

PEMBUATAN PLASTIK BIODEGRADABLE BERBAHAN PATI DARI LIMBAH KULIT PISANG RAJA DENGAN PENAMBAHAN KITOSAN DAN PLASTICIZER SORBITOL

Kevin Christian Yustisi, Kezia Wulandari, Isni Utami

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, 60294.
Email : kevinjustisi10@gmail.com

Abstrak

Plastik biodegradable merupakan salahsatu alternatif dari penggunaan plastik konvensional. Plastik biodegradable terbuat dari bahan polimer alami seperti pati, selulosa, dan lemak. Dalam pembuatannya diperlukan penambahan bahan lain yaitu kitosan sebagai perekat dan plasticizer sebagai pemlastis. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan komposisi optimum material bioplastik sehingga memiliki sifat mekanik, sifat fisik dan biodegradabilitas yang sesuai standar bioplastik yang berlaku. Penelitian ini menggunakan pati yang diekstraksi dari kulit pisang raja dengan memvariasikan penambahan kitosan (2,3,4,5,6 gram) serta variasi penambahan sorbitol sebagai plasticizer (2,3,4,5,6 ml). Pembuatan plastic biodegradable dilakukan dengan melakukan pencampuran setiap bahan dan dilakukan pemanasan pada temperatur 60°C selama 1 jam dan dilakukan pencetakan pada plat kaca untuk dioven selama 5-6 jam. Hasil yang diperoleh akan diuji nilai kuat tarik, elongasi dengan menggunakan standar ASTM D638 sebagai acuan, serta menguji kemampuan terdegradasi. Diperoleh plastik biodegradable terbaik pada komposisi 4 gram pati dengan penambahan 5 gram kitosan dan 6 ml sorbitol dimana nilai kuat tarik sebesar 49.9380 Mpa dan nilai elongasi 68.28 % serta kemampuan terdegradasi hingga 100 % pada minggu ketiga setelah dilakukan penimbunan dalam tanah.

Kata Kunci : Plastik Biodegradable; Pati; Kulit Pisang; Kitosan; Sorbitol

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton per tahun dimana kantong plastik yang terbuang ke lingkungan sebanyak 85.000 ton yang sifatnya sulit terurai. Alternatif dari penggunaan plastik tersebut adalah penggunaan plastik Biodegradable yang terbuat dari bahan polimer alami seperti pati, selulosa, dan lemak yang berasal dari sumber nabati ataupun hewani yang mampu terdegradasi oleh mikroorganisme dalam waktu lebih singkat (Kamsiati, 2017).

Dalam pembuatan bioplastik, penggunaan pati sebagai bahan dasar karena memiliki kemiripan struktur polymer dengan bahan plastik biasa yang mengandung amilosa dan amilopektin. Amilosa menyebabkan sifat keras sedangkan amilopektin memberikan sifat lengket. Pati yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik salahsatunya dapat diperoleh dari berbagai jenis kulit pisang. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Musita pada tahun 2009 menyatakan bahwa kandungan pati kulit pisang dipengaruhi dari varietas buah pisang. Kandungan pati

resisten pisang raja sebesar 30,66%. Oleh karena itu peneliti menentukan jenis kulit pisang yang akan digunakan yaitu kulit pisang raja untuk diekstrak patinya.

Selain berbahan dasar pati, diperlukan bahan lain untuk memperkuat bioplastik yaitu plasticizer dan kitosan. Plasticizer digunakan untuk mengatasi sifat rapuh, mudah patah dan kurang elastis. Kitosan digunakan untuk perekat sehingga memperkuat bioplastik tersebut (Harsujuwono, 2015). Penambahan jumlah kitosan mempengaruhi sifat mekanik bioplastik, semakin banyak kitosan yang ditambahkan maka nilai kuat tariknya cenderung meningkat karena kitosan membentuk ikatan hidrogen antar rantai sehingga bioplastik menjadi lebih rapat.

Menurut penelitian yang dilakukan Krisnadi pada tahun 2019 yang meneliti tiga jenis plasticizer yang digunakan yaitu jenis sorbitol, gliserol dan propilen glikol menunjukkan penggunaan sorbitol memiliki karakteristik plastik biodegradable paling baik. Ditinjau dari uji kuat tarik, elongasi, swelling, dan degradasi. Penambahan plasticizer dapat menurunkan kekuatan intermolekuler, meningkatkan fleksibilitas, elastisitas dan ekstensibilitas plastik. Plastik biodegradable

semakin elastis maka elongasi meningkat walaupun dengan tekanan yang kecil sehingga menunjukkan bahwa penambahan plasticizer meningkatkan elastisitas sehingga nilai elongasi *at break* meningkat tetapi nilai *tensile strength* menurun.

