

# PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI PATI LIMBAH TONGKOL JAGUNG (*ZEA MAYS*) DENGAN PENAMBAHAN *FILLER* KALSIMUM SILIKAT DAN KALSIMUM KARBONAT

Abdillah Hilmi Adiprawira Radtra, Drs. Sigit Udjiana, M.Si

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia  
[hilmiradtra@gmail.com](mailto:hilmiradtra@gmail.com), [[sgu.polinema@gmail.com](mailto:sgu.polinema@gmail.com)]

## ABSTRAK

Permasalahan tentang sampah plastik di Indonesia berdampak pada ketidakstabilan ekosistem lingkungan dan peningkatan pencemaran lingkungan. Pemakaian plastik dalam kehidupan sehari-hari sebagai pengemas terus mengalami peningkatan menyebabkan limbah plastik semakin bertambah dari hari ke hari. Sampah plastik berasal dari bahan baku minyak bumi sulit terurai oleh mikroba di dalam tanah. Plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme dan terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui. Penelitian pemanfaatan sintesis plastik *biodegradable* telah dikembangkan karena bersifat ramah lingkungan dan terbarukan. Plastik *biodegradable* merupakan bahan alternatif untuk menggantikan plastik kemasan konvensional agar tidak mencemari lingkungan. Plastik *biodegradable* dibuat dengan polimer alam sebagai bahan utama sehingga mudah dicerna oleh mikroorganisme. Tongkol jagung merupakan limbah dari pengolahan jagung yang digunakan industri makanan. Kandungan pati dalam tongkol jagung dapat dimanfaatkan untuk dibuat menjadi plastik *biodegradable*. Dalam penelitian ini, plastik *biodegradable* disintesis dari pati tongkol jagung dengan *filler* kalsium karbonat dan kalsium silikat lalu sorbitol sebagai *plasticizer*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi *filler* terhadap hasil plastik *biodegradable* yang dibuat. Karakteristik *biodegradable* ditandai dengan adanya uji biodegradasi, ketahanan air, dan uji kuat tarik.

**Kata kunci:** bioplastik, *biodegradable*, *filler*, pati, *plasticizer*

## ABSTRACT

*The problem of plastic waste in Indonesia has an impact on the instability of environmental ecosystems and an increase in environmental pollution. The use of plastic in everyday life as packaging continues to increase, causing plastic waste to increase from day to day. Plastic waste derived from petroleum raw materials is difficult to decompose by microbes in the soil. Biodegradable plastics are plastics that can be degraded by microorganisms and are made from renewable materials. Research on the use of biodegradable plastic synthesis has been developed because it is environmentally friendly and renewable. Biodegradable plastic is an alternative material to replace conventional plastic packaging so as not to pollute the environment. Biodegradable plastics are made with natural polymers as the main ingredient so that they are easily digested by microorganisms. Corn cobs are waste from processing corn used by the food industry. The starch content in corn cobs can be used to make biodegradable plastics. In this study, biodegradable plastics were synthesized from corncob starch with calcium carbonate and calcium silicate as filler and then sorbitol as a plasticizer. The purpose of this study was to study and the effect of variations in material composition on the yield of biodegradable plastic made. The biodegradable characteristics are characterized by the presence of biodegradation tests, water resistance, and tensile strength tests.*

**Keywords:** *biodegradable*, bioplastic, *filler*, *plasticizer*, starch

## 1. PENDAHULUAN

Sampah plastik adalah limbah yang sangat sulit terurai secara alami oleh alam. Limbah plastik dalam jumlah banyak akan mempengaruhi kondisi lingkungan alam disekitarnya. Karena limbah plastik terbuat dari bahan polimer sintetis, dan proses penguraiannya berlangsung dalam kurun waktu yang lama. Indonesia merupakan penyumbang buangan sampah plastik terbesar di laut kedua setelah Cina pada urutan pertama. Hingga saat ini masyarakat umum pada pengolahan sampah khususnya sampah plastik masih dilakukan secara tradisional yaitu dengan membakar maupun menimbun sampah plastik tersebut. Proses pengolahan sampah yang seperti ini memiliki banyak dampak negatif yang ditimbulkan. Dengan munculnya berbagai macam masalah lingkungan akibat sampah plastik, maka salah satu solusi dari penanggulangan sampah plastik adalah dengan menggantikan plastik konvensional dengan plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* dapat dihasilkan melalui beberapa cara, salah satunya adalah biosintesis menggunakan bahan yang mengandung pati atau selulosa [1].

