

**PERBANDINGAN *PLASTICIZER* GLISEROL DAN SORBITOL PADA
BIOPLASTIK PATI SAGU (*Metroxylon sp.*) DENGAN PENAMBAHAN
MINYAK KULIT JERUK MANIS (*Citrus sinensis L.*) SEBAGAI
ANTIOKSIDAN**

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains (S.Si) pada program studi Biologi



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh:

**AZIZATURROHMAH
NIM: H71216053**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : AZIZATURROHMAH

NIM : H71216053

JUDUL : PERBANDINGAN *PLASTICIZER* GLISEROL DAN SORBITOL
PADA BIOPLASTIK PATI SAGU (*Metroxylon sp.*) DENGAN
PENAMBAHAN MINYAK KULIT JERUK MANIS (*Citrus
sinensis L.*) SEBAGAI ANTIOKSIDAN

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 19 Desember 2019

Dosen Pembimbing 1



(Irul Hidayati, M.Kes.)
NIP. 198102282014032001

Dosen Pembimbing 2



(Nirmala Fitria Firdhausi, M.Si.)
NIP. 198506252011012010

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Azizaturrohmah ini telah dipertahankan

Di depan tim penguji skripsi

Di Surabaya, 19 Desember 2019

Mengesahkan,

Dewan Penguji

Penguji I



(Irul Hidayati, M.Kes.)
NIP. 198102282014032001

Penguji II



(Nirmala Fitria Firdhausi, M.Si.)
NIP. 198506252011012010

Penguji III



(Ika Mustika, M.Kes.)
NIP. 198702212014032004

Penguji IV



(Muji Ridwan, S.Kom., M.T)
NIP. 198604272014031004

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Ega Purwati, M.Ag.
NIP. 196512211990022001

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Azizaturrohmah

NIM : H71216053

Program Studi : Biologi

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: “PERBANDINGAN *PLASTICIZER* GLISEROL DAN SORBITOL PADA BIOPLASTIK PATI SAGU (*Metroxylon sp.*) DENGAN PENAMBAHAN MINYAK KULIT JERUK MANIS (*Citrus sinensis L.*) SEBAGAI ANTIOKSIDAN”. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 19 Desember 2019

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink is written over a yellow rectangular stamp. The stamp contains the text 'METERAI' at the top, '6000' in large bold numbers in the middle, and a small red star-like logo at the bottom right.

(Azizaturrohmah)

NIM: H71216053



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : AZIZATURROHMAH
NIM : H71216053
Fakultas/Jurusan : SAINTEK/BIOLOGI
E-mail address : zhezee.ar@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PERBANDINGAN PLASTICIZER GLISEROL DAN SORBITOL PADA BIOPLASTIK

PATI SAGU (*Metroxylon sp.*) DENGAN PENAMBAHAN MINYAK KULIT JERUK

MANIS (*Citrus sinensis L.*) SEBAGAI ANTIOKSIDAN

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 06 Januari 2020

Penulis

(AZIZATURROHMAH)

Berbeda dengan sampah organik yang telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat, sampah anorganik memerlukan perhatian khusus untuk diolah agar tidak terjadi penumpukan sampah anorganik. Sampah anorganik yang banyak dihasilkan setiap harinya adalah sampah plastik. Kebutuhan plastik masyarakat di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya` dimana dari 1,9 juta ton pada tahun 2002 meningkat menjadi 2,3 juta ton pada tahun 2004 (Darni *et al.*, 2010). Produksi plastik diperkirakan akan terus meningkat setiap tahunnya yang dapat menyebabkan penumpukan jumlah sampah plastik. Menurut (Kamsiati *et al.*, 2017), dengan jumlah penduduk sekitar 261 juta orang pada tahun 2017 Indonesia diperkirakan menghasilkan sampah plastik sebanyak 4,44 juta ton.

Kurangnya perhatian terhadap pengolahan sampah plastik menyebabkan terjadinya penumpukan sampah. Plastik umumnya terbuat dari polietilen yang terdiri dari sekitar 500-20.000 monomer yang dibentuk melalui proses polimerisasi (Nkwachukwu *et al.*, 2013). Karena plastik terbuat dari polimer sintesis dan memiliki rantai karbon yang panjang, maka plastik sangat sulit untuk diuraikan dan memerlukan waktu sekitar 300-500 tahun untuk dapat terurai secara sempurna (Akbar *et al.*, 2013). Hal ini menyebabkan terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan akibat penumpukan sampah plastik seperti dapat menyebabkan banjir akibat penumpukan sampah plastik disungai. Selain itu, solusi untuk mengurangi sampah plastik dengan cara membakar sampah plastik bukan menjadi solusi yang tepat karena plastik yang dibakar dapat berubah menjadi senyawa

tidak menggunakan plastik yang sulit diuraikan agar bumi kita tetap bersih. Beberapa ayat tersebut mendorong peneliti untuk memberikan alternatif penggunaan plastik yang ramah lingkungan sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Bioplastik merupakan suatu inovasi yang diciptakan untuk membantu mengurangi permasalahan sampah plastik yang banyak terjadi di Indonesia dengan cara menciptakan suatu plastik yang dapat mudah terurai sehingga tidak menyebabkan penumpukan sampah. Bioplastik umumnya dibuat dari beberapa bagian tanaman yang mengandung pati. Pati digunakan menjadi bahan utama dalam pembuatan bioplastik karena pati mengandung amilosa dan amilopektin yang dapat menghasilkan bioplastik dengan karakter fisik yang baik serta mudah untuk diuraikan saat dibuang ke lingkungan (Darni *et al.*, 2010). Beberapa penelitian tentang bioplastik telah dilakukan dengan menggunakan berbagai sumber pati seperti singkong, kentang, jagung, beras, dan sagu.

