

Komposit Bioplastik Kolang-Kaling dan Tepung Tapioka dengan Penambahan Berbagai Jenis *Plasticizer*

Laurentina Dinia Eka Indarti*, Sari Purnavita, Mumpuni Asih Pratiwi

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Katolik Mangunwijaya Semarang
Jl. Sriwijaya 104 Semarang, Jawa Tengah 50242 Indonesia
Email: lauretinadiniaeka@gmail.com

Abstrak

Plastik komersial dimasyarakat sangatlah digemari. Namun, penggunaan plastik komersial sebagai bahan pengemas saat ini mulai dikurangi karena plastik dari bahan sintetik kimia ini sulit diurai oleh mikroba dan membutuhkan waktu cukup lama untuk terurai. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh rasio bahan baku dan pengaruh jenis plasticizer terhadap karakteristik bioplastik. Pembuatan bioplastik dilakukan dengan menimbang 20 g campuran bahan dengan rasio kolang-kaling : tepung tapioka. Metode yang dilakukan dengan memanaskan tepung tapioka dan aquadest dalam beaker glass hingga terjadi gelatinasi. Selanjutnya menambah bubur kolang-kaling dan plasticizer sesuai rasio yang ditetapkan. Lalu, campuran tersebut dipanaskan pada suhu 70°C sambil diaduk selama 15 menit kemudian dilakukan degassing process. Campuran dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Pada variabel ke dua, proses dilakukan dengan berbagai jenis plasticizer. Hasil penelitian ini diperoleh FT-IR (alkohol, alkana dan alkena), rasio bahan baku terbaik 3 : 1. Rasio bahan baku 3:1 menghasilkan nilai tensile strength sebesar 10,05 MPa, elongation sebesar 22,325 % dan ketahanan air sebesar 57,41 %, serta mampu terdegradasi dengan mudah. Penelitian dengan variabel bebas jenis plasticizer menunjukkan bahwa dengan plasticizer gliserol diperoleh nilai tensile strength dan elongation tertinggi yaitu sebesar 7,08 MPa dan 19,48 %, ketahanan air sebesar 50 %, dan bioplastik yang dihasilkan paling mudah terdegradasi.

Kata kunci : Bioplastik, kolang-kaling, komposit, tepung tapioka

Abstract

Bioplastic Composite Kolang-Kaling and Tapioca Flour with the Addition of Various Types of Plasticizers

Commercial plastic in the community is very popular. However, the use of commercial plastics as packaging materials is now starting to be reduced because plastics from these chemical synthetic materials are difficult to decompose by microbes and take a long time to decompose. This study aims to study the influence of raw material ratio and the influence of plasticizer type on bioplastic characteristics. Bioplastic making is done by weighing 20 g of mixed ingredients with kolang-kaling ratio: tapioca flour. The method is done by heating tapioca flour and aquadest in beaker glass until gelatination occurs. Next add the kolang-kaling porridge and plasticizer according to the ratio set. Then, the mixture is heated at 70°C while stirring for 15 minutes then degassing process. The mixture is dried in the oven at 60°C for 24 hours. In the second variable, the process is carried out with various types of plasticizers. The results of this study obtained FT-IR (alcohol, alkanes and alkenes), the ratio of the best raw materials 3 : 1. The 3:1 raw material ratio produces tensile strength of 10.05 MPa, elongation of 22.325% and water resistance of 57.41%, and is able to degrade easily. Research with plasticizer-free variable type shows that with glycerol plasticizer obtained tensile strength and elongation highest value of 7.08 MPa and 19.48%, water resistance of 50%, and bioplastic produced most easily degraded.

Keywords : Bioplastics, Composites, Pitches, Tapioca Starch

PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu produk dengan bahan dasar polimer. Plastik sendiri terbagi menjadi 2 jenis yaitu plastik yang terbuat dari bahan baku polimer sintetik yang sulit terurai dan plastik yang terbuat dari bahan baku polimer alami. Plastik komersial/sintetik dibuat dengan cara mensintesis bahan baku minyak bumi yang tidak dapat diperbaharui dan sulit terurai oleh *mikroorganisme* maupun kondisi cuaca. Plastik komersial dimasyarakat sangatlah digemari, plastik sering digunakan masyarakat dalam berbagai hal, terutama digunakan sebagai pengemas makanan karena dianggap sangat efisien. Dampak dari banyaknya penggunaan plastik komersial dimasyarakat adalah terjadinya penumpukan limbah plastik yang tentunya mengakibatkan pencemaran lingkungan. Akibat dari pencemaran tersebut, sekarang ini penggunaan plastik komersial sebagai bahan pengemas dari bahan sintetik kimia sudah mulai dikurangi karena plastik dari bahan sintetik kimia sulit diurai oleh mikroba dan membutuhkan waktu cukup lama untuk terurai.