Pada penelitian terdahulu yaitu pengaruh penambahan sorbitol dan kalsium karbonat terhadap karakteristik dan plastik *biodegradable* menyatakan penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* dan kalsium karbonat sebagai *filler* mempengaruhi sifat fisik dan mekanik film dari pati kulit pisang, semakin banyak penambahan sorbitol dan kalsium karbonat maka semakin besar persentase kehilangan berat film dari pati kulit pisang [2]. Lalu untuk penelitian pemanfaatan biji durian sebagai bahan baku plastik *biodegradable* dengan plasticizer gliserol dan bahan pengisi kalsium karbonat dari hasil penelitian diperoleh sifat mekanik film plastik yang terbaik adalah pada sampel 25% gliserol 1,5 gram  $\text{CaCO}_3$  dengan nilai kuat tarik yaitu 0,71 MPa [3]. Menurut penelitian pengaruh penambahan *filler* kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan clay terhadap sifat mekanik dan *biodegradable* plastik menyatakan penambahan kalsium karbonat terhadap nilai *tensile strength* berbanding terbalik, dimana semakin besar presentase  $\text{CaCO}_3$ , maka nilai *tensile strength* akan semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa struktur molekul bioplastik adalah amorf [4].

Pembuatan plastik *biodegradable* pada penelitian ini menggunakan bahan dasar dari pati tongkol jagung, karena salah satu hasil pertanian unggulan Indonesia adalah jagung. Berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik) produktivitas jagung di tahun 2016 mencapai 23,6 juta ton sedangkan di tahun 2019 meningkat menjadi 29,93 juta ton dan selalu meningkat setiap tahunnya. Hasil panen jagung terdiri dari 60-70% berupa jagung pipilan dan 30% berupa limbah tongkol jagung. Tongkol jagung merupakan salah satu limbah lignoselulosik yang ketersediaannya sangat melimpah di Indonesia. Limbah lignoselulosik adalah limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Masing-masing merupakan senyawa yang potensial dapat dikonversi menjadi produk yang lebih bermanfaat. Sehingga besarnya kandungan lignoselulosa terutama selulosa dalam tongkol jagung, menyebabkan tongkol jagung berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar plastik *biodegradable* [5]. Pada penelitian ini, plastik *biodegradable* berbahan dasar dari pati tongkol jagung diharapkan mampu mengurangi dampak kerusakan lingkungan dari pengaruh sampah plastik dan mampu mengoptimalkan pengolahan tongkol jagung.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari berbagai jenis dan jumlah *filler* yaitu kalsium karbonat dan kalsium silikat dari pati limbah tongkol jagung (*Zea Mays*) sehingga dapat dihasilkan plastik *biodegradable* dengan karakteristik terbaik dari semua jenis pengujian yang dilakukan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, dimana dalam pembuatan plastik *biodegradable* menggunakan metode casting.

Metode ini dimulai dengan melarutkan pati dari tongkol jagung sebesar 10 gram dalam aquades 200 ml, kemudian dipanaskan pada suhu 70°C selama 10 menit sampai terbentuk gelatin. Setelah terjadi gelatinisasi, kemudian ditambahkan zat penguat atau *filler* (kalsium silikat dan kalsium karbonat) sesuai variabel serta *plasticizer* sorbitol sebesar 30% dari berat pati dan diaduk selama 10 menit hingga komponen larut sempurna. Larutan didinginkan hingga suhu 50°C kemudian dicetak dalam plat kaca. Keringkan dalam oven 70°C selama 6 jam, kemudian dilanjutkan pada suhu kamar selama 24 jam. Plastik *biodegradable* yang telah kering, di uji karakteristik filmnya. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik, uji *biodegradable*, dan uji *water absorption*.

