

STUDI LITERATUR KARAKTERISASI PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBAHAN DASAR PATI DENGAN PENAMBAHAN *FILLER* CASIO_3 DAN CACO_3

Yuliandro Hardiansyah dan S. Sigit Udjiana

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
androavelin@gmail.com, [sgu.polinema@gmail.com]

ABSTRAK

Plastik sintesis atau plastik konvensional merupakan bahan yang sangat diperlukan bagi kehidupan manusia dan telah berkembang menjadi industri besar. Kelemahan plastik sintesis adalah sifatnya yang susah untuk terurai secara alami sehingga menyebabkan penumpukan dan pencemaran sampah plastik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu diantaranya yakni telah dikembangkan plastik ramah lingkungan, yang disebut dengan plastik *biodegradable*. Studi literatur ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan jenis dan jumlah *filler* kalsium karbonat dan kalsium silikat, *plasticizer* sorbitol dan gliserol terhadap uji kuat tarik dan daya serap air. Studi literatur ini dilaksanakan dengan menggunakan metode studi literatur. Hasil studi literatur menunjukkan bahwa penambahan komposisi dari *filler* kalsium silikat dan kalsium karbonat dapat meningkatkan nilai kuat tarik pada plastik *biodegradable*, Penambahan *filler* kalsium silikat dapat memperkecil daya serap air, sedangkan kalsium karbonat akan meningkatkan daya serap air meskipun tidak begitu signifikan. Serta Penambahan dari kedua komposisi *plasticizer* yang berbeda mampu mengurangi nilai kuat tarik pada plastik *biodegradable*. Penambahan dari kedua komposisi *plasticizer* yang berbeda dapat meningkatkan daya serap air dari suatu plastik *biodegradable*.

Kata kunci: *Daya serap air, Filler, Kuat Tarik, Plasticizer, Plastik Biodegradable*

ABSTRACT

Synthetic plastic or conventional plastic is an indispensable material for human life and has developed into a large industry. The disadvantage of synthetic plastics is that they are difficult to decompose naturally causing plastic buildup and pollution. To overcome these problems, one of them has been developed environmentally friendly plastic, called biodegradable plastic. This literature study aims to determine the effect of the addition of types and amounts of calcium carbonate and calcium silicate fillers, sorbitol and glycerol plasticizers on tensile strength and water absorption tests. This literature study was conducted using the literature study method. The results of the literature study show that the addition of the composition of calcium silicate fillers and calcium carbonate can increase the tensile strength of biodegradable plastics, the addition of calcium silicate fillers can reduce water absorption, while calcium carbonate will increase water absorption even though it is not so significant. And the addition of two different plasticizer compositions can reduce the tensile strength of biodegradable plastics. Addition of two different plasticizer compositions can increase the water absorption of a biodegradable plastic.

Keywords: *Biodegradable Plastics, Filler, Plasticizer, Tensile Strength, Water absorption*

1. PENDAHULUAN

Plastik sintetis atau plastik konvensional yang berada di pasaran saat ini merupakan bahan yang sangat diperlukan bagi kehidupan manusia dan telah berkembang menjadi industri besar. Polimer plastik juga mempunyai berbagai kelemahan, antara lain sifatnya yang tidak tahan panas, mudah rusak dan dapat menyebabkan kontaminasi melalui transmisi monomernya ke bahan yang dikemas [1]. Kelemahan lain adalah sifatnya yang susah untuk terurai secara alami sehingga menyebabkan penumpukan dan pencemaran sampah plastik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu diantaranya yakni telah dikembangkan plastik ramah lingkungan yang berasal dari bahan dasar alam seperti pati, selulosa, kolagen, kasein, protein atau lipid yang terdapat dalam hewan. Plastik tersebut mudah diuraikan oleh mikroba pengurai, yang disebut dengan plastik *biodegradable*.

