

KARAKTERISTIK KEMASAN BIOPLASTIK BERBASIS DAUN PANDAN (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) DENGAN PENAMBAHAN TAPIOKA DAN MINYAK SAWIT

CHARACTERISTICS OF BIOPLASTIC PACKAGING BASED ON PANDAN LEAVES (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) WITH THE ADDITION OF TAPIOCA AND PALM OIL

Kensa Julieta^{1*}, Zulferiyenni¹, Fibra Nurainy¹, Sri Hidayati¹

¹Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

* email korespondensi: kensajulieta73@gmail.com

Tanggal masuk: 05 Februari 2025

Tanggal diterima: 05 Maret 2025

Abstract

Fragrant pandan leaves have the potential to be used as bioplastics. Fragrant pandan leaves contain a relatively high amount of cellulose, specifically 30-40% and contains lignin components of 18-22%. Bioplastics from fragrant pandan leaves can be broken down by microorganisms in the soil. This study aims to determine the effect of tapioca and palm oil concentrations on the characteristics of bioplastics made from panda leaves, as well as to investigate the interaction effects between tapioca and palm oil on these bioplastic characteristics. This research arranged by using Design Random Group Complete (RAKL) with two factors and three replications. The first factor is the tapioca concentration, coded as (T), which includes three concentrations (1%, 1.5%, and 2%) (b/v). The second factor is the palm oil concentration, coded as (M), with three concentrations (0%, 0.3%, and 0.6%) (b/v). The research results indicate different effects on the characteristics of bioplastics from pandan leaves. All characteristics, except for the percentage elongation value of the produced bioplastics, met JIS 1975 standards, were degradable within 7 days, and had room temperature resistance for 2 weeks.

Keywords: bioplastic, fragrant pandan leaves, tapioca, and palm oil

Abstrak

Daun pandan wangi memiliki potensi tinggi untuk digunakan dalam pembuatan bioplastik. Daun pandan mengandung komponen selulosa 30-40% dan lignin 18-22% serta mudah terdegradasi oleh mikroorganisme di dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi tapioka dan minyak sawit terhadap karakteristik bioplastik berbasis daun pandan serta mengetahui pengaruh interaksi antara tapioka dan minyak sawit terhadap karakteristik bioplastik berbasis daun pandan wangi. Penelitian ini disusun secara faktorial menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi tapioka dengan kode (T) yang terdiri dari tiga konsentrasi (1%, 1,5%, dan 2%) (b/v). Faktor kedua adalah konsentrasi minyak sawit dengan kode (M) yang terdiri dari tiga konsentrasi (0%, 0,3% dan 0,6%) (b/v). Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik bioplastik berbasis daun pandan. Semua karakteristik, kecuali nilai persen pemanjangan dari bioplastik yang dihasilkan sudah memenuhi standar JIS 1975, dapat terdegradasi selama 7 hari dan memiliki ketahanan suhu ruang selama 2 minggu.

Kata kunci: bioplastik, daun pandan, tapioka, dan minyak sawit

PENDAHULUAN

Daun pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) merupakan tanaman yang banyak ditemukan di Asia Tenggara dan terkenal karena aroma khasnya yang wangi serta penggunaannya yang luas salah satunya sebagai bahan tambahan pada makanan. Aroma dan warna hijau yang khas pada

daun pandan menjadi salah satu daya tarik jika dijadikan bioplastik. Daun pandan mengandung komponen selulosa 30-40% dan lignin 18-22%. Kandungan ini menunjukkan bahwa daun pandan memiliki potensi tinggi untuk digunakan dalam pembuatan bioplastik, terutama karena tingginya kadar selulosa yang

memberikan kekuatan dan fleksibilitas serta dapat terurai dengan mudah di lingkungan (Santoso dkk., 2021).