### 2.1. Analisa Uji Tarik

Analisa uji tarik menggunakan alat MCT-2150. Pengujian ini dilakukan dengan cara menjepitkan sampel plastik *biodegradable* ke alat tersebut. Kemudian tombol *start* di tekan pada komputer lalu penarikan dimulai hingga sampel putus. Nilai hasil kekuatan tarik dapat dilihat pada komputer.

**Tabel 1.** Data pengamatan uji kuat tarik plastik *biodegradable* terhadap variasi jenis *filler* dan jumlah *filler* (kalsium karbonat dan kalsium silikat)

Jenis <i>Filler</i>	% <i>Filler</i>	Kuat Tarik (MPa)
Kalsium Karbonat	2	0,9645
	4	1,2789
	6	1,415
	8	1,5776
	10	1,4988
Kalsium Silikat	2	0,8921
	4	1,4155
	6	1,8147
	8	1,9658
	10	1,9843

## 2.2. Analisa Uji Water Absorption

Sampel plastik *biodegradable* dipotong dengan ukuran 3 x 3 cm. Sampel ditimbang massa awalnya ( $M_0$ ). Setelah itu direndam ke dalam air selama 10 detik. Kemudian sampel dikeringkan dengan menggunakan tisu kering dan ditimbang massa akhirnya.

$$\% \text{ Peningkatan massa bahan} = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100\% \quad (1)$$

**Tabel 2.** Data pengamatan uji *water absorption* plastik *biodegradable* terhadap variasi jenis *filler* dan jumlah (kalsium karbonat dan kalsium silikat)

Jenis <i>Filler</i>	% <i>Filler</i>	Uji <i>Water Absorbtion</i>		
		$M_0$	$M_1$	%
Kalsium Karbonat	2	0,046	0,058	26%
	4	0,043	0,061	42%
	6	0,055	0,084	53%
	8	0,046	0,077	67%
	10	0,057	0,089	56%
Kalsium Silikat	2	0,062	0,085	37%
	4	0,081	0,099	22%
	6	0,074	0,088	19%
	8	0,101	0,115	14%
	10	0,096	0,107	11%

## 2.3. Analisa Uji Biodegradability

Plastik *biodegradable* berbasis pati tongkol jagung diuji dengan memasukkan sampel berukuran 3 x 3 cm ke dalam tanah selama 5 hari. Perlakuannya pertama yaitu ditimbang massa awal sebelum terdegradasi lalu setelah terdegradasi ditimbang lagi untuk mengetahui berapa % perubahannya.

$$\% \text{ Massa terdegradasi} = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100\% \quad (2)$$

**Tabel 3.** Data pengamatan uji biodegradasi plastik *biodegradable* terhadap variasi jenis *filler* dan jumlah *filler* (kalsium karbonat dan kalsium silikat)

Jenis <i>Filler</i>	% <i>Filler</i>	Uji <i>Biodegradability</i>		
		$M_0$	$M_1$	%
Kalsium Karbonat	2	0,04	0,031	23%
	4	0,042	0,028	33%
	6	0,044	0,017	61%

Tabel 3. Lanjutan

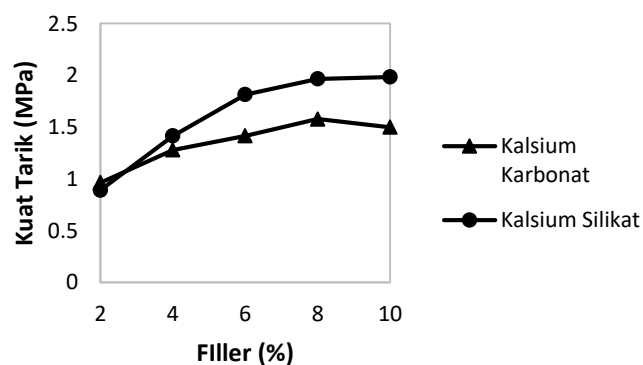
Jenis <i>Filler</i>	% <i>Filler</i>	Uji <i>Biodegradability</i>		
		M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	%
Kalsium Karbonat	8	0,051	0,011	78%
	10	0,057	0,013	77%
	2	0,074	0,06	19%
	4	0,083	0,066	20%
Kalsium Silikat	6	0,065	0,042	35%
	8	0,081	0,049	40%
	10	0,085	0,038	55%