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* yang telah dilakukan antara lain pati jagung dengan campuran kalsium karbonat dan kalsium silikat serta sorbitol sebagai pemlastis [2], pati jagung [1], pati umbi talas dengan campuran kalsium silikat serta sorbitol sebagai pemlastis [3], dan pati kulit pisang dengan campuran kalsium karbonat dan sorbitol sebagai pemlastis [4]

Bonggol jagung merupakan limbah dari tanaman jagung yang memiliki komponen (32,3 – 45,6%), hemiselulosa (39,8%), dan lignin (6,7 – 13,9%) sehingga memiliki potensi sebagai bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable* [5]. Plastik *biodegradable* memiliki kekuatan mekanik yang rendah, maka dari itu diperlukan zat tambahan untuk memperbaiki hal tersebut. Penambahan *plasticizer* dapat mengurangi kerapuhan, meningkatkan fleksibilitas serta ketahanan *film* [6]. Penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* diketahui lebih efektif, sehingga dihasilkan *film* dengan permeabilitas bila dibandingkan dengan gliserol [7]. Selain itu penambahan *filler* kalsium karbonat (CaCO_3) dan kalsium silikat (CaSiO_3) diperlukan untuk mengatasi kekurangan dari kekuatan sifat *film*. Penambahan *filler* dapat meningkatkan kekakuan plastik yang terlalu lentur, meningkatkan kekuatan, mengurangi kelarutan dan kecenderungan untuk bengkok [2].

Tujuan dari studi literatur ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari penambahan jenis dan jumlah *filler* kalsium karbonat dan kalsium silikat, *plasticizer* sorbitol dan gliserol terhadap uji kuat tarik dan daya serap air.

2. METODOLOGI PENULISAN

Artikel ini disusun dengan menggunakan metode studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan data dari jurnal nasional maupun jurnal internasional yang memuat judul, *volume*, tahun, nomor jurnal, serta lembaga yang menerbitkannya dan jurnal berupa prosiding hasil seminar internasional yang berkaitan dengan pembuatan serta karakterisasi plastik *biodegradable*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan kali ini akan membahas bagaimana pengaruh jenis dan penambahan komposisi *filler* kalsium silikat dan kalsium karbonat, serta *plasticizer* sorbitol dan gliserol terhadap karakteristik dari plastik *biodegradable*, yang meliputi uji kuat tarik dan daya serap air pada plastik *biodegradable*.

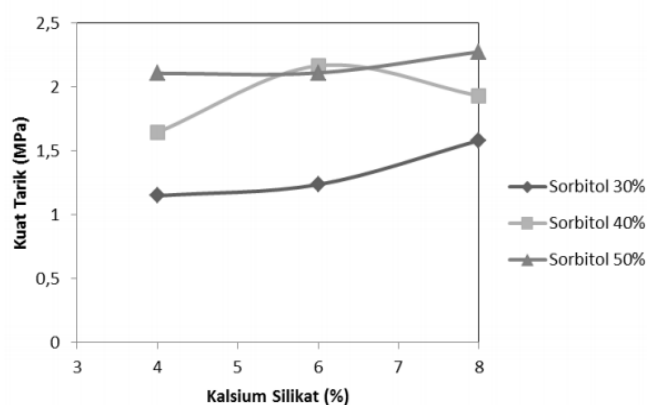
3.1 Uji Kuat Tarik

Salah satu syarat karakteristik plastik yang baik yaitu harus memiliki kekuatan tarik serta perpanjangan yang baik. Uji kuat tarik merupakan salah satu uji untuk mengetahui ketahanan suatu bahan terhadap gaya tarik yang dikenakan [8].

