

## Pengaruh Jenis dan Konsentrasi *Filler* terhadap Karakteristik Bioplastik dari Tepung Maizena

*The Effect of Filler Type and Concentration on The Bioplastic Characteristics of Cornstarch*

**Parngoluan Hutabalian, Bambang Admadi Harsujowono\*, Amna Hartati**

PS Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit  
Jimbaran, Badung, Kode pos : 80361; Telp/Fax : (0361) 701801

Diterima 14 September 2020 / Disetujui 08 Oktober 2020

### ABSTRACT

*This study aims to determine the effect of filler types and concentrations and their interactions on the characteristics of bioplastics and to determine the concentrations and types of fillers that produce bioplastics with the best characteristics. This research used factorial randomized block design. The first factor is the type of filler consisting of 3 levels that is ZnO, clay, CaCO<sub>3</sub>. The second factor is the filler concentration consisting of 3 levels 0, 3, 6, and 9% (w/w). Each treatment are grouped into two time-based of making bioplastics, so there are 24 experimental units. The variabels observed were tensile strength, elongation at break, modulus young, swelling, and biodegradation. The data obtained were analyzed of variant and test Tukey's. The results showed that the concentration and type of filler had a very significant effect on tensile strenght, elongation at break, modulus young and swelling but had no significant effect on the biodegradation value. The 9% concentration with ZnO filler produced the best bioplastic characteristics with a tensile strength value 4.11 MPa, elongation at break 31.16%, modulus young 7.06 MPa, swelling 55.01%, and biodegradability for 6-7 days.*

**Keywords:** Bioplastics, filler concentration, ZnO, clay, CaCO<sub>3</sub>

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis dan konsentrasi *filler* serta interaksinya terhadap karakteristik bioplastik serta menentukan konsentrasi dan jenis *filler* yang menghasilkan bioplastik dengan karakterisitik terbaik. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial. Faktor pertama adalah jenis *filler* yang terdiri dari 3 taraf yaitu ZnO, clay CaCO<sub>3</sub>. Faktor kedua adalah konsentrasi *filler* yang terdiri dari tiga taraf yaitu 0, 3, 6, dan 9% (b/b). Masing-masing perlakuan dikelompokkan menjadi 2 berdasarkan waktu pembuatan bioplastik, sehingga terdapat 24 unit percobaan. Variabel yang diamati yaitu kuat tarik, perpanjangan saat putus, elastisitas, pengembangan tebal serta biodegradasi. Data yang diperoleh dianalisis keragamannya dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur. Hasil penelitian menunjukkan bawa konsentrasi dan jenis *filler* berpengaruh sangat nyata terhadap kuat tarik, perpanjangan saat putus, elastisitas dan pengembangan tebal tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai biodegradasi. Konsentrasi 9% dengan *filler* ZnO menghasilkan karakteristik bioplastik terbaik dengan nilai kuat tarik sebesar 4,11 MPa, perpanjangan saat putus 31,16%, elastisitas 7,06 MPa, uji pengembangan tebal 55,01% dan kemampuan biodegradasi selama 6-7 hari.

---

\*Korespondensi Penulis:

Email: bambang.admadi@unud.ac.id

**Kata Kunci:** Bioplastik, konsentrasi *filler*, ZnO, clay, CaCO<sub>3</sub>

## PENDAHULUAN

Penggunaan plastik sebagai bahan kemasan telah menimbulkan masalah serius terhadap pencemaran dan kerusakan lingkungan dikarenakan sampah plastik tidak mudah terurai baik oleh cuaca hujan dan sinar matahari ataupun mikroorganisme yang hidup di tanah sehingga meningkatkan kerusakan lingkungan seperti pencemaran tanah (Hasan, 2006). Pengemasan yang berbahan plastik yang banyak digunakan saat ini bersumber dari hasil sintesis polimer hidrokarbon dari minyak bumi yang semakin lama jumlahnya berkurang dan tidak dapat diperbaharui.

