

PENGARUH PENAMBAHAN PEMLASTIS GLISEROL DAN MINYAK BUAH MERAH (*Pandanus conoideus*) TERHADAP KUAT TARIK DAN ELONGASI BIOPLASTIK BERBAHAN PATI SAGU (*Metroxylon sago*)-KITOSAN

Hilkia Duma, Jacson Victor Morin, Agnes Dyah Novitasari Lestari^{*)}

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari, Papua Barat

^{*)}Corresponding Author: a.dyahnovitasari@gmail.com

ABSTRACT: The need for plastic will increase along with technological and industrial developments, thereby increasing the amount of plastic waste. Oil and gas based plastics are not biodegradable. One way to limit the amount of plastic waste is to use biodegradable plastics, also known as bioplastics. In this study, the bioplastic material used was sago starch from Papua combined with chitosan with the addition of glycerol and red fruit (*Pandanus conoideus*) oil as a plasticizer. The use of red fruit oil, apart from being a plasticizer, is also intended to provide antioxidant properties to the resulting bioplastics. The variation in the weight ratio of sago starch:chitosan used is 4:1 and 1:1. The volume of glycerol and red fruit oil added was equal, namely 2.5 mL. After bioplastics have been synthesized, tensile strength and elongation tests are carried out. The results showed that the tensile strength and elongation were greatly influenced by the type of plasticizer, both in sago starch:chitosan ratios of 1:1 and 1:4. The addition of red fruit oil significantly reduced the tensile strength, both in the sago starch:chitosan ratio of 1:1 and 1:4, but increased the elongation in the sago starch:chitosan ratio of 1:4. This indicates that red fruit oil can be used as a plasticiser candidate in bioplastics as antioxidant packaging.

Keywords: bioplastic, chitosan, glycerol, *Pandanus conoideus*, sago

PENDAHULUAN

Dalam beberapa hal, penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari tidak terelakkan, baik sebagai bahan pengemas maupun bahan material peralatan. Pada umumnya, plastik terbuat dari bahan yang berasal dari minyak bumi yang bersifat *nonbiodegradable*. Penggunaan plastik jenis ini secara berlebihan berdampak negatif terhadap lingkungan, khususnya pada lingkungan tanah dan air (Kumar et.al, 2021). Hal ini jika tidak segera dikendalikan akan mengakibatkan krisis air dan pangan.

Berdasarkan hal tersebut, maka dibutuhkan upaya mengurangi penggunaan plastik yang bersifat *nonbiodegradable* dengan cara menggantikan sebagian plastik dengan plastik yang mudah terdegradasi (*biodegradable*) (Moshood et al., 2022). Bahan dasar plastik *nonbiodegradable* yang berasal dari minyak bumi dapat digantikan dengan bahan alami untuk menghasilkan plastik yang ramah lingkungan. Plastik dari bahan alami tersebut disebut juga dengan istilah bioplastik (Azzahra, 2020).

Bioplastik sering digunakan sebagai

pengganti plastik pada produk sekali pakai, salah satunya sebagai bahan pengemas makanan yang disebut sebagai pengemas aktif (*active packaging*). Pengemas aktif yaitu suatu sistem pengemasan yang dapat mengubah kondisi makanan yang dikemas secara aktif untuk memperpanjang umur penyimpanan, meningkatkan keamanan pangan, mempertahankan rasa, atau menjaga kualitas makanan (Rodriguez dkk., 2008).

Zat aktif yang ditambahkan dalam sistem pengemasan aktif dapat berupa zat yang memiliki sifat antioksidan atau antibakterial. Penambahan zat-zat ini dalam film pengemas aktif ditujukan untuk mencegah terjadinya gangguan pada mikroorganisme atau oksidasi serta bakteri, sehingga dapat memperpanjang waktu penyimpanan dan dapat meningkatkan kestabilan produk makanan.

Bahan alami pati dan kitosan yang dapat diurai oleh mikroorganisme dapat dimanfaatkan untuk membuat bioplastik sebagai pengemas aktif (Agustin & Padmawijaya, 2016). Pati dapat diperoleh dari batang tanaman sagu (*Metroxylon sp.*) (Azzahra, 2020). Pati dapat dikombinasikan dengan kitosan untuk membentuk bioplastik yang tahan air atau untuk mengurangi kelarutan pati dalam air.