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Plastik *biodegradable* dalam penelitian ini dibuat dari bahan baku pati tongkol jagung. Metode yang digunakan untuk penelitian pembuatan plastik *biodegradable* dari pati tongkol jagung adalah metode *casting* dengan bahan tambahan berupa *plasticizer* sorbitol serta *filler* kalsium karbonat dan kalsium silikat. Plastik *biodegradable* yang telah jadi kemudian dilakukan uji dengan berbagai macam analisa, yaitu analisa uji kuat tarik, analisa uji *water absorption*, dan analisa uji biodegradasi.

#### 3.1 Pengaruh Jenis dan Jumlah *Filler* Terhadap Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan gaya optimum yang mampu ditahan oleh plastik *biodegradable* hingga putus. Definisi uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besar kemampuan suatu struktur dengan jumlah *plasticizer* dan *filler* yang ditambahkan pada proses pembuatan plastik *biodegradable*.



**Gambar 1.** Uji kuat tarik plastik *biodegradable* terhadap variasi jenis *filler* dan jumlah *filler* (kalsium karbonat dan kalsium silikat)

Penentuan daya regang (*tensile strength*) atau sering dikenal juga sebagai kuat tarik merupakan gaya maksimum yang terjadi pada film selama pengukuran berlangsung. Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jenis dan jumlah *filler* yang ditambahkan pada

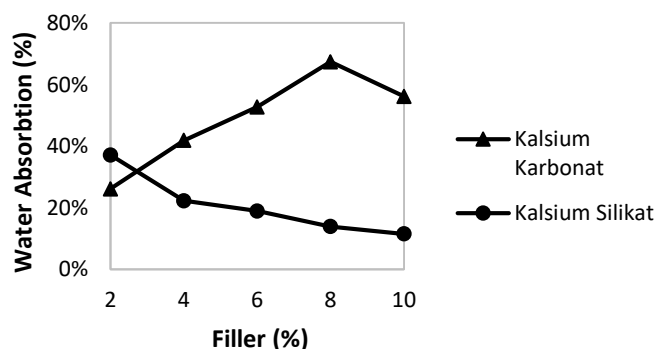
proses pembuatan plastik *biodegradable*. Uji kuat tarik merupakan salah satu uji untuk mengetahui ketahanan suatu bahan terhadap gaya tarik yang dikenakan [6].

Perbandingan data kuat tarik secara keseluruhan antara plastik *biodegradable* dengan *filler* kalsium karbonat dan plastik *biodegradable* dengan *filler* kalsium silikat, didapatkan nilai kuat tarik yang tidak jauh beda. Kalsium karbonat dan kalsium silikat merupakan bahan pengisi pada penelitian ini, dilihat dari sifat mekanik kalsium silikat yang lebih solid dibandingkan kalsium karbonat yang digunakan sebagai bahan penyatu pada pembuatan semen [7]. Dapat dilihat pada Gambar 1. grafiknya terus meningkat seiring semakin banyaknya persentase jumlah *filler* yang ditambahkan. Semakin besar konsentrasi kalsium karbonat, maka ketahanan air semakin besar juga. Didapatkan nilai uji tarik plastik *biodegradable* dengan *filler* kalsium karbonat berkisar dari 0,96645 – 1,4988 MPa dan nilai uji tarik yang paling besar adalah kalsium karbonat 8%, seharusnya pada kalsium karbonat 10% yang mendapatkan nilai terbesar pada uji kuat tarik tapi pada penelitian semakin menurun pada nilai kuat tarik kalsium karbonat 10%. Hal ini dapat terjadi karena ketika proses pencampuran dan pemasakan, kalsium karbonat yang dicampurkan belum terlalu homogen, sehingga penambahan *filler* yang semakin banyak menghasilkan nilai kuat tarik yang berbeda dari sebelumnya.