Pada penelitian ini pembuatan bioplastik menggunakan bahan maizena serta *filler* ZnO, clay dan CaCO<sub>3</sub>. Maizena mengandung 24-26 % amilosa dan 74- 76 % amilopektin (Arianingrum, 2012). *Filler* diperlukan untuk meningkatkan kekakuan plastik yang terlalu lentur, meningkatkan kekuatan dan mengurangi kelarutan dan kecenderungan untuk bengkok yang nantinya dapat memperbaiki hasil bioplastik dengan karakteristik yang baik.

Keberhasilan pembuatan bioplastik dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya jenis dan konsentrasi *filler*. Hasanah *et al.*, (2017) pengaruh penambahan *filler* kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) dan clay terhadap sifat mekanik dan biodegradable plastik dari limbah tapioka didapatkan hasil terbaik pada perbandingan clay:CaCO<sub>3</sub> (50:50) dengan hasil kuat tarik sebesar 4,60 MPa, elongasi 57,56%, dan terdegradasi dalam tanah 53,88% dan dalam EM4 19,03% dalam waktu terdegradasi 5 hari. Penelitian lain Nugroho (2012) sintesis bioplastik pati ubi jalar menggunakan penguat logam ZnO dan Clay mendapatkan hasil terbaik konsentrasi ZnO 3% dengan hasil kuat tarik 49,13 kg/cm<sup>2</sup> dan elongasi 11,33% sedangkan konsentrasi clay 6% dengan hasil kuat tarik 49,13 kg/cm<sup>2</sup> dan elongasi 12,83%. Sementara itu penelitian

sebelumnya, Marichman, P. D. 2019. Pembuatan bioplastik maizena konsentrasi 0,5 g dengan *plasticizer* propilen gliserol menghasilkan kuat tarik, 2,325 MPa, perpanjangan saat putus 14,5 %, elastisitas 16,005 MPa, persentase pengembangan 22,93 % dan lama degradasi 8 hari.

Berdasarkan penelitian tersebut, maka pembuatan bioplastik dengan penguat *filler* dapat dilakukan, namun jenis dan konsentrasi *filler* yang tepat untuk menghasilkan bioplastik maizena dengan karakteristik bioplastik terbaik masih belum diketahui. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis dan konsentrasi *filler* terhadap karakteristik bioplastik maizena dan menentukan jenis dan konsentrasi *filler* yang menghasilkan bioplastik maizena dengan karakteristik terbaik.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Industri serta Biokimia Proses dan Nutrisi, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana. Waktu pelaksanaan penelitian pada bulan Januari 2020 – Maret 2020.

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: tepung maizena merk Hawaii yang diperoleh dari pasar Badung Denpasar, gliserol, aquades, seng oksidasi (ZnO), asam asetat, clay, dan Kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: oven, neraca analitik, pipet tetes, batang pengaduk, thermometer, *beaker glass* 100mL, *hot plate*, cetakan *teflon* diameter 20 cm, stopwatch, dan alat uji plastik ASTM D638.

### Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak kelompok (RAK) dua Faktorial. Faktor

pertama yaitu jenis *filler* yang terdiri dari 3 taraf yaitu: ZnO, Clay dan CaCO<sub>3</sub>. Faktor kedua yaitu konsentrasi *filler* yang terdiri dari 3 taraf yaitu: 0 ; 3 ; 6 ; dan 9%. Berdasarkan faktor di atas maka akan diperoleh 12 kombinasi perlakuan yang masing-masing perlakuan akan dilakukan sebanyak 2 kali sehingga diperoleh 24 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis keragamannya (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (Tukey) menggunakan aplikasi SPSS.

### Pelaksanaan Penelitian

Maizena ditimbang sebanyak 6 g dan *filler* (ZnO, Clay dan CaCO<sub>3</sub>) masing-masing ditimbang sesuai perlakuan (0 ; 3 ; 6 ; 9% b/b). Kemudian maizena dimasukkan ke dalam gelas beker 100 ml dan ditambahkan *filler* sesuai perlakuan dan dilarutkan dengan asam asetat 1 % hingga berat total masing-masing larutan adalah 100 g. Kemudian campuran larutan maizena dipanaskan menggunakan *hot plate stirer* pada suhu 75±1<sup>0</sup>C sambil diaduk selama 7 menit hingga menjadi gel. Kemudian gel maizena tersebut dituang merata ke dalam cetakan *teflon* berdiameter 20 cm dan

dikeringkan dalam oven pada 60±1<sup>0</sup>C selama 24 jam. Setelah kering dan membentuk plastik kemudian cetakan *teflon* dikeluarkan dari oven dan dilakukan pendinginan pada suhu ruang selama 24 jam hingga bioplastik dapat lepas dari cetakan.

### Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah sifat mekanik yang terdiri dari kuat tarik (*tensile strength*) (Krochta and Jhonston, 1994), perpanjangan saat putus (*elongation at break*) (Gibson, 1994), elastisitas (*modulus young*) (Gibson, 1994), uji pengembangan (*swelling*) (Harsojuwono, 2011) dan laju biodegradasi (Harnist dan Darni, 2011).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kuat tarik (*Tensile strength*)

Berdasarkan hasil analisa keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi *filler* berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kuat tarik bioplastik dari tepung maizena. Nilai kuat tarik bioplastik dari tepung maizena berkisar antara 2,20 sampai 4,11 MPa yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai kuat tarik (MPa) bioplastik dari tepung maizena

Jenis filler	Konsentrasi filler			
	K1 (0%)	K2 (3%)	K3 (6%)	K4 (9%)
J1(ZnO)	2,89 <sup>ef</sup>	3,17 <sup>d</sup>	3,70 <sup>b</sup>	4,11 <sup>a</sup>
J2(Clay)	2,88 <sup>ef</sup>	3,06 <sup>de</sup>	3,45 <sup>c</sup>	3,76 <sup>b</sup>
J3(CaCO <sub>3</sub> )	2,90 <sup>ef</sup>	2,82 <sup>f</sup>	2,58 <sup>g</sup>	2,20 <sup>h</sup>

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p < 0,05$ ).

Tabel 1 menunjukkan bahwa jenis *filler* pada ZnO menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi (4,11 MPa), sedangkan pada CaCO<sub>3</sub> menghasilkan nilai kuat tarik terendah (2,20 MPa). Hal ini terjadi disebabkan logam Zn<sup>2+</sup> sebagai bahan pengisi menjadi jembatan dan pengganti antarmolekul ikatan hidrogen yang hilang saat ditambahkan tepung dan gliserol hingga membentuk ikatan kompleks yang membuat kuat tarik bioplastik menjadi lebih

kuat. Hasil tersebut juga menunjukkan hal yang sama dengan penelitian yang dilakukan Amni *et al.* (2016) yang menyatakan semakin banyak ditambah pengisi seng oksidasi, maka nilai kuat tarik semakin meningkat. Kuat tarik terendah 2,20 MPa dari bioplastik tepung maizena terdapat pada konsentrasi 9% dengan *filler* CaCO<sub>3</sub>. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa penambahan *filler* kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>)

terhadap nilai kuat tarik berbanding terbalik, dimana semakin besar

penambahan  $\text{CaCO}_3$  nilai kuat tarik menurun. Hal ini menunjukkan bahwa struktur molekul bioplastik adalah amorf. Pada struktur amorf, rantai-rantai bercabang namun tidak tersusun secara rapat sehingga jarak antar molekul menjadi lemah Hasanah *et al.*, (2017). Lemahnya kekuatan ikatan molekul dalam bioplastik menyebabkan semakin rendahnya gaya yang dibutuhkan untuk memutuskan bioplastik tersebut. Hasil pengujian tersebut juga menunjukan hal yang sama dengan penelitian yang Hasanah dan Haryanto (2017) yang menyatakan bahwa penggunaan *filler*  $\text{CaCO}_3$  semakin tinggi maka nilai kuat tarik yang dihasilkan semakin kecil berbeda dengan *filler*  $\text{ZnO}$  dimana semakin besar penambahannya maka kuat tarik yang dihasilkan semakin besar. Amni *et al.*, (2016) yang menyatakan semakin banyak ditambah

penguat  $\text{ZnO}$ , maka nilai kuat tarik semakin meningkat.

