

Pengaruh Suhu Pemanasan Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Biji Durian

Effect of Temperature on Bioplastic Characteristics of Durian Seed Starch

Dodit Ardiatma¹, Hana Marisa Kurniareja²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

¹doditardiatma@pelitabangsa.ac.id*, ²hanamaris316@mhs.pelitabangsa.ac.id

Abstract

Plastic litter is an environmental problem at the moment. Today's widely used plastic is a synthetic polymer plastic made from petroleum that is difficult to dissolve in nature. The concrete step needed to address the environmental problem is to use and develop rapidly bioplastic plastic. Bioplastic plastic (bioplastic) is a bioplastic plastic that is bioplastic by microorganisms that break down. In this study the production of a bioplastic is made from durian seed starch. Selection of materials is based on biodegradability in the environment more easily and abundant raw materials available, and lack of innovation in the use of durian waste. Bioplastic production begins with an 2.5 ounce [2.5 g] of durian seed being diluted by 50 ml [50 ml] aquadest, then stirred and heated with 50°C, 60°C, 70°C, 80°C and 90°C, mix kitchen 1ml and 0.2 - ml glycerol and mix them back for 10 minutes, then pour a bioplastic solution into print, Removing the plastic from the glass plate for characteristic testing. The results of the analysis show that warming temperatures in the gelatinization process affect strong value drag, elongation value and water-resistant value, which, as rising temperature of warming, increases the strong value of drag, elongation value and water resistance. The highest attractive value is found in the 90°C temperature variation of 54.27 mpa. The highest concentration of elation is 16.4, 10 percent. The best water resistance lies in a 90°C warming variation of 21.21 % and the fastest minus time of degradation found in a 50°C temperature variation of 8 days.

Keywords: Durian Seeds, Gelatinization, Starch, Biodegradable Plastic

Abstrak

Sampah plastik merupakan permasalahan lingkungan yang sedang dihadapi pada saat ini. Plastik yang banyak digunakan saat ini adalah jenis plastik polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi yang sulit untuk terurai di alam. Langkah konkrit yang diperlukan untuk mengatasi permasalahan lingkungan tersebut adalah menggunakan dan mengembangkan bahan plastik yang dapat terurai dengan cepat di alam. Bioplastik (bioplastik) merupakan plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme pengurai. Pada penelitian ini pembuatan bioplastik terbuat dari pati biji durian. Pemilihan bahan tersebut didasarkan pada kemampuan terurai di lingkungan lebih mudah serta ketersediaan bahan baku yang melimpah, dan kurangnya inovasi dalam pemanfaatan limbah pati biji durian. Pembuatan bioplastik dimulai dengan menimbang 2,5 gram pati biji durian dilarutkan dengan 50 ml aquadest kemudian diaduk dan dipanaskan dengan variasi suhu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C dan 90°C, campurkan kitosan 1ml dan gliserol 0,2 ml dan aduk kembali selama 10 menit, lalu tuang larutan bioplastik ke cetakan, masukkan ke dalam oven dengan suhu 60°C selama 4 jam, keluarkan cetakan dari oven dan didinginkan pada temperatur ruang selama 24 jam, melepaskan plastik dari plat kaca untuk dilakukan uji karakteristik. Hasil analisa menunjukkan Suhu pemanasan pada proses gelatinisasi berpengaruh terhadap nilai kuat tarik, nilai elongasi dan nilai ketahanan air dimana semakin meningkatnya suhu pemanasan semakin meningkatkan nilai kuat tarik, nilai elongasi dan nilai ketahanan air. Nilai kuat tarik tertinggi terdapat pada variasi suhu pemanasan 90°C yaitu 54.27 Mpa. Persen elongasi tertinggi terdapat pada variasi suhu pemanasan 90°C yaitu 16.10 %. Ketahanan air terbaik terdapat pada variasi suhu pemanasan 90°C yaitu 21.21 % dan waktu degradasi tercepat terdapat pada variasi suhu pemanasan 50°C yaitu 8 hari.

Kata kunci: Biji Durian, Gelatinisasi, Pati, Plastik Biodegradable.