3.1.1 Pengaruh Jenis dan Komposisi *Filler* Terhadap Kuat Tarik Plastik *Biodegradable*

Tabel 1. Pengaruh penambahan kalsium silikat terhadap kuat tarik plastik *biodegradable* dari pati umbi talas [3]

No	Kalsium Silikat (% berat pati)	Penambahan Sorbitol (% berat pati)	Nilai Kuat Tarik (Mpa)
1	2	40	5,9
2	4	40	6,25
3	6	40	9,56
4	8	40	4,17

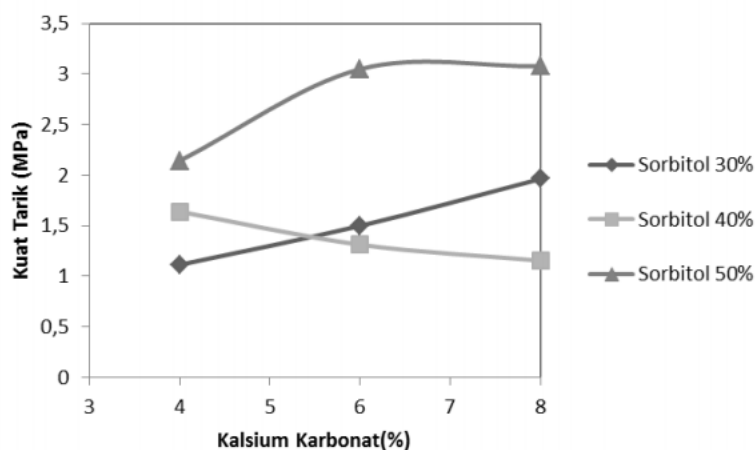


Gambar 1. Uji tarik plastik *biodegradable* dengan *filler* kalsium silikat pada variasi jumlah sorbitol [2]

Pada Tabel 1 terlihat dimana pada setiap variabel penambahan nilai kuat tarik terus mengalami kenaikan dengan titik tertinggi pada penambahan jumlah kalsium silikat sebanyak 6% menghasilkan nilai kuat tarik 9,56 MPa tetapi mengalami penurunan pada variabel 8% menurut Udjiana [3] hal ini disebabkan karena kalsium silikat yang dicampurkan belum homogen, sehingga penambahan *filler* yang semakin banyak menghasilkan *properties* yang berbeda dengan tren sebelumnya dan juga dapat disebabkan karena kalsium silikat yang digunakan belum mencapai ukuran nano.

Sedangkan pada Gambar 1 jika sama – sama ditinjau pada penambahan sorbitol 40 % filler kalsium silikat yang dihasilkan mengalami kemiripan dengan Tabel 1 dimana nilai kuat tarik mengalami kenaikan pada setiap penambahan variabelnya, kenaikan tertinggi pada penambahan variabel 6% dan mengalami penurunan variabel 8%. Hal ini dimungkinkan juga karena ukuran kalsium silikat yang digunakan belum begitu halus sehingga pada variabel 8% kalsium silikat yang ditambahkan belum homogen

Perbedaan nilai kuat tarik yang dihasilkan pada kedua penelitian tersebut dimungkinkan karena bahan dasar pembuatan plastik yang berbeda dimana pada tabel 1 menggunakan pati dari umbi talas yang memiliki kandungan pati yang cukup tinggi dibanding dengan bahan yang digunakan pada gambar 1



Gambar 2. Uji tarik plastik *biodegradable* dengan *filler* kalsium karbonat pada variasi jumlah sorbitol [2]

Pada Gambar 2 dapat dilihat pada konsentrasi kalsium karbonat 4 – 8% grafik yang ditunjukkan cenderung mengalami kenaikan, menurut Tristanti [2], hasil penelitian menunjukkan bahwa ketahanan sobek pada film bioplastik dari berbagai variasi komposisi kalsium karbonat dan sorbitol berkisar 1,11 – 3,08 MPa, peningkatan dikarenakan kalsium karbonat yang ditambahkan ke dalam matriks bertujuan untuk meningkatkan sifat – sifat mekanik plastik melalui penyebaran tekanan yang efektif diantara serat dan matriks [2].