Syarat plastik biodegradable menurut standart internasional (ASTM 5336) dibutuhkan waktu 60 hari untuk plastik biodegradable dapat terurai secara keseluruhan. Sifat mekanik plastik sesuai SNI memiliki kuat tarik 24,7-302 Mpa dan persen elongasi 21-220%. Sedangkan menurut golongan moderate properties, sifat mekanik bahan kemasan makanan mempunyai nilai kuat tarik berkisar 10-100 MPa dan persen elongasi 10-20 % (Purwanti, 2010).

Pada penelitian ini menggunakan pemilihan bahan dari pati kulit pisang raja serta variasi tambahan bahan lainnya berupa sorbitol sebagai plasticizer, kitosan sebagai perekat, asam asetat sebagai pelarut kitosan, dan air sebagai pelarut pati. Penelitian ini bertujuan guna mengetahui komposisi optimum bahan pembuatan plastik biodegradable yang memiliki sifat mekanik, sifat fisik dan biodegradabilitas yang sesuai dengan standar bioplastik yang berlaku.

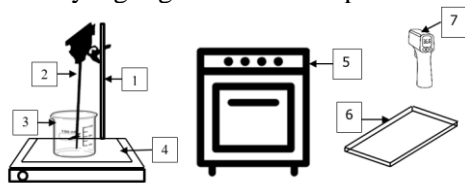
2. METODOLOGI

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit pisang raja yang penambahan sorbitol 70% dan kitosan. Kemudian penggunaan asam asetat 1% dan aquadest sebagai pelarut bahan.

2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 1. Alat-alat yang digunakan pada pembuatan bioplastik

Keterangan :

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1. Statif dan kem | 5. Oven |
| 2. Motor Pengaduk | 6. Cetakan Kaca |
| 3. Beaker Glass | 15 cm x 18 cm |
| 4. Hotplate Stirrer | 7. Infrared Thermometer |

2.3 Prosedur

Pada penelitian ini terdapat 2 bagian yaitu ekstraksi pati dari kulit pisang dan pembuatan bioplastik.

2.3.1 Ekstraksi pati kulit pisang

Pertama kulit pisang raja dibersihkan kemudian dihaluskan menggunakan blender dengan perbandingan kulit pisang raja sebanyak 1 kg dan penambahan 2 liter air. Hasil disaring untuk mengambil kandungan pati. Ampas yang dihasilkan dilakukan penghalusan kembali dan disaring untuk mengambil sisa pati. Kemudian kedua cairan yang diperoleh dicampurkan dan dibiarkan mengendap selama semalaman atau 7-8 jam agar diperoleh endapan dalam jumlah yang maksimal. Air yang dihasilkan dari endapan dibuang, sehingga diperoleh pati basah. Pati basah tersebut dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 70°C. Hasil pengeringan pati ditumbuk hingga halus.

2.3.2 Pembuatan bioplastik

Pada pembuatan bioplastik, pertama menimbang pati sebesar 4 gram yang kemudian dilarutkan dengan aquadest sebanyak 200 ml pada suhu 70°C. Selanjutnya menimbang kitosan sesuai dengan variasi pada rentang 2,3,4,5, dan 6 gram, yang kemudian dilarutkan dengan asam asetat 1% sebanyak 100 ml. Larutan pati dan kitosan dicampur dengan pemanasan pada suhu 55°C, yang kemudian dilakukan penambahan sorbitol sesuai dengan variasi pada rentang 2, 3, 4, 5, dan 6 ml selama 1 jam. Kemudian larutan yang telah homogen dituang ke dalam cetakan (ukuran 15 cm x 18 cm), diamkan untuk menghilangkan gelembung yang terbentuk dan lakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 55°C selama 6 jam. Kemudian sampel dikeluarkan dan dilakukan pendinginan selama 2-3 hari hingga bioplastik dapat dilepas dari cetakan. Sampel bioplastik siap untuk dilakukan pengujian kuat tarik, elongasi, dan biodegradasi.

2.4 Analisa Bioplastik

2.4.1 Analisa kuat tarik dan elongasi

Sampel bioplastik dibentuk dengan standar ASTM D638 sebagai acuan untuk ukuran dari komposit bioplastik.