Salah satu solusi untuk mengurangi limbah plastik yang sulit terurai oleh *mikroorganisme* adalah dengan penggunaan bioplastik. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioplastik yaitu kolang-kaling. Kolang-kaling dapat dijadikan bahan baku bioplastik karena memiliki kemampuan untuk membentuk lapisan film. Menurut Pelisia (2016), kolang-kaling memiliki kandungan galaktomanan sebesar 4,15 %.

Bioplastik yang dibuat hanya dengan bahan baku kolang-kaling memiliki karakteristik yang masih kurang baik. Maka dari itu dilakukan komposit menggunakan tepung tapioka agar karakteristik bioplastik yang dihasilkan lebih baik.

METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : Kolang-kaling, tepung tapioka, *plasticizer* (Gliserol, CMC dan *Beeswax*) dan *aquades*. Kolang-kaling berguna sebagai sumber galaktomanan yang berfungsi untuk pembentuk film bioplastik sedangkan tepung tapioka berfungsi untuk mengisi rongga-rongga

biodegradable film yang terbentuk dari kolang-kaling. Jenis *plasticizer* yang digunakan adalah Gliserol, CMC dan *Beeswax* untuk meningkatkan kekuatan, fleksibilitas bioplastik.

Variabel bebas pada penelitian ini yaitu rasio bahan baku kolang-kaling : tepung tapioka (4:0, 3:1, 2:2, 1:3 dan 0:4) dan jenis *plasticizer* (gliserol, *beeswax* dan cmc) dengan variabel tetap berat kolang-kaling dan tapioka 20 g, suhu pemanasan 70°C, waktu pencampuran 15 menit dan rasio bahan baku 3:1. Variabel terikat dari penelitian ini yaitu *tensile strength*, *elongation*, *biodegradable*, FT-IR dan ketahanan air. Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan masing-masing variabel bebas dilakukan 2x pengulangan dan dilanjutkan dengan uji BNT.

Tahap pembuatan bioplastik dengan variabel rasio bahan baku sebagai berikut : Kolang-kaling dicuci bersih kemudian 150 g kolang kaling dipotong kecil-kecil, dimasukkan kedalam blender dan ditambahkan 150 g *aquades* untuk dihaluskan hingga menjadi bubur kolang-kaling. Bubur kolang-kaling kemudian disaring menggunakan kain saring, ampas dari saringan bubur kolang-kaling tersebut dihaluskan kembali lalu dilakukan penyaringan seperti sebelumnya. Menimbang tepung tapioka sesuai rasio yang ditetapkan lalu memasukkan kedalam beaker glass dan menambahkan 80 g *aquades*. Kemudian dipanaskan dan diaduk hingga terjadi gelatinasi lalu ditambahkan bubur kolang-kaling sesuai rasio yang ditetapkan. Menambahkan 1,5 ml gliserol kedalam campuran tersebut, memanaskan campuran tersebut pada suhu 70°C selama 15 menit dengan pengadukkan menggunakan magnetic stirrer. Pencampuran dilanjutkan tanpa pemanasan selama 10 untuk menghilangkan udara yang terperangkap (*degassing process*). Setelah *degassing process* selesai, menuangkan campuran kedalam cetakan dan dilakukan pengeringan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam lalu dilanjutkan dengan analisa karakteristik bioplastik, pembuatan bioplastik dilakukan dengan 2x ulangan (Sutanti & Dewi, 2018)

Tahap pembuatan bioplastik dengan variabel berbagai jenis *plasticizer* : Proses pembuatan bioplastik dengan variabel berbagai jenis *plasticizer* dilakukan seperti pembuatan bioplastik dengan rasio bahan baku, hanya saja

untuk rasio yang digunakan adalah rasio terbaik dari tahap pertama dan *plasticizer* yang digunakan menggunakan beberapa jenis yaitu 1,5 ml gliserol, 1,5 CMC 3% dan 1,5 ml *beeswax* 3 %.