Untuk tujuan tertentu, dikehendaki bioplastik yang bersifat kuat namun elastis. Pada umumnya, bioplastik berbasis pati-kitosan memiliki elastisitas yang rendah, sehingga perlu bahan pemlastis (*plasticizer*). Pemlastis merupakan substansi dengan berat molekul rendah yang dapat masuk ke dalam matriks polimer protein dan polisakarida sehingga meningkatkan fleksibilitas film dan kemampuan pembentukan film (Bergo dan Sobral, 2007). Pemlastis yang sering digunakan dalam bioplastik adalah gliserol.

Gliserol merupakan senyawa gliserida yang sederhana dan memiliki kandungan gugus hidroksil yang bersifat hidrofilik serta higroskopik. Fungsi gliserol ialah sebagai agen pembentuk kristal, pemlastis dan menyerap air. Selain gliserol, asam oleat dalam minyak nabati dapat digunakan sebagai pemlastis (Vlacha et al., 2016).

Sebagai sistem pengemasan aktif yang bersifat antioksidan, bahan bioplastik dapat ditambah dengan zat-zat antioksidan seperti minyak buah merah (*Pandanus conoideus*). Minyak buah merah telah lama dikenal sebagai bahan antioksidan yang berasal dari Papua. Minyak buah merah mengandung kadar asam oleat 38-50%, kadar asam linoleat 5-14%, dan kadar asam linolenat 1% (De Witt and Chong, 1988). Pada penelitian lain, Murtiningrum, *et.al* (2005) mengukur kadar minyak buah merah dimana ditemukan bahwa minyak buah merah sebagian besar mengandung asam lemak tak jenuh tunggal yang didominasi oleh asam oleat 52,50% dan asam lemak jenuh, yaitu asam palmitat 16,04%. Selain mengandung minyak nabati, minyak buah merah juga mengandung total karotenoid 3027-19959 ppm (Sarungallo *et al.*, 2015) dan total tokoferol 234–1728 ppm (Sarungallo and Hariyadi, 2015) yang dapat memberikan efek antioksidan pada pengemas aktif.

Dari uraian tersebut di atas, dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis dan uji kuat tarik serta elongasi bioplastik sebagai pengemas aktif berbahan pati-kitosan dengan penambahan pemlastis, yaitu gliserol dan minyak buah merah. Penelitian ini membandingkan hasil uji kuat tarik dan elongasi bioplastik dengan pemlastis minyak buah merah dan gliserol.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hotplate*, oven, neraca analitik, gelas kimia 500 mL dan 250 mL, cawan petri diameter 9 cm, spatula kaca, *magnetic stirrer*, pipet tetes, kain penyaring dan aluminium foil.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sagu dari Pasar Sanggeng Manokwari, kitosan industrial grade (CV. Chi Multiguna Cirebon), gliserol, NaOH 1%, asam asetat 1%, minyak buah merah komersial (Ekstrak Sari Minyak Buah Merah Khas Papua Barat, Produksi Ibu Daud. Jl. Drs Esau Sesa Manokwari Papua Barat, P-IRT NO: 114940701051), aquades.

Prosedur Penelitian Preparasi Pati Sagu

Sagu komersial dari Pasar Sanggeng dibersihkan dengan aquades sebanyak tiga kali perendaman, kemudian sagu yang sudah dibersihkan ditimbang sebanyak 50 gram lalu dioven pada suhu 80°C selama 2 - 4 jam untuk menghilangkan kadar air sagu dan menghasilkan pati sagu yang kering dengan berat konstan.