Sagu merupakan salah satu jenis tanaman yang melimpah di Indonesia. Tanaman sagu di Indonesia diperkirakan berada di lahan sekitar 1.128.000.000 ha baik dari lahan sagu yang berupa hutan atau perkebunan atau setara dengan 51,3% luas areal sagu di seluruh dunia. Luas lahan sagu yang berupa hutan diperkirakan mencapai 1.067.590 ha atau setara dengan 90,3%, sedangkan luas lahan sagu yang berupa perkebunan mencapai 114.000 ha atau setara dengan 9,7% dari total luas lahan yang menghasilkan sagu di Indonesia (Santoso and Rostiwati, 2007). Pemanfaatan sagu oleh masyarakat di Indonesia masih sangat terbatas. Sagu lebih sering

dimanfaatkan sebagai makanan pokok oleh masyarakat Indonesia bagian timur seperti Ambon, Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Hal ini sangat disayangkan mengingat Indonesia menghasilkan sagu dalam jumlah yang sangat besar. Sagu mengandung pati dalam jumlah yang cukup tinggi yaitu sekitar 85,08% (Rahmiyati, 2006) sehingga pati dari sagu ini dapat dimanfaatkan menjadi bioplastik untuk mengurangi pencemaran lingkungan oleh sampah plastik.

Bioplastik umumnya dibuat dengan bahan tambahan pemlastis untuk memperbaiki kualitas bioplastik seperti menambahkan *plasticizer*. *Plasticizer* yang banyak digunakan pada pembuatan bioplastik adalah gliserol dan sorbitol karena kedua bahan ini mudah didapat dan memiliki harga yang murah. Gliserol sering digunakan sebagai *plasticizer* karena bahan ini memiliki kelebihan seperti dapat meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas bioplastik (Kumoro and Purbasari, 2014). Sorbitol juga sering digunakan sebagai *plasticizer* karena dapat meningkatkan nilai kuat tarik dan elongasi bioplastik dengan baik, selain itu sorbitol dapat tetap stabil terhadap enzim, asam dan suhu tinggi hingga 140° C (Maghfur, 2015).

Penelitian mengenai bioplastik masih terus dikembangkan untuk dapat menemukan bioplastik yang memiliki kelebihan dibandingkan dengan plastik konvensional seperti dengan menambahkan sumber antioksidan pada bioplastik untuk menjaga kualitas makanan yang disimpan dengan bioplastik. Salah satu sumber antioksidan yang masih jarang dimanfaatkan yaitu minyak kulit jeruk manis. Kulit jeruk manis mengandung limonene dalam jumlah yang banyak sebagai antioksidan dan beberapa senyawa lain

Kedua adalah penggunaan pati komposit dengan jumlah pati lebih dari setengah komposisi pati komposit. Ketiga adalah dengan pemrosesan ekstrusi dari campuran pati granular (Flieger *et al.*, 2003).

Menurut Flieger *et al.*, (2003), plastik berbasis pati dapat dibuat dengan beberapa perlakuan diantaranya yaitu :

- a. Mencampur bahan utama plastik konvensional (PE atau PP) dalam jumlah yang sedikit dengan pati.
- b. Mencampur hasil turunan minyak bumi (PCL) dengan pati dalam komposisi yang sama.
- c. Menambahkan bahan lain dalam pembuatan bioplastik seperti plasticizer (gliserol).

Pati merupakan bentuk penyimpanan utama dari tanaman yang mengandung glukosa. Pati terdiri dari dua komponen yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa pada pati memiliki struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa, sedangkan amilopektin pada pati memiliki struktur bercabang dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa dengan percabangan pada ikatan α -(1,6) (Akbar *et al.*, 2013). Pati dapat digunakan menjadi bahan pembuatan bioplastik karena hidrofilisitas pati dapat digunakan untuk meningkatkan laju degradasi dari beberapa polimer (Liu, 2006).

Selulosa juga dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan bioplastik. (Cyras *et al.*, 2009) menyatakan bahwa selulosa adalah polimer alami yang tersebar luas dan diturunkan dengan delignifikasi. Selulosa dilarutkan dalam campuran natrium hidroksida dan karbon disulfida selulixanthate yang

kemudian disusun kembali menjadi larutan asam (belerang asam) untuk membuat film plastik.

Penelitian mengenai bioplastik berbahan pati telah banyak dilakukan, seperti yang telah dilakukan oleh Anggarini (2013) dengan menggunakan pati biji nangka dan plasticizer gliserol dengan 2 macam pelarut yaitu akuades dan pentanol didapat hasil bahwa formula pati 10 gram + gliserol 20 ml + pelarut akuades 200 ml yang dapat menghasilkan plastik terbaik dengan nilai kuat tarik sebesar 58,83 MPa, elongasi 22,5%, hidrofobisitas 79,02%, dan terdegradasi 54% dalam waktu 6 hari dengan degradabilitas 7,4 mg/hari.

Penelitian lain mengenai bioplastik pati yang pernah dilakukan adalah (Riza *et al.*, 2013) dengan judul “Sintesa Plastik Biodegradable dari Pati Sagu dengan Gliserol dan Sorbitol sebagai Plasticizer” dimana pada penelitiannya diperoleh hasil bahwa plastik yang dihasilkan dengan plasticizer gliserol dan sorbitol pada variasi konsentrasi 7%, 8%, dan 9% dapat terurai dalam waktu 9 hari dengan perbandingan pati dan air 1:7 dan 1:9, sedangkan pada perbandingan pati dan air 1:5 menghasilkan plastik yang dapat terurai dalam waktu 12 hari. Sedangkan untuk plastik dengan kuat tarik tertinggi diperoleh pada perbandingan pati dan air 1:5 dengan plasticizer sorbitol konsentrasi 7% yaitu sebesar 0,363 kgf/cm². Namun plastik yang dihasilkan belum dapat diketahui kemampuannya dalam memperpanjang umur simpan makanan yang dikemas dengan plastik tersebut.

sedikit asam. Tanaman sagu dapat tumbuh dengan baik dengan suhu sekitar 26°C (McClatchey *et al.*, 2006).

2.2.3 Penyebaran Sagu

Tanaman sagu biasa ditemukan di hutan hujan tropis dan hutan gambut di Asia Tenggara. Selain itu tanaman sagu juga dapat dijumpai di Thailand, Semenanjung Malaysia, Indonesia, dan Philipina yang memiliki area tanah gambut. Tanaman sagu dapat tumbuh dari Filipina hingga Pulau Rote dan dari Kepulauan Pasifik Barat Indonesia hingga India Bagian Timur (Timur Indonesia) atau pada lintang 10° LU-10° LS (McClatchey *et al.*, 2006).

2.2.4 Kandungan Sagu

Batang pohon sagu telah dimanfaatkan untuk diambil patinya sebagai makanan pokok bagi manusia atau sebagai pakan ternak. Menurut (Flach, 1997), pada hutan sagu semi budidaya di Irian Jaya Indonesia dan Papua Nugini dapat menghasilkan sagu dengan jumlah yang bervariasi dari 150 hingga 300 kg pati kering per batang yang dipanen. Menurut (Rahmiyati, 2006), sagu mengandung pati sebanyak 85,08% dengan 27% amilosa dan 73% amilopektin. Flach (1997), memperkirakan perbedaan kandungan amilosa dan amilopektin pada sagu dapat bervariasi sesuai dengan usia, jenis, atau kondisi pertumbuhan dari pohon sagu.

Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas, dimana fraksi pertama adalah amilosa yang dapat terlarut dan fraksi kedua adalah amilopektin yang tidak dapat terlarut. Struktur

penelitian (Safitri *et al.*, 2016) yang menggunakan *plasticizer* gliserol diperoleh hasil jika *plasticizer* mampu meningkatkan kualitas bioplastik dan apabila semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang digunakan maka plastik yang dihasilkan akan memiliki nilai elongasi yang semakin tinggi pula atau dengan kata lain semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang digunakan maka plastik yang dihasilkan akan semakin elastis.

2.3.1 Gliserol

Gliserol adalah senyawa organik (alkohol) dengan gugus hidroksil yang berjumlah 3 buah. Gliserol (1,2,3 propanetriol) memiliki rumus kimia $\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$. Gliserol memiliki bentuk liquid seperti sirup, bening, tidak memiliki bau, memiliki rasa manis, larut air, dan memiliki titik didih 290°C . Gliserol memiliki sifat higroskopis yaitu dapat menyerap air dengan mudah, dan dapat terurai dengan mudah di alam (Yusmarmela, 2009).

Gliserol dapat digunakan sebagai *plasticizer* untuk memperbaiki sifat fisik film serta meningkatkan sifat fleksibilitas suatu *film* (Al-awwaly *et al.*, 2010). Jumlah gliserol yang digunakan sebagai *plasticizer* akan mempengaruhi nilai perpanjangan (elongasi), dan kuat tarik (*tensile strength*) pada bioplastik (Larotonda *et al.*, 2004).

2.3.2 Sorbitol

Sorbitol merupakan salah satu jenis pemanis buatan yang sering digunakan untuk dikonsumsi. Sorbitol pertama kali ditemukan pada biji tanaman bunga ros oleh Joseph Boosingault seorang ahli kimia pada tahun 1872. Sorbitol merupakan senyawa monosakarida

polyhydric alcohol. Sorbitol yang memiliki rumus kimia $C_6H_{14}O_6$ dengan nama lain hexitol atau glusitol selain digunakan sebagai pengganti gula juga digunakan sebagai *plasticizer* karena sorbitol dapat menambah kekuatan daya tarik film plastik serta dapat tahan pada suhu tinggi dan tidak mengalami karamelisasi seperti gula pada umumnya (Nofita, 2011).

2.4 JERUK MANIS

2.4.1 Morfologi dan Klasifikasi Jeruk Manis

Jeruk manis (*Citrus sinensis*) adalah salah satu jenis jeruk dari genus *Citrus* yang sering dikonsumsi. Jeruk manis biasa tumbuh di daerah tropis maupun subtropis. Tanaman ini dapat tumbuh tinggi hingga mencapai 10 m, memiliki jenis batang berkayu yang berduri dan bercabang banyak dengan tangkai daun bersayap dan daun berbentuk bulat telur memanjang atau elips serta memiliki ujung yang meruncing dengan aroma khas. Permukaan atas daunnya dilapisi lapisan lilin dan berwarna hijau mengkilap sedangkan permukaan bawah daun berwarna hijau terang. Tanaman ini memiliki dua jenis akar yaitu akar tunggang dan akar serabut dimana terdapat bulu-bulu akar pada akar serabut (Suheni, 2008).

Tanaman ini memiliki bunga tipe sempurna yaitu pada satu bunga terdapat alat kelamin jantan dan betina. Bunganya berwarna putih dengan ukuran yang kecil dan memiliki bau yang harum (Suheni, 2008).

6. Eksocarp (flavedo)
7. Kelopak
8. Tangkai
9. Navel (pusat)
10. Mesocarp (albedo)

2.4.2 Syarat Tumbuh Tanaman Jeruk Manis

Tanaman jeruk manis umumnya dapat tumbuh pada daerah dengan lintang 20°-40° LU-20°-40° LS. Tanaman ini biasanya tumbuh pada tanah jenis latosol, aluvial, andosol yang memiliki tekstur lempung atau lempung berpasir yang memiliki banyak humus dengan pH tanah berkisar 5,5-6,5 dengan pH optimal adalah 6. Tanaman jeruk umumnya tumbuh dengan baik pada kelembaban sekitar 70%-80% dengan terpapar sinar matahari langsung dan dapat tumbuh dengan baik pada suhu 27°C (Pracaya, 2010).

Tanaman ini dapat dibudidayakan pada dataran rendah maupun dataran tinggi. Tanaman ini dapat tumbuh dengan baik pada daerah dengan kemiringan 30° dan pada ketinggian 700-1200 mdpl dapat berbuah dengan baik (Rukmana, 2003)

2.4.3 Minyak Kulit Jeruk Manis

Kulit jeruk juga memiliki banyak manfaat lain seperti memiliki pektin yang cukup banyak sekitar 15-25 % dari berat kering kulit jeruk serta dapat dimanfaatkan sebagai minyak atsiri dengan kandungan limonene, sitronelal, geraniol, linalol, α -pinen, mirsen, β -

dengan melengkapi elektron radikal bebas serta menghambat reaksi berantai yang dapat merusak sel (Murray *et al.*, 2009). Antioksidan bekerja dengan menghambat proses oksidasi melalui cara bereaksi dengan radikal bebas yang reaktif dan mengubahnya menjadi radikal bebas yang tidak reaktif.

Antioksidan dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sumbernya, yaitu antioksidan endogen dan antioksidan eksogen. Antioksidan endogen adalah antioksidan yang terdapat secara alami dalam tubuh seperti enzim SOD (Superoksida Dismutase). Antioksidan eksogen adalah antioksidan yang berasal dari luar tubuh seperti vitamin C (Werdhasari, 2014).

Antioksidan dibagi menjadi dua jenis berdasarkan cara kerjanya, yaitu antioksidan primer dan antioksidan sekunder. Antioksidan primer adalah antioksidan yang bekerja dengan cara memutus dan menghentikan reaksi berantai dari pembentukan radikal yang melepaskan hidrogen. Antioksidan sekunder adalah antioksidan yang bekerja dengan cara menangkap oksidan sehingga mencegah terjadinya reaksi berantai (Suhaling, 2010).

larutan 70° C) dengan tetap diaduk hingga merata agar larutan tidak menggumpal selama 5 menit. Masing-masing larutan kemudian diangkat dari *hot plate* dan tetap diaduk agar tidak menggumpal.

3.4.3 Proses Pencetakan Bioplastik

Masing-masing larutan dituang dan diratakan secara tipis diatas cetakan yang telah dilapisi lakban pada tiap sisinya agar lembaran plastik mudah dilepas dari cetakan. Cetakan plastik kemudian di oven pada suhu 60° C selama 6 jam atau hingga kering. Bioplastik kemudian dikeluarkan dari oven dan didiamkan pada suhu ruang selama 14 jam agar lembaran bioplastik lebih mudah dilepas dari cetakan. Bioplastik kemudian dilepaskan dari cetakan dengan perlahan.

3.4.4 Proses Pengujian Bioplastik

Masing-masing bioplastik yang telah dicetak diuji kualitasnya yang meliputi ketebalan bioplastik, nilai kuat tarik (*tensile strength*), nilai pemanjangan (elongasi), nilai daya serap air (*swelling*), kemampuan antioksidan bioplastik, daya simpan, dan kemampuan degrabilitas bioplastik.

a. Uji ketebalan bioplastik

Uji ketebalan bioplastik dilakukan dengan menggunakan alat mikrometer skrup. Lembaran bioplastik yang telah kering dan dilepas dari cetakan dipotong dan diukur ketebalannya pada lima posisi yang berbeda yaitu pada setiap sudut lembaran bioplastik dan bagian tengah lembaran bioplastik. Nilai yang didapat

Pemanasan bahan dalam pembuatan bioplastik harus dilakukan hingga mencapai suhu gelatinisasi pati. Hal ini dikarenakan pemanasan pati dibawah suhu gelatinisasinya bersifat reversible dimana granula pati yang membengkak tidak mengalami perubahan struktur granula sehingga pati dapat kembali menjadi bentuk awalnya yaitu serbuk. Gelatinisasi merupakan suatu proses dimana granula pati membengkak akibat adanya cairan yang masuk kedalam granula pati hingga terjadinya perubahan struktur granula pati yang bersifat irreversible sehingga terbentuk gel. Proses gelatinisasi pati tergantung dari jenis pati karena setiap jenis pati memiliki suhu gelatinisasi yang berbeda-beda. Suhu gelatinisasi merupakan suhu dimana granula pati mengalami perubahan struktur membentuk gel yang tidak dapat berubah menjadi bentuk awalnya. Pemanasan pada pati sagu dilakukan hingga suhunya mencapai 70°C, karena suhu gelatinisasi pati sagu adalah 70°C (Polnaya *et al.*, 2008).

4.2 Ketebalan Bioplastik

Bioplastik yang dihasilkan dengan menggunakan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang berbeda memiliki ketebalan yang sama yaitu 0,02 mm (Tabel 4.1). Nilai ketebalan bioplastik yang dihasilkan telah memenuhi standar bioplastik yang baik oleh *Japanese Industrial Standart* (JIS) dimana standar bioplastik yang baik adalah memiliki ketebalan $\leq 0,25$ mm (Sofia *et al.*, 2016).

Tabel 4.1 Pengaruh Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer* Terhadap Ketebalan Bioplastik

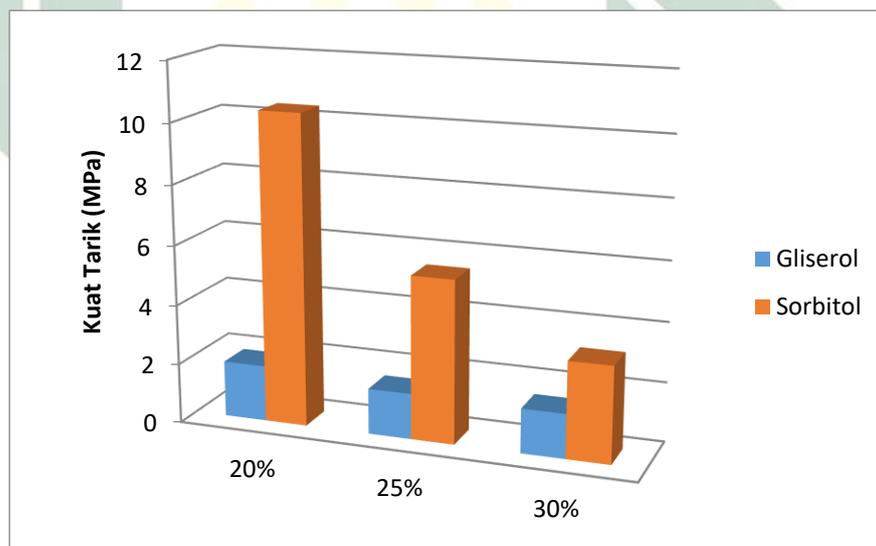
Sampel	Ketebalan (mm)			Rata-rata ketebalan (mm)
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
Gliserol 20%	0,02	0,02	0,02	0,02
Gliserol 25%	0,01	0,02	0,03	0,02
Gliserol 30%	0,02	0,03	0,02	0,02
Sorbitol 20%	0,02	0,02	0,02	0,02
Sorbitol 25%	0,02	0,02	0,02	0,02
Sorbitol 30%	0,02	0,02	0,02	0,02

Jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang digunakan dalam pembuatan bioplastik tidak mempengaruhi ketebalan bioplastik yang dihasilkan. Ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh jumlah pati yang digunakan, dimana semakin besar konsentrasi pati yang digunakan dalam pembuatan bioplastik maka akan semakin besar pula jumlah bahan padat terlarut yang digunakan sehingga ketebalan bioplastik akan meningkat (Warkoyo *et al.*, 2014). Penelitian ini menggunakan pati dalam konsentrasi yang sama yaitu sebanyak 3 gram. Selain itu cetakan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik memiliki ukuran yang sama, sehingga dihasilkan bioplastik dengan ketebalan yang sama. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Imran *et al.*, 2014) yang menyatakan bahwa ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh banyaknya bahan padat terlarut serta luas permukaan wadah yang digunakan.

Pengukuran ketebalan bioplastik perlu dilakukan untuk menentukan kesesuaian bioplastik yang dihasilkan dengan penggunaannya, selain itu ketebalan bioplastik juga akan mempengaruhi sifat mekanik bioplastik seperti kuat tarik, elongasi,

nilai kuat tarik besar tidak mudah mengalami kerusakan akibat aktivitas mekanik serta dapat lebih melindungi produk yang dibungkus. Bioplastik yang baik menurut JIS (*Japan Industrial Standart*) memiliki nilai kuat tarik sebesar 3,92266 MPa, sehingga pada penelitian ini penggunaan *plasticizer* sorbitol konsentrasi 20-25% menghasilkan bioplastik yang telah memenuhi standar.

Jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang digunakan mempengaruhi nilai kuat tarik yang dihasilkan. Bioplastik dengan nilai kuat tarik yang tinggi memiliki afinitas yang tinggi dimana antar molekul bioplastik memiliki kecenderungan untuk berikatan sehingga dihasilkan ikatan yang kuat dan sulit untuk diputus (Anggarini, 2013).



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer* Terhadap Nilai Kuat Tarik Bioplastik

Grafik pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi *plasticizer* yang digunakan maka semakin rendah nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah *plasticizer* yang digunakan akan menyebabkan

menurunnya interaksi antar molekul pada bioplastik sehingga ikatan antar molekul pada bioplastik melemah (Intan and Wan, 2011). Selain itu penambahan *plasticizer* pada bioplastik digunakan untuk meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas bioplastik dimana apabila fleksibilitas dan elastisitas bioplastik meningkat akan menurunkan nilai kuat tarik bioplastik.

Plasticizer sorbitol menghasilkan bioplastik dengan kuat tarik lebih tinggi dibandingkan dengan *plasticizer* gliserol. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Riza *et al.* (2013), dimana bioplastik pati sagu dengan *plasticizer* sorbitol memiliki nilai kuat tarik yang lebih besar dibandingkan *plasticizer* gliserol. Hal ini dikarenakan berat molekul gliserol yang lebih kecil dari sorbitol menyebabkan gliserol lebih mudah masuk kedalam ikatan polisakarida sehingga meningkatkan jumlah ruang dalam ikatan dan menurunkan ikatan antar molekul (Ningsih, 2015). Menurut Sitompul and Zubaidah (2017), struktur molekul dari sorbitol yang lebih besar dibandingkan gliserol menyebabkan molekul sorbitol sulit menyisip pada ikatan polisakarida yang dapat mengurangi kekuatan ikatan yang ada. Kristanilitas dari sorbitol juga menjadi penyebab sorbitol mampu menghasilkan bioplastik dengan kuat tarik lebih besar dibandingkan gliserol (Unsa and Pramastri, 2018).

Hasil kuat tarik terbaik diperoleh dengan sorbitol, sehingga sorbitol lebih baik digunakan sebagai *plasticizer* dibandingkan gliserol. Selain itu, bahan utama pembuatan gliserol umumnya terbuat

minyak atsiri yang digunakan maka semakin rendah nilai daya serap air suatu bioplastik. Hal ini dikarenakan minyak atsiri yang bersifat hidrofobik, sehingga dapat menahan air dan menurunkan nilai daya serap air suatu bioplastik.

Menurut Pramadita (2012), penambahan minyak atsiri akan menurunkan nilai daya serap air karena jumlah bahan padatan baik yang terlarut maupun tidak terlarut dalam minyak atsiri akan berdampak pada peningkatan jumlah total padatan suatu suspensi. Sehingga apabila jumlah *plasticizer* yang digunakan semakin banyak maka akan semakin banyak pula jumlah total padatan suatu suspensi yang menyebabkan nilai daya serap air bioplastik yang dihasilkan akan semakin rendah.

Hasil ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Riza *et al.*, (2013), dimana semakin banyak *plasticizer* yang digunakan akan meningkatkan sifat *adhesive* molekul sehingga kemampuan air untuk berikatan dengan polisakarida pati semakin menurun yang menyebabkan nilai daya serap air juga akan menurun. Selain itu, pada bioplastik berbahan pati sagu *plasticizer* gliserol lebih dapat menahan air dibandingkan *plasticizer* sorbitol sehingga bioplastik pati sagu dengan *plasticizer* gliserol memiliki nilai daya serap air yang lebih baik dibandingkan dengan *plasticizer* sorbitol. Hal ini dikarenakan ukuran molekul gliserol yang lebih kecil sehingga dapat masuk dalam ikatan antar molekul yang menyebabkan jarak antar molekul lebih banyak sehingga minyak kulit jeruk manis yang bersifat hidrofobik

tidak dibungkus plastik. *Browning* yang dialami oleh apel yang dibungkus bioplastik disebabkan karena tidak dilakukannya vakum sebelum dilakukan penyegelan bioplastik untuk membungkus apel yang menyebabkan apel mengalami kontak dengan sisa udara yang terperangkap dalam bioplastik, sehingga terjadi oksidasi yang menyebabkan *browning*. *Browning* pada apel merupakan jenis oksidasi enzimatik karena *browning* pada apel diakibatkan oleh aktivitas enzim Polifenol Oksidase yang bertemu dengan substrat fenolik pada apel akan dihidroksilasi menjadi 3,4-dihidroksifenilalanin, kemudian senyawa ini akan dioksidasi oleh enzim fenolase menjadi kuinon dengan bantuan oksigen (O_2) sehingga warna buah berubah menjadi coklat akibat kuinon (Blackwell, 2012).

Apel yang dibungkus dengan bioplastik mengalami perubahan bentuk yang signifikan pada hari keempat dimana apel mengalami penyusutan sehingga ukuran apel menjadi lebih kecil. Hal ini dikarenakan nilai daya serap air bioplastik yang tinggi menyebabkan bioplastik mudah menyerap kandungan air dalam apel sehingga apel mengalami penyusutan dan perubahan bentuk.

Jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang digunakan tidak mempengaruhi kemampuan antioksidan bioplastik karena kemampuan antioksidan bioplastik tidak dipengaruhi oleh *plasticizer*, melainkan dipengaruhi oleh bahan yang mengandung antioksidan (Kusumawati and Widya, 2013). Bahan yang mengandung antioksidan pada pembuatan bioplastik ini adalah minyak kulit jeruk manis dengan

kandungan limonene. Senyawa limonene merupakan senyawa antioksidan yang paling banyak terdapat pada minyak kulit jeruk manis yaitu sekitar 93,67% (Tan *et al.*, 2011). Pada penelitian ini digunakan minyak kulit jeruk manis dengan konsentrasi yang sama yaitu sebanyak 10% dari berat pati. Sehingga kemampuan antioksidan semua bioplastik sama.

Apel mengalami *browning* pada hari kedua, namun apel yang tidak dibungkus plastik mengalami perubahan warna dan bentuk dimana apel menjadi kering dan berkerut. Hal ini dikarenakan apel mengalami kontak secara langsung dengan oksigen sehingga mengalami oksidasi yang dapat menyebabkan *browning* oleh enzim Polifenol Oksidase (Blackwell, 2012).

Apel yang dibungkus dengan plastik konvensional tidak menunjukkan perubahan yang signifikan hingga hari keenam. Pada hari kedua apel mengalami *browning* namun tidak mengalami perubahan bentuk serta penyusutan hingga hari keenam. *Browning* yang dialami oleh apel yang dibungkus dengan plastik konvensional disebabkan karena tidak dilakukannya vakum untuk membersihkan sisa udara yang terperangkap dalam plastik, sehingga apel mengalami kontak dengan sisa udara yang terperangkap dan mengalami oksidasi sehingga terjadi *browning*. Sedangkan bentuk apel yang tidak mengalami perubahan karena plastik konvensional memiliki nilai daya serap air yang rendah yaitu 1% (Sriwahyuni, 2018). Plastik yang memiliki nilai daya serap air yang rendah menandakan bahwa plastik

tersebut memiliki kemampuan yang rendah dalam menyerap air, sehingga plastik konvensional tidak mudah menyerap kandungan air pada apel dan tidak menyebabkan apel mengalami penyusutan.

4.7 Uji Daya Simpan Bioplastik

Uji daya simpan ini dilakukan untuk mengetahui suhu penyimpanan terbaik bioplastik agar tidak mudah rusak terutama yang disebabkan oleh mikroba, mengingat salah satu kelemahan bioplastik yang terbuat dari bahan alam adalah mudah terdegradasi akibat aktivitas mikroorganisme yang menyebabkan bioplastik rusak dan tidak dapat digunakan dalam waktu yang lama (Nahwi, 2016).

Bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki kualitas yang cukup baik dimana bioplastik tidak mengalami kerusakan pada penyimpanan di suhu ruang (25°C), panas (45°C), maupun dingin yang terlihat dari tidak adanya pertumbuhan mikroba pada bioplastik yang disajikan dalam tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pengaruh Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer* Terhadap Daya Simpan Bioplastik Selama 1 Bulan

Suhu Penyimpanan	Jenis dan Konsentrasi Plasticizer	Pertumbuhan Mikroba
Suhu Ruang (25°C)	Gliserol 20%	-
	Gliserol 25%	-
	Gliserol 30%	-
	Sorbitol 20%	-
	Sorbitol 25%	-
	Sorbitol 30%	-
Suhu Panas (45°C)	Gliserol 20%	-
	Gliserol 25%	-
	Gliserol 30%	-
	Sorbitol 20%	-
	Sorbitol 25%	-
	Sorbitol 30%	-
Suhu Dingin (3°C)	Gliserol 20%	-
	Gliserol 25%	-
	Gliserol 30%	-
	Sorbitol 20%	-
	Sorbitol 25%	-
	Sorbitol 30%	-

Bioplastik yang dihasilkan memiliki waktu simpan yang lebih lama dibanding bioplastik yang dihasilkan pada penelitian (Nahwi, 2016) dimana pada hari ke 13 bioplastik yang dihasilkan sudah ditumbuhi mikroba.

Uji daya simpan bioplastik dilakukan selama 1 bulan dan menunjukkan hasil bahwa bioplastik tidak ditumbuhi mikroba. Jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang digunakan tidak berpengaruh terhadap daya simpan bioplastik yang dihasilkan. Kemampuan bioplastik yang tidak mengalami serangan mikroba pada berbagai suhu penyimpanan disebabkan karena adanya kandungan minyak kulit

Artinya : *"Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal (190). (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Maha Suci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka (191) (QS. Ali 'Imran ; 190-191).*

Allah SWT berfirman dalam surat tersebut untuk memperingatkan hamba-hamba-Nya bahwa segala sesuatu yang diciptakan-Nya baik di bumi ataupun langit, adanya pergantian siang dan malam, planet-planet, bintang-bintang, lautan, gunung, hutan, serta berbagai macam tumbuhan dan binatang semua diciptakan dengan terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah yang nyata bagi orang yang berakal sempurna dan bukan bagi orang yang buta dan tuli pikirannya. Orang yang berakal disifatkan bagi orang yang selalu ingat kepada Allah dalam keadaan apapun baik dalam keadaan berdiri, duduk, atau terbaring selalu memikirkan dan merenungkan hikmah dari setiap ciptaan Allah (Abdullah, 2003).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah menciptakan segala sesuatu dengan tidak sia-sia, bahkan kulit jeruk yang dianggap sampah ternyata memiliki banyak kandungan yang bermanfaat seperti antioksidan dan antibakteri. Semua yang selama ini dianggap tidak bermanfaat sebenarnya memiliki manfaat tergantung bagaimana manusia melihat dan memanfaatkannya dengan baik.

dimana bioplastik dengan plasticizer gliserol dan sorbitol terdegradasi dalam waktu kisaran 9-12 hari.

Hasil degradasi yang lebih lama pada penelitian ini disebabkan karena penambahan minyak kulit jeruk manis yang bersifat hidrofobik sehingga menyebabkan reaksi hidrolisis dengan air pada tanah memerlukan waktu yang lebih lama. Sifat hidrofobik suatu bahan pembuatan bioplastik menjadi faktor yang mempengaruhi tingkat biodegradabilitas bioplastik (Islatifa, 2013). Selain itu kandungan antibakteri pada minyak kulit jeruk manis menyebabkan bakteri tidak dapat menguraikan bioplastik secara cepat.

Selain itu berbagai faktor juga mempengaruhi tingkat biodegradabilitas bioplastik seperti lingkungan yang digunakan untuk menguji kemampuan degradasi bioplastik. Menurut Islatifa (2013), limbah cair lebih cepat mendegradasi bioplastik dibandingkan tanah.

Menurut Riza *et al.*(2013), tingkat biodegradabilitas bioplastik dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya yaitu kandungan bakteri pada tanah, kelembaban tanah, serta suhu lingkungan uji juga mempengaruhi tingkat biodegradabilitas bioplastik. Pengujian degradasi bioplastik ini menggunakan tanah yang telah dikondisikan dalam wadah dan diletakkan didalam laboratorium sehingga jumlah mikroba yang ada pada tanah lebih sedikit dibandingkan pada tanah yang berada di alam bebas. Hal ini yang menyebabkan tingkat biodegradabilitas bioplastik menjadi lebih rendah karena pengurai utama bioplastik adalah mikroba.

- Flieger, M., Kantorova, M., Prell, A., Rezanka, T., Votruba, J., 2003. Biodegradable Plastics from Renewable Sources. *Folia Microbiology*. Vol 48 : 27–44.
- Frost, Sullivan, 2007. European Markets for bioplastics.
- Gironi, F., Piemonte, V., 2011. Bioplastics and Petroleum-based Plastics: Strengths and Weaknesses. *Energy Source* : 1949–1959.
- Haryanto, B., Pangloli, P., 1992. *Potensi dan Pemanfaatan Sagu*. Kanisius, Yogyakarta.
- Imran, Y.L., Hutomo, G.S., Rahim, A., 2014. Sintesis Dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon sp.*). *E-JAgrotekbis*. Vol 2 : 41.
- Indah, S.Y., Supriyanto, B., 2013. *Keajaiban Kulit Buah : Tuntas Tuntas Penyakit*. Tibbun Media, Surabaya.
- Intan, D.H., Wan, A., 2011. Tensile and Water Absorbtion of Biodegradable Composites Derived from Cassava Skin/Polyvinil Alcohol with Glycerol as Plsticizer. *Sains Malays*. Vol 40: 713–718.
- Islatifa, O., 2013. Pemanfaatan Limbah Daun Nanas Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable. *Skripsi*. Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Jabbar, U.F., 2017. Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Kulit Kentang (*Solanum tuberosum. L.*). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Kamsiati, E., Herawati, H., Purwani, E.Y., 2017. Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. Vol 36 : 67.
- Kumoro, A.C., Purbasari, A., 2014. Sifat mekanik dan morfologi plastik biodegradable dari limbah tepung nasi aking dan tepung tapioka menggunakan gliserol sebagai plasticizer. *Teknik*. Vol 35 : 8–16.
- Kusnandar, F., 2010. *Kimia Pangan: Komponen Makro*. Dian Rakyat, Jakarta.
- Kusumawati, D.H., Widya, D.R.P., 2013. Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film Pati Jagung yang Diinkorporasi dengan Perasan Temu Hitam. *J. Pangan Dan Agroindustri*. Vol 1 : 90–100.
- Larotonda, F.D.S., Matsui, K.N., Laurindo, J.B., 2004. Biodegradable Films Made From Raw and Acetylated Cassava Starch. *Brazilian Arch Biol Technol*. Vol 47 : 477–484.
- Liu, L., 2006. *Bioplastics in Food Packaging; Innovative Technologies for Biodegradable Packaging*.

- Maghfur, M.I., 2015. Sintesis dan Karakterisasi Edible Film dari Limbah Kulit Udang, Lidah Buaya dan Sorbitol sebagai Alternatif Pengemas Makanan. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Maran, J.P., Sivakumar, V., Sridhar, R., Thirugnanasambandham, K., 2013. Development of Model for Barrier and Optical Properties of Tapioca Starch Based Edible Film. *Carbohydr Polym.* Vol 92 : 1335–1347.
- McClatchey, W., H.I., M., C.R., E., 2006. *Metroxylon amicarum, M. paulcoxii, M. sagu, M. salomonense, M.vitiense, and M. warburgii* (sago palm) Arecaceae (palm family). Species Profiles Pac. Isl. Agrofor. URL www.traditionaltree.org (accessed 3.23.19).
- Murray, R.K., Granner, D.K., Rodwell, V.W., 2009. *Biokimia Harper*. EGC, Jakarta.
- Nahir, N., 2017. Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Biji Asam (*Tamarindus indica* L.). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Nahwi, N.F., 2016. Analisis Pengaruh Penambahan Plasticizer Gliserol Pada Karakteristik Edible Film Dari Pati Kulit Pisang Raja, Tongkol Jagung, Dan Bonggol Eceng Gondok. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Ningsih, S.H., 2015. Pengaruh Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film Campuran Whey Dan Agar. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Nitta, Y., Matsuda, T., Miura, R., Nakamura, S., Goto, Y., Watanabe, M., 2006. Anatomical Leaf Structure Related to Photosynthetic and Conductive Activities of Sago Palm, in: International Sago Symposium. *Skripsi*. Universitas Negeri Papua, Manokwari.
- Nkwachukwu, O.I.C.H., Ikenna, Albert, L., 2013. Focus on potential environmental issues on plastic world towards a sustainable plastic recycling in developing countries. *Intr. J of Industrial Chemistry*. Vol 4 : 1–13.
- Nofita, T., 2011. Pengaruh Pemberian Carboxymethyl Cellulose dan Sorbitol pada Pembuatan Edible Film dengan Bahan Dasar Whey terhadap Kadar Air, pH, Ketebalan, dan Waktu Kelarutan. *Tesis*. Program Pasca Sarjana Universitas Andalas.
- Nurjazuli, Awiyatul, A., Juliana, C., Pertiwi, K.D., Samosir, K., Prasetyawati, P., Pertiwi, S., 2016. Teknologi Pengolahan Sampah Organik Menjadi Kompos Cair. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan II* : 1–4.
- PDSIP, 2015. *Komoditas Pertanian Subsector Hortikultura (Outlook Jeruk)*.

- Polnaya, F.J., Talahatu, J., Haryadi, Marseno, D.W., Tuhumury, H.C.D., 2008. Karakterisasi Sifat Fisiko-Kimia Beberapa Jenis Pati Sagu (*Metroxylon sp.*), in: Pengembangan Agroindustri Berbasis Sumberdaya Lokal Untuk Mendukung Ketahanan Pangan. Malang, pp. 83–85.
- Pracaya, 2010. *Jeruk Manis, Varietas, Budidaya dan Pascapanen*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Pramadita, R.C., 2012. Karakterisasi Edible Film dari Tepung Porang (*Amorphophallus omcophyllus*) dengan Penambahan Minyak Atsiri Kayu Manis (*Cinnamon burnani*) Sebagai Antibakteri. *Skripsi*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Prihatman, K., 2000. *Jeruk (Citrus sp.) Sistem Informasi Manajemen Pembangunan di Perdesaan*. BAPPENAS, Jakarta.
- Rahmiyati, 2006. Substitusi Tepung Terigu dengan Tepung Sagu dalam Pembuatan Mie Kering. *Skripsi*. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Ratnaningtyas, F., 2019. Pengaruh Plasticizer Sorbitol Dan Gliserol Terhadap Kualitas Plastik Biodegradable Dari Singkong Sebagai Pelapis Kertas Pembungkus Makanan. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Reddy, C.S.K., Ghai, R., Rashimi, Kalia, V.C., 2003. Polyhydroxyalkanoates, an overview. *Bioresour Technol*. Vol 87 : 137–146.
- Rifaldi, A., Hs, I., Bahruddin, 2017. Sifat Dan Morfologi Bioplastik Berbasis Pati Sagu Dengan Penambahan Filler Clay Dan Plasticizer Gliserol. *Jom FTEKNIK*. Vol 4 : 3–4.
- Riza, M., Darmadi, Syaubari, Abidah, N., 2013. Sintesa Plastik Biodegradable dari Pati Sagu dengan Gliserol dan Sorbitol sebagai Plasticizer, in: *Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia V*. Surakarta.
- Rohman, M.A., 2016. Pengaruh Penambahan Glutaraldehida Terhadap Karakteristik Film Bioplastik Kitosan Terplastis Carboxy Methyl Cellulose (CMC). *Skripsi*. Universitas Airlangga, Surabaya.
- Rukmana, R., 2003. *Jeruk Nipis , Prospek Agribisnis, Budidaya dan Pascapanen*. Kanisius, Yogyakarta.
- Rumalatu, 1981. *Potensi dan Pemanfaatan Sagu*. Kanisius, Yogyakarta.
- Safitri, I., Riza, M., 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 6 : 107–115.

- Santoso, H., Rostiwati, T., 2007. Prospek Litbang Sagu (*Metroxylon sagu* spp) di Kawasan Hutan. *Prosiding Lokakarya Pengembangan Sagu di Indonesia*. 127–140.
- Sitompul, A.J.W.S., Zubaidah, E., 2017. Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Sifat Fisik Edible Film Kolang Kaling (*Arenga pinnata*). *J. Pangan Dan Agroindustri*. Vol 5 : 17–18.
- Sofia, I., Murdiningsih, H., Yanti, N., 2016. Pembuatan Dan Kajian Sifat-Sifat Fisikokimia, Mekanikal, Dan Fungsional Edible Film Dari Kitosan Udang Windu. *J. Bahan Alam Terbarukan*. Vol 5.
- Sriwahyuni, 2018. Pembuatan Bioplastik Dari Kitosan Dan Pati Jagung Dengan Menggunakan Glutaraldehid Sebagai Pengikat Silang. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Stephen, E.C., Temitope, D.F., 2018. Trends on Bio-Synthesis of Plastics. *Adv Biotech & Micro* Vol 10 : 1–8.
- Subowo, 2003. Pengaruh Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film Campuran Rumput Laut dan Agar. *Skripsi*. Universitas Hasanudin, Makassar.
- Suhaling, S., 2010. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) dengan Metode DPPH. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Suheni, N., 2008. *Petunjuk Praktis Menanam Jeruk*. Bina Muda Cipta Kreasi, Majalengka.
- Tan, Q.L.P., M V, A., N T, T.-M., 2011. Volatile Constituents of Essential Oil from *Citrus Sinensis* Grown in Tieng Giang Province, Vietnam. *As. J. Food Ag-Ind* Vol 4 : 183–186.
- Tang, K.S., Qiao, X.Z., 2010. Plasticization of Corn Starch by Polyol Mixtures. *Carbohydrate Polymers* Vol 83 : 659–664.
- Tao, N., Liu, Y., Zhang, M.-I., 2009. Chemical Composition and Antimicrobial Activities of Essential Oil From The Peel of Bingtang Sweet Orange (*Citrus sinensis* Osbeck). *Int. J. Sci. Technol.* Vol 4.
- Ting, V.C., Attaway, J.A., 1971. *Citrus Fruits*. Academic Press, London.
- Unsa, L.K., Pramastri, G.A., 2018. Kajian Jenis Plasticizer Campuran Gliserol dan Sorbitol Terhadap Sintesis Dan Karakterisasi Edible Film Pati Bonggol Pisang Sebagai Pengemas Buah Apel. *J. Kompetensi Tek.* Vol 10 : 41–42.
- Warkoyo, Rahardjo, B., Marseno, D.W., Karyadi, J.N.W., 2014. Sifat Fisik, Mekanik Dan Barrier Edible Film Berbasis Pati Umbi Kimpul

Lampiran 5. Contoh Perhitungan Nilai Persentase Kehilangan Berat Bioplastik

$$\text{Persentase Kehilangan Berat Bioplastik} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Kehilangan Berat Bioplastik} = \frac{0,0465 - 0,0411}{0,0465} \times 100\% = 11,612\%$$

Lampiran 6. Contoh Perhitungan Nilai Waktu Degradasi Bioplastik

$$\text{Waktu Degradasi Bioplastik} = \frac{100\%}{\% \text{ Kehilangan Berat}} \times \text{Waktu Uji}$$

$$\text{Waktu Degradasi Bioplastik} = \frac{100\%}{11,612} \times 7 = 60,282$$