Pendahuluan

Sampah plastik merupakan permasalahan lingkungan yang sedang dihadapi pada saat ini. Plastik banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari dikarenakan memiliki keunggulan seperti kuat, ringan dan stabil[1]. Namun plastik yang banyak digunakan saat ini adalah jenis plastik polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi yang sulit untuk terurai di alam. Langkah konkrit yang diperlukan untuk mengatasi permasalahan lingkungan tersebut adalah menggunakan dan mengembangkan bahan plastik yang dapat terurai dengan cepat di alam[2]. Plastik biodegradable (bioplastik) merupakan plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme pengurai[3]. Pengembangan bahan plastik biodegradable sangat memungkinkan untuk dilakukan mengingat bahan baku yang dibutuhkan berasal dari senyawa-senyawa yang berasal dari tanaman yang sering ditemukan di kehidupan sehari-hari antara lain pati, serat, lignin, dan selulosa. Penggunaan pati sebagai bahan baku pembuatan plastik memiliki keunikan tersendiri yakni memiliki sifat biodegradasi, dan proses pembuatan yang sederhana ditambah lagi sifat yang ramah lingkungan [4].

Biji durian pada saat ini kurang dimanfaatkan dan hanya menjadi limbah. Biji durian dapat diolah menjadi tepung. Selain itu biji durian juga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan plastik biodegradable. Biji durian mudah didapatkan, harganya murah dan hampir di setiap wilayah terdapat tumbuhan durian, hal ini merupakan salah satu faktor penggunaan pati dari biji durian[5]. Pati dari biji durian digunakan karena sifat pati mudah terurai di alam. Untuk meningkatkan karakteristik dari plastik yang berbahan dasar pati dibutuhkan proses gelatinisasi[6].

yang sempurna yang dapat meningkatkan karakteristik tersebut. adanya penambahan sejumlah air pada pati dan dipanaskan pada suhu yang tinggi, maka granula patinya akan menyerap air dan membengkak, inilah yang disebut proses gelatinisasi[7]. Suhu gelatinisasi pati mempengaruhi perubahan viskositas larutan pati, dengan meningkatnya suhu pemanasan mengakibatkan penurunan kekentalan suspensi pati[8]. Oleh karena itu dalam kesempatan penelitian ini akan dilaksanakan suatu penelitian mengenai Pengaruh Suhu Pemanasan Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Biji Durian. Diharapkan dapat menambah kualitas plastik biodegradable dari pati biji durian dan dapat membantu menyelesaikan permasalahan sampah plastik di Indonesia.

Metode Penelitian

Alat yang digunakan :

1. Alat yang digunakan untuk pembuatan pati biji durian terdiri dari : blender, oven, mesh, pisau dan mortar.
2. Alat yang digunakan untuk pembuatan larutan terdiri dari : oven, batang pengaduk, timbangan digital, hot plate, gelas ukur 100 ml, cetakan plat kaca 12x18x5 cm, pipet 5 ml, pipet 1 ml, thermometer, spatula dan gelas kimia 100 ml dan gelas kimia 500 ml.
3. Alat yang digunakan untuk pengujian plastik terdiri dari : mesin kuat tarik, timbangan analitik, gelas kimia dan penjepit.

Bahan yang dibutuhkan :

1. Biji Durian
2. Gliserol
3. Kitosan
4. Aquades
5. Asam Asetat
6. Alkohol 96%

Pembuatan Pati Biji Durian

Menyiapkan biji durian, mengupas hingga hilang kulit ari lalu dicuci bersih, merendam biji durian kedalam air kapur selama 1 jam, mencuci biji durian, meniriskan sebentar, biji durian dihaluskan menggunakan blender dan ditambahkan aquades sebanyak 500 ml, mengeringkan di bawah terik sinar matahari selama 1-2 hari, mengayak dengan ayakan biasa, menggerus menggunakan mortar, mengoven selama 30 menit, mengayak menggunakan 100 mesh, menyimpan pati biji durian yang telah halus dan kering ke dalam wadah[9].

Pembuatan Larutan Kitosan

Menimbang Kitosan sebanyak 5 gr, mencampurkan 5 gr kitosan dengan 500 ml asam asetat 1 %, kemudian diaduk sampai tercampur, menyimpan larutan ke dalam gelas kimia 500 mL [10].