Rumus perhitungan adalah sebagai berikut:

$$\text{Kuat tarik } (\sigma) = \frac{F_{\max}}{A_0}$$

$$\text{Elongasi } (\epsilon) = \frac{l_f - l_0}{l_0} \times 100\%$$

$$\text{Modulus Young (E)} = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

2.4.2 Analisa Biodegradable

Sampel dipotong dengan ukuran 4 cm x 4 cm lalu dihitung berat sampel sebelum ditimbun dalam tanah. Sampel ditimbun da//lam tanah dengan kedalaman 10 cm. dilakukan pengamatan selama 30 hari dimana setiap 7 hari dilakukan penimbangan pada sampel untuk mengetahui perubahan yang terjadi. Kemudian dilakukan perhitungan persen degradasi dengan rumus sebagai berikut:

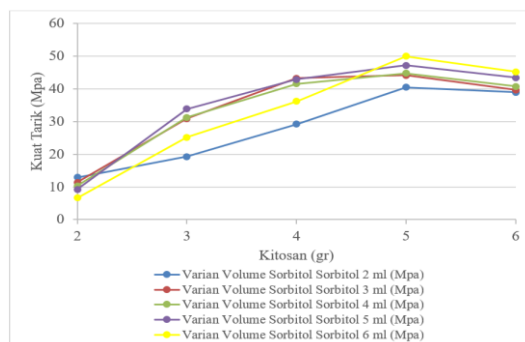
$$\% \text{weight lost} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kuat Tarik Bioplastik (Mpa)

Kitosan (gram)	Kuat Tarik (Mpa)				
	Penambahan Sorbitol				
	2 ml	3 ml	4 ml	5 ml	6 ml
2	12,887	11,434	10,288	9,221	6,631
3	19,288	30,926	31,238	40,033	25,128
4	29,217	43,218	41,492	42,857	36,189
5	40,425	44,144	44,763	47,125	49,938
6	38,955	39,673	40,737	43,396	45,177

Pada tabel 1 diperoleh nilai kuat tarik (σ) maksimum pada bioplastik dengan komposisi pati 4 gram dengan penambahan 5 gram kitosan dan 6 ml sorbitol yaitu 49.9380 Mpa. Nilai kuat tarik (σ) minimum terdapat pada komposisi pati 4 gram dengan penambahan 2 gram kitosan dan 6 ml sorbitol yaitu 6.6312 Mpa sehingga belum memenuhi standar SNI. Berdasarkan data pada tabel menunjukkan bahwa bioplastik hasil penelitian ini selain komposisi penambahan kitosan 2 gram dan sorbitol 2 ml hingga 6 ml, serta 3 gram kitosan dan 2 ml sorbitol sudah memenuhi standar SNI yaitu terdapat pada rentang 24.7-302 Mpa. Namun, menurut standar golongan *Moderate Properties*, bioplastik hasil penelitian ini sudah memenuhi sebagai bahan kemasan makanan yaitu nilai kuat tarik berkisar 10-100 Mpa.



Gambar 2. Kurva Nilai Kuat Tarik dengan Variasi Penambahan Kitosan dan Sorbitol

Pada grafik dapat dilihat bahwa pada komposisi penambahan kitosan 2, 3, 4, 5 gram nilai kuat tarik mengalami kenaikan dan pada penambahan kitosan 6 gram nilai kuat tarik mengalami sedikit penurunan. Penambahan sorbitol juga dapat meningkatkan nilai kuat tarik plastik namun dengan komposisi yang berlebihan nilai kuat tarik dapat menurun.

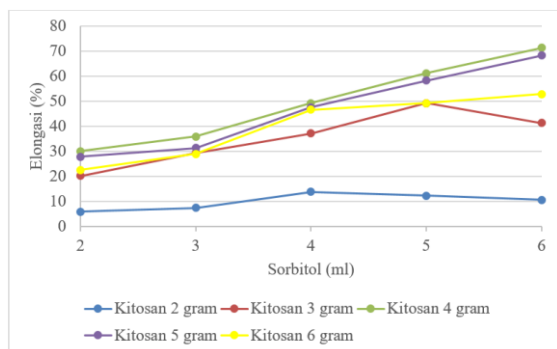
Menurut Fathanah (2015) bahwa semakin besar konsentrasi kitosan dalam bioplastik akan mempengaruhi nilai kuat tarik yang disebabkan bertambahnya jumlah ikatan hidrogen yang terdapat di dalam bioplastik sehingga mengakibatkan ikatan kimia dari bioplastik semakin kuat dan sulit untuk diputus. Hal ini menyebabkan dibutuhkan energi yang cukup besar untuk memutuskan ikatan tersebut, sehingga akan meningkatkan nilai kuat tarik dari bioplastik. Namun apabila penambahan kitosan yang berlebihan juga dapat mempengaruhi kekuatan dari bioplastik dan menjadikan bioplastik rapuh, sehingga nilai kuat tariknya dapat menurun.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Elongasi Bioplastik