Sintesis Bioplastik

Pembuatan bioplastik dengan bahan baku pati sagu dilakukan dengan tahap pembuatan larutan pati sagu 1%, tahap pembuatan larutan kitosan 1%, dan tahap sintesis film bioplastik.

a. Tahap pembuatan larutan pati sagu 1%

Pada tahap ini dilakukan dengan menimbang 1 gram pati sagu (*Metroxylon sago*) ditambah 120 mL aquades kemudian dipanaskan dengan *hotplate* pada suhu 80°C sampai volume 100 mL.

b. Tahap pembuatan larutan kitosan 1%

Pada tahap ini dilakukan dengan

menimbang kitosan sebanyak 2,5 gr kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 mL dan dilarutkan dalam 200 mL asam asetat 1%, kemudian diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* sampai larutan tergelatinisasi. Larutan yang diperoleh dimasukkan ke dalam labu takar 250 mL lalu ditambahkan asam asetat 1% sampai tanda tera dan distirer.

c. Tahap sintesis film bioplastik

Dalam penelitian ini, disintesis 4 variasi film bioplastik sebagai berikut:

1) Sintesis bioplastik dengan perbandingan pati sagu:kitosan 1:4 dengan penambahan pemlastis minyak buah merah (SKM 1:4). Sebanyak 40 mL larutan kitosan 1% ditambah 10 mL larutan pati sagu 1% dan 2,5 mL minyak buah merah.

2) Sintesis bioplastik dengan perbandingan pati sagu:kitosan 1:1 dengan penambahan pemlastis minyak buah merah (SKM 1:1). Sebanyak 25 mL larutan kitosan 1% ditambah 25 mL larutan pati sagu 1% dan 2,5 mL minyak buah merah.

3) Sintesis bioplastik dengan perbandingan pati sagu:kitosan 1:4 dengan penambahan pemlastis gliserol (SKG 1:4). Sebanyak 40 mL larutan kitosan 1% ditambah 10 mL larutan pati sagu 1% dan 2,5 mL gliserol.

4) Sintesis bioplastik dengan perbandingan pati sagu:kitosan 1:1 dengan penambahan pemlastis gliserol (SKG 1:1). Sebanyak 25 mL larutan kitosan 1% ditambah 25 mL larutan pati sagu 1% dan 2,5 mL gliserol

Setelah larutan dicampurkan, kemudian dipanaskan dengan *hotplate* pada suhu 80°C lalu distirer selama 5 menit. Larutan yang dihasilkan dihomogenkan dan didinginkan, serta diukur sebanyak 20 mL lalu dituang pada cawan petri ukuran 9 cm dan di oven pada suhu 50°C selama 5-8 jam.

Setelah semua campuran sampel

dioven, bioplastik kering yang masih dalam cetakan cawan petri dihasilkan. Kemudian hasil bioplastik didinginkan dan ditambahkan larutan NaOH secukupnya agar nantinya lapisan bioplastik dapat diangkat. Lapisan bioplastik yang telah diangkat dari cetakan cawan petri kemudian dibilas dengan aquadest untuk menghilangkan sisa NaOH, kemudian lapisan bioplastik dikering-anginkan hingga diperoleh bioplastik berupa lembaran yang kering dan selanjutnya dilakukan pengujian kuat tarik dan elongasi.

Uji Kuat Tarik

Sampel yang akan diuji terlebih dahulu dikondisikan selama 24 jam dalam ruangan dengan kelembaban relatif normal (23±2°C). Pengujian dilakukan dengan menjepit kedua ujungnya pada alat uji kuat tarik. Panjang awal dan puncak tinta yang terekam pada posisi 0 kemudian dicatat pada bagan. Saat tombol start dihidupkan, alat mengeluarkan spesimen yang patah dan mencatat kekuatan tarik (F) dan panjang setelah putus. Kemudian dilakukan pengujian pada lembar berikutnya dan uji kuat tarik dihitung dengan rumus:

$$\sigma = F_{max} / A \dots\dots\dots 1)$$

Dimana:

- σ : nilai kuat tarik (kg/cm²)
- F_{max} : beban maksimum (kg)
- A : luas penampang awal (cm²)

Uji Elongasi

Uji elongasi dilakukan dengan menggunakan autograph. Setelah dipotong sesuai ukuran ASTM D638, sampel dijepit kedua ujungnya dengan menggunakan penjepit yang tersedia pada autograph. Selisih pemanjangan film =ΔL digunakan secara otomatis untuk membaca pemanjangan sampel. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan nilai persen elongasi:

$$E = (l_i - l_o) / (l_o) \times 100\% \dots\dots\dots 2)$$

Dimana :