Pembuatan Plastik Biodegradable

2,5 gram pati biji durian dibuat komposisi dengan perbandingan 1:20, lalu dilarutkan dengan 50 ml aqudest kemudian diaduk dan dipanaskan dengan variasi suhu 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C dan 90°C, campurkan kitosan 1ml dan gliserol 0,2 ml dan aduk kembali selama 10 menit, bersihkan cetakan plastik dengan alkohol 96 %, lalu tuang larutan plastik biodegradable ke cetakan, masukkan ke dalam oven dengan suhu 60°C selama 4 jam, keluarkan cetakan dari oven dan didinginkan pada temperatur ruang selama 24 jam, melepaskan plastik dari plat kaca untuk dilakukan uji karakteristik [11].

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian berupa uraian yang menunjukkan fakta/data terkait hasil penelitian. Hasil dapat disajikan dalam bentuk tabel, gambar, dan grafik. Semua tabel dan gambar harus dipanggil dalam paragraf. Untuk memperjelas uraian dapat menggunakan sub judul.

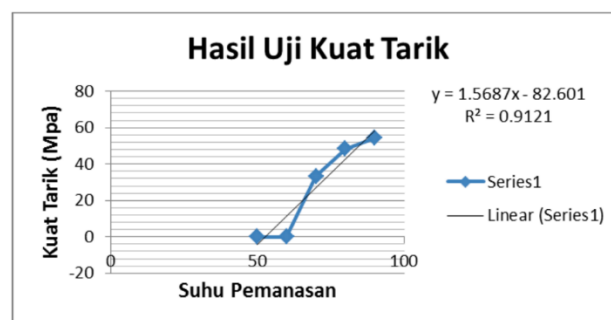
Uji Kuat Tarik

Hasil uji kuat tarik pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. AMG Plastic Industry menggunakan mesin Tensile Tester Merk LABTHINK Type XLW (PC) dengan metode uji ASTM D 882. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1 :

Tabel 1 Hasil Uji Kuat Tarik

No	Variasi Sampel Suhu (°C)	Kuat Tarik (Mpa)
1	50	0
2	60	0
3	70	33.44
4	80	48.33
5	90	54.27

Berikut adalah grafik hasil uji kuat tarik pada plastik biodegradable :



Gambar 2 Grafik Hasil Uji Kuat Tarik

Hasil uji kuat tarik pada penelitian ini dapat dilihat bahwa suhu pemanasan dapat berpengaruh pada hasil uji kuat tarik. Dari gambar 4.2 terlihat sifat kekuatan tarik bioplastik pada suhu 50°C dan 60°C bernilai 0 Mpa karena karakteristik plastik yang dihasilkan sangat rapuh, kemudian mengalami kenaikan pada suhu 70°C hingga suhu 90°C. Sifat kekuatan tarik terbesar pada temperature 90°C yaitu sebesar 54,27 MPa. Sifat kekuatan tarik meningkat dari temperatur 70°C ke 90°C disebabkan pada temperatur 90°C merupakan temperatur terbaik untuk gelatinisasi pati biji durian gelatinisasi mengakibatkan ikatan amilosa akan cenderung saling berdekatan karena adanya ikatan hidrogen, pada suhu 90°C pati belum terjadi retrogradasi dimana terjadi pengembangan butiran sehingga butiran pati akan rusak dan kekentalan larutan akan menurun serta hasil kuat tarik akan menurun.

Pada gambar 4.2 juga menunjukkan suhu pemanasan berpengaruh terhadap nilai kuat tarik yang ditunjukkan pada uji linieritas bahwa nilai koefisien determinasi atau R² bernilai 0,9121. Faradisa[12] mengemukakan nilai koefisien determinasi berada di rentang nol sampai satu. Suatu nilai bisa dikatakan baik jika ia berada diatas angka 0,5, sebaliknya suatu nilai koefisien determinasi dibidang tidak baik jika dibawah 0,5. Hasil penelitian ini sesuai dengan pernyataan dari Handayani [13] Suhu gelatinisasi mempengaruhi sifat kekuatan tarik, semakin tinggi suhu semakin cepat tercapai proses gelatinisasi, semakin sempurna proses gelatinisasi kuat tarik plastik yang dihasilkan semakin besar.

