



# Peningkatan Karakteristik *Biodegradable Plastics* dari Kulit Pisang Candi dengan Penambahan *Filler* Kalsium Silikat dan *Clay*

S. Sigit Udjiana, Sigit Hadianoro, Anang Takwanto, Anugrah Windy Mustikarini\*

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

\*E-mail: wndy.rin@gmail.com

## ABSTRAK

*Biodegradable plastics* adalah plastik yang memiliki sifat ramah lingkungan. Kulit pisang candi berpotensi digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik karena mengandung pati sebesar 28,488 %. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *plasticizer* (sorbitol) dan *filler* (kalsium silikat dan *clay*) terhadap kuat tarik, % elongasi, % biodegradasi dan % absorpsi bioplastik. Berdasarkan hasil yang diperoleh, semakin banyak *filler clay* atau kalsium silikat maka bioplastik memiliki kuat tarik yang besar dan % elongasi yang semakin kecil. Semakin banyak *clay* yang ditambahkan maka semakin besar daya absorpsi terhadap air, namun semakin banyak kalsium silikat yang ditambahkan maka semakin kecil daya absorpsi terhadap air. Semakin banyak *filler* kalsium silikat dan *clay* maka semakin kecil % biodegradasi bioplastik. Semakin banyak jumlah sorbitol yang ditambahkan maka semakin besar % elongasi, % biodegradasi dan % *water absorption* namun semakin kecil % kuat tarik. Bioplastik dengan penambahan *filler* kalsium silikat memiliki kuat tarik antara 4,11-22,08 Mpa, % elongasi antara 2,17%-57,95%, % *water absorption* antara 67,26%-120% dan % biodegradasi antara 0,61%-19,22%. Bioplastik dengan penambahan *filler clay* memiliki kuat tarik antara 2,38-14,05 Mpa, % elongasi antara 2,11%-46,24%, % *water absorption* antara 79,07%-150,67% dan % biodegradasi antara 1,17%-34,54%.

**Kata kunci:** *Biodegradable plastics*, *clay*, kalsium silikat, kulit pisang candi.

## ABSTRACT

*Biodegradable plastics* is plastic which has environmentally properties. Candi banana peels potential to be used as a basic material for making bioplastics because it contains 28,488% starch. The aims of our research is to determine the effect of plasticizer (sorbitol) and filler (calcium silicate and clay) on tensile strength, elongation (%), biodegradation (%) and bioplastic absorption (%). Based on the result, the more amount of calcium silicate or clay filler added, the larger tensile strength and the smaller % elongation. The more amount of clay added, the greater absorption capacity of water, but the more calcium silicate added, the smaller absorption capacity of water. The more amount calcium silicate filler added, the smaller the biodegradation of bioplastic, but in the data based on clay filler, % biodegradation decreased. The more amount of sorbitol added, the greater % elongation, % biodegradation and % water absorption, but the smaller % tensile strength. Bioplastics with calcium silicate as filler has tensile strength between 4.11-22.08 Mpa, % elongation between 2.17% -57.95%, % water absorption between 67.26% -120% and % biodegradation between 0.61-19.22%. Bioplastics with clay as filler has tensile strength between 2.38-14.05 MPa, % elongation between 2.11%-46.24%, % water absorption between 79.07%-150.67% and % biodegradation between 1,17% -34.54%.

**Keywords:** *Biodegradable plastics*, *clay*, calcium silicate, candi banana peels

## 1. PENDAHULUAN

Plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat digunakan seperti layaknya plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi air dan karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Kulit pisang

candi dan kulit kacang tanah merupakan limbah rumah tangga yang pada umumnya dibuang begitu saja padahal limbah kulit pisang memiliki kandungan pati sebesar 28,4% dan limbah kulit kacang mengandung selulosa sebesar 37% yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan

*biodegradable plastics*. Berdasarkan penelitian [1], meningkatnya konsentrasi kulit kacang tanah akan meningkatkan daya kuat tarik, persen elongasi dan kemampuan degradasi. Meningkatnya konsentrasi kalsium silikat dapat menurunkan kadar *water absorption* dan memiliki daya kuat tarik yang tinggi. Namun penggunaan kalsium silikat sebagai *filler* meningkatkan persentase degradasi sehingga plastik terlalu cepat terurai [2]. Menurut literatur [3], laju kehilangan massa *biodegradable plastics* adalah mengurangi sampai 10% dari massa asli setelah tiga bulan dalam kompos. Meskipun standar persentase degradasi telah tercapai, namun *biodegradable plastics* yang dihasilkan menyebabkan plastik berumur pendek [3].

Dari hasil penelitian mengenai penggunaan *clay* sebagai *filler* pada *biodegradable plastics* dari pati umbi talas, *filler clay* memberikan daya kuat tarik yang tinggi yakni sebesar 89,327801 MPa. Persentase berat terdegradasi yang terbaik juga dihasilkan dari bioplastik dengan *filler clay*, hal ini disebabkan karena *clay* berbahan baku organik yaitu tanah liat yang mudah terdegradasi [4].