- ε : Nilai Elongasi (%)
- l_i : Panjang Akhir (cm)
- l_o : Panjang Awal (cm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Pati Sagu

Pada proses preparasi pati sagu, pati sagu dicuci beberapa kali dengan aquades untuk membersihkan pati sagu dari pengotornya. Pati sagu yang telah bersih kemudian dikeringkan dan dianalisis kandungan pati, amilosa, dan amilopektinnya. Hasil analisis pati sagu dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Hasil analisis kandungan pati sagu

No	Sampel	Macam Analisis	Hasil Analisis		
			Uji ke-1	Uji ke-2	Rata-rata
1	Pati Sagu	Pati (% wb)	80,47	90,46	85,465
		Amilosa (% wb)	35,85	35,74	35,795
		Amilopektin (% wb)	44,62	44,72	44,67

Kandungan pati sagu yang dihasilkan oleh setiap tanaman sagu bervariasi menurut jenis sagu, umur, dan lingkungan tumbuh. Pada penelitian Juara (2006), ampas sagu yang dipanen selama kurang lebih 11 tahun mengandung pati sekitar

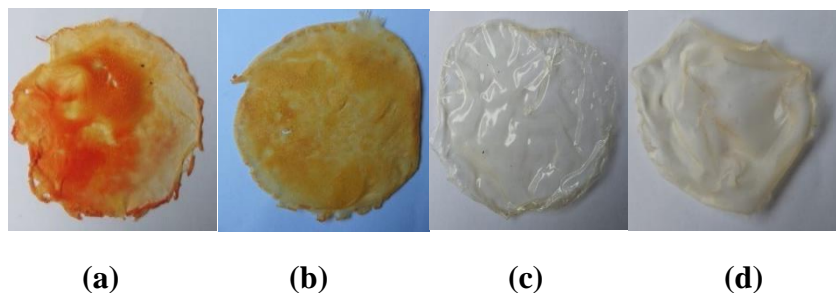
15-20%, sehingga pati yang berhasil diekstrak dari tanaman berkisar 80-85%. Kandungan pati yang digunakan dalam penelitian ini tidak jauh berbeda dari penelitian di atas, yaitu rata-rata 85,465% dengan komposisi amilosa 35,795% dan

amilopektin 44,67%. Penelitian lain menyebutkan kandungan pati sagu antara 80-87% (Du et al., 2020). Kandungan pati yang digunakan dalam penelitian ini tidak jauh berbeda dari penelitian di atas, yaitu rata-rata 85,465% dengan komposisi amilosa 35,795% dan amilopektin 44,67%. Pati merupakan polimer alami yang terdiri atas monomer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Struktur pati terdiri atas ami-losa dan amilokpetin. Amilosa memiliki struktur rantai lurus, sedangkan amilopektin memiliki struktur rantai bercang.

Sintesis Bioplastik

Bioplastik dalam penelitian ini disintesis dengan mencampurkan larutan kitosan, pati, dan pemlastis dengan perbandingan berat pati sagu dan kitosan bervariasi. Campuran dicetak dalam cawan petri dan dikeringkan dalam oven.

Perbandingan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu perbandingan berat pati sagu:kitosan dan perbandingan jenis pemlastis, yaitu gliserol dan minyak buah merah. Perbandingan berat pati sagu:kitosan terdiri atas perbandingan 1:4 dan 1:1. Notasi bioplastik diberikan sebagai SK yang menyatakan perbandingan pati sagu:kitosan diikuti huruf M untuk minyak buah merah dan huruf G untuk gliserol, sehingga diperoleh sampel bioplastik SKM 1:4 dan SKM 1:1 untuk bioplastik dengan penambahan pemlastis minyak buah merah pada perbandingan berat pati sagu:kitosan 1:4 dan 1:1 dan sampel bioplastic SKG 1:4 dan SKG 1:1 untuk bioplastik dengan penambahan pemlastis gliserol pada perbandingan berat pati sagu:kitosan 1:4 dan 1:1. Hasil sintesis bioplastik dalam penelitian ini disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Hasil bioplastik (a) SKM 1:4, (b) SKM 1:1, (c) SKG 1:4, (d) SKG 1:1.