Kondisi ini berlaku juga dengan hasil uji tarik dari plastik *biodegradable* dengan *filler* kalsium silikat. Pada Gambar 1 grafiknya cenderung meningkat, karena semakin banyak presentase *filler* kalsium silikat diberikan maka semakin juga memperkuat ketahanan kuat tarik plastik *biodegradable* tersebut. Didapatkan nilai kuat tarik plastik *biodegradable* dengan *filler* kalsium silikat berkisar dari 0,8921 – 1,9843 MPa, dengan nilai uji tarik paling besar pada *filler* kalsium silikat 10%. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu bahwa, penambahan *filler* kitosan dan kalsium silikat memiliki pengaruh yang sama terhadap kuat tarik plastik *biodegradable* karena penambahan *filler* menyebabkan kuat tarik semakin tinggi [8].

### 3.2 Pengaruh Jenis dan Jumlah *Filler* Terhadap *Water Absorption*

Uji ketahanan terhadap air atau yang biasa disebut dengan *water absorption* merupakan pengujian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat ketahanan plastik terhadap air. Uji ini diperlukan untuk membandingkan sifat plastik *biodegradable* dengan plastik sintesis *non-biodegradable*. Hal ini dikarenakan plastik dipilih salah satu alasannya adalah berdasar kemampuannya yang tahan terhadap air [9].

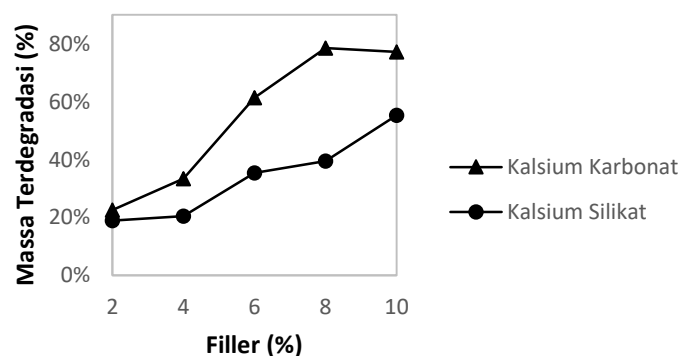


**Gambar 2.** Uji *water absorption* plastik *biodegradable* terhadap variasi jenis *filler* dan jumlah (kalsium karbonat dan kalsium silikat)

Uji yang dilakukan ini untuk mengetahui seberapa besar daya serap bahan tersebut terhadap air. Pada plastik *biodegradable* diharapkan air yang terserap pada bahan sangat sedikit atau dengan kata lain daya serap bahan tersebut terhadap air harus rendah. Gambar 2 memperlihatkan pengaruh pada plastik *biodegradable* dengan penambahan *filler* kalsium karbonat dan kalsium silikat dari berbagai variasi terhadap persentase penyerapan air, pada grafik yang ditunjukkan presentase nilai penyerapan airnya yang sama-sama meningkat. Penambahan kalsium karbonat meningkatkan kelarutan dalam air yang begitu signifikan terlihat dalam Gambar 2. Nilai presentase *water absorption* dengan *filler* kalsium karbonat yang didapat berkisar dari yang terendah 26% pada kalsium karbonat 2% hingga yang tertinggi 67% pada kalsium silikat 8%, dimana seharusnya nilai *water absorption* yang tertinggi terletak pada kalsium karbonat 10%, ini bisa disebabkan karena ketika proses pencampuran dan pemanasan terjadi kurang homogen. Kalsium karbonat yang dilarutkan dalam larutan pati akan berbentuk partikel-partikel kecil, apabila partikel tersebut masuk kedalam struktur pati maka struktur tersebut akan meregang membentuk rongga-rongga yang memudahkan air masuk ke dalam. Kondisi ini berbeda dengan *filler* kalsium silikat, dapat dilihat pada Gambar 2 menunjukkan semakin banyaknya jumlah kalsium silikat yang diberikan maka semakin tahan juga terhadap penyerapan dari air. Penambahan kalsium silikat sebagai *filler* semakin memperkuat ketahanan plastik *biodegradable* terhadap air, yang ditunjukkan dengan menurunnya nilai *water absorption*. Akan tetapi nilai presentase *water absorption* tersebut masih terlalu tinggi. Dalam penelitian ini penggunaan *filler* kalsium silikat menunjukkan sampel yang tahan air. Nilai presentase *water absorption* dengan *filler* kalsium siliakt yang didapat berkisar dari yang tertinggi 37% pada kalsium silikat 2% hingga yang terendah 11% pada kalsium silikat 10%.