Pengujian *tensile strength* dan *elongation* dilakukan dengan memotong sampel bioplastik dengan ukuran 20 cm x 1 cm kemudian \pm 5 cm sampel bioplastik dijepit kedua sisi panjangnya lalu diuji menggunakan alat texture analyzer (TA-Plus –Lyod Instruments). *Tensile strength* dihitung dengan persamaan : $Tensile\ strength = F_{maks} / A$ sedangkan *elongation* dihitung dengan persamaan : $100\% (d_{after} - d_{before}) / d_{after}$. (Shabrina *et al.*, 2017).

Uji ketahanan air dilakukan dengan uji *swelling* yaitu *presentase* pengembangan film oleh adanya air. Ketahanan air bioplastik dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Air (\%)} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100 \%$$

Ketahanan Air = 100- serap air

Keterangan : A = penyerapan air (%); W_0 = Berat uji mula-mula (g); W = berat uji setelah perendaman (g)

Proses uji *biodegradable* dilakukan dengan menimbang tanah kemudian ditempatkan kedalam wadah lalu ditambahkan EM-4 dengan rasio 10% dari berat tanah yang digunakan, kemudian EM-4 yang sudah ditimbang dimasukkan kedalam wadah yang berisi tanah tersebut. Setelah media siap kemudian tanam bioplastik yang akan diuji selama 7 hari dan setelah 7 hari amati kondisi bioplastik yang ditanam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposit bioplastik terbaik dihasilkan dari percobaan berbagai jenis rasio kolang-kaling : tepung tapioka (4:0, 3:1, 2:2, 1:3 dan 0:4) dan rasio terbaik ada pada rasio 3:1. Rasio tersebut kemudian digunakan sebagai rasio bahan baku untuk pembuatan bioplastik dengan berbagai jenis *plasticizer*.

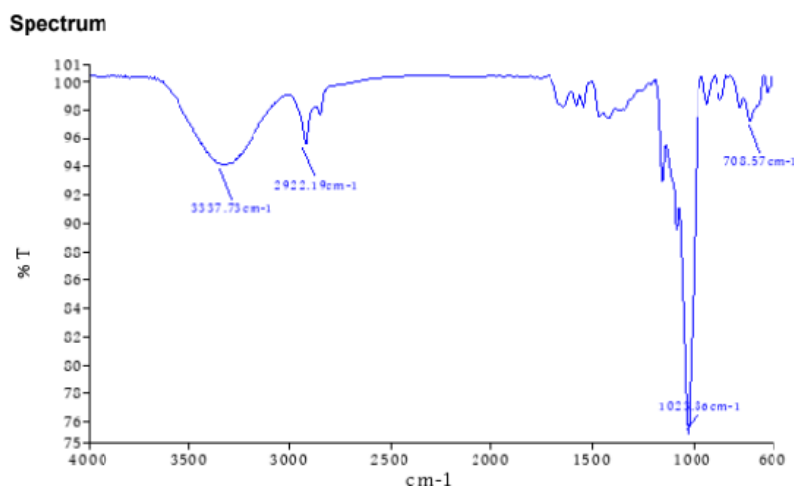
Analisis Gugus Fungsi dalam Komposit Bioplastik Kolang-kaling : Tepung Tapioka

Uji FT-IR pada pembuatan komposit bioplastik ini digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung di dalamnya. Pada Gambar 1 disajikan *spectrum* FT-IR dari komposit bioplastik kolang-kaling dan tepung tapioka rasio terbaik pada variabel 1 yaitu 3 : 1 (kolang-kaling : tapioka). Spektrum FT-IR pada gambar 4.5 diatas dianalisis pada panjang gelombang 4000 - 600 cm^{-1} . Pada puncak serapan 3337,73 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi -OH atau alkohol, sedangkan pada pita serapan 2922,19 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi C-H atau alkana, pada puncak 1023,86 cm^{-1} menunjukkan *vibrasi bending* C-O dan pada gelombang 708,57 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi alkena. Pada Tabel 1 disajikan hasil analisis gugus fungsi komposit bioplastik kolang-kaling dan tepung tapioka .