Berdasarkan keterangan diatas, penggunaan kombinasi limbah kulit pisang candi, kulit kacang dan *plasticizer* sorbitol dengan *filler* kalsium silikat dan *clay* masih belum dilakukan. Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian dengan kombinasi tersebut untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik *biodegradable* plastik sehingga diharapkan mampu menghasilkan produk plastik *biodegradable* berbasis pati dan selulosa dari limbah kulit pisang candi dan kulit kacang terbaik sesuai standar pengujian *biodegradable plastics*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah *plasticizer* sorbitol dan jenis *filler* berupa kalsium silikat dan *clay*, terhadap kuat tarik dan elongasi, sifat *biodegradable*, dan sifat *water absorption* pada *biodegradable plastics* dengan bahan dasar kulit pisang candi dan kulit kacang tanah serta untuk mengetahui perbandingan

kualitas *biodegradable plastics* dengan bahan dasar kulit pisang dan kulit kacang tanah hasil eksperimen dengan SNI. Metode yang digunakan adalah metode *casting* atau proses termoplastik [5].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Biodegradable plastics* adalah plastik yang akan hancur terurai atau terdegradasi oleh aktivitas mikroorganisme. Semakin banyak selulosa yang dikandung oleh suatu plastik, maka semakin cepat bagi plastik tersebut untuk terdegradasi [6]. Ciri mekanik plastik yakni kuat tarik (*tensile strength*), kuat tusuk (*puncture strength*), persen pemanjangan (*elongation to break*) dan elastisitas (*elastic/modulus young*). Kuat tarik semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah pemlastis (*plasticizer*) namun elastisitas yang dihasilkan semakin menurun. Uji ketahanan terhadap air diperlukan untuk mengetahui sifat bioplastik apakah telah mendekati karakteristik plastik sintetis atau belum. Plastik berpolimer dengan polaritas tinggi umumnya menghasilkan nilai permeabilitas uap air yang tinggi dan permeabilitas terhadap oksigen rendah. Berdasarkan SNI, Kuat tarik plastik 24,7-303 Mpa, Persen Elongasi 21-220 %, hidrofobisitas 99%.

Kulit pisang candi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik karena kulit pisang mengandung pati 28,488%. Penambahan selulosa bertujuan untuk mengurangi sifat hidrofilik pada pati karena karakteristik selulosa yang tidak larut dalam air dan menambah kuat tarik plastik.

Pati merupakan jenis polimer alami yang murah dan secara biologis dapat terdegradasi sempurna membentuk karbondioksida dan air. Pati memiliki rumus kimia  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Pati tidak larut dalam air, namun jika suspensi pati dipanaskan akan terjadi gelatinisasi setelah mencapai suhu tertentu (suhu gelatinisasi 52°C-80°C) [7]. *Plasticizer* didefinisikan sebagai bahan non volatil yang memiliki titik didih tinggi yang apabila ditambahkan material lain dapat merubah sifat fisik dari material tersebut yang berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas,

elastisitas dan ekstensibilitas material, menghindarkan material dari keretakan, serta meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut [8]. Berdasarkan penelitian mengenai Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi *Plasticizer* Terhadap Sifat Fisik Edible Film Kolang Kaling (*Arenga pinnata*) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi sorbitol dapat menurunkan kuat tarik *biodegradable film*, meningkatkan persen elongasi, meningkatkan persen kelarutan dan mampu terdegradasi total selama 5 minggu [9].

Bahan pengisi (*filler*) digunakan dalam persentase yang cukup besar untuk meningkatkan karakteristik polimer termoplastik seperti kekuatan, kekakuan dan ketahanan terhadap api (*fire retardent*).

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

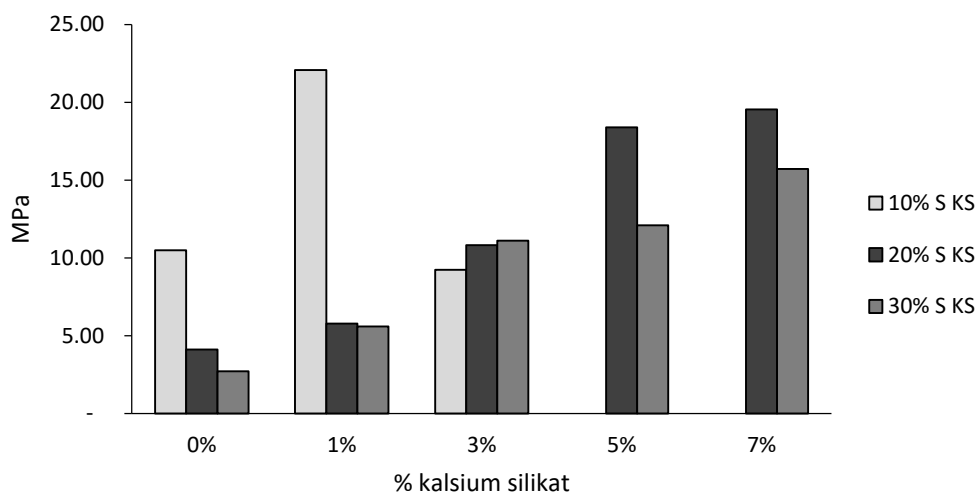
Pembuatan *biodegradable plastics* pada penelitian ini diawali dengan mengumpulkan bahan baku yaitu limbah kulit pisang candi dan limbah kulit kacang tanah. Limbah kulit pisang di cuci dilakukan ekstraksi pati dari kulit pisang dengan cara dicampur dengan asam sitrat kemudian dihancurkan dengan blender dan disaring. Filtrat yang dihasilkan diendapkan selama 1 hari hingga pati mengendap sempurna. Endapan tersebut dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam hingga kering lalu diayak. Limbah kulit kacang tanah dicuci dan dihaluskan selulosa dengan cara menambahkan NaOH 2,5% pada serbuk kacang tanah, diaduk kemudian diendapkan selama 2 jam lalu dikeringkan dengan oven. Pati dan selulosa dengan perbandingan 8,5 : 1,5 dicampur kemudian ditambahkan *filler* yaitu (menggunakan kalsium silikat atau menggunakan *clay* sesuai variabel) dan *plasticizer* berupa sorbitol kemudian diaduk dengan pemanasan hingga tercampur sempurna. Lalu campuran tersebut di cetak pada loyang kaca dan dikeringkan dengan oven suhu 70°C selama 6 jam kemudian dilanjutkan pengerinagn suhu kamar. *Biodegradable plastics* yang dihasilkan dianalisa karakteristiknya

menggunakan metode uji kuat tarik, uji elongasi, sifat *biodegradable*, dan sifat *water absorption*.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