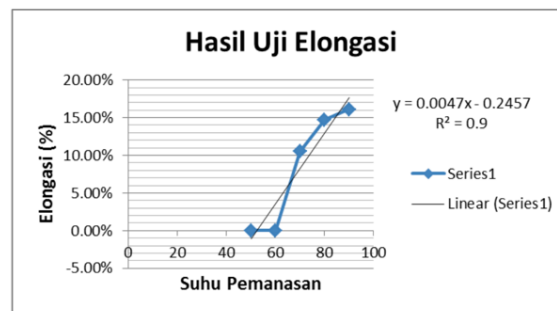
Uji Elongasi

Sama seperti uji kuat tarik, uji persen elongasi pada penelitian ini juga dilakukan di Laboratorium PT. AMG Plastic Industry menggunakan mesin Tensile Tester Merk LABTHINK Type XLW (PC) dengan metode uji ASTM D 882. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2 Hasil Uji Persen Elongasi

No	Variasi Sample Suhu (oC)	Persen Elongasi
1	50	0 %
2	60	0 %
3	70	10, 50 %
4	80	14, 70 %
5	90	16, 10 %

Berikut adalah grafik hasil uji elongasi pada plastik biodegradable :



Gambar 3 Grafik Hasil Uji Elongasi

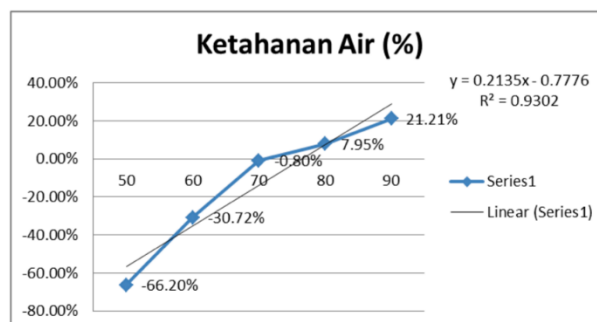
Hasil uji elongasi pada penelitian ini dapat dilihat bahwa suhu pemanasan akan berpengaruh pada hasil uji elongasi. Dari gambar 4.3 terlihat semakin tinggi temperatur gelatinisasi maka sifat pemanjangan pada saat putus semakin besar. Hal ini menunjukkan suhu pemanasan berpengaruh terhadap nilai elongasi yang ditunjukkan pada uji linieritas bahwa nilai koefisien determinasi atau R² bernilai 0,900. Sifat pemanjangan pada saat putus terbesar pada suhu 90oC yaitu sebesar 16,10 %. penambahan gliserol sebanyak 0,2 ml bertujuan agar bioplastik yang dihasilkan bersifat elastis. Hasil penelitian ini sesuai dengan pernyataan dari Ginting suhu gelatinisasi mempengaruhi sifat kekuatan tarik dan pemanjangan pada saat putus [14].

Uji Ketahanan Air

Uji ketahanan air pada penelitian ini Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Hasil Uji Ketahanan Air

No	Variasi sampel suhu	Berat Sample Kering W _o (gr)	Berat sampel setelah direndam W (Gr)	Sampel Basah – sampel kering ΔW (gr)	Penyerapan Air (%)	Ketahanan Air (%)
1	50	0.0142	0.0378	0.0236	166.20%	-66.20%
2	60	0.0222	0.0512	0.0290	130.72%	-30.72%
3	70	0.025	0.0502	0.0252	100.80%	-0.80%
4	80	0.0151	0.0290	0.0139	92.05%	7.95%
5	90	0.0264	0.0472	0.0208	78.79%	21.21%



Gambar 4 Grafik Hasil Uji Ketahanan Air

Pada gambar 4 diperoleh untuk variasi suhu pemanasan, semakin bertambahnya suhu pemanasan hasil uji ketahanan air semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan analisa uji ketahanan air pada bioplastik dari pati biji durian bahwa suhu gelatinisasi mempengaruhi sifat ketahanan air bioplastik.