Berdasarkan analisis gugus fungsi *spectrum* komposit bioplastik diatas, jika dibandingkan dengan *spectrum* galaktomanan kolang-kaling yang telah dianalisis oleh Razzak (2008) dan *spectrum* tapioka oleh Sembiring (2018) terdapat perubahan pada bilangan panjang gelombang dan transmitansinya yang menunjukkan bahwa bioplastik yang dianalisis pada penelitian ini

Tabel 1. Hasil Analisis Gugus fungsi komposit Bioplastik Kolang-Kaling Dan Tapioka

Daerah Frekuensi (cm^{-1})	Ikatan	Tipe senyawa	Daerah frekuensi (cm^{-1})		
			Tapioka	Kolang-kaling	komposit
3200-3600	-OH	alkohol	3392	3410	3337,73
2850-2970	C-H	alkana		2931	2922,19
1610-1680	C=C	alkena	1650	1635	1640,61
1050-1300	C-O	eter		1149	
675-995	C-H	alkena	860	810, 871	708,57



Gambar 1. Grafik Spectrum FT-IR

adalah komposit bioplastik kolang-kaling dan tepung tapioka.

Analisis Pengaruh Rasio Bahan Baku Terhadap Tensile Strength

Uji *tensile strength* digunakan untuk mengetahui kuat tarik dari bioplastik yang dihasilkan dari berbagai rasio bahan baku. Kuat tarik adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Hasil *tensile strength* pembuatan bioplastik dengan variabel bebas rasio bahan baku (kolang-kaling : tepung tapioka) dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan dari hasil uji F, rasio bahan baku sangat berpengaruh terhadap nilai *tensile strength*. Nilai *tensile strength* tertinggi adalah pada rasio bahan baku 3 : 1 (kolang-kaling : tepung tapioka) dengan nilai 10,05 MPa. Sedangkan untuk bioplastik dengan rasio bahan baku 1 : 3 dan 0 : 4 tidak didapatkan hasil *tensile strength*, hal tersebut dikarenakan pada rasio bahan baku tersebut bioplastik yang dihasilkan keras dan kaku sehingga ketika diuji hasil *tensile strength* dari bioplastik tersebut tidak terdeteksi. Rasio bahan baku dengan nilai *tensile strength* terbaik nantinya akan digunakan sebagai rasio bahan baku pada pembuatan komposit bioplastik dengan penambahan berbagai jenis *plasticizer*. Pada rasio 3 : 1 ini diperoleh nilai *tensile strength* tertinggi karena pada rasio tersebut pati yang ditambahkan lebih sedikit dibanding rasio bahan baku lainnya.

Analisis Pengaruh Rasio Bahan Baku Terhadap Elongation

Uji *elongation* dilakukan untuk mengetahui persen pemanjangan dari bioplastik. Hasil *elongation* dari komposit bioplastik dengan variabel rasio bahan baku tersaji pada Gambar 3.

Berdasarkan dari hasil uji F, rasio bahan baku berpengaruh nyata terhadap *elongation*. Hasil *elongation* tertinggi terdapat pada rasio bahan baku 3 : 1 (kolang-kaling : tapioka). Menurut Arini *et al.* (2017), penambahan pati berpengaruh terhadap *elongation*. Semakin banyak pati yang ditambahkan maka plastik yang dihasilkan semakin kaku yang menyebabkan *elongasi* semakin menurun. Hal tersebut yang menyebabkan rasio bahan baku 3 : 1 memiliki nilai *elongation* yang lebih tinggi dibanding rasio bahan baku 2 : 2.

Analisis Pengaruh Rasio Bahan Baku Terhadap Ketahanan Air

Berdasarkan hasil uji F, rasio bahan baku berpengaruh nyata terhadap ketahanan air. Dilihat dari Gambar 4, bioplastik dengan ketahanan air paling baik adalah bioplastik dengan rasio bahan baku (kolang-kaling : tapioka) 0:4 sedangkan untuk bioplastik dengan ketahanan air terendah atau penyerapan air tertinggi adalah pada rasio 4:0 yang hanya berbahan baku kolang-kaling tanpa tapioka. Menurut Nur (2020), ketahanan air ini dipengaruhi oleh kerapatan dari bioplastik. Semakin banyaknya jumlah tapioka yang ditambahkan maka nilai ketahanan terhadap air akan meningkat. Hal tersebut dikarenakan rongga-rongga bioplastik