Adapun pada penelitian yang dilakukan oleh Fitriana [9], dimana menggunakan kalsium karbonat sebagai *filler* dengan variabel penambahan yaitu 0, 0,2, 0,4 (gram), serta penambahan konsentrasi sorbitol 1, 2, 3 (%v/v). Dimana pada penelitian tersebut menyebutkan bahwa nilai kuat tarik tertinggi didapat pada penambahan CaCO₃ 0,4 gram dengan konsentrasi sorbitol 1 %v/v yaitu dengan nilai 6,5 MPa dan nilai kuat tarik terendah didapatkan pada penambahan CaCO₃ 0 gram dengan konsentrasi sorbitol 3 %v/v didapatkan nilai kuat tarik 0,2371 MPa. Ditinjau dari kedua penelitian diatas, dapat dikatakan bahwa nilai kuat tarik *film* akan mengalami kenaikan seiring dengan adanya penambahan kalsium karbonat sebagai zat pengisi atau *filler*.

Sehingga dari beberapa data penelitian diatas dapat ditarik kesimpulan sementara bahwa filler kalsium silikat memiliki nilai kuat tarik yang lebih besar dibanding dengan kalsium karbonat, salah satunya dikarenakan kalsium silikat yang akan terbentuk menjadi kalsium hidroksida di dalam air, dan akan mengikat gugus OH⁻ yang terdapat dalam pati. Selain itu juga akan terbentuk ikatan hidrat, (C-S-H) kalsium silikat hidrat dimana ikatan – ikatan tersebut menguatkan *bonding strenght* [3]. Namun kalsium silikat harus di preparasi

dengan sebaik mungkin hingga mencapai ukuran nano agar dapat terlarut sempurna pada larutan plastik yang akan dicetak.

3.1.2 Pengaruh Jenis dan Komposisi *Plasticizer* Terhadap Kuat Tarik Plastik *Biodegradable*

Plastik *biodegradable* yang terbuat dari jenis polisakarida yang berasal dari tanaman seperti pati, selulosa, dll pada umumnya masih bersifat kaku dan rapuh sehingga belum dapat dimanfaatkan untuk pengemas, sehingga perlu dilakukan penambahan *plasticizer*. *Plasticizer* umum yang digunakan dalam produksi plastik/film adalah gliserol dan sorbitol. Umumnya penggunaan kedua bahan ini sebagai *plasticizer* didasari karena sifatnya yang ramah lingkungan dan tidak beracun

Pada penelitian milik Haryati [10], yang menggunakan gliserol sebagai *plasticizer* dengan variabel penambahan gliserol sebesar 25, 35, 45, 55 %berat pati, menunjukkan bahwa kuat tarik yang dihasilkan berkisar antara 0,22 – 0,7 MPa [10]. Pada penelitian tersebut nilai kuat tarik yang paling tinggi didapatkan pada sampel bioplastik dengan 25% penambahan gliserol dan 1,5 gram CaCO_3 yaitu sebesar 0,7 MPa. Sementara nilai kuat tarik paling rendah yaitu pada sampel 55% dan 0 gram CaCO_3 yang menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 0,22 MPa. Dimana dapat dikatakan pada penelitian milik Haryati [10], nilai kuat tarik tertinggi didapatkan pada penambahan *plasticizer* gliserol paling sedikit.

Tabel 2. Pengaruh konsentrasi sorbitol terhadap kuat tarik *biodegradable film* dari nata de cassava [6]

No	Nata De Cassava/ Bioselulosa (gram)	Penambahan Sorbitol (% berat pati)	Nilai Kuat Tarik (Mpa)
1	35	0	62,22
2	35	3	35,28
3	35	6	16,66
4	35	9	11,76

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Hidayati [6], pada tabel 2 hasil analisis nya menunjukkan bahwa konsentrasi sorbitol berpengaruh nyata, hal ini ditunjukkan pada perlakuan penambahan sorbitol 0% berbeda jauh dengan penambahan sorbitol 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% dimana nilai kuat tarik tertinggi didapatkan pada penambahan sorbitol 0% yaitu sebesar 62,22 MPa. Sedangkan pada penambahan sorbitol 12%, dan 15% tidak berbeda nyata sehingga oleh Hidayati, dkk (2015) nilainya tidak ditunjukkan. Hal ini menunjukkan bahwa seiring dengan peningkatan konsentrasi sorbitol juga menyebabkan peningkatan elongasi dan penurunan kuat tarik