### 3.3 Pengaruh Jenis dan Jumlah *Filler* Terhadap Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan untuk mengetahui apakah suatu bahan dapat terdegradasi dengan baik di lingkungan. Proses biodegradasi dapat terjadi dengan proses hidrolisis (degradasi kimiawi), bakteri/jamur, enzim (degradasi enzimatik), oleh angin dan abrasi (degradasi mekanik), cahaya (fotodegradasi). Reaksi degradasi kimia dalam polimer linier menyebabkan turunnya berat molekul atau pemendekan panjang rantai [10].



**Gambar 3.** Uji biodegradasi plastik *biodegradable* terhadap variasi jenis *filler* dan jumlah *filler* (kalsium karbonat dan kalsium silikat)

Pada penelitian ini, pengujian biodegradasi plastik *biodegradable* dilakukan dengan cara penguburan sampel plastik *biodegradable* pada tanah depan rumah yang ditumbuhi rerumputan. Penguburan plastik *biodegradable* dilakukan selama 5 hari. Degradasi polimer digunakan untuk menyatakan perubahan fisik akibat reaksi kimia yang mencakup pemutusan ikatan dalam tulang punggung dari makro molekul. Reaksi degradasi kimia dalam polimer linier menyebabkan turunnya berat molekul atau pemendekan panjang rantai [11]. Presentase biodegradasi plastik *biodegradable* dengan variasi jenis dan jumlah *filler* (kalsium karbonat dan kalsium silikat) dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari masing-masing *filler* yang diuji dapat dilihat pada Gambar 3 semakin banyak *filler* kalsium silikat dan kalsium karbonat yang diberikan maka semakin besar juga massa plastik *biodegradable* yang terdegradasi oleh tanah. Semakin besar konsentrasi *filler* yang ditambahkan pada plastik akan memudahkan mikroorganisme untuk menguraikan plastik tersebut tanpa proses polimerisasi yang lama sehingga dengan mudah plastik akan kehilangan massanya. Dari Gambar 3 di atas dapat dilihat nilai presentase biodegradasi dari *filler* kalsium karbonat berkisar mulai dari 23-77% dan nilai presentase terendah pada kalsium karbonat 2% lalu untuk yang tertinggi adalah pada kalsium karbonat 10%. Nilai presentase biodegradasi dari *filler* kalsium silikat berkisar dari 19-55% dan nilai presentase yang terendah adalah pada kalsium silikat 2% lalu untuk presentase yang tertinggi adalah kalsium silikat 10%. Angka-angka tersebut masih terlalu besar untuk kurun waktu 5 hari penimbunan karena berdasarkan standard ASTM D6400 plastik *biodegradable* mampu terdegradasi 60% hingga 90% selama kurang dari 15.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian plastik *biodegradable* dari pati tongkol jagung dengan variasi *filler* kalsium karbonat dan kalsium silikat memiliki pengaruh yang sama terhadap uji kuat tarik dan uji kekuatan biodegradasi dalam tanah dan untuk uji water absorption hasilnya berkebalikan. Untuk pengaruh jenis *filler* yang baik pada uji tarik adalah *filler* kalsium silikat karena nilai uji tarik yang tertinggi adalah kalsium silikat 10%. Pada uji water absorption yang paling baik adalah *filler* kalsium silikat karena semakin banyak kalsium silikat yang diberikan maka semakin kecil kecil juga nilai presentase penyerapan airnya hasil ini berbanding terbalik dengan *filler* kalsium karbonat. Lalu untuk uji biodegradasi pada semua *filler* nilai presentasenya terlalu besar untuk 5 hari penimbunan, masih belum sesuai dengan standar ASTM D6400.