Pada suhu pemanasan 50°C dan 60°C terdapat banyak butiran pati yang tidak larut dan terdapat banyak pori sehingga banyak menyerap air. Pada suhu 70°C terlihat hanya sedikit butiran pati yang tidak larut sehingga nilai ketahanan air mulai meningkat, suhu 80°C butiran pati telah larut, begitu pula pada suhu 90°C dengan nilai ketahanan air paling tinggi yaitu sebesar 21,21%. Pada gambar 4.4 juga menunjukkan nilai koefisien determinasi atau R² pada uji linieritas bernilai 0,9302 yang berarti suhu pemanasan berpengaruh terhadap nilai ketahanan air. Penelitian ini tidak sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Setiawan[15] yang menyatakan, bahwa dengan semakin meningkatnya temperatur dapat menyebabkan nilai penyerapan air dari bioplastik menjadi meningkat dan ketahanan air semakin menurun. Hal ini dikarenakan pada penelitian yang dilakukan oleh Setiawan pada pembuatan bioplastik berbahan pati biji durian telah mencapai proses dekomposisi atau retrogradasi dimana terjadinya perubahan fisik setelah gelatinisasi. Retrogradasi merupakan perubahan dari bentuk terlarut, terdispersi, bentuk amorf menjadi bentuk yang tidak larut, beragregasi atau membentuk kristal. Sehingga semakin tinggi suhu menyebabkan nilai ketahanan air semakin rendah.

Uji Biodegradasi

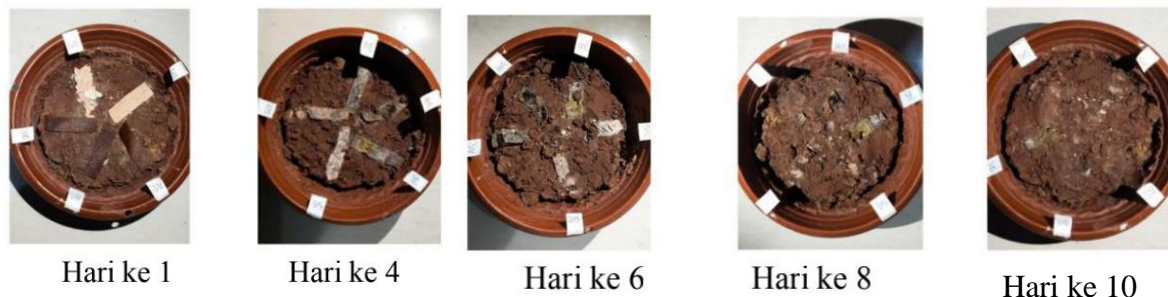
Hasil uji biodegradasi pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Medialab Indonesia. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5

Table 4 Hasil Uji Biodegradasi

No	Variasi suhu pemanasan	Berat sample (gr)					
		Awal	Hari ke 2	Hari ke 4	Hari ke 6	Hari ke 8	Hari ke 10
1	50	0.0593	0.0553	0.0287	0.0112	0.0000	0.0000
2	60	0.0657	0.0594	0.0452	0.3260	0.0062	0.0000
3	70	0.0577	0.0542	0.0312	0.0132	0.0095	0.0000
4	80	0.0634	0.5732	0.0421	0.0278	0.0145	0.0000
5	90	0.0592	0.0446	0.0320	0.0187	0.0078	0.0000

Table 5 Waktu Biodegradasi Sempurna

No	Variasi Suhu Pemanasan	Kehilangan Berat (gr)	Kehilangan Berat (mg)	Persen Kehilangan Berat	Laju Degradasi (mg/hari)	Waktu Degradasi Sempurna
1	50	0.0593	59.3000	100%	7.413	8
2	60	0.0657	65.7000	100%	7.300	9
3	70	0.0577	57.7000	100%	6.411	9
4	80	0.0634	63.4000	100%	6.340	10
5	90	0.0592	59.2000	100%	5.920	10