Bioplastik yang dihasilkan memiliki wujud film/lembaran berwarna bening (SKG 1:1 dan 1:4), adapula yang berwarna kuning kemerahan (SKM 1:1 dan 1:4) dan bila disentuh permukaannya licin serta memiliki berat yang ringan. Warna kuning kemerahan ini berasal dari minyak buah merah.

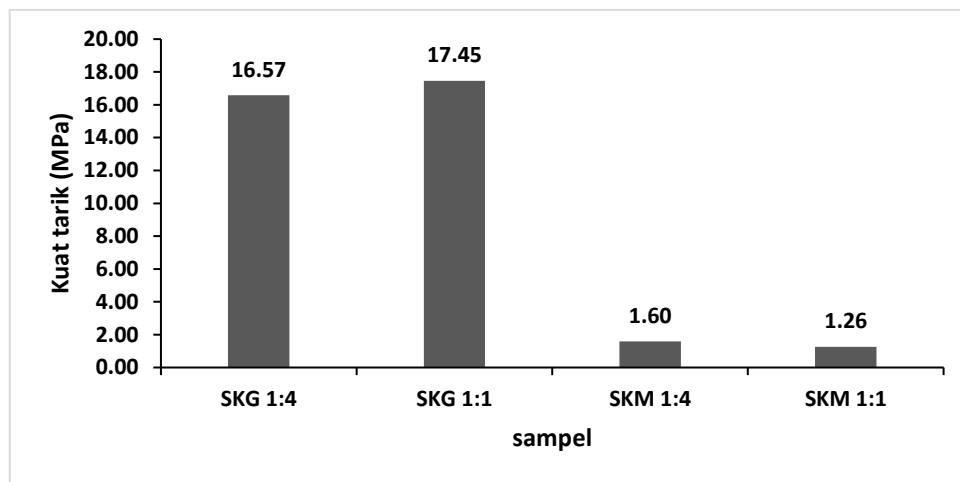
Uji kuat tarik

Uji kuat tarik memberikan informasi mengenai kemampuan bioplastik untuk menerima beban atau ketegangan tanpa menyebabkan bioplastik tersebut menjadi

rusak atau patah. Kuat tarik dinyatakan dengan ketegangan maksimum sebelum putus. Hasil uji kuat tarik dalam penelitian ini disajikan dalam Gambar 1. Pada Gambar 1 terlihat bahwa perbandingan berat pati sagu:kitosan memiliki pengaruh lebih kecil terhadap kuat tarik bioplastik yang dihasilkan dibandingkan dengan pengaruh jenis pemlastis yang digunakan (gliserol atau minyak buah merah). Hal ini terlihat dari lebih kecilnya perbedaan nilai kuat tarik antara bioplastik dengan variasi perbandingan berat pati sagu:kitosan

dibandingkan bioplastik dengan variasi jenis pemlastis. Bioplastik dengan pemlastis gliserol memiliki kuat tarik yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bioplastik dengan pemlastis minyak buah merah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kurang kuatnya interaksi antara minyak buah merah yang bersifat hidrofobik dengan jaringan pati-kitosan

yang lebih bersifat hidrofilik. Interaksi antara pati sagu dan kitosan adalah interaksi antarmolekul oleh adanya ikatan hidrogen (Liu *et al.*, 2013). Kehadiran minyak buah merah melemahkan ikatan hidrogen antar polimer pati sagu dan kitosan, sehingga menurunkan kuat tarik secara signifikan.



Gambar 2. Hasil uji kuat tarik

Uji elongasi

Elongasi menunjukkan adanya sifat fleksibilitas dan elastisitas dari film. Elongasi suatu bahan dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan pemlastis. Dalam penelitian ini, bahan pemlastis yang ditambahkan adalah gliserol dan minyak buah merah (yang mengandung asam oleat yang merupakan bahan pemlastis).