Sehingga berdasarkan kedua penelitian diatas dapat dikatakan bahwa penambahan *plasticizer* yang semakin banyak dapat menyebabkan nilai kuat tarik dari plastik *biodegradable* cenderung menurun. Menurut Lai dkk, (1997) dan Cheng dkk, (2006), dalam Hidayati [6] melaporkan bahwa *plasticizer* dapat mengurangi ikatan hidrogen internal molekul dan menyebabkan melemahnya gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan sehingga mengurangi daya regang putus. Hal ini menyebabkan molekul-molekul *plasticizer* dapat mengurangi energi yang dibutuhkan molekul untuk melakukan suatu

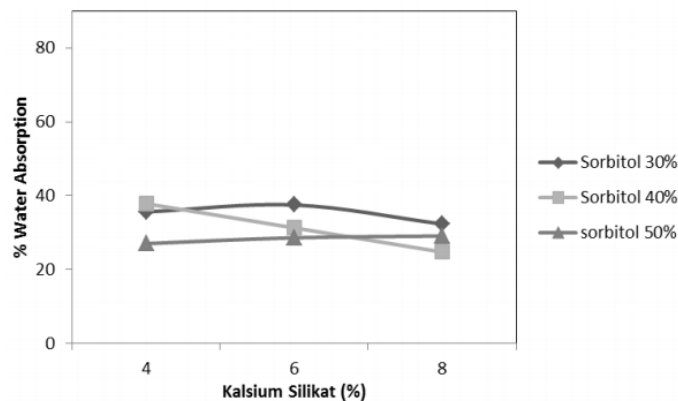
pergerakan (mudah bergerak) sehingga kekakuannya menurun yang menyebabkan menurunnya kekuatan tarik [11].

3.2 Daya Serap Air

Uji ketahanan terhadap air atau yang biasa disebut dengan *water absorption* atau *water uptake* merupakan pengujian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat ketahanan plastik terhadap air [3].

3.2.1 Pengaruh jenis dan komposisi *filler* terhadap daya serap air plastik *biodegradable*

Filler merupakan suatu zat tambahan yang digunakan pada pembuatan plastik *biodegradable* yang dapat menambah sifat mekanik pada plastik *biodegradable*, namun *filler* juga dapat berpengaruh pada tingkat daya serap air pada *film* bioplastik. Oleh karena itu akan ditinjau bagaimana pengaruh dari penambahan *filler*, utamanya pada penambahan *filler* kalsium silikat dan kalsium karbonat terhadap ketahanan air dari plastik *biodegradable*, yang bersumber dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan



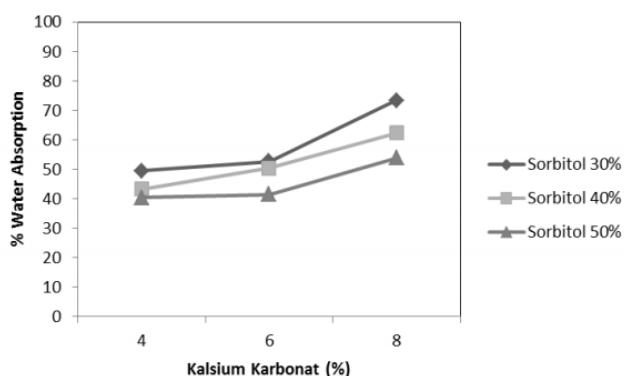
Gambar 3. Uji *water absorption* plastik *biodegradable* pada *filler* kalsium silikat [2]

Tabel 3. Pengaruh penambahan kalsium silikat terhadap kemampuan *water absorption* dari plastik *biodegradable* pati umbi talas [3]

No	Kalsium Silikat (% berat pati)	Penambahan Sorbitol (% berat pati)	Persentase penambahan berat plastik <i>biodegradable</i> (%)
1	0	40	25,53
2	2	40	17,39
3	4	40	17,86
4	6	40	16,67
5	8	40	11,76