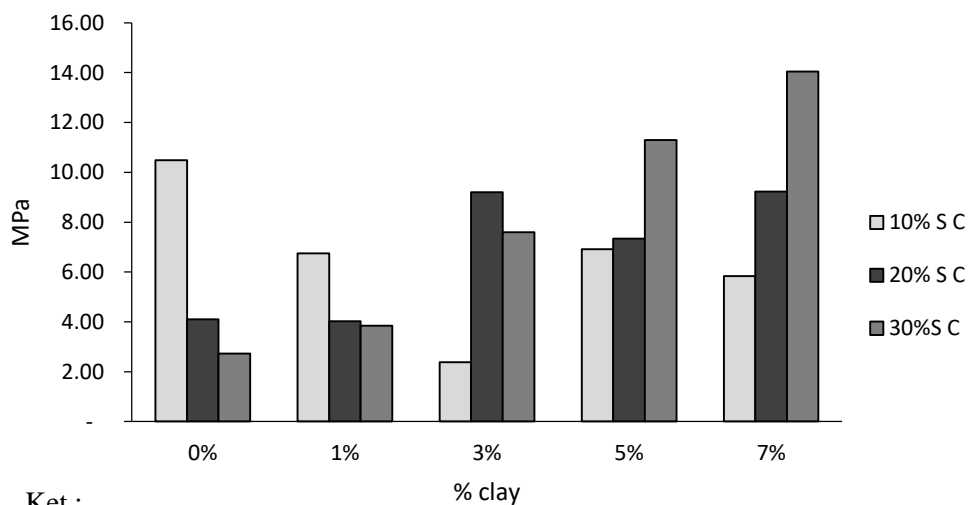
### 4.1 UJI TARIK

Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa semakin besar jumlah *filler* kalsium silikat maka semakin besar pula nilai kuat tarik yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu bahwa semakin besar kalsium silikat yang ditambahkan maka kuat tarik juga semakin besar [7]. Hal ini disebabkan karena kalsium silikat memiliki struktur yang acicular (tidak beraturan namun tajam) sehingga mampu meningkatkan sifat mekanik yaitu kuat tarik [10]. Selain itu, kalsium silikat dapat terbentuk ikatan hidrat, (C-S-H) kalsium silikat hidrat dimana ikatan – ikatan tersebut menguatkan *bonding strenght* [2]. Nilai kuat tarik terbaik yaitu bioplastik dengan sorbitol 10% dengan penambahan *filler* kalsium silikat 1%. Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa semakin besar jumlah *filler clay* yang ditambahkan maka nilai kuat tarik akan meningkat. Hal ini terjadi karena *clay* memiliki ikatan hidrogen sehingga semakin banyak *clay* maka semakin banyak pula ikatan hidrogen yang menyebabkan bioplastik semakin kuat [6]. Sedangkan untuk bioplastik dengan penambahan sorbitol 10%, semakin banyak *filler clay* maka terjadi penurunan kuat tarik hingga penambahan *filler clay* 3%. Berdasarkan literatur [11], perbedaan nilai kuat tarik dapat disebabkan oleh ketipisan sampel, metode persiapan sebelum pengujian dan kecepatan pengujian. Nilai kuat tarik terbaik yaitu bioplastik dengan sorbitol 30% dengan penambahan *filler clay* 7%. Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa penambahan *filler* kalsium silikat diperoleh bioplastik dengan kuat tarik lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan *filler clay*. Hal ini dikarenakan pada sifat fisik dari bioplastik dengan menggunakan *filler* kalsium silikat lebih keras dibandingkan bioplastik menggunakan *filler clay*.



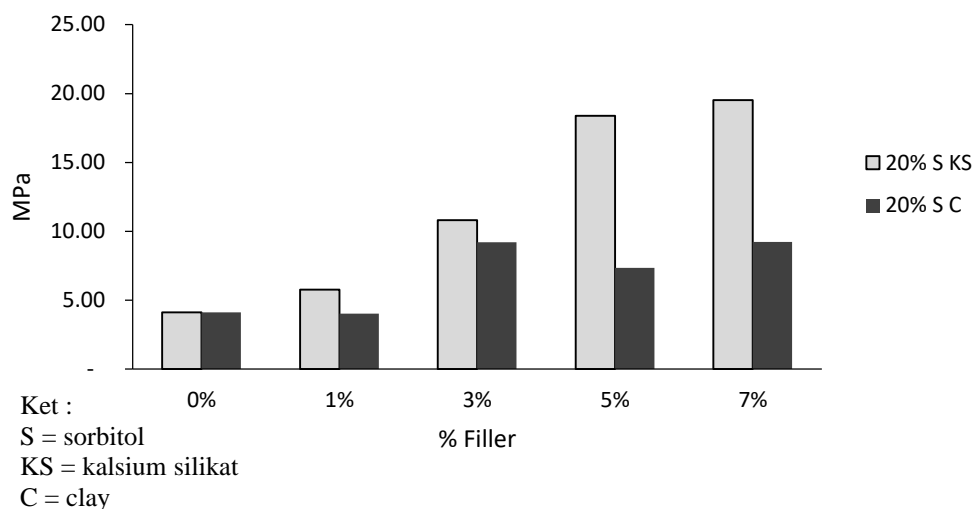
Ket :  
 S = Sorbitol  
 KS = Kalsium Silikat

**Gambar 1.** Kuat tarik bioplastik *filler* kalsium silikat

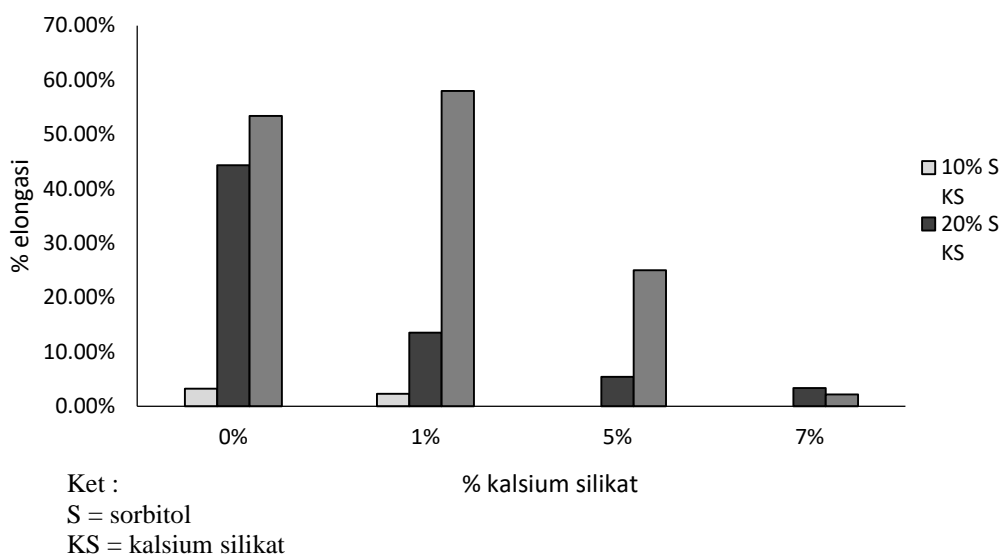


Ket :  
 S = Sorbitol  
 C = Clay

**Gambar 2.** Kuat tarik bioplastik *filler* clay



**Gambar 3.** Perbandingan kuat tarik bioplastik antara *filler* kalsium silikat dan *clay*

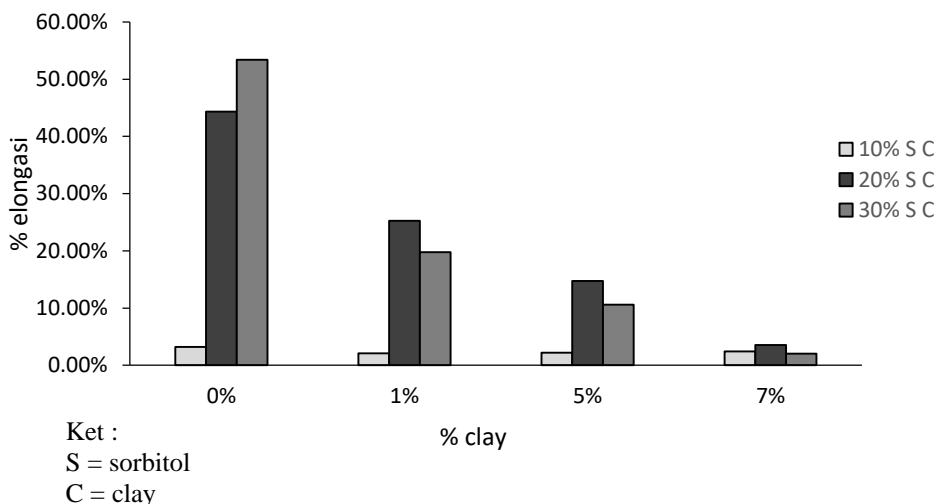


**Gambar 4.** %Elongasi bioplastik *filler* kalsium silikat

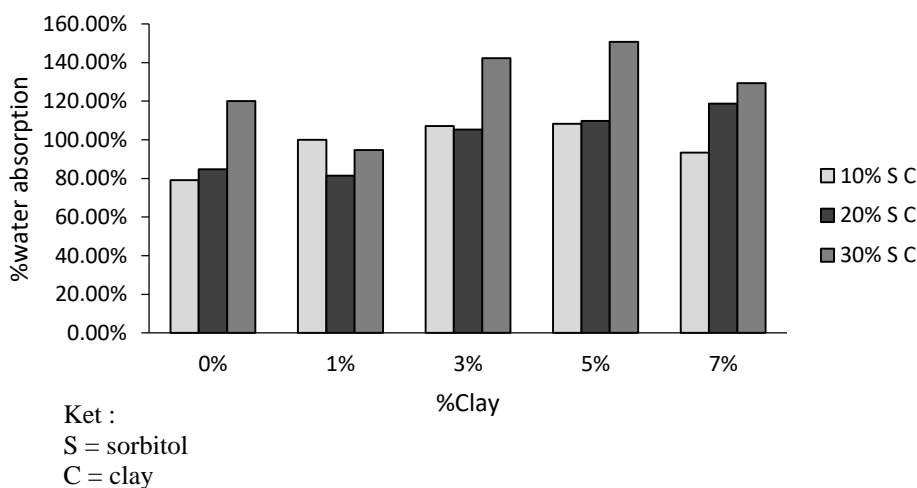
#### 4.2. UJI ELONGASI

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa semakin besar jumlah filler kalsium silikat yang ditambahkan maka % elongasi semakin kecil. Hal ini terjadi karena kalsium silikat memiliki sifat acicular sehingga dapat meningkatkan salah satu sifat mekanik yaitu kuat tarik [10]. Hal ini menyebabkan elongasi semakin berkurang. Selain itu, jika dilihat berdasarkan sampel variasi konsentrasi