##### 4.2 Saran

Saran dari peneliti untuk penelitian kedepannya yang serupa adalah saat proses pencampuran dan pemanasan pastikan ketika pemanasan suhunya stabil dan sesuai, kendala penelitian ini karena dilakukan dirumah dan pemanasannya menggunakan kompor jadi susah untuk membuat suhunya stabil. Selain itu juga lebih baik menggunakan stirrer Ketika proses pencampuran dan pemanasan agar pencampuran bahan terjadi homogen yang lebih sempurna.



## REFERENSI

- [1] Flieger, M., Kantorová, M., Prell, A., and Rezanka, T. V. J., 2003, *Biodegradable Plastics from Renewable Sources*, Folia Microbiol (Praha), Vol. 48, 27–44.
- [2] Widyaningsih, S., Kartika, D., and Tri Nurhayati, Y., 2012, *Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang*, Molekul, Vol. 7, No. 1, 69.
- [3] Haryati, S., Rini, A. S., and Safitri, Y., 2017, *Pemanfaatan Biji Durian Sebagai Bahan Baku Plastik Biodegradable dengan Plasticizer Gliserol dan Bahan Pengisi CaCO<sub>3</sub>*, Jurnal Kimia, Vol. 23, No. 1, 1–8.
- [4] Yeti, R., and Hasanah, H., 2017, *Pengaruh Penambahan Filler Kalsium Karbonat (CaCO<sub>3</sub>) dan Clay Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Plastik dari Limbah Tapioka*, Techno, Vol. 18, No. 2, 96–107.
- [5] Saputro, A. N. C., and Ovita, A. L., 2017, *Synthesis and Characterization of Bioplastic from Chitosan-Ganyong Starch (Canna edulis)*, JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia), Vol. 2, No. 1, 13.
- [6] Utami, M. R., and Widiarti, N., 2014, *Sintesis Plastik Biodegradable dari Kulit Pisang dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol*, Indonesian Journal of Chemical Science, Vol. 3, 2.
- [7] Trisanti, R. Z., Sari, J. P., and Udjiana, S. S., 2019, *Karakterisasi Plastik Biodegradable dari Pati Jagung (Zea Mays) dengan Penambahan Filler Kalsium Silikat dan Kalsium Karbonat*, Distilat: Jurnal Teknologi Separasi, Vol. 5, No. 2, 105–111.
- [8] Udjiana, S. S., Hadianoro, S., Syarwani, M., and Suharti, P. H., 2019, *Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Biodegradable dari Umbi Talas (Xanthosoma sagittifolium) dengan Penambahan Filler Kitosan dan Kalsium Silikat*, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 3, No. 1, 10.
- [9] Bourtom, T., 2008, *Plasticizer Effect on the Properties of Biodegradable Blend Film Form Rice Starch-Chitosan*, Sci. Technol, Vol. 30, 149–165.
- [10] Eli, R. N. M., Surdia, C.L., and Radiman, E. R., 2003, *Pengaruh Variasi Komposisi Amilosa Terhadap Kemudahan Biodegradasi Poliuretan*, Jurnal Matematika & Sains, Vol. 8, 157–161.
- [11] Hidayat, F., Syaubari, S., and Salima, R., 2020, *Pemanfaatan Pati Tapioka dan Kitosan dalam Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Penambahan Gliserol Sebagai Plasticizer*, Jurnal Litbang Industri, Vol. 10, No. 1, 33.