Berdasarkan Standart Nasional Indonesia (SNI) (Nurlita *et al.*, 2017) besarnya nilai kuat tarik untuk plastik 24,7 sampai 302 MPa, sedangkan menurut internasional ISO 527/1B sebesar 35,95 MPa. Besarnya hasil kuat tarik penelitian ini adalah 2,20 sampai 4,11 MPa sehingga belum memenuhi standart SNI.

### Perpanjangan saat putus (*Elongation at Break*)

Berdasarkan hasil analisis kergaman menunjukkan bahwa konsentrasi pati dan jenis *filler* berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) sedangkan interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap perpanjangan saat putus bioplastik tepung maizena. Nilai perpanjangan saat putus bioplastik tepung maizena berkisar antara 20,45% sampai 45,54 % yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai perpanjangan saat putus (%) bioplastik dari tepung maizena

Jenis filler	Konsentrasi filler			
	K1 (0%)	K2 (3%)	K3 (6%)	K4 (9%)
J1 ( $\text{ZnO}$ )	40,96 <sup>c</sup>	34,01 <sup>f</sup>	28,46 <sup>i</sup>	20,45 <sup>l</sup>
J2 (Clay)	43,23 <sup>b</sup>	37,67 <sup>e</sup>	30,45 <sup>h</sup>	24,31 <sup>k</sup>
J3 ( $\text{CaCO}_3$ )	45,57 <sup>a</sup>	39,45 <sup>d</sup>	33,46 <sup>g</sup>	27,11 <sup>j</sup>

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p < 0,05$ ).

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai persen perpanjangan saat putus dari bioplastik tepung maizena pada *filler*  $\text{CaCO}_3$  menghasilkan nilai perpanjangan tertinggi (45,54 %), sedangkan pada  $\text{ZnO}$  menghasilkan nilai perpanjangan terendah (20,45%) yang berbeda nyata dengan nilai rata-rata *filler* lainnya.

Tabel 2 juga menunjukkan bahwa pada konsentrasi *filler* 0% menghasilkan nilai perpanjangan tertinggi, sedangkan pada konsentrasi *filler* 9% menghasilkan nilai perpanjangan terendah. Hasil perpanjangan saat putus yang didapat berbanding terbalik dengan jumlah *filler* digunakan, Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi *filler* yang digunakan, interaksi

antara *filler* dan matriks juga akan semakin kuat, sehingga bioplastik akan semakin kaku (Ma *et al.*, 2009). Nilai perpanjangan saat putus berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik. Oleh karena itu, semakin besar nilai kuat tarik maka nilai perpanjangan saat putus akan semakin kecil.

Berdasarkan standar plastik internasional (ASTM 5336) (Aveorus, 2004) besarnya nilai persen perpanjangan saat putus untuk plastik *polycaprolactone* dari Inggris mencapai >500%. Nilai perpanjangan saat putus pada penelitian ini belum memenuhi standar yang digunakna oleh plastik PCL dari Inggris.

### Elastisitas (*Modulus Young*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi *filler* serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap elastisitas bioplastik

maizena. Nilai elastisitas yang diperoleh dari bioplastik maizena berkisar antara 6,690 - 18,745 MPa yang dapat dilihat di Tabel 3.

Tabel 3. Nilai elastisitas (MPa) bioplastik dari tepung maizena

Jenis filler	Konsentrasi filler			
	K1 (0%)	K2 (3%)	K3 (6%)	K4 (9%)
J1 (ZnO)	6,805 <sup>f</sup>	9,415 <sup>cd</sup>	12,615 <sup>b</sup>	18,745 <sup>a</sup>
J2 (Clay)	6,730 <sup>f</sup>	8,945 <sup>de</sup>	11,345 <sup>bc</sup>	13,26 <sup>b</sup>
J3 (CaCO <sub>3</sub> )	6,690 <sup>f</sup>	7,420 <sup>def</sup>	7,375 <sup>def</sup>	7,065 <sup>ef</sup>

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p < 0,05$ ).

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai elastisitas tertinggi (18,745 MPa) dari bioplastik tepung maizena terdapat pada *filler* ZnO dengan konsentrasi 9%. Sedangkan nilai elastisitas terendah (6,690 MPa) dari bioplastik maizena terdapat pada *filler* CaCO<sub>3</sub> dengan konsentrasi 0%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil konsentrasi *filler* maka nilai elastisitas yang dihasilkan semakin besar. Pada penelitian darni dan utami (2010) menyatakan bahwa nilai elastisitas berbanding lurus dengan nilai kuat tarik dan berbanding terbalik dengan nilai elongasi.