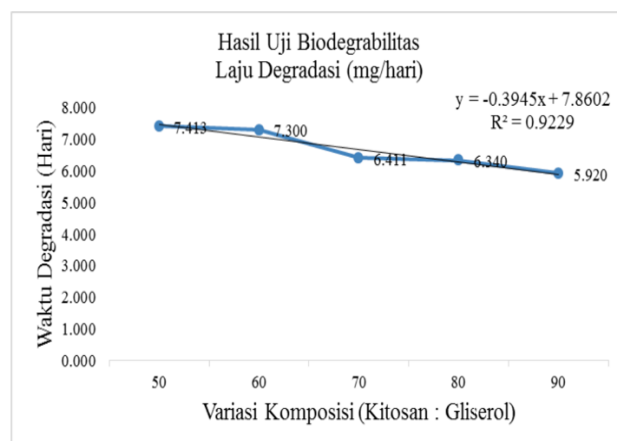
Gambar 5 Hasil Uji Biodegradasi

Pada hari ke-2 untuk sampel bioplastic dengan pemanasan pada suhu 50°C, 60°C dan 70°C terjadi perubahan fisik yaitu sampel mulai melengkung hal ini diakibatkan karena sifat plastik yang elastis. Untuk sampel dengan pemanasan 80 dan 90 tidak terjadi perubahan fisik sampel masih utuh dan belum ditumbuhi jamur. Pada hari ke 4 sampel dengan pemanasan 50°C, 60°C, 70°C, 80°C dan 90°C terjadi perubahan fisik yaitu sampel

mulai ditumbuhi jamur pada beberapa bagian sampel. Hal ini di akibatkan karena sampel terbuat dari bahan alam yang mudah hancur ditanah. Pada hari ke 6 sampel dengan pemanasan suhu 50°C terlihat jamur telah menyebar sekitar 90%, dan sekitar 30% bagian plastik telah hancur. Untuk sampel dengan pemanasan suhu 60°C terlihat jamur telah menyebar sekitar 80% dan sekitar 40% bagian plastik telah hancur. Begitu pula untuk sampel dengan pemanasan suhu 70°C terlihat jamur telah menyebar 70% dan sekitar 35% bagian plastik telah hancur. Untuk sampel dengan pemamanasan suhu 80°C sampel terlihat berwarna hitam kehijauan, jamur telah menyebar sekitar 65% dan sekitar 20% bagian plastik telah hancur. Untuk sampel dengan pemamanasan suhu 90°C sampel terlihat berwarna hitam kehijauan, jamur telah menyebar sekitar 50% .

Pada hari ke 8 sampeldengan pemanasan suhu 50°C sudah hancur sekitar 85% dan sebagian telah menyatu dengan tanah. Untuk sampel dengan pemanasan suhu 60°C sudah hancur sekitar 80 % tersisa potongan kecil dan sebagian telah menyatu dengan tanah.untuk sampel dengan pemanasan suhu 70°C terlihat jamur telah menyebar 90% dan sekitar 75% bagian plastik telah hancur. Untuk sampel dengan pemamanasan suhu 80°C sampel terlihat berwarna hitam kehijauan jamur telah menyebar sekitar 70% dan sekitar 50% bagian plastik telah hancur. Untuk sampel dengan pemamanasan suhu 90°C sampel terlihat berwarna hitam kehijauan, jamur telah menyebar sekitar 80% dan sekitar 60% bagian plastik telah hancur.

Pada hari ke 9 Untuk sampel pemanasan suhu 70 sudah hancur sekitar 85 % dan tersisa potongan kecil sekitar 15 %. dan sebagian telah menyatu dengan tanah. Untuk sampel dengan pemanasan suhu 80°C sampel terlihat sudah hancur dan tersisa potongan kecil sekitar 6%.Sedangkan untuk sampel dengan pemanasan suhu 90°Ctersisa potongan kecil sekitar 15 %. Pada hari ke 10 sampel dengan pemanasan suhu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C dan 90°C sampel sudah hancur dan menyatu dengan tanah, artinya telah terjadi degradasi secara sempurna.



Gambar 6 Laju Degradasi Plastik Biodegradable

Menurut Utomo, dkk suhu yang semakin tinggi, menyebabkan partikel plastik banyak mengalami perubahan fisiko kimia menjadikan plastik semakin homogen dan strukturnya rapat, dengan karakteristik tersebut tentunya menyebabkan mikroorganisme sulit menguraikan partikel-partikel penyusun plastik. Pada gambar 6 juga menunjukkan suhu pemanasan berpengaruh terhadap nilai kuat tarik yang ditunjukkan pada uji linieritas bahwa nilai koefisien determinasi atau R2 bernilai 0,9229 [16]. Berdasarkan pengamatan uji biodegradasi untuk variasi suhu pemanasan membuktikan bahwa plastik yang dibuat merupakan plastic yang ramah lingkungan, terjadi degradasi sempurna pada hari ke 10. Dimana pati merupakan bahan alam yang mudah terurai dan kitosan yang bersifat biodegradasi sehingga dapat terurai di alam.