Daun pandan memiliki beberapa kelebihan sebagai bahan bioplastik yaitu daun pandan mengandung 2 asetil-1-pirolin, yang memberikan aroma khas dan dapat meningkatkan nilai estetika produk yang dikemas. Daun pandan banyak mengandung beberapa komponen senyawa antioksidan yaitu polifenol, alkaloid, flavonoid, saponin, dan glycosides. Pemanfaatan daun pandan sebagai bahan dasar bioplastik di Indonesia masih kurang optimal, salah satunya kurang memanfaatkan kandungan komponen-komponen tersebut yang dapat menjadi nilai tambah bagi kemasan bioplastik dari daun pandan. Oleh karena itu, diharapkan pada saat dijadikan bahan dasar bioplastik, komponen bioaktif daun pandan dapat membantu melindungi makanan dari cemaran fisik maupun bakteri patogen (Santoso dan Atma, 2020).

Kemasan plastik komersial masih sering digunakan sebagai pembungkus makanan seperti onigiri, kimbab, dan jajanan pasar seperti kue dadar gulung. Plastik komersial merupakan polimer sintetik yang sangat sulit untuk terurai oleh komponen biotik seperti mikroorganisme dan komponen abiotik ataupun oleh sinar matahari. Jenis plastik yang biasanya digunakan sebagai pembungkus makanan adalah jenis plastik *polypropylene*. *Polypropylene* memiliki titik lebur yang relatif rendah, sehingga tidak cocok untuk makanan panas dan dapat meleleh atau berubah bentuk saat terkena suhu tinggi serta partikel mikroplastik dari kemasan *polypropylene* dapat bermigrasi ke makanan yang dibungkus. Mikroplastik yang tidak sengaja dikonsumsi sangat berbahaya bagi kesehatan sehingga untuk menghindari paparan mikroplastik,

bioplastik daun pandan dapat menjadi salah satu alternatif karena diharapkan kandungan antioksidan pada bioplastik daun pandan yang akan bermigrasi pada produk makanan.

Salah satu alternatif pengganti plastik komersial jenis *polypropylene* yaitu bioplastik. Bioplastik adalah kemasan yang penggunaannya sama dengan kemasan plastik konvensional pada umumnya, namun bioplastik ini mudah terurai secara sempurna oleh mikroorganisme. Bioplastik dapat dibuat dari sumber daya alam seperti selulosa. Daun pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) memiliki komponen selulosa berkisar antara 30-40 %, sehingga berpotensi untuk dijadikan bioplastik.

Karakteristik bioplastik dapat dipengaruhi dengan bahan-bahan yang ditambahkan. Tapioka merupakan salah satu bahan tambahan yang berfungsi untuk menutup pori-pori yang tidak terisi sempurna oleh selulosa. Kombinasi selulosa daun pandan dan tapioka akan membentuk ikatan hidrogen yang kompleks sehingga akan diperoleh bioplastik dengan matriks yang kuat, rapat dan sulit dipecah (Rahim dan Musta, 2019). Bioplastik dari selulosa seringkali memiliki daya serap air yang buruk, yang dapat mempengaruhi daya tahan dan kualitas produk. Oleh karena itu, dilakukan penambahan minyak sawit untuk meningkatkan elastisitas dan kekuatan tarik film (Dewi dkk., 2021). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan tapioka dan minyak sawit serta interaksi dari kedua bahan tersebut terhadap karakteristik bioplastik berbasis daun pandan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu daun pandan wangi yang diperoleh dari Desa Bernung Kabupaten Pesawaran, tapioka, dan minyak sawit. Bahan lain yang digunakan adalah CMC, gliserol, aquades, dan tanah sebagai media pengurai. Alat yang digunakan yaitu pisau, timbangan digital, blender, baskom, kuvet Erlenmeyer, spektrofotometer, penangas air, panci, batang pengaduk, termometer, beaker glass 250 ml, mikropipet, kain saring, aluminium foil, cawan petri, plat kaca ukuran 20x20, spatula, gelas ukur, Universal Testing Machine (UTM) untuk uji kuat tarik dan persen pemanjangan, Micrometer Digital Thickness Gauge untuk uji ketebalan.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara faktorial menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 2 faktor dan 3 kali ulangan. Faktor pertama yaitu konsentrasi Tapioka (T) terdiri dari 3 taraf, yaitu 1%, 1,5%, 2% (b/v). Faktor kedua yaitu konsentrasi minyak sawit (M) yang terdiri dari 3 taraf, yaitu 0%, 0,3%, dan 0,6% (b/v). Kedua perlakuan dikombinasikