

Potensi Limbah Keju (*Whey*) sebagai Bahan Pembuatan Plastik Pengemas yang Ramah Lingkungan

Istnaeny Hudha M., Kartika Dewi R., Janna Fitri R, dan Nabilah Ayu M.
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITN Malang, Indonesia
istnaeny.hudha@gmail.com, istnaeny.hudha@lecturer.itn.ac.id

Abstrak

Pengemasan merupakan salah satu parameter yang perlu diperhatikan untuk mempertahankan kualitas bahan pangan. Saat ini, plastik *biodegradable* mulai banyak digunakan sebagai alternatif pengganti plastik konvensional untuk pengemasan makanan, karena ramah lingkungan dan mudah terurai oleh adanya aktivitas bakteri. Salah satu bahan pembentuk plastik *biodegradable* adalah protein *whey* dengan penambahan bahan lain, seperti hidrokoloid (protein dan polisakarida), lemak maupun kombinasi dari dua atau tiga bahan, untuk memperbaiki karakteristik bioplastik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi terbaik penggunaan *whey* dan volume sorbitol dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* dibuat dengan melarutkan *whey* dalam akuades, yang kemudian ditambahkan sorbitol dan CaCO_3 . Variasi rasio volume *whey* adalah sebesar (25, 30 dan 35) mL, sedangkan variasi sorbitol adalah 10, 12, 14, 16, dan 18 % (v/v). Karakteristik plastik *biodegradable* diuji dengan metode uji kuat tarik, *elongasi*, dan uji biodegradasi. Hasil karakterisasi plastik *biodegradable* yang memiliki kinerja terbaik diperoleh dari plastik *biodegradable* dengan formulasi volume *whey* sebesar 30 mL dan konsentrasi sorbitol sebesar 14 % (v/v). Hasil uji kuat tarik, persen *elongasi*, dan persen biodegradasi adalah masing-masing sebesar 2.9 MPa, 49,1%, dan 100%.

Kata kunci: *whey*, volume *whey*, sorbitol, plastik *biodegradable*

Abstract

Packaging is one of the parameters that need to be considered to maintain the quality of food. Currently, biodegradable plastic has widely been used as an alternative to conventional plastic in food packaging due to environmentally friendly and easily degraded by bacterial activity. One of the ingredients of biodegradable plastic is whey protein with the addition of other materials, such as hydroxoloid (protein and polysaccharides), fat or a combination of two or three ingredients, to improve the characteristics of bioplastics. This study intended to obtain the composition of the use of whey and the volume of sorbitol in the manufacture of biodegradable plastics. Biodegradable plastic was made by dissolving whey in distilled water, and then blended with sorbitol and CaCO_3 . Whey volume ratio variations were 25, 30 and 35 mL, while the variations of sorbitol were 10, 12, 14, 16, and 18 % (v/v). The characteristics of biodegradable plastics were tested by tensile strength, elongation, and biodegradation test methods. The best performance was obtained from biodegradable plastics with a whey volume formulation of 30 mL and sorbitol concentration of 14 % (v/v). The tensile strength test, elongation percent, and percent biodegradation were 2.9 MPa, 49.1%, and 100%, respectively.

Keywords: whey, whey volume, sorbitol, biodegradable plastic

1. Pendahuluan

Masalah yang saat ini yang dihadapi dunia khususnya di Indonesia adalah masalah pencemaran lingkungan yang diakibatkan banyaknya sampah plastik yang tidak mudah terurai oleh mikroorganisme. Pengembangan bahan alternatif pembuatan plastik bertujuan untuk mengurangi dampak pencemaran sampah plastik dengan mengembangkan kemasan *biodegradable* (Hasnelly, 2015). Plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Biasanya plastik konvensional berbahan dasar petroleum, gas alam, atau batu bara. Sementara plastik *biodegradable* terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman misalnya pati, selulosa, kolagen, kasein, protein atau lipid yang terdapat dalam hewan (Agung, 2017).

Whey merupakan hasil samping dari industri pembuatan keju yang berbentuk cairan bening berwarna kuning kehijauan dari penyaringan dan pengepresan *curd* selama proses pembuatan keju (Larasati, 2016). Protein *whey* dapat digunakan sebagai bahan pembentuk plastik *biodegradable* dengan penambahan bahan lain seperti hidrokoloid (protein dan polisakarida), lemak maupun kombinasi dari dua atau tiga bahan dapat memperbaiki karakteristik plastik *biodegradable* berbahan *whey* (Fatma, 2015). Film plastik yang berasal dari protein *whey* memiliki warna transparan, lunak, fleksibel, tidak berbau, tidak berwarna, dan mempunyai sifat menahan aroma dari produk pangan yang dilapisinya (Awwaly, 2010). Plastik *biodegradable* dapat

Info Makalah:

Dikirim : 03-07-20;
Revisi 1 : 04-22-20;
Diterima : 05-06-20.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-857-9082-5555
e-mail : istnaeny.hudha@gmail.com

mudah terurai oleh mikroorganisme pengurai secara alami dan dapat didaur ulang (Coniwanti, dkk. 2014). Film berbahan dasar protein *whey* mempunyai sifat hidrofili yang tinggi, sehingga film dari jenis ini kurang mampu mempertahankan penguapan air dari produk yang dilapisinya. Kelemahan ini juga dapat diatasi dengan perlakuan pemanasan menggunakan suhu 90 °C. Pemanasan ditujukan untuk mendenaturasi protein *whey* sehingga dapat memacu gugus sulfhidril internal membentuk ikatan disulfide intermolekuler. Ikatan disulfide intermolekuler berperan dalam pembentukan struktur film sehingga protein *whey* tidak mudah larut (Awwaly, 2010).

Tabel 1. Kandungan dalam *whey* keju

Komponen	Nilai (%)
Total padatan	6,95 ± 0,23
Asam laktat	0,1 ± 0,003
Lemak	0,2 ± 0,05
Protein	0,63 ± 0,009
Laktosa	6,31 ± 0,01
pH	6,31 ± 0,01
Viskositas (poise)	0,19 ± 0,004

(Fatma, 2015)

Bahan seperti polisakarida salah satunya yang dapat digunakan yaitu agar-agar sebagai bahan penguat untuk memperbaiki sifat *whey* yang lunak agar hasil plastik lebih kuat, protein dari *whey* keju yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan plastik *biodegradable*, kemudian lipid juga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan *biodegradable* film sebagai pengemas (Hidayati, dkk. 2015). *Plasticizer* adalah bahan yang ditambahkan kedalam suatu pembentuk film untuk meningkatkan fleksibilitasnya karena berfungsi menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimernya, sehingga film akan lentur ketika dibengkokkan (Yulianti, 2012) dan untuk mengurangi kekakuan polimer sehingga diperoleh lapisan yang elastis dan fleksibel. Penambahan *plasticizer* berguna untuk mengatasi sifat rapuh, mudah patah serta kurang elastis (Putra, 2017). *Plasticizer* umumnya digunakan pada produksi plastik berbahan pati adalah gliserol dan sorbitol. Gliserol dan sorbitol banyak digunakan sebagai *plasticizer* karena memiliki sifat stabilitas dan tidak beracun. Penambahan pemlastis dapat meningkatkan fleksibilitas dan permeabilitas terhadap uap air dan gas. Gliserol dan sorbitol merupakan *plasticizer* bertujuan untuk mengurangi kerapuhan, meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan film terutama jika disimpan pada suhu rendah. Penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* memiliki nilai kuat tarik dan elongasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan gliserol (Putra, 2017).

Fungsi dari bahan pengisi digunakan untuk menekan biaya produksi apabila harganya lebih murah dibandingkan harga polimernya. Penambahan bahan pengisi atau filler dapat meningkatkan kekakuan plastik yang terlalu lentur, meningkatkan kekuatan, mengurangi kelarutan dan kecenderungan untuk bengkok (Hasanah, 2017).

Salah satu bahan pengisi yang dapat digunakan yaitu kalsium karbonat. Kalsium karbonat dapat digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* untuk membantu mengatasi kekurangan sifat film plastik *biodegradable* CaCO_3 mempunyai kandungan kalsium yang sifatnya kuat akan meningkatkan kekakuan sehingga memperbaiki sifat kerapuhan dan tidak mudah sobek, selain itu CaCO_3 juga tidak mudah larut dalam air sehingga dapat meningkatkan tahan air pada plastik *biodegradable*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik plastik *biodegradable* dari *whey* keju dengan memvariasikan volume *whey* keju dan *plasticizer* jenis sorbitol. Limbah *whey* dari produksi keju mozzarella adalah sekitar 85% sampai 90% dari volume susu yang dibuat keju dan didalamnya masih terkandung 55% nutrisi sumber karbon yang berupa laktosa dan sumber nitrogen yang berupa protein yang terdapat pada susu (Kosikowski, 1979). Pada penelitian sebelumnya, *whey* keju digunakan sebagai media biakan murni terhadap pertumbuhan koloni jamur tiram putih (Mayangsari, 2015). Fatma (2015) menggunakan gliserol sebagai *plasticizer* dalam pembuatan plastik *biodegradable* dari bahan *whey* dengan pembuatan plastik *biodegradable* polimer umumnya menggunakan bahan pati yang terdapat pada kulit buah, biji-bijian dari buah-buahan, atau dari pati umbi-umbi (singkong). Plastik *biodegradable* terbuat dari bahan polimer alami yang dihasilkan dari monomer organik seperti pati, selulosa, protein dan lemak yang (Coniwanti, dkk. 2014). Plastik *biodegradable* dari jenis polisakarida tanaman, seperti pati, selulosa, agar-agar dan karagenan, serta polisakarida yang berasal dari hewan, seperti kitin dan kitosan, pada umumnya masih bersifat kaku dan rapuh sehingga belum dapat dimanfaatkan untuk pengemas. Karena itu, perlu penambahan *plasticizer* (Hidayati, 2015). Plastik *biodegradable* dengan bahan dasar protein yang rendah tidak menghasilkan film (plastik) yang baik. Penambahan bahan lain seperti hidrokoloid (protein dan polisakarida), lemak maupun kombinasi dari dua atau tiga bahan dapat memperbaiki karakteristik plastik *biodegradable* (Fatma, 2015). Penelitian ini memanfaatkan limbah *whey* keju sebagai bahan pembuatan plastik *biodegradable*. Sorbitol digunakan sebagai *plasticizer*. Pengaruh komposisi bahan *whey* keju dan sorbitol diamati terhadap uji kuat tarik, *elongasi*, dan uji *biodegradasi*.

2. Metode

Proses pembuatan plastik *biodegradable* dari whey keju dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut, preparasi bahan, pembuatan plastik *biodegradable* dan pengujian yang dilakukan adalah uji tarik, uji elongasi, dan uji biodegradasi.

2.1 Preparasi Bahan

Langkah awal dalam tahapan preparasi bahan adalah menyiapkan agar-agar (swallow grass) sebanyak 2 gram dan CaCO_3 dengan grade *pro analyse* sebanyak 1 gram. Selanjutnya menyiapkan whey sebanyak 25, 30, dan 35 mL dan sorbitol dengan grade *pro analyse* sebesar 10, 12, 14, 16, dan 18% (v/v) dari volume whey yang digunakan.

2.2. Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Langkah pertama dalam pembuatan plastik *biodegradable* adalah dengan mencampurkan 25 mL limbah keju (*whey*) dengan agar-agar sebanyak 2 gram dan diaduk sampai homogen. Kemudian menambahkan *plasticizer* yaitu sorbitol dengan konsentrasi 10% untuk meningkatkan elastisitas plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Selanjutnya ditambah bahan pengisi yaitu CaCO_3 sebesar 1 gram dan *aquadest* sampai volume larutan film mencapai 30 mL. Larutan pembentuk film tersebut dihomogenisasi dan dipanaskan pada suhu 65 °C selama 30 menit dengan menggunakan *Hot Plate*. Setelah proses homogenisasi, larutan film didinginkan sampai suhu ruang. Langkah selanjutnya yaitu pencetakan dengan menuangkan larutan film ke plat kaca ukuran 15 × 30 cm ukuran yang digunakan dapat disesuaikan dengan kebutuhan analisa. Plat kaca yang berisi larutan film selanjutnya dikeringkan di *Cabinet Dryer* pada suhu 50 °C selama 6 jam. Plastik *biodegradable* yang telah kering didinginkan sampai mencapai suhu ruangan, lalu dilepas dari cetakan dengan hati-hati. Selanjutnya mengulang prosedur diatas untuk volume whey keju 30 dan 35 mL dengan variasi sorbitol 12%, 14%, 16%, dan 18% (v/v). Variabel whey yang digunakan hal ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang menggunakan whey sebagai variabel tetap dan menggunakan gliserol sebagai variabel berubah (Fatma, 2015), oleh karena itu penelitian kali ini mencoba untuk mengembangkan whey sebagai variabel berubah untuk mengetahui pengaruh yang signifikan atau tidaknya terhadap karakteristik plastik *biodegradable* dengan variasi sorbitol yang digunakan.

Plastik *biodegradable* yang dihasilkan akan di analisa uji tarik, uji *elongasi*, dan uji biodegradasi. Dalam hal ini untuk analisa uji tarik dan uji elongasi analisa dilakukan di laboratorium universitas muhammadiyah Malang fakultas teknik pangan. Setelah dilakukan uji kuat tarik dan elongasi maka tahap uji berikutnya adalah uji *biodegradasi* dengan cara sampel ditanam didalam tanah dengan kedalaman tertentu dan dibiarkan hingga sampel terdegradasi sempurna. Pengamatan terhadap sampel dilakukan setiap 7 hari. Sebelum penanaman, sampel ditimbang dan diukur terlebih dahulu, untuk ukuran dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Perlakuan ini dilakukan untuk semua sampel yang diteliti. Persen kehilangan berat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$\% \text{kehilangan berat} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\% \quad (1)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan plastik *Biodegradable* berbahan dasar whey keju menghasilkan lembaran plastik berwarna putih sedikit transparan. Kemudian melakukan uji analisa yaitu uji tarik, uji elongasi, dan uji biodegradasi dengan keterangan kode sampel seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Kode Sampel Plastik *Biodegradable*

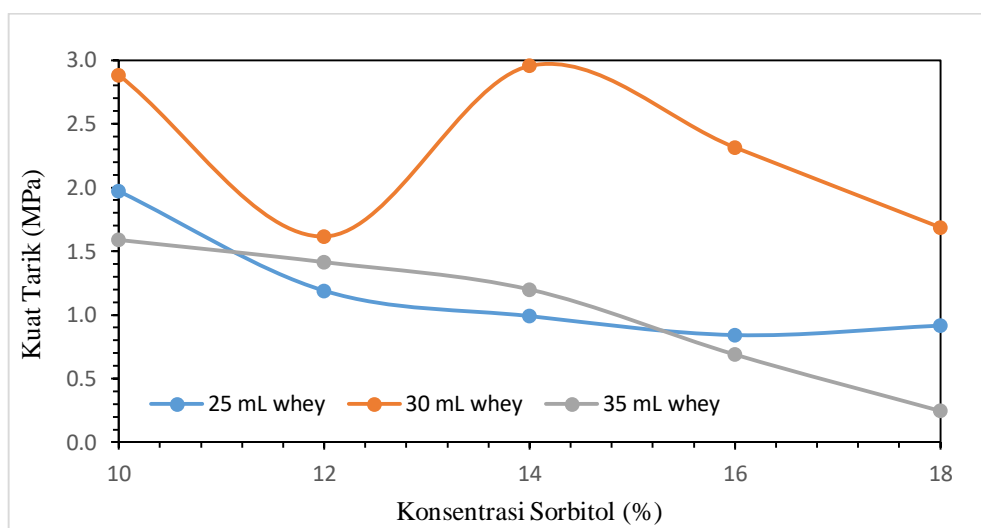
Formula	Kode Sampel		
	A1	B2	C3
S10	25 mL whey keju + 10% sorbitol	30 mL whey keju + 10% sorbitol	35 mL whey keju + 10% sorbitol
S12	25 mL whey keju + 12% sorbitol	30 mL whey keju + 12% sorbitol	35 mL whey keju + 12% sorbitol
S14	25 mL whey keju + 14% sorbitol	30 mL whey keju + 14% sorbitol	35 mL whey keju + 14% sorbitol
S16	25 mL whey keju + 16% sorbitol	30 mL whey keju + 16% sorbitol	35 mL whey keju + 16% sorbitol
S18	25 mL whey keju + 18% sorbitol	30 mL whey keju + 18% sorbitol	35 mL whey keju + 18% sorbitol

3.1. Hasil Analisa Uji Kuat Tarik

Kuat tarik (*tensile strength*) adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh pemlastis selama pengukuran berlangsung. Kuat tarik dipengaruhi oleh bahan pemlastis yang ditambahkan dalam proses pembuatan plastik. Hasil uji tarik plastik *Biodegradable* whey keju dengan variasi volume whey dan sorbitol dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisa Uji Kuat Tarik

Formula	Analisa Uji Kuat Tarik (MPa)		
	Kode Sampel		
	A1	B2	C3
S10	1.97101	2.8826	1.59033
S12	1.19098	1.61481	1.41581
S14	0.9923	2.95663	1.20099
S16	0.84345	2.31552	0.68951
S18	0.91767	1.68634	0.24637



Gambar 1. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Sorbitol (%) dan Kuat Tarik (MPa)

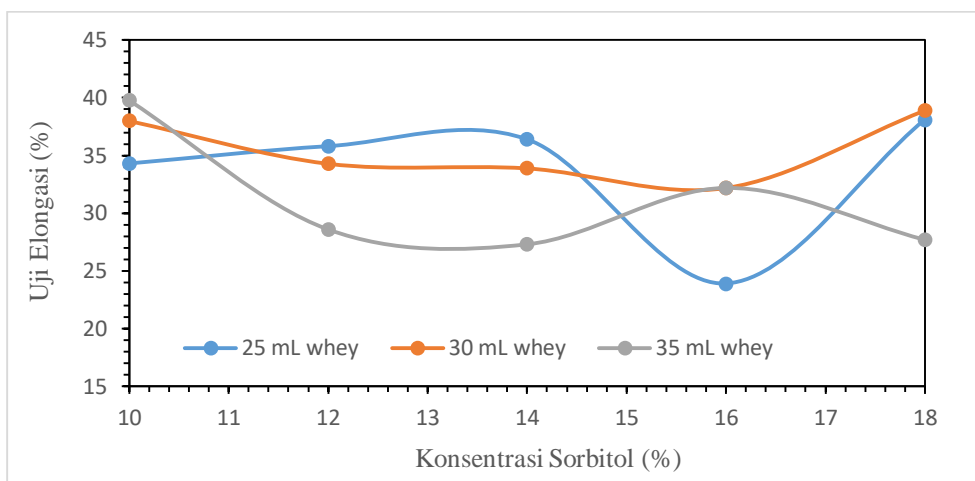
Berdasarkan teori bahwa semakin tinggi konsentrasi sorbitol yang digunakan, maka nilai kuat tarik akan mengalami penurunan (Aripin, 2017) dan dapat disimpulkan dari gambar 1 bahwa semakin banyak volume whey (keju) yang ditambahkan maka kuat tarik akan semakin menurun karena whey keju dapat menghasilkan plastik yang lunak. Namun tidak terjadi pada sampel volume whey keju 30 mL konsentrasi sorbitol 14% hasilnya mengalami kenaikan nilai kuat tarik. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya jumlah pati yang tidak sebanding dengan konsentrasi *plasticizer*, yaitu jumlah pati yang lebih sedikit dibandingkan dengan konsentrasi *plasticizer* yang tinggi, menyebabkan naik turunnya nilai kuat tarik, pernyataan ini dapat disimpulkan dari hasil analisa baik dari uji kuat tarik, uji elongasi, maupun dari uji biodegradasi yang telah dilakukan pada penelitian kali ini. Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan didapatkan nilai kuat tarik tertinggi pada volume whey keju 30 mL dengan konsentrasi sorbitol 14% yaitu 2,9566 MPa karena jumlah whey yang digunakan sebanding dengan jumlah patinya, maka dalam hal ini dengan perbandingan jumlah yang sesuai dapat memperbaiki karakteristik plastik biodegradable untuk meningkatkan pemanfaatan limbah keju (whey).

3.2. Hasil Analisa Uji Elongasi

Hasil uji Elongasi plastik *Biodegradable* Whey Keju dengan variasi volume whey dan sorbitol dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisa Uji Elongasi

Formula	Analisa Uji Elongasi (%)		
	Kode Sampel		
	A1	B2	C3
S10	34,3	38,0	39,8
S12	35,8	34,3	28,6
S14	36,4	33,9	27,3
S16	23,9	32,2	32,2
S18	38,1	38,9	27,7



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Sorbitol (%) dan Uji Elongasi (%)

Elongasi merupakan Persen pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum plastik sebelum terputus. Berdasarkan teori yang menyatakan semakin meningkatnya konsentrasi sorbitol yang ditambahkan maka akan bertambahnya daya elastis dari *film* plastik, sehingga peningkatan konsentrasi sorbitol pada titik tertentu dan dapat menaikkan elongasi (Sanyang, dkk. 2015). Dari grafik pada gambar 2 didapatkan persen *elongasi* tertinggi adalah pada volume whey 35 mL dan konsentrasi sorbitol 10% yaitu 39,8%. Namun tidak terjadi pada sampel whey keju 25 mL konsentrasi sorbitol 16% dan sampel whey keju 35mL konsentrasi sorbitol 18%. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yang dapat mempengaruhi yaitu jenis jumlah filler dan sorbitol yang tidak sebanding berpengaruh terhadap kuat elongasi karena massa *filler* yang tetap namun konsentrasi sorbitol semakin tinggi membuat nilai elongasi menurun. Jika dibandingkan dengan SNI, syarat plastik *biodegradable* untuk parameter *elongasi* adalah 10–20%, maka semua sampel plastik *biodegradable* memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Dari hasil analisa uji elongasi bahwa pengaruh volume whey yang digunakan tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap uji elongasi karena filler yang digunakan tidak dapat larut dengan baik hal ini ditunjukkan pada saat pencetakan masih terdapat bintik putih pada permukaan film ini yang menyebabkan fungsi filler itu sendiri tidak maksimal dan terdapat rongga didalam film itu sendiri, whey yang bersifat lunak dengan jumlah yang tetap dan semakin banyak jumlah sorbitol yang ditambahkan mengakibatkan pengaruh whey itu sendiri tidak bisa terlihat secara signifikan.

3.3. Hasil Analisa Uji Biodegradasi

Hasil uji kemampuan biodegradasi plastic *Biodegradable* whey keju dengan variasi volume whey dan sorbitol ditunjukkan pada tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Hasil Analisa Uji Biodegradasi

Formula	Analisa Uji Biodegradasi (%)					
	Kode Sampel					
	A1		B2		C3	
	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)
S10	2,7	0,4	2,4	0,7	2,4	0,6
S12	3,1	0,5	2,8	0,5	2,3	0,5
S14	2,4	0,4	3,1	0,3	2,5	0,5
S16	3,9	0,3	2,8	0,3	2,7	0
S18	3,6	0,1	3,7	0,2	3,5	0,3