Berdasarkan standar plastik internasional (ASTM 5336) (Averous, 2004) besarnya nilai elastisitas untuk plastik PCL

(*Poly Capro Lactone*) dari Inggris mencapai 200 MPa. Pada penelitian ini nilai elastisitas dari bioplastik tepung maizena belum memenuhi standar yang digunakan PCL dari Inggris.

#### Pengembangan (*Swelling*)

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis *filler* dan konsentrasi *filler* serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap nilai pengembangan (*swelling*) bioplastik tepung maizena. Nilai uji pengembangan dari tepung maizena berkisar antara 36,09 – 99,11 % yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai pengembangan tebal (%) bioplastik dari tepung maizena

Jenis filler	Konsentrasi filler			
	K1 (0%)	K2 (3%)	K3 (6%)	K4 (9%)
J1 (ZnO)	36,09 <sup>l</sup>	46,69 <sup>k</sup>	57,25 <sup>i</sup>	67,38 <sup>g</sup>
J2 (Clay)	55,41 <sup>j</sup>	64,25 <sup>h</sup>	73,90 <sup>e</sup>	85,69 <sup>c</sup>
J3 (CaCO <sub>3</sub> )	69,27 <sup>f</sup>	80,04 <sup>d</sup>	89,78 <sup>b</sup>	99,11 <sup>a</sup>

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p < 0,05$ ).

Tabel 4 menunjukkan bahwa bioplastik maizena dengan hasil nilai pengembangan terbesar (99,11 %) yang diperoleh pada perlakuan *filler* CaCO<sub>3</sub> dengan konsentrasi 9%. Sedangkan nilai pengembangan terendah sebesar (36,09%) yang diperoleh dari perlakuan *filler* ZnO dengan konsentrasi 0 %. Tabel 4 juga menunjukkan bahwa konsentrasi *filler* yang semakin tinggi menghasilkan nilai pengembangan yang semakin besar pula. Hal

ini terjadi karena semakin banyak konsentrasi *filler* ZnO yang digunakan, maka semakin banyak ikatan hidrogen yang terjadi dalam matriks sehingga molekul air lebih sulit untuk berikatan dengan matriks (Nafchi *et al.*, (2013).

Berdasarkan standar plastik internasional (EN 317) mempunyai nilai pengembangan sebesar 1,44%. Hasil nilai

pengembangan pada penelitian ini belum memenuhi standar plastik Internasional.

### Biodegradasi

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi

Tabel 5. Nilai uji biodegradasi (hari) bioplastik dari tepung maizena

Jenis filler	Konsentrasi filler			
	K1 (0%)	K2 (3%)	K3 (6%)	K4 (9%)
J1 (ZnO)	7	7	6	7
J2 (Clay)	6	7	7	6
J3 (CaCO <sub>3</sub> )	7	6	7	7

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p < 0,05$ ).

Tabel 5 menunjukkan bahwa bioplastik dapat terdegradasi dalam waktu 6-7 hari. Hal ini dikarenakan bioplastik yang dihasilkan terbuat dari bahan alami yang mudah terdegradasi dengan mikroorganisme dalam tanah. Tabel 6 juga menunjukkan bahwa nilai laju biodegradasi terlama di miliki bioplastik maizena menggunakan *filler* ZnO. Hal ini disebabkan karena *filler* ZnO memiliki agen anti mikroba yang menghambat aktivitas pertumbuhan mikroorganisme (wang, 2007), sehingga menyulitkan mikroba dan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mengurai bioplastik yang ditanam ditanah.