sorbitol 10%, 20% dan 30% menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi sorbitol maka semakin besar pula % elongasinya. Konsentrasi sorbitol yang tinggi menyebabkan kekurangan pada kekuatan tarik dan modulus young bioplastik, namun menyebabkan elastisitas yang baik bagi bioplastic [12]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil %elongasi maka semakin besar nilai kuat tarik yang diperoleh.



**Gambar 5.** %Elongasi bioplastik filler clay



**Gambar 6.** % Water absorption bioplastik filler clay

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa semakin besar jumlah *filler clay* yang ditambahkan maka %elongasi cenderung semakin kecil. Hasil telah sesuai dengan penelitian dari pati onggok singkong bahwa semakin besar jumlah *clay* yang ditambahkan maka semakin kecil persentase elongasinya [13]. Hal ini terjadi karena *clay* memiliki banyak ikatan hidrogen sehingga ikatan pada bioplastik semakin besar dan memperkecil persentase elongasi.

#### 4.3. UJI WATER ABSORPTION

Dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa ada kecenderungan bahwa semakin banyak % sorbitol yang ditambahkan maka semakin besar air yang terabsorpsi dalam bioplastik

hal ini dikarenakan struktur kimia sorbitol ( $C_6H_{14}O_6$ ) mengandung gugus hidroksil (-OH) yang bersifat hidrofilik sehingga bioplastik mudah menyerap air. Selain itu, semakin banyak jumlah *filler clay* yang ditambahkan maka semakin banyak pula air yang terabsorpsi. Hal ini dikarenakan *clay* juga memiliki sifat hidrofilik karena mengandung gugus hidroksil (-OH) karena *clay* yang memiliki struktur kimia ( $Al_2O_3 \cdot K_2O \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ ).

Pada Gambar 7 dapat diketahui bahwa %*water absorption* menunjukkan kecenderungan penurunan, sehingga semakin banyak jumlah *filler* kalsium silikat yang ditambahkan maka semakin kecil daya absorpsi bioplastik terhadap air. Kalsium

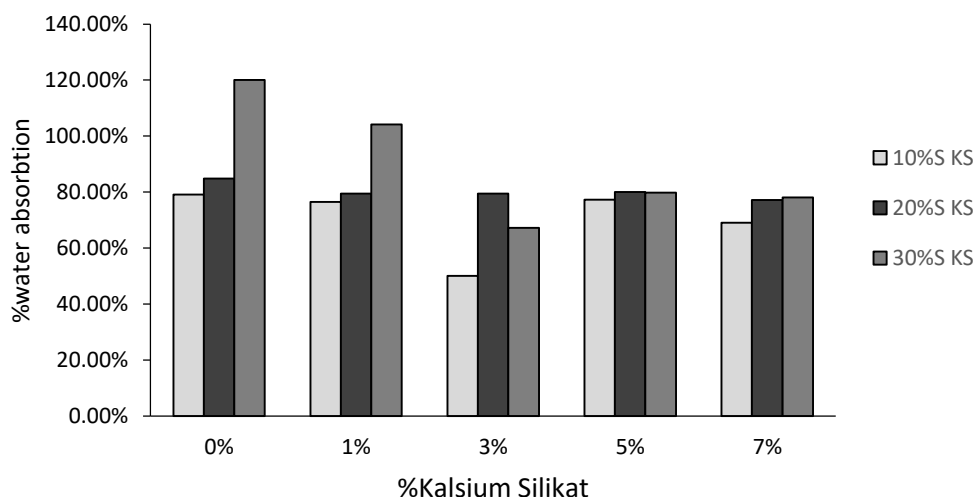
silikat tidak larut dalam air sehingga menghambat proses penyerapan air. Hal inilah yang mempengaruhi penyerapan air. Selain itu, dapat diketahui bahwa semakin banyak konsentrasi sorbitol yang ditambahkan maka semakin besar pula daya absorpsi terhadap air karena sorbitol memiliki gugus -OH yang menyebabkan sifat hidrofilik.

Dari Gambar 8 dapat diketahui bahwa daya absorpsi bioplastik terhadap air pada penambahan filler kalsium silikat lebih rendah dibandingkan dengan bioplastik dengan penambahan filler clay. Hal ini dikarenakan clay memiliki gugus hidroksil (-OH) yang bersifat hidrofilik sehingga bioplastik menggunakan filler clay akan mudah mengadsorpsi air sedangkan

berdasarkan kelarutannya, kalsium silikat tidak larut dalam air sehingga partikel kalsium silikat menghambat terserapnya air yang menyebabkan daya absorpsi bioplastik menurun.