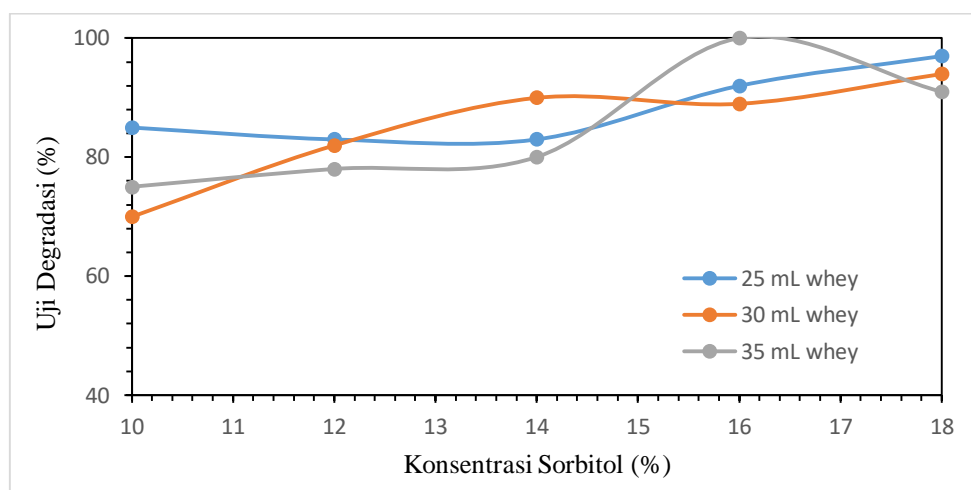
Keterangan Kode Sampel:

W₁ : Berat awal bahan (g)

W₂ : Berat akhir bahan (g)

Tabel 6. Hasil Perkiraan Waktu Degradasi

Kode	% Bahan yang Terdegradasi (%)	Perkiraan Waktu Degradasi
A1	85%	16 hari
A2	83%	16 hari
A3	83%	16 hari
A4	92%	15 hari
A5	97%	14 hari
B1	70%	19 hari
B2	82%	17 hari
B3	90%	15 hari
B4	89%	15 hari
B5	94%	14 hari
C1	75%	18 hari
C2	78%	17 hari
C3	80%	17 hari
C4	100%	14 hari
C5	91%	15 hari



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Sorbitol (%) dan Uji Degradasi (%)

Biodegradasi menunjukkan kualitas yang digambarkan dengan kerentanan suatu senyawa (organik atau anorganik) terhadap perubahan bahan akibat aktivitas-aktivitas mikroorganisme (Haryati, 2017). Dari grafik pada gambar 3 dapat dilihat biodegradasi terendah adalah pada volume whey keju 30 mL dan konsentrasi sorbitol 10% yaitu 70% dengan perkiraan waktu terdegradasi selama 19 hari, sedangkan biodegradasi tertinggi adalah pada volume whey keju 35 mL dan konsentrasi sorbitol 16% yaitu 100% dengan perkiraan waktu terdegradasi selama 14 hari. Naik turunnya nilai biodegradasi disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya penambahan sorbitol dan CaCO_3 mempengaruhi sifat biodegradable. Semakin besar penambahan sorbitol dan CaCO_3 maka semakin besar penurunan berat plastik biodegradable, ketersediaan mikroba di dalam tanah juga dapat mempengaruhi sifat biodegradable, semakin banyak jumlah whey yang digunakan maka semakin banyak mikroba yang menyukai komposit tersebut maka semakin cepat terdegradasi hal ini ditunjukkan pada table 5 dan table 6 dengan semakin banyak jumlah whey yang digunakan dan jumlah sorbitol yang ditambahkan berbanding lurus dengan lama waktu degradasi sample. Jika dibandingkan dengan SNI tentang syarat plastik *biodegradable*, parameter biodegradasi yang dihasilkan antara 30 hari – 14 hari, maka semua sample plastik *biodegradable* memenuhi SNI

Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa. hasil karakterisasi plastik *biodegradable* yang memiliki kinerja terbaik diperoleh dari plastik *biodegradable* dengan formulasi volume whey sebesar 30 mL

dan volume sorbitol sebesar 14 mL. Hasil uji kuat tarik, persen *elongasi*, dan persen biodegradasi adalah masing-masing sebesar 2.9 MPa, 49,1%, dan 100%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang atas dukungan finansialnya pada penelitian ini.

Daftar Notasi

W1 = Berat plastik sebelum di uji biodegradasi

W2 = Berat plastik setelah di uji biodegradasi

Daftar Pustaka

- Agung., dkk. 2017. Sintesis Dan Karakterisasi Bioplastik Dari Kitosan-Pati Ganyong (*Canna Edulis*). Fakultas Pendidikan Kimia. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Jkpk (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia). Vol 2, No 1, April 2017.
- Aripin., dkk. 2017. Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik *Biodegradable* Dari Pati Ubi Jalar Dengan *Plasticizer* Gliserol Dengan Metode *Melt Intercalation*. Universitas Bhayangkara Jakarta Raya. Jakarta. Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 06
- Awwaly., dkk. 2010. Pembuatan *Edible Film* Protein Whey: Kajian Rasio Protein Dan Gliserol Terhadap Sifat Fisik Dan Kimia. Teknologi Hasil Ternak. Fakultas Peternakan. Universitas Brawijaya Malang. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak, Februari 2010, Hal 45-56, Vol.5, No.1 ISSN : 1978 - 0303
- Coniwanti., dkk. 2014. Pembuatan Film Plastik *Biodegradable* Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Kitosan Dan Pemplastis Gliserol. Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya. Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 20, Desember 2014
- Fatma., dkk. 2015. Karakteristik *Edible Film* Berbahan Whey Dangke Dan Agar Dengan Menggunakan Gliserol Dengan Persentase Berbeda. Fakultas Peternakan. Universitas Hassanudin Makasar. JITP Vol. 4 No. 2, Juli 2015.
- Haryati., dkk. 2017. Pemanfaatan Biji Durian Sebagai Bahan Baku Plastik *Biodegradable* Dengan *Plasticizer* Giserol Dan Bahan Pengisi CaCO_3 . Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya. Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 23, Januari 2017
- Hasanah Y. R., 2017. Pengaruh Penambahan Filler Kalsium Karbonat (CaCO_3) Dan Clay Terhadap Sifat Mekanik Dan *Biodegradable* Plastik Dari Limbah Tapioka, Laporan Skripsi, Universitas Muhammadiyah Purwokerti
- Hasnelly., dkk. 2015. Pemanfaatan Whey Susu Menjadi *Edible Film* Sebagai Kemasan Dengan Penambahan Cmc, Gelatin Dan *Plasticizer*. Program Studi Teknologi Pangan. Fakultas Teknik. Universitas Pasundan. Bandung. Pasundan *Food Technology Journal*, Volume 2, No.1, Tahun 2015
- Hidayati., dkk, 2015. Aplikasi Sorbitol Pada Produksi *Biodegradable Film* Dari Nata De Cassava. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Lampung. Reaktor, Vol. 15 No. 3, April 2015, Hal. 196-204
- Kosikowski, F. V. 1979. Our Industry Today. *Journal of Dairy Science*, 62 (7): 1149-1160
- Larasati., dkk. 2016. Pemanfaatan Whey Dalam Pembuatan Caspian Sea Yogurt Dengan Menggunakan Isolat *Lactobacillus Cremoris* Dan *Acetobacter Orientalis*. Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Brawijaya Malang. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 4 No 1 p.201-210, Januari 2016
- Mayangsari., dkk. 2015. Pengaruh Penambahan Whey Keju Dan Whey Tahu Pada Media Biakan Murni Terhadap Pertumbuhan Koloni Jamur Tiram Putih. Jurusan Biologi, FMIPA. Universitas Negeri Malang. Desember 2015.
- Putra Dwi A., dkk. 2017. Penambahan Sorbitol Sebagai *Plasticizer* Dalam Pembuatan *Edible Film* Pati Sukun. Jurnal Fakultas Pertanian, Volume 4 Nomor 2, Oktober 2017
- Sanyang., dkk. 2015. *Effect of Plasticizer Type and Concentration on Tensile, Thermal and Barrier Properties of Biodegradable Films Based on Sugar Palm (Arenga pinnata) Starch*. *Polymers*. 7(6), pp.1106-1124.
- Yulianti, dkk. 2012. Perbedaan Karakteristik Fisik *Edible Film* dari Umbi-umbian yang Dibuat dengan Penambahan. Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang. Vol.31, No.2, Hal 131-136.