Berdasarkan standar bioplastik internasional (ASTM5336) lamanya terdegradasi untuk plastik PLA dari jepang dan PCL dari inggris membutuhkan waktu 60 hari untuk mengurai plastik secara keseluruhan (100%). Pada penelitian ini kemampuan degradasi yang dihasilkan membutuhkan waktu 6-7 hari. Oleh karena itu bioplastik pada penelitian ini sudah memenuhi standar yang digunakan oleh PLA dari Jepang maupun PCL dari Inggris.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Jenis dan konsentrasi *filler* berpengaruh sangat nyata terhadap kuat tarik,

*filler* serta interaksinya tidak berpengaruh nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap biodegradasi bioplastik maizena. Nilai uji biodegradasi pada penelitian ini berkisar antara 6-7 hari yang dapat dilihat di Tabel 5.

2. Konsentrasi 9% dengan *filler* ZnO menghasilkan karakteristik bioplastik terbaik dengan nilai kuat tarik sebesar 4,11 MPa, perpanjangan saat putus 31,16%, elastisitas 7,06 MPa, uji pengembangan tebal 55,01% dan kemampuan biodegradasi selama 6-7 hari. Bioplastik yang dihasilkan dalam penelitian ini belum memenuhi kriteria mekanik kuat tarik, elastisitas dan pengembangan tebal.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam mengembangkan dan meningkatkan kakarakteristik bioplastik maizena dengan mencari jenis dan konsentrasi yang baru agar memenuhi standar bioplastik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amni, C., Marwan dan Mariana. 2015. Pemnuatan bioplastik dari pati ubi kayu berpenguat nano serat jerami dan ZnO. Jurnal Litbang Industri.5(2): 91-99.
- Arianingrum, R. 2012. Kandungan kimia jagung dan manfaatnya bagi kesehatan. Jurnal Budidaya Pertanian.
- Aveorus, L. 2004. Biodegradable multiphase system based on plasticized starch.

- Journal of Macromolecular Science, United Kingdom.
- Darni, Y. dan H. Utami. 2010. Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik dan hidrofobilitas bioplastik dari pati sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7(4):19-190.
- Gibson, R.F. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. Mc. Graw-Hill, Inc. Singapore.
- Harsojuwono, B.A. 2011. Penentuan formula komposit plastik *biodegradable* glukomanan dari umbi porang (*Amorphophallus muelleri B*) ditinjau dari karakteristik fisik dan mekanis. *Jurnal The Excellence Research*. Halaman 126-133.
- Harsojuwono, B. A., dan I. W. 2016. Karakteristik Fisik dan Mekanik Bioplastik (Studi Konsentrasi Tapioka dan Perbandingan Campuran Pemplastis). *Jurnal Sains dan Teknologi*. Halaman 1-6.
- Hassanah, R. Y. Dan Haryanto. 2017. Pengaruh penambahan *filler* kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) dan clay terhadap sifat mekanik dan biodegradable plastik dari limbah tapioka. 18(2):096-107.
- Hassanah, R. Y. Dan Haryanto. 2017. Pengaruh penambahan *filler* kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) dan clay terhadap sifat mekanik dan biodegradable plastik dari limbah tapioka. 18(2):096-107.
- Marichman, P. D. 2019. Karakteristik bioplastik maizena dalam variasi jenis dan konsentrasi *filler*. Skripsi S1. Tidak dipublikasikan. Program Studi Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Udayana.
- Ma, X., Chang, P. R., Yang, J., and Yu, J. 2009. Preparation and properties of glycerol plasticized-pea starc/zinc oxide bionanocomposite. *Carbohydrate Polymers*. 75: 472-478
- Nafchi, A. M., Nassiri, R., Sheibani, S., Arifin, F., and Karim, A. A. 2013. Preparation and characterization of bionanocomposite films filled with nanorod-rich zinc oxide. *Carbohydrate Polymers*, 96(91): 233-239
- Nugroho, A. F. 2012. Sintetis Bioplastik Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam Zno Dan Clay. Skripsi S1. Tidak dipublikasikan. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Indonesia.
- Nurlita, D., W. Hersoelistryorini dan M.Yusuf. 2017. Karakteristik plastik biodegradable berbasis onggok dan kitoson dengan plasticizer gliserol. *Jurnal Pangan dan Gizi*. 7(2): 1-12
- Wang, Z. L. 2008. Toward self-power nanosystem: From nanogenerators to nanopiezotronics. *Advanced Functional Materials*, DOI: 10.1002/adfm.200800541