Pada kedua penelitian di atas yang menggunakan sumber pati berbeda dengan penggunaan kalsium silikat sebagai *filler*, jika ditinjau pada Gambar 3 dengan penambahan sorbitol 40% dengan Tabel 3 yang juga menggunakan sorbitol 40%, menunjukkan bahwa penambahan kalsium silikat sebagai *filler* pada plastik *biodegradable* dapat memperkuat sifat plastik terhadap ketahanan air karena nilainya yang semakin menurun yang dapat diartikan semakin susah plastik dalam menyerap air. Hal ini dikarenakan sifat hidrofobik yang

dimiliki oleh kalsium silikat sehingga dapat mencegah terserapnya air kedalam plastik *biodegradable*.



Gambar 4. Uji *water absorption* plastik *biodegradable* pada *filler* kalsium karbonat [2]

Pada Gambar 4 dapat dilihat bagaimana pengaruh penambahan kalsium karbonat terhadap daya serap air pada plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Dimana semakin banyak kalsium karbonat yang ditambahkan akan semakin besar pula nilai daya serap air yang dihasilkan. Hal ini didukung oleh penelitian milik Widyaningsih [4] yang menyatakan bahwa penambahan kalsium karbonat meningkatkan kelarutan dalam air walaupun tidak begitu signifikan. Hal ini diduga karena ion kalsium (Ca^{2+}) berikatan dengan gugus hidroksil pada pati sehingga membentuk suatu jaringan [4]. Kalsium karbonat yang dilarutkan ke dalam pati akan berbentuk partikel – partikel kecil, apabila partikel tersebut masuk ke dalam struktur pati maka struktur tersebut akan meregang membentuk rongga rongga yang akan memudahkan air masuk ke dalam struktur. Semakin banyak air yang masuk ke dalam struktur pati akan meningkatkan kelarutan dalam air dan asam [4].

3.2.2 Pengaruh jenis dan komposisi *plasticizer* terhadap daya serap air pada plastik *biodegradable*

Pada pembahasan kali ini akan dibahas mengenai pengaruh dari jenis dua *plasticizer* yang berbeda dan bagaimana pengaruh penambahan komposisi *plasticizer* terhadap daya serap air. *Plasticizer* yang akan dibahas adalah *plasticizer* yang umum digunakan yaitu gliserol dan sorbitol

Pada penelitian milik Safitri [12], yang menggunakan pati sagu dan *grafting poly(NIPAM)*-kitosan dalam pembuatan plastik *biodegradable*, dibahas mengenai pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat daya serap air yang dihasilkan, variabel penambahan gliserol yang digunakan yaitu 15, 30, 45%. Pada konsentrasi *grafting poly(NIPAM)*-kitosan 9%, gliserol 45%, dan minyak kayu manis 10% nilai daya serap air mencapai 64,29% sedangkan daya serap air paling rendah berada pada konsentrasi *grafting poly(NIPAM)*-kitosan 5%, gliserol 15%, dan minyak kayu manis 45% yaitu 22,22% [12].

Sehingga dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan gliserol akan semakin tinggi pula nilai daya serap air, yang dimana tingginya daya serap air disebabkan karena banyak terdapat gugus hidrofil yang mampu mengikat air pada rantai polimer sehingga sehingga air akan terdifusi dalam polimer karena adanya gugus hidrofilik. Hal ini juga disebabkan karena gliserol termasuk zat yang mampu menyerap air dengan baik atau dikenal dengan

higroskopis. Selain itu gliserol memiliki sifat hidrofilik sehingga terjadi daya tarik – menarik antara gliserol dan air yang mengakibatkan semakin banyak gliserol maka penyerapan molekul air akan semakin meningkat [13].

