fitriani, D., Jannah, D. F., Ghifari, M. Z., & Sihombing, R. P. (2022). KARAKTERISTIK DAYA SERAP AIR DAN BIODEGRADABILITAS PADA BIOPLASTIK BERBASIS PATI SINGKONG DENGAN PENAMBAHAN POLYVINYL ALCOHOL. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi*, 35-49.
- Nuriyah, L., Saroja, G., Ghufon, M., Razanata, A., & Rosid, N. F. (2018). Karakteristik Kuat Tarik dan Elongasi Bioplastik Berbahan Pati Ubi Jalar Cilembu dengan Variasi Jenis Pelmastis. *Natural*, 177-182.
- Pratiwi, R., Rahayu, D., & Barliana, M. I. (2016). Utilization of Rice Straw Cellulose (*Oryza sativa*) as Bioplastics. *IJPST*, 83-91.
- Putri, R. R., Hartiati, A., & Harsojuwono, B. A. (2021). The Effect of Types and Concentrations of Plasticizer Materials on Against the Characteristics of Belitung Taro Potato Starch Bioplastic Composite (*Xanthosoma sagittifolium*) - Chitosan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 323-334.
- Safitri, A., Sinaga, P. S., Nasution, H., Harahap, H., Masyithah, Z., Iriany, & Hasibuan. (2022). The role of various plastisizers and fillers additions in improving tensile strength of starch-based bioplastics: A mini review. *IOP Conf*, 1-6.
- Sari, N. I., Syahrir, M., & Pratiwi, D. E. (2022). Effect of Addition of Chitosan and CaCO₃ Filler on Bioplastic Characteristics of Gadung-Yam (*Dioscorea hispida* Dennst). *Jurnal Chemica*, 78-89.