Kitosan (gram)	Persen Elongasi (%)				
	Penambahan Sorbitol				
	2 ml	3 ml	4 ml	5 ml	6 ml
2	5.81	7.42	13.71	12.21	10.54
3	20.22	29.42	37.18	49.28	41.28
4	30.12	35.88	49.27	61.28	71.44
5	27.81	31.26	47.52	58.24	68.28
6	22.50	28.98	46.68	49.28	52.88

Pada tabel 2 diperoleh nilai persen elongasi (ϵ) maksimum terdapat pada komposisi pati 4 gram dengan penambahan 4 gram kitosan dan 6 ml sorbitol yaitu sebesar 71.44 %. Sedangkan untuk nilai persen elongasi minimum terdapat pada pati 4 gram

dengan penambahan 2 gram kitosan dan 2 ml sorbitol yaitu 5.81 %. Hal ini menunjukkan bahwa persen elongasi bioplastik dari hasil penelitian sudah memenuhi standard SNI yaitu sebesar 21-220%. Pada komposisi bioplastik dengan penambahan kitosan 2 gram dan sorbitol 2 ml hingga 6 ml belum memenuhi standard SNI.



Gambar 3. Kurva Nilai Persen Elongasi dengan Variasi Penambahan Kitosan dan Sorbitol

Pada gambar 4 menunjukkan hubungan antara persen elongasi dengan variasi kitosan dan sorbitol. Penambahan sorbitol hasil elongasi menunjukkan kenaikan, namun di beberapa komposisi yang berlebihan terjadi penurunan. Hal ini menjelaskan bahwa penambahan kitosan dapat meningkatkan persen elongasi, tetapi jika berlebihan akan mengakibatkan nilai persen elongasi menurun. Penambahan plasticizer sorbitol dapat mempengaruhi nilai kuat Tarik dari bioplastik. Menurut Lieberman and Gilbert (1973), plasticizer dapat merubah sifat fisik film dengan mengurangi kohesi dan ketahanan mekanik rantai polimer.

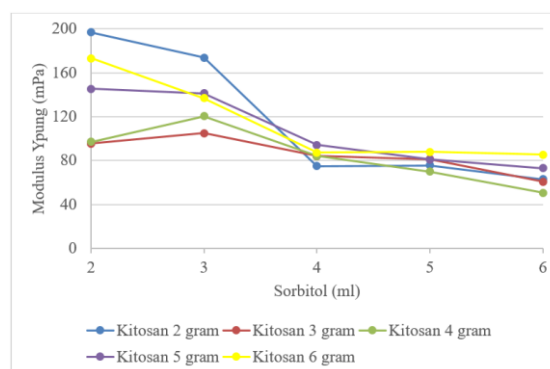
Selain itu menurut Kester dan Fennema (1986) Penggunaan plasticizer (sorbitol) akan meningkatkan persentase pemanjangan (elongasi) karena dapat mengurangi gaya antar molekul sehingga plastik tidak kaku dan semakin lentur. Namun, apabila komposisi dari sorbitol berlebihan akan mengakibatkan nilai persen elongasi menurun dikarenakan bioplastik akan bersifat lengket dan mudah sobek. Komposisi kitosan dapat mempengaruhi nilai persen elongasi dari bioplastik yang dibuat. Pada umumnya, semakin banyak kandungan kitosan dalam bioplastik, semakin tinggi kekuatan tarik bioplastik tersebut, tetapi persen elongasinya lebih rendah. Hal ini karena kitosan

menyebabkan bioplastik akan bersifat kaku, sehingga membatasi kemampuan bioplastik untuk meregang.