Hasil uji elongasi bioplastik dalam penelitian ini disajikan dalam Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa perbandingan berat pati sagu:kitosan berpengaruh terhadap elongasi bioplastik, baik yang diberikan pemlastis gliserol maupun minyak buah merah. Pada sampel dengan penambahan gliserol, pada perbandingan pati sagu kitosan 1:4, penambahan gliserol menurunkan elongasi, sedangkan pada

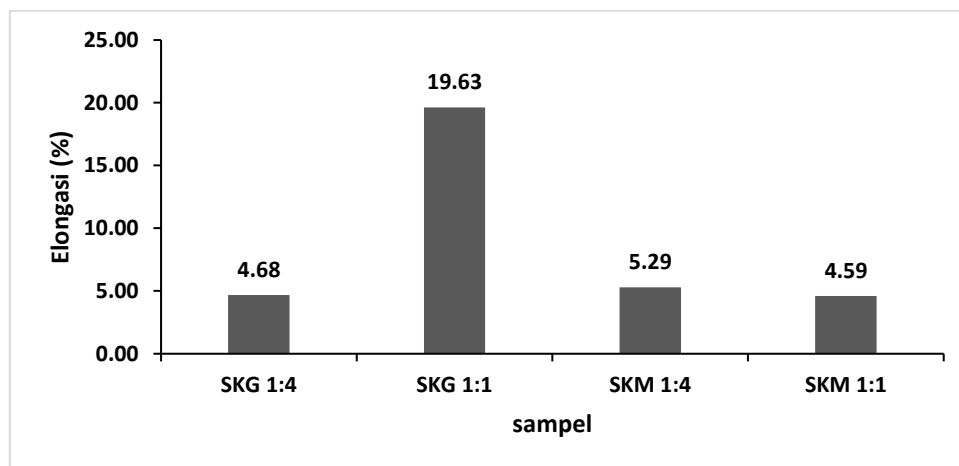
perbandingan 1:1, penambahan gliserol meningkatkan elongasi.

Penurunan elongasi pada penambahan gliserol pada sampel dengan perbandingan pati sagu:kitosan 1:4 (jumlah kitosan lebih banyak dibandingkan pati sagu) kemungkinan dikarenakan banyaknya air yang terperangkap dalam struktur bioplastik tersebut. Pada perbandingan pati sagu:kitosan 1:4, bioplastik lebih bersifat hidrofobik. Kitosan berikatan hidrogen dengan pati sagu dan gliserol. Kelebihan gliserol dalam struktur semacam ini akan digunakan untuk berikatan hidrogen dengan air. Hal ini menyebabkan air terperangkap dalam struktur bioplastik tersebut. Adanya air yang terperangkap dalam struktur bioplastik hidrofobik akan menurunkan elongasi bioplastik tersebut (Rivero *et al.*, 2016).

Sebaliknya, pada perbandingan pati sagu kitosan 1:1, bahan bioplastik lebih

bersifat hidrofilik. Gliserol akan berikatan dengan polimer dengan lebih baik, sehingga diperoleh struktur jalinan

polimer yang memiliki interaksi lebih baik dalam ikatan hidrogen antar polimer penyusun bioplastik.



Gambar 3. Hasil uji elongasi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa film bioplastik pati sagu-kitosan dengan pemlastis gliserol dan minyak buah merah telah berhasil disintesis meskipun dalam penggunaan pemlastis minyak buah merah, keadaan film bioplastik belum homogen. Bioplastik dengan pemlastis gliserol memiliki kuat tarik yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bioplastik dengan pemlastis minyak buah merah. perbandingan berat pati sagu:kitosan berpengaruh terhadap elongasi bioplastik, baik yang diberikan pemlastis gliserol maupun minyak buah merah. Pada sampel dengan penambahan gliserol, pada perbandingan berat pati sagu kitosan 1:4, penambahan gliserol menurunkan elongasi, sedangkan pada perbandingan 1:1, penambahan gliserol meningkatkan elongasi. Pada perbandingan pati sagu:kitosan 1:4, nilai elongasi yang lebih tinggi diperoleh pada penambahan pemlastis minyak buah merah. Hal ini mengindikasikan bahwa minyak buah merah merupakan kandidat pemlastis pada bioplastik sebagai