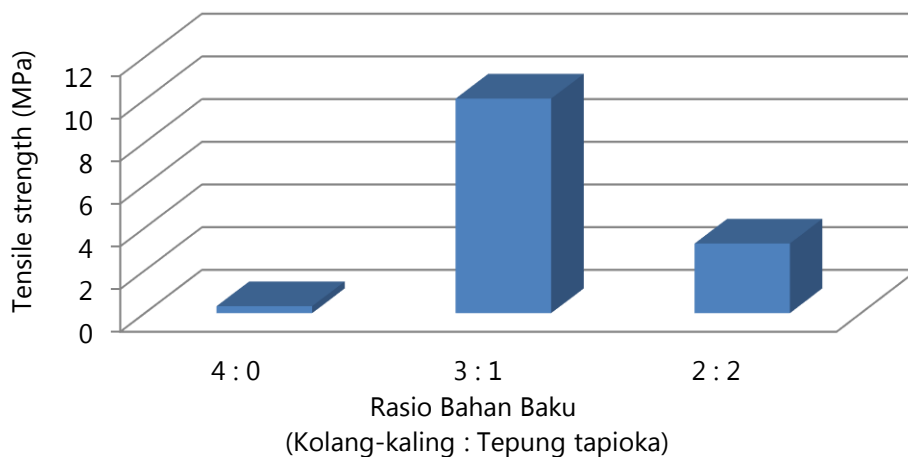
berbahan dasar kolang- kaling akan semakin terisi oleh tapioka sehingga semakin banyak penambahan tapioka, rongga – rongga bioplastik akan semakin kecil yang mengakibatkan ketahanan air semakin meningkat.

Analisis Pengaruh Rasio Bahan Baku Terhadap Uji *Biodegradable*

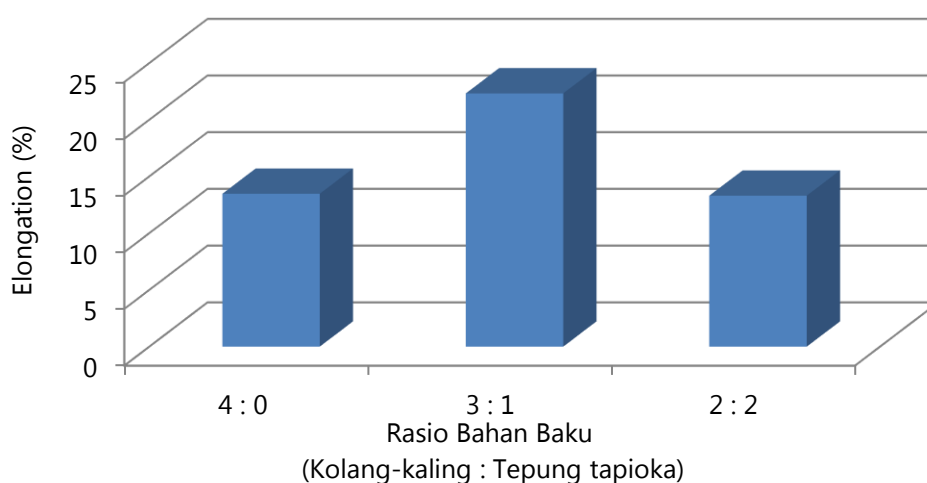
Uji *biodegradable* pada pembuatan komposit bioplastik ini bertujuan untuk mengetahui lama waktu bioplastik terdegradasi. Pada Tabel 2 disajikan uji *biodegradable* komposit bioplastik kolang-kaling dan tepung tapioka.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa bioplastik yang paling mudah terurai adalah bioplastik dengan rasio bahan baku 4:0 dan rasio 3:1 sedangkan untuk