Kesimpulan

Suhu pemanasan pada proses gelatinisasi berpengaruh terhadap nilai kuat tarik, nilai elongasi dan nilai ketahanan air dimana semakin meningkatnya suhu pemanasan semakin meningkatkan nilai kuat tarik, nilai elongasi dan nilai ketahanan air. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwasannya suhu optimum bioplastik dari karakteristik uji kuat tarik sebesar 70°C, dan 90°C untuk uji elongasi, uji ketahanan air serta uji biodegradabilitas.

Daftar Rujukan

- [1] P. Coniwanti, L. Laila, dan M. R. Alfira, Pembuatan Film Plastik Biodegradabel Dari Pemplastis Gliserol, vol. 20, no. 4, hal. 22–30, 2018.
- [2] P. Dari, G. Gadung, D. A. N. Serat, dan D. Nanas, No Title, vol. 3, no. 1, 2018.
- [3] U. J. I. Ketahanan dan D. A. N. Struktur, Pembuatan, uji ketahanan dan struktur mikro plastik biodegradable dengan variasi kitosan dan konsentrasi pati biji durian, 2017.
- [4] S. D. Sinambela, S. Ariswoyo, dan H. R. Sitepu, *Antara Estimasi M Dengan Type Welsh Dengan Least Trimmed Square Dalam Data*, vol. 02, no. 03, hal. 225–235, 2019.
- [5] M. H. S. Ginting et al., Pengaruh variasi temperatur gelatinisasi pati terhadap sifat kekuatan tarik dan pemanjangan pada saat putus bioplastik pati umbi talas, no. November, hal. 1–3, 2016.
- [6] P. Kitosan et al., Universitas Sumatera Utara, 2017.
- [7] P. Suhu, D. A. N. Lama, P. Terhadap, dan A. Chitosan, Karakteristik Fisikokimiawi Plastik Biodegradable Dari Komposit Pati Lidah Buaya (Aloe Vera) -Kitosan *Effect of Temperature and Drying Duration toward Psychochemical Characteristic of Biodegradable Plastic from Starch Composite of*, vol. 1, no. 1, 2017.
- [8] Fitria Handayani. Manfaat Limbah Abu Batu Sebagai Tambahan Material Bahan Bangunan. Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan .Banjarmasin. 2019 .
- [9] Geo, Flysh. Pengertian Air, Fungsi, Sumber dan Manfaatnya. Jakarta. 2018.
- [10] Hidayati, R., Peningkatan Kuat Tekan Paving Block Menggunakan Campuran Tanah dan Semen, Skripsi, Universitas Lampung, Bandar Lampung. 2016.
- [11] Indrawijaya, Budi. Pemanfaatan Limbah Plastik LDPE Sebagai Pengganti Agregat Untuk Pembuatan Paving Block Beton. 2019.
- [12] Isnawati . Pengaruh Penambahan Agregat Limbah Plastik Terhadap Kuat Tekan Beton. *Universitas Islam Negeri Alauddin. Makasar*. 2015.
- [13] Maharani, Emma Sukma. Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis Styrofoam Sebagai Bahan Baku Pembuatan Batak. Skripsi. Bekasi : *Universitas Pelita Bangsa*. 2019.
- [14] Munawaroh, Siti. Hubungan Pengetahuan Masyarakat Tentang Sampah Dengan Perilaku Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah Di Kelurahan Sukosari Kecamatan Sukoharjo Kota Madiun. 2011.
- [15] Murdiyoto RA, Pemanfaatan Limbah Botol Plastik Jenis PET (Poly Ethylene Terephthalate) untuk Agregat Kasar Pembuatan Paving Block. [Tesis]. *Jakarta : Universitas Indonesia, Program Pascasarjana*. 2011.
- [16] Praputri, E., Mulyazmi, E., Sari, M., Martynis. Pengolahan Limbah Plastik Polypropylene Sebagai Bahan Bakar Minyak (BBM) dengan Proses Pyrolysis. *Seminar Nasional Teknik Kimia- Teknologi Oleo Petro Kimia Indonesia. Pekanbaru*. 2016.