Kitosan (gram)	Modulus Young (Mpa)				
	Penambahan Sorbitol				
	2 ml	3 ml	4 ml	5 ml	6 ml
2	196.80	173.68	75.04	75.52	62.91
3	95.39	105.12	84.02	81.24	60.87
4	97.00	120.45	84.21	69.94	50.66
5	145.36	141.22	94.20	80.92	73.14
6	173.13	136.90	87.27	88.06	85.43

Tabel 3. Hasil Perhitungan Modulus Young Bioplastik

Modulus Young diperoleh dari perbandingan antara kekuatan tarik (*tensile strength*) terhadap persen perpanjangan (*elongation at break*). Modulus Young ini juga bisa dikatakan sebagai ukuran kekakuan suatu bahan atau sulitnya benda tersebut mengalami deformasi saat dikenakan beban. Pada tabel 3 diperoleh nilai modulus young tertinggi pada komposisi penambahan kitosan 2 gram dan 2 ml sorbitol yaitu 196.8 Mpa. Semakin tinggi nilai Modulus Young, semakin sulit suatu bioplastik untuk ditekuk atau diregangkan dan semakin tinggi kekakuan material tersebut. Jika nilai modulus Young terlalu tinggi, bioplastik juga akan kehilangan sifat elastisitasnya.



Gambar 4. Kurva Hubungan Modulus Young

Pada gambar 5 kurva menjelaskan bahwa terjadi pengaruh komposisi kitosan dan sorbitol pada nilai Modulus Young. Pada kurva mengalami kenaikan pada penambahan 2 ml dan 3 ml sorbitol yang kemudian mengalami penurunan pada penambahan sorbitol 4 ml hingga 6 ml. Hal ini dapat terjadi

dikarenakan dengan tingginya nilai kekuatan kuat tarik dan sedikitnya penambahan sorbitol yang mengakibatkan nilai elongasi yang diperoleh rendah, sehingga nilai Modulus Young tinggi sehingga mengalami fluktuatif (penurunan) pada grafik. Sehingga perlu adanya penyempurnaan variabel kedepannya bagi penelitian ini agar perbandingan nilai kuat tarik dengan elongasi seimbang.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Bioplastik terdegradasi

Kitosan+ Sorbitol	Pengamatan Setiap 7 hari (30 Hari)				
	Berat Awal (gr)	Hari ke 7 (%)	Hari ke 14 (%)	Hari ke 21 (%)	Hari ke 28 (%)
	0.429	46	69	88	100
	0.452	58	76	90	100
	0.482	69	85	100	100
	0.469	76	89	100	100
	0.507	80	91	100	100
	0.411	68	99	100	100
	0.479	78	99	100	100
	0.442	82	99	100	100
	0.512	88	99	100	100
	0.523	90	99	100	100
	0.472	77	98	100	100
	0.488	79	100	100	100
	0.497	83	100	100	100
	0.491	85	100	100	100
	0.551	89	100	100	100
	0.417	75	100	100	100
	0.452	77	100	100	100
	0.328	80	100	100	100
	0.351	85	100	100	100
	0.402	91	100	100	100
	0.188	78	100	100	100
	0.193	82	100	100	100
	0.193	92	100	100	100
	0.210	100	100	100	100
	0.222	100	100	100	100

Pada tabel 4 merupakan hasil pengamatan biodegradasi pada bioplastik yang dilakukan dengan cara menimbun plastik dalam tanah yang kemudian diamati setiap minggunya. Pada uji biodegradasi ini dilakukan pengamatan dilakukan selama 30 hari yang setiap 7 hari nya akan dihitung berat plastiknya. Hasil yang diperoleh yaitu

bioplastik dari kulit pisang raja akan terurai 100% pada minggu kedua hingga minggu keempat dihitung dari hari saat ditanamkan di dalam tanah. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa dengan penambahan kitosan maka akan memperlambat proses degradasi pada plastik dan penambahan sorbitol dapat mempercepat proses degradasi.

Kitosan memiliki sifat antimikroba, antioksidan, dan juga dapat membentuk ikatan hidrogen, sehingga memperkuat struktur bioplastik dan mengurangi kemampuan mikroorganisme untuk mencerna dan memecah material. Namun, perlambatan waktu biodegradasi pada bioplastik yang mengandung kitosan ini dapat membantu meningkatkan masa pakai dan keawetan produk. Sedangkan penambahan sorbitol dimana merupakan bahan organik dan bersifat hidrofilik (mengikat air) mampu menciptakan kondisi lembab pada bioplastik sehingga menjadikan bioplastik mudah terdegradasi oleh mikroorganisme.