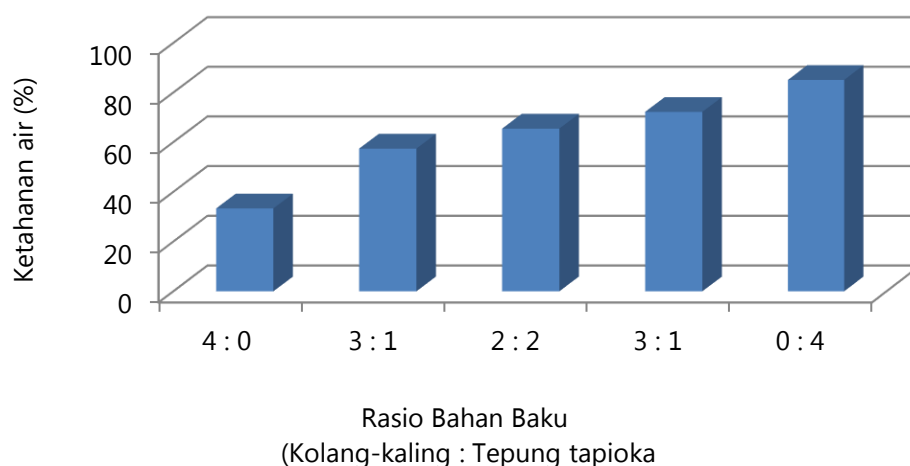
rasio 2:2, 1:3 dan 0:4 lebih lama untuk terdegradasi. Indikator mudah terurainya bioplastik ini dilakukan secara kuantitatif dalam waktu 7 hari dengan adanya perubahan berat dari bioplastik semakin kecil berat bioplastik maka akan semakin baik. Menurut Arini *et al.* (2017), kemampuan biodegradasi disebabkan karena adanya proses hidrolisis bahan oleh mikroorganismenya, kolang-kaling lebih cepat terhidrolisis dari pada tepung tapioka karena galaktomanan yang terkandung dalam kolang-kaling memiliki afinitas dalam air yang lebih tinggi dibandingkan pati maka semakin banyak tepung tapioka yang ditambahkan pada bioplastik maka bioplastik akan semakin lama untuk terdegradasi.



Gambar 2. Grafik pengaruh rasio bahan baku terhadap *tensile strength*



Gambar 3. Grafik pengaruh rasio bahan baku terhadap *elongation*



Gambar 4. Grafik pengaruh rasio bahan baku terhadap ketahanan air

Tabel 2. Tabel Pengaruh Rasio Bahan Baku (Kolang-kaling : Tepung Tapioka) Terhadap Uji *Biodegradable*

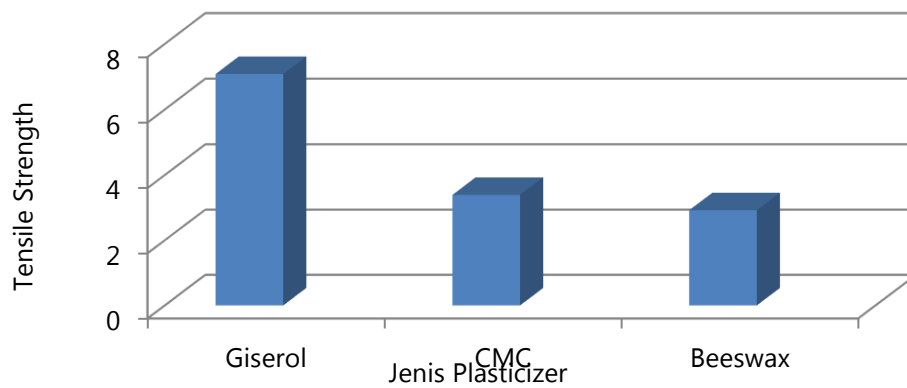
Rasio bahan baku (kolang-kaling : tapioka)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)
4:0	0,02	-
	0,01	-
3:1	0,09	-
	0,09	-
2:2	0,20	0,03
	0,19	0,02
1:3	0,08	0,06
	0,08	0,07
0:4	0,38	0,30
	0,41	0,36