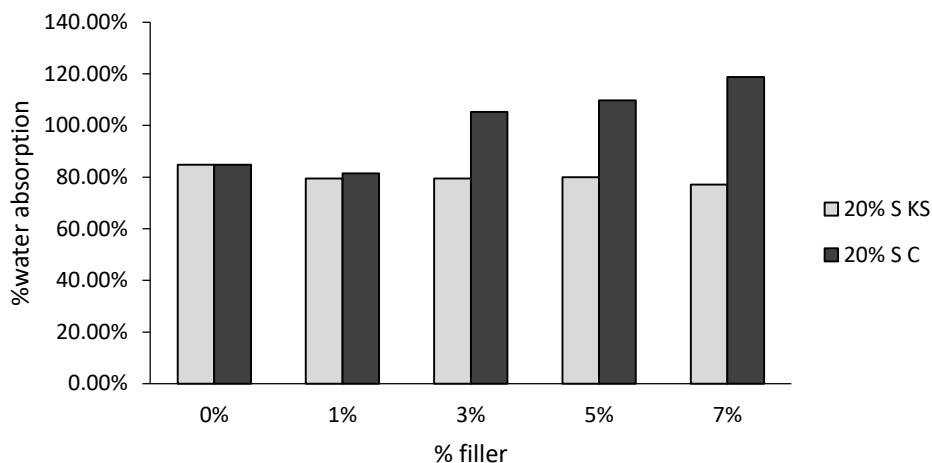
#### 4.4. UJI BIODEGRADASI

Berdasarkan Gambar 9 dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah kalsium silikat yang ditambahkan maka semakin kecil % biodegradasinya. Penurunan persentase penurunan sampel pada uji *biodegradable* dikarenakan adanya campuran pada bioplastik yang merupakan non-*biodegradable* sehingga menghalangi degradasi pada komponen plastik yaitu *filler* kalsium silikat sendiri [14].



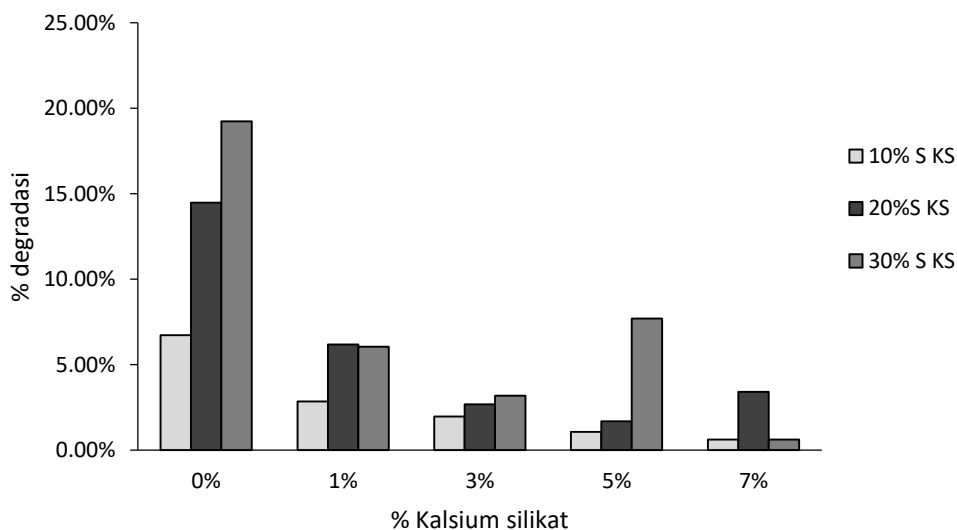
Ket :  
S = sorbitol  
KS = kalsium silikat

**Gambar 7.** % Water absorption bioplastik filler kalsium silikat



Ket :  
 S = sorbitol  
 KS = kalsium silikat  
 C = clay

**Gambar 8.** % Water absorption bioplastik antara filler kalsium silikat dan clay



Ket :  
 S = sorbitol  
 KS = kalsium silikat

**Gambar 9.** % Biodegradasi bioplastik filler kalsium silikat

Gambar 9 juga menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi sorbitol yang ditambahkan, maka semakin besar pula persentase penurunan berat terdegradasinya. Hal ini sesuai dengan penelitian pengaruh jenis dan konsentrasi plasticizer terhadap sifat fisik edible film kolang kaling (*Arenga Pinnata*) bahwa semakin besar kandungan sorbitol pada

plastik *biodegradable* maka semakin besar pula persentase berat terdegradasinya [9]. Berdasarkan Gambar 10, % degradasi cenderung mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan waktu penanaman bioplastik pada tanah tidak bersamaan sehingga % biodegradasinya mengalami penurunan yang tajam serta penanaman bioplastik tidak dilakukan langsung di alam melainkan penanaman dilakukan pada

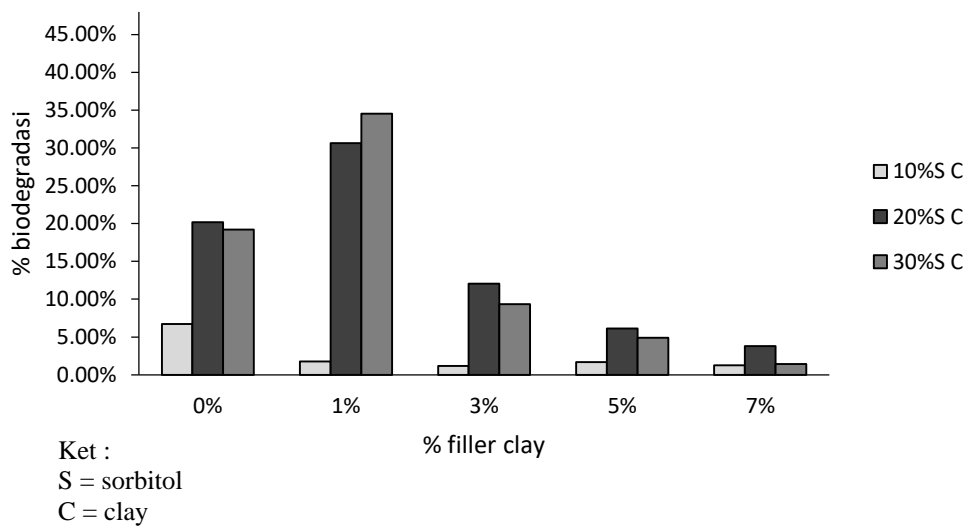


wadah sehingga tanah yang diambil semakin lama akan semakin kering dan mempengaruhi kerja mikroba dalam mengolah bioplastik. Berdasarkan Gambar 11 dapat diketahui bahwa untuk setiap variabel jumlah *filler* yang ditambahkan, *filler clay* menghasilkan nilai % degradasi yang lebih besar.