pengemas antioksidan. Pada penelitian yang akan datang dapat dilakukan upaya meningkatkan homogenitas bioplastik dengan penambahan emulsiifier ataupun peningkatan homogenitas secara fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Y. E., & Padmawijaya, K. S. 2016. Sintesis Bioplastik dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Zat Aditif. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(2), 40–48.
- Azzahrah, M. 2020. Sintesis Film Green Packaging Berbasis Pati Dari Kulit Pisang Raja (*Musa Paradisiaca* Var. Raja). *Skripsi*, Universitas Pertamina, Jakarta.
- Bergo, P., & Sobral, P. J. A. 2007. Effects of plasticizer on physical properties of pigskin gelatin films. *Food Hydrocolloids*, 21(8), 1285–1289. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.09.014>.
- De Witt, G.F. and Chong, Y.H.1988. The Nutritional Value of Palm Oil Minor Component. Palm Oil Research Institut of Malaysia, Malaysia.

- Du, C., Jiang, F., Jiang, W., Ge, W., & Du, S. kui. 2020. Physicochemical and structural properties of sago starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 1785–1793.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.310>
- Juari. 2006. Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Poly-3-Hidroksialkanoat (PHA) yang Dihasilkan *Ralstonia Eutropha* pada Hidrolisat Pati Sagu dengan Penambahan Dimetil Ftalat (DMF). *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kumar, R., Verma, A., Shome, A., Sinha, R., Sinha, S., Jha, P. K., Kumar, R., Kumar, P., Shubham, Das, S., Sharma, P., & Prasad, P. V. V. 2021. Impacts of plastic pollution on ecosystem services, sustainable development goals, and need to focus on circular economy and policy interventions. *Sustainability (Switzerland)*, 13(17), 1–40.
<https://doi.org/10.3390/su13179963>
- Liu, H., Adhikari, R., Guo, Q., & Adhikari, B. 2013. Preparation and characterization of glycerol plasticized (high-amylose) starch – chitosan films. *Journal of Food Engineering*, 116(2), 588–597.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.12.037>
- Moshood, T. D., Nawanir, G., Mahmud, F., Mohamad, F., Ahmad, M. H., & AbdulGhani, A. 2022. Sustainability of biodegradable plastics: New problem or solution to solve the global plastic pollution? *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5(November 2021).
<https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2022.100273>
- Murtiningrum, Semangat Ketaren, Suprihatin, dan K. (2005). Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB 2 Peneliti Badan Pengkajian Bioteknologi, BPPT Serpong. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(1), 28–33.
- Rivero, S., Damonte, L., García, M. A., & Pinotti, A. (2016). An Insight into the Role of Glycerol in Chitosan Films. *Food Biophysics*, 11(2), 117–127.
<https://doi.org/10.1007/s11483-015-9421-4>
- Sarungallo, Z. L., Hariyadi, P., Andarwulan, N., Purnomo, E. H., & Wada, M. (2015). Analysis of α -Cryptoxanthin, β -Cryptoxanthin, α -Carotene, and β -Carotene of Pandanus Conoideus Oil by High-performance Liquid Chromatography (HPLC). *Procedia Food Science*, 3, 231–243.
<https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.026>
- Sarungallo, Zita Letviany, & Hariyadi, P. 2015. Characterization of Chemical Properties , Lipid Profile , Total Phenol and Tocopherol Content of Oils Extracted from Nine Clones of Red Fruit (Pandanus conoideus). *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 49(2), 237–250.
- Vlacha, M., Giannakas, A., Katapodis, P., Stamatis, H., Ladavos, A., & Barkoula, N. M. 2016. On the efficiency of oleic acid as plasticizer of chitosan/clay nanocomposites and its role on thermo-mechanical, barrier and antimicrobial properties - Comparison with glycerol. *Food Hydrocolloids*, 57, 10–19.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.01.003>