Analisis Pengaruh Jenis *Plasticizer* Terhadap *Tensile Strength*

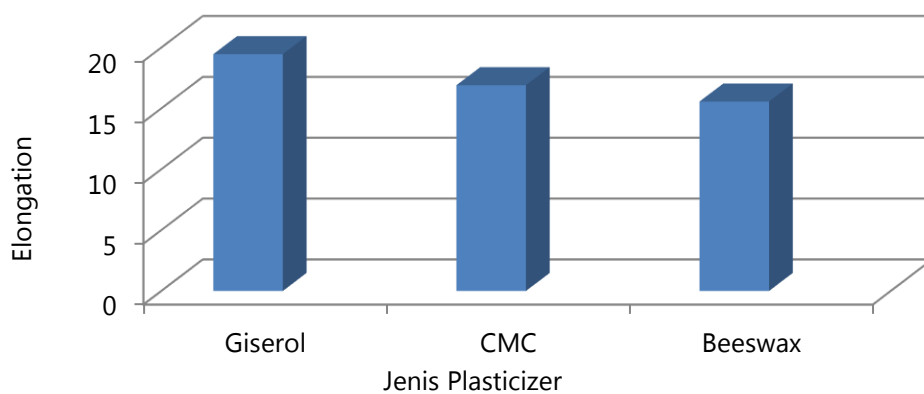
Berdasarkan dari hasil uji F, jenis *plasticizer* berpengaruh nyata terhadap nilai *tensile strength*. Dari hasil uji lanjutan BNT menunjukkan bahwa nilai *tensile strength* tertinggi adalah pada pembuatan bioplastik dengan *plasticizer* gliserol yaitu sebesar 7,08 Mpa, sedangkan untuk CMC hasil rata-rata yang diperoleh adalah 3,39 Mpa dan hasil rata-rata *tensile strength* yang diperoleh dengan *plasticizer beeswax* adalah 2,92 Mpa. Nilai *tensile strength* tertinggi diperoleh dengan penambahan jenis *plasticizer* gliserol jika dibandingkan dengan CMC dan *beeswax*. Hal tersebut dikarenakan penambahan *plasticizer* gliserol dapat menurunkan fleksibilitas dari bioplastik dan hal tersebut dapat menyebabkan persebaran tapioka yang ditambahkan semakin merata sehingga nilai *tensile strength* semakin meningkat.

Analisis Pengaruh Jenis *Plasticizer* Terhadap *Elongation*

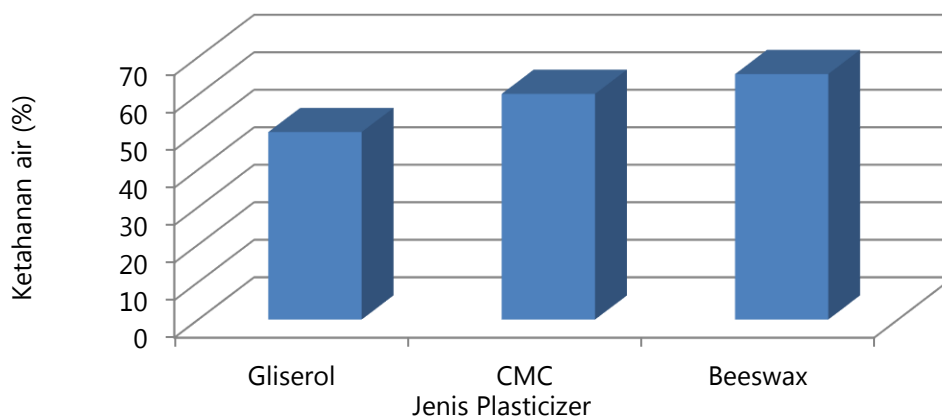
Berdasarkan hasil uji F, jenis *plasticizer* berpengaruh nyata terhadap nilai *elongation*. Dari uji BNT diperoleh bahwa jenis *plasticizer* gliserol menghasilkan nilai *elongation* tertinggi, yaitu 19,46%, sedangkan untuk bioplastik dengan penambahan *plasticizer* CMC diperoleh hasil rata-rata sebesar 16,91 % dan pada bioplastik dengan penambahan *plasticizer beeswax* diperoleh hasil rata-rata sebesar 15,57%. Menurut Purnavita *et al.* (2020) & Sinaga *et al.* (2014) penambahan gliserol memberikan nilai *elongation* tertinggi karena dengan penambahan gliserol tersebut akan meningkatkan mobilitas molekuler rantai polimer sehingga bioplastik semakin elastis dan perpanjangan saat putus akan meningkat.



Gambar 5. Grafik pengaruh jenis *plasticizer* terhadap *tensile strength*



Gambar 6. Grafik pengaruh jenis *plasticizer* terhadap *elongation*



Gambar 7. Grafik pengaruh jenis *plasticizer* terhadap ketahanan air

Analisis Pengaruh Jenis *Plasticizer* Terhadap Ketahanan Air

Berdasarkan dari hasil uji F, jenis *plasticizer* berpengaruh nyata terhadap ketahanan air. Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa untuk bioplastik yang memiliki ketahanan air paling tinggi adalah bioplastik dengan *plasticizer beeswax* disusul dengan bioplastik dengan *plasticizer CMC* dan gliserol. Bioplastik dengan *plasticizer beeswax*

memiliki ketahanan air paling tinggi karena beeswax tergolong lipid yang tidak larut air dingin, maka dari itu bioplastik dengan *plasticizer beeswax* lebih tahan air. Sedangkan untuk *plasticizer gliserol* dan CMC merupakan *plasticizer* yang mudah larut dalam air dan akan lebih mudah untuk menyerap air. Menurut Purnavita (2020), meskipun penambahan *plasticizer gliserol* menambah fleksibilitas dari bioplastik, untuk ketahanan air

bioplastik dengan penambahan gliserol ini adalah yang terendah, hal tersebut dikarenakan adanya regangan molekul amilosa yang mengakibatkan kemungkinan adanya celah dan adanya air masuk.

Analisis Pengaruh Jenis *Plasticizer* Terhadap Uji *Biodegradable*

Bioplastik dengan penambahan gliserol lebih cepat terdegradasi dibandingkan bioplastik dengan *plasticizer* CMC maupun *beeswax* (Tabel 3). Bioplastik dengan penambahan *plasticizer* gliserol lebih mudah terdegradasi dibandingkan *plasticizer* yang lain karena gliserol merupakan senyawa gliserida yang paling sederhana dan memiliki daya serap air yang paling tinggi dibanding *plasticizer* lain yang digunakan sehingga bioplastik yang dihasilkan dengan penambahan *plasticizer* gliserol tersebut akan lebih mudah terdegradasi. Indikator terdegradasinya bioplastik ini ditunjukkan dengan adanya perubahan berat bioplastik.

Tabel 3. Tabel Pengaruh Jenis *Plasticizer* Terhadap Uji *Biodegradable*

Jenis <i>Plasticizer</i>	Berat awal (g)	Berat akhir (g)
Gliserol	0,13	-
	0,12	-
CMC	0,09	0,01
	0,09	0,01
Beeswax	0,10	0,03
	0,07	0,02

KESIMPULAN

Gugus fungsi yang terkandung dalam komposit bioplastik ini adalah gugus fungsi alkohol, alkana dan alkena. Rasio bahan baku (kolang-kaling:tapioka) terbaik dari penelitian ini ada pada rasio 3 : 1 (Kolang-kaling : tapioka) dengan nilai *tensile strength* sebesar 10,05 Mpa, *elongation* sebesar *elongation* sebesar 22,325 % dan ketahanan air sebesar 57,41 %, serta mampu terdegradasi dengan mudah selama 7 hari. Bioplastik dengan jenis *plasticizer* terbaik diperoleh

dengan penambahan *plasticizer* gliserol dengan diperoleh nilai *tensile strength* dan *elongation* tertinggi yaitu sebesar 7,08 MPa dan 19,48 %, ketahanan air sebesar 50 %, dan bioplastik yang dihasilkan paling mudah terdegradasi dalam waktu 7 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Arini, D., Ulum, M.S. and Kasman, K., 2017. Pembuatan dan pengujian sifat mekanik plastik biodegradable berbasis tepung biji durian. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 6(3): 276 – 283.
- Pelisia, D. 2019. Karakteristik Fisik, Mekanik dan Barrier Edible Film Kolang-Kaling (Arenga pinnata) Dengan Penambahan CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) dan Sorbitol Yang Dapat Diaplikasikan Pada Dodol Tepung Ketan. Skripsi. Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian-Peternakan. Universitas Muhammadiyah Malang
- Purnavita, S., Subandriyo D.Y. & Anggraeni, A.2020. Penambahan Gliserol Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Komposit Pati Aren Dan Glukomanan. *Metana*. 16(1):19-25.
- Sembiring, S. 2018. Sintesis Karboksimetil Galaktomanan Melalui Reaksi Monokloroasetat Dengan Galaktomanan Biji Aren (Arenga pinnata). Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Alam Universitas Sumatra Utara.
- Shabrina, A.N., Abduh, S.B.M., Hintono, A. & Pratama, Y., 2017. Sifat fisik edible film yang terbuat dari tepung pati umbi garut dan minyak sawit. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(3):138-142. doi: 10.17728/jatp.239
- Sinaga, R.F., Ginting, G.M., Ginting, M.H.S. & Hasibuan, R., 2014. Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Kekuatan Tarik Dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik Dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2):19-24.
- Sutanti, S & Dewi, C.D. 2018. Karakterisasi Bioplastik Berbahan Kolang-Kaling dengan Monogliserida Dari Minyak Kelapa. *Inovasi Teknik Kimia*, 3(2):48-53