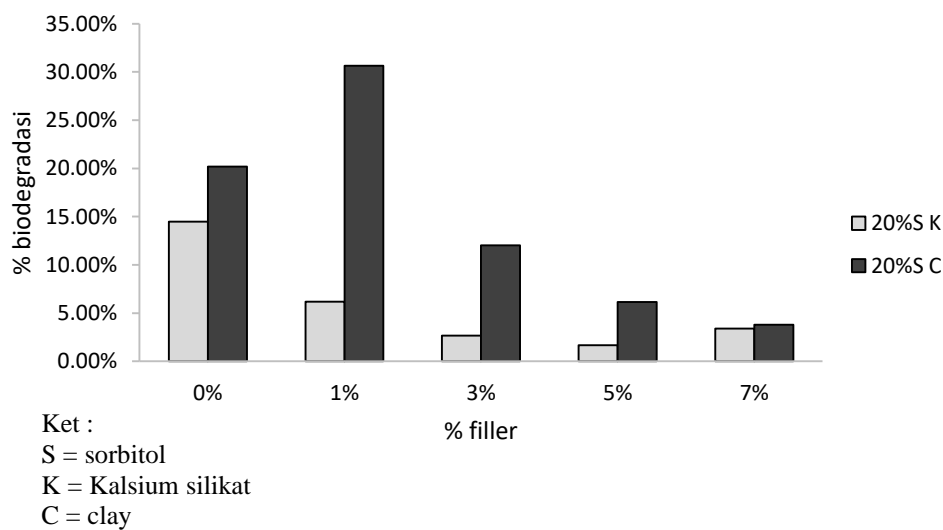
#### 4.5. UJI SEM

Gambar 12 adalah gambar mikro perbesaran 2000x memberikan hasil yang

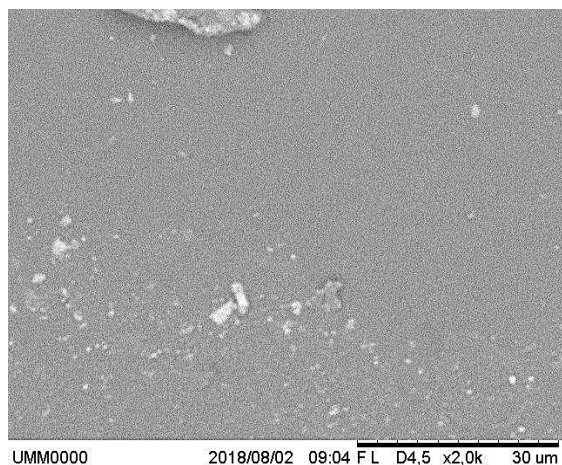
cukup rata pada permukaan sampel dan terdapat beberapa partikel putih yang terlihat namun tidak terlalu besar. Partikel tersebut merupakan komponen yang tidak terlarut sempurna pada bioplastik. Jika dibandingkan berdasarkan hasil uji SEM sampel dengan *filler* kalsium silikat, penelitian ini telah memberikan bioplastik yang lebih baik daripada penelitian sebelumnya tentang sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif [8].



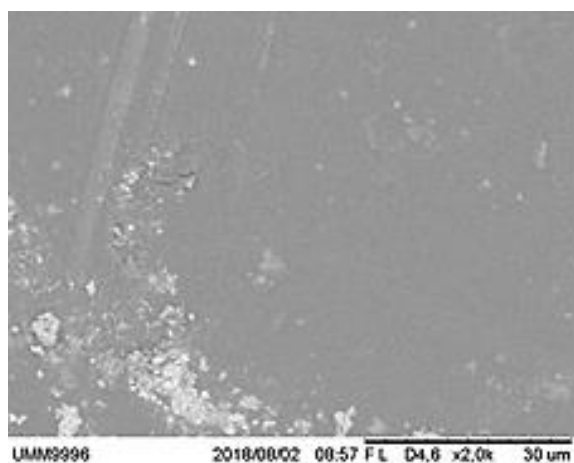
**Gambar 10.** % Biodegradasi bioplastik *filler clay*



**Gambar 11.** % Biodegradasi bioplastik antara *filler* kalsium silikat dan *clay*



**Gambar 12.** SEM bioplastik *filler* kalsium silikat



**Gambar 13.** SEM bioplastik *filler* clay

Hasil pengujian SEM pada sampel dengan *filler clay* ditunjukkan pada Gambar 13, permukaan sampel memberikan hasil yang cukup baik namun partikel-partikel penyusun terlihat cukup besar berwarna putih. Dari Gambar mikro tersebut dapat diketahui bahwa *filler* mengalami aglomerasi yaitu tidak meratanya *clay* pada plastik *biodegradable*.

Berdasarkan hasil uji SEM antara sampel bioplastik dengan *filler* kalsium silikat dan *clay*, dapat diketahui bahwa kalsium silikat memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan *clay* sebagai *filler* pada *biodegradable plastics*.