Gambar 5. Hasil Ekstraksi Pati dari Kulit Pisang Raja

Bioplastik yang dihasilkan bersifat lengket yang dikarenakan dari adanya kandungan amilopektin dari pati dan juga adanya penambahan komposisi sorbitol sehingga juga menyebabkan bioplastik menjadi lebih mudah sobek apabila komposisinya berlebihan. Sedangkan untuk bau tajam dan asam pada bioplastik disebabkan oleh asam asetat yang digunakan sebagai pelarut kitosan.



Gambar 6. Hasil Pembuatan Bioplastik

Bioplastik yang dihasilkan mempunyai ketebalan sekitar 0.13-0.44 mm, dimana ketebalan bioplastik dipengaruhi dari jumlah padatan yang ditambahkan ke dalam bioplastik. Ketebalan yang melebihi standar akan berpengaruh pada ketahanan terhadap air dan sifat mekanik bioplastik. Jika bioplastik yang dihasilkan dibawah standar maka memiliki nilai mekanik yang kurang baik sehingga mudah sobek. Peningkatan ketebalan terjadi karena perbedaan konsentrasi bahan pembuat plastik, sedangkan volume larutan plastik yang dituangkan masing-masing ke atas plat kaca adalah sama.

Hal ini mengakibatkan total padatan di dalam komposit film setelah dilakukan pengeringan meningkat dan polimer-polimer yang menyusun komposit film juga semakin banyak. Nilai ketebalan maksimum berdasarkan standar industri pengemas makanan oleh Japanesse Industrial Standart (JIS) adalah 0.25 mm, sehingga masih ada bioplastik yang belum memenuhi standard sebagai pengemas makanan. Sedangkan di beberapa komposisi dalam pembuatan bioplastik sudah memenuhi standard.

4. KESIMPULAN

Bioplastik terbaik dengan berdasarkan nilai kuat tarik, persen elongasi, dan kemampuan terdegradasi diperoleh pada komposisi pati sebanyak 4 gram dengan penambahan 5 gram kitosan dan 6 ml sorbitol dimana nilai kuat tarik sebesar 49.9380 Mpa dan nilai elongasi 68.28 % serta kemampuan terdegradasi hingga 100 % pada minggu ketiga setelah dilakukan penimbunan dalam tanah, dimana hal ini sudah memenuhi standard SNI.

DAFTAR PUSTAKA

Afif, M, Wijayati, N, & Mursiti S 2018, "Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan Plasticizer Sorbitol", *Indonesian Journal of Chemical Science*, vol. 7, no. 2

Afdal, K Herawati, N Hasri 2022, "Pengaruh Konsentrasi Sorbitol sebagai Plasticizer pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Tongkol Jagung", *Jurnal Chemica*, Vol. 23, No. 1, hh 67 – 77

Fathanah, U., Lubis M.R, & Moulana R., 2015, "Biopolymer from Starch and Chitosanas Bioplastic Material For Food Packaging", *Proceedings of The 5th Annual International Conference Syiah Kuala University (AIC Unsyiah)*.

Harsujuwono, B. A & Arnata, I. W 2015, *Teknologi Polimer Industri Pertanian*, Denpasar

Kester J. & Fennema O 1986, "Edible films and coatings: a review", *Food Technol*, 40:47

Kamsiati, E Herawati, H dan Yuli, E.P. 2017, "Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia", *Jurnal Litbang Pertanian*, Vol. 36, No. 2, hh 67-76

Krisnadi, R, Handarni Y., Udyani K 2019, "Pengaruh Jenis Plasticizer Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Bekatul Padi", *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII*.

Krochta, J. M., E. A. Baldwin, and M. Nisperos-Carriedo, 1994, *Edible Coating and Films to Improve Food Quality*, Technomic Public. Co. Inc., Lancaster, Pennsylvania

Lieberman, E.R. & S.G. Gilbert 1973, "Gas permeation of collagen film as affected by cross-linkage, moisture and plasticizer content", *J. Polymer Sci, Symp.* 41: 33–43.

Musita, N 2009, "Kajian Kandungan Dan Karakteristik Pati Resisten Dari Berbagai Varietas Pisang", *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, Volume 14, No. 1, hh. 68-79

Purwanti, Ani, 2010 "Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol", *Jurnal Teknologi*, Volume 3 Nomor 2, 99-106