Pada penelitian milik Hidayati [6], membahas bagaimana kelarutan sorbitol, yang pada hasil analisa yang dilakukan menjelaskan bahwa perlakuan penambahan sorbitol 9% tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambahan sorbitol 12%, dan 15% dan berbeda nyata dengan perlakuan penambah sorbitol 0%, 3%, dan 6% yang mengalami peningkatan. Dimana dapat diartikan bahwa pada penambahan sorbitol 0-9% daya serap air yang dihasilkan mengalami peningkatan yang begitu signifikan sedang pada penambahan sorbitol 9-15% mengalami peningkatan yang tidak begitu signifikan. Uji kelarutan yang dilakukan oleh Hidayati [6], juga merupakan salah satu uji yang dilakukan agar dapat menunjukkan bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi sorbitol terhadap kelarutan *biodegradable film*. Pada pengujian yang dilakukan oleh Hidayati [6], menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi sorbitol mempengaruhi peningkatan kelarutan. Sehingga jika semakin tinggi nilai kelarutan yang dihasilkan, akan semakin tinggi pula sifat dari suatu dalam menyerap air. Penambahan sorbitol mampu menurunkan gaya intermolekular pada *biodegradable film* sehingga nilai kelarutannya bertambah. Sorbitol merupakan senyawa yang dapat larut sempurna dalam air dan bersifat hidrofilik sehingga semakin tinggi konsentrasi sorbitol maka semakin tinggi pula nilai kelarutannya [6].

Tetapi daya serap air yang diakibatkan oleh kedua *plasticizer* tersebut tentu memiliki perbedaan nilai. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Nilai pengembangan tebal (%) bioplastik dari pati ubi talas [14]

No	Konsentrasi Pati	Penambahan Sorbitol (% berat pati)		
		Gliserol (P1)	Sorbitol (P2)	Gliserol:Sorbitol 1:1 (P3)
1	T1 (5%)	11,91±1,25 h	114,05±0,22 c	62,12±0,25 e
2	T2 (6%)	29,89±1,02 g	126,84± 0,72 b	95,11±0,43 d
3	T3 (7%)	37,62±0,07 f	147,22±0,08 a	126,23±0,52 b

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

Pada penelitian milik Situmorang [14], dapat dilihat bahwa tingkat ketahanan air yang paling rendah (147,22±0,08%) terdapat pada konsentrasi pati 7% dengan *plasticizer* sorbitol, sedangkan ketahanan air tertinggi (11,91±1,25%) terdapat pada konsentrasi pati 5% dengan *plasticizer* gliserol. Semakin tinggi pengembangan tebal pada suatu plastik maka ketahanan airnya semakin rendah dan akan terjadi penggembungan (*swelling*) pada sampel. Menurut Goldberg dan Williams (1991) dalam Sitompul dan Zubaidah (2017) yang dikutip oleh Situmorang [14], perbedaan berat molekul (BM) yang dimiliki masing – masing *plasticizer* dapat menyebabkan peningkatan kadar air. Semakin besar BM menyebabkan terdapatnya celah yang lebih besar antara molekul yang dapat disisipi oleh molekul air. Sehingga menyebabkan peningkatan air. Diketahui bahwa sorbitol memiliki BM sebesar 182,17 sedangkan gliserol memiliki BM 92,09. Sehingga diketahui bahwa sorbitol memiliki daya serap air yang lebih besar daripada gliserol.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

- 1) Penambahan komposisi dari *filler* dapat meningkatkan nilai kuat tarik pada plastik *biodegradable* terutama pada penambahan kalsium silikat akan mendapatkan nilai kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan kalsium karbonat. Penambahan *filler* kalsium silikat dapat memperkecil daya serap air, sedangkan kalsium karbonat akan meningkatkan daya serap air meskipun tidak begitu signifikan.
- 2) Penambahan dari kedua komposisi *plasticizer* yang berbeda mampu mengurangi nilai kuat tarik pada plastik *biodegradable*. Penambahan dari kedua komposisi *plasticizer* yang berbeda dapat meningkatkan daya serap air dari suatu plastik *biodegradable*, plastik dengan penambahan sorbitol memiliki daya serap air yang lebih tinggi dibanding dengan gliserol

4.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait plastik *biodegradable* dengan penambahan *filler* kalsium silikat, terkait nilai kuat tarik yang turun pada penambahan 8%

REFERENSI

- [1] Coniwanti, P., Laila, L., and Alfira, R. M., 2014, Pembuatan Film Plastik *Biodegradable* dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol, Jurnal Teknik Kimia, Vol. 20, No. 4, Desember, 22-30
- [2] Trisanti, Z. P., Sari, P. J., 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. 05, No. 2, Agustus, 105-111
- [3] Udjiana, S. S., Hadianoro, S., Syarwani, M., and Suharti, H. P., 2019, Pembuatan dan Karakterisasi Plastik *Biodegradable* dari Umbi Talas (*Xanthosoma sagittifolium*) dengan Penambahan *Filler* Kitosan dan Kalsium Silikat, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 03, No. 1, April, 10-19
- [4] Widyaningsih, S., Kartika, D., and Nurhayati, T. Y., 2012, Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang, Jurnal Molekul, Vol. 07, No. 1, Mei, 69-81
- [5] Syahfitri, A. F., Lestari, I., Purwati, K. L., Sera, R., Apriani, S., and Darni, Y., 2015, Sintesis Bioplastik dari Tongkol Jagung
- [6] Hidayati, S., Zuidar, S. A., and Ardiani, A., 2015, Aplikasi Sorbitol Pada Produksi *Biodegradable* Film dari *Nata De Cassava*, Jurnal Reaktor, Vol. 15, No. 3, April, 196-204
- [7] Mchugh, T.H. , Krochta, J.M. 1994. "Sorbitol vs Glycerol Platiced Whey Protein Edible Film Integrated Oxygen Permeability and Tensite Property Evaluation,". Journal Agriculture and Food Chemistry, 2(4), , 841-845.

- [8] Hardjono., Suharti, H. P., Permatasari, A. D., and Sari, A. V., 2016, Pengaruh Penambahan Asam Sitrat Terhadap Karakteristik Film Plastik *Biodegradable* dari Pati Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata Balbisiana Colla*), Jurnal Bahan Alam Terbarukan, Vol. 05, No. 1, Juni, 22-28
- [9] Fitriana, A. R., Septiana, R., and Darni, Y., 2017, Pengaruh *Filler* Terhadap Karakteristik Mekanik dan Permeabilitas Uap Air dari *Edible Film* Berbasis *Low Methoxyl Pectin*, Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, Vol. 05, No. 2, Juli, 103-110
- [10] Haryati, S., Rini, S. A., and Safitri, Y., 2017, Pemanfaatan Biji Durian Sebagai Bahan Baku Plastik *Biodegradable* Dengan *Plasticizer* Gliserol dan Bahan Pengisi CaCO₃, Jurnal Teknik Kimia, Vol. 23, No. 1, Januari, 1-8
- [11] Suppakul, P., Chalernsook, B., Ratisuthawat, B., Prapasitthi, S., and Munchukangwan, K., 2006), *Plasticizer and Relative Humidity Effects on Mechanical Properties of Cassava Flour Films*, The 15th IAPRI World Conference on Packaging; Tokyo, Japan, pp. 433-437.
- [12] Safitri, I., Riza, M., and Syaubari., 2016, Uji Mekanik Plastik *Biodegradable* dari Pati Sagu dan Grafting Poly(NIPAM)-Kitosan Dengan Penambahan Minyak Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) Sebagai Antioksidan, Jurnal Litbang Industri, Vol. 06, No. 2, Desember, 107-116
- [13] Putra, D. A., Amri, I., and Irdoni., 2019, Sintesis Bioplastik Berbahan Dasar Pati Jagung dengan Penambaha *Filler* Selulosa Serat Daun Nanas (*Ananas cosmosus*), JOM FTEKNIK, Vol. 06, No. 1, 1-8
- [14] Situmorang, U. F., Hartiati, A., and Harsojuwono, A. B., 2019, Pengaruh Konsentrasi Pati Ubi Talas (*Colocasia esculenta*) dan Jenis *Plasticizer* Terhadap Karakteristik Bioplastik, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri, Vol. 07, No. 3, September, 457-467