## 5. KESIMPULAN

Semakin banyak *filler clay* atau kalsium silikat maka bioplastik memiliki kuat tarik yang besar dan % elongasi yang semakin kecil. Semakin banyak *clay* yang ditambahkan maka semakin besar daya absorpsi terhadap air namun semakin banyak kalsium silikat yang ditambahkan maka semakin kecil daya absorpsi terhadap air. Semakin banyak *filler* kalsium silikat maka semakin kecil % biodegradasi bioplastik. Pada setiap variabel jumlah *filler* yang ditambahkan, *filler clay* menghasilkan nilai % degradasi yang lebih besar dari *filler* kalsium silikat. Semakin banyak jumlah sorbitol yang ditambahkan maka semakin besar % elongasi, % biodegradasi dan % *water absorption* namun semakin kecil % kuat tarik.

Kuat tarik bioplastik dengan *filler* kalsium silikat lebih baik dibandingkan dengan *filler clay* dan % elongasi, % absorpsi, dan % biodegradasi bioplastik dengan *clay* cenderung lebih besar dibandingkan dengan *filler* kalsium silikat. Berdasarkan SNI, kuat tarik bioplastik dari kulit pisang dan kacang dengan *filler* kalsium silikat dan *clay* tidak memenuhi syarat karena dibawah 24,7-302 Mpa, sedangkan % elongasi yang memenuhi SNI (21-220%) adalah blanko 2S dengan %elongasi yaitu 44,32%, blanko 3S dengan %elongasi yaitu 53,41%, 3S1K dengan % elongasi yaitu 57,95 %, dan 3S5K dengan % elongasi 25%, 2S1C dengan % elongasi yaitu 25,25%, 2S3C dengan % elongasi 46,24% dan 3S3C dengan % elongasi 43,01%, sedangkan % absorpsi bioplastik yang menurut SNI (99%) belum ada karena sampel memiliki % absorpsi diatas 1 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Amelia, Pemanfaatan Bonggol Pisang Dan Kulit Kacang Tanah Sebagai Bahan Baku Plastik Biodegradable Dengan Penambahan Gliserol, Skripsi, Program Studi Pendidikan Biologi FKIP, Universitas

- Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2017.
- [2] S.S. Udjiana, S. Hadianoro, M. Syarwani, P.H. Suharti, Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Biodegradable dari Umbi Talas (*Xanthosoma Sagittifolium*) dengan Penambahan Filler Kitosan dan Kalsium Silikat, *J. Tek. Kim. Ling.*, vol. 3, no.1, hal. 10-19, 2019
- [3] A. A. Kumar, Karthick K. dan K.P. Arumugam, *Biodegradable Polymers and Its Applications*, *International Journal of Bioscience, Biochemistry, and Bioinformatics*, vol. 1, no. 3, hal. 173-176, 2011
- [4] A. Melani, N. Herawati, A.F. Kurniawan, Bioplastik Pati Umbi Talas Melalui Proses Melt Intercalation (Kajian Pengaruh Jenis Filler, Konsentrasi Filler dan Jenis Plasticizer), *Jurnal Distilasi*, vol. 2 no. 2, hal. 53-67, 2017.
- [5] M. Cornelia, R. Syarief, H. Effendi, dan B. Nurtama, Pemanfaatan pati biji durian (*Durio zibethinus* Murr.) dan pati Sagu (*Metroxylon* sp.) dalam pembuatan bioplastic, *J. Kimia Kemasan*, vol. 35, no. 1, hal. 20-29, 2013.
- [6] F, Anggraini, Aplikasi Plasticizer Gliserol Pada Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Biji Nangka. Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2013
- [7] B. I. Hidayah, Pembuatan Biodegradable Film Dari Pati Biji Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*) Dengan Penambahan Kitosan, Skripsi, Jurusan Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto, 2015.
- [8] I. Mujiarto, Sifat Dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif, *Jurnal Traksi*, vol. 3, no.2, hal. 11-17, 2005.
- [9] A.J.W.S. Sitompul, E. Zubaidah, Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Sifat Fisik Edible Film Kolang Kaling (*Arenga Pinnata*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol.5, no.1, hal. 13-25, 2017.
- [10] M. Xanthos, *Functional Fillers for Plastics*, New Jersey: Wiley-VCH, hal.259-268, 2010.
- [11] A.C Souza, R. Benze, E.S. Ferrao, C. Ditchfield, A.C.V. Coelho, C.C. Tadini, Cassava Starch Biodegradable Films : Influence of glycerol and clay nanoparticles contents on tensile strength and barrier properties and glass transition temperature. *LWT-food Science and Tecnhnology*, vol.6, no.1 hal. 110-117, 2012
- [12] H. Setiawan, R. Faizal, A. Amrullah, Penentuan Kondisi Optimum Modifikasi Konsentrasi Plasticizer Sorbitol PVA Pada Sintesa Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Sorgum Dan Chitosan Limbah Kulit Udang, *Jurnal Saintekno*, vol 13, no.1 hal.29-38, 2015.
- [13] Y. Hasanah, Haryanto, Pengaruh Penambahan Filler Kalsium Karbonat dan Clay Terhadap Sifat Mekanik dari Biodegradable Plastik, *Jurnal Techno*, vol. 18, no. 2, hal 96-107, 2017.
- [14] H. Setyawati, A. Rahman, Pemanfaatan Kulit Pisang Sebagai Bahan Baku Bioetanol Dengan Proses Hidrolisis Enzimatik, *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, vol.5, no. 2, hal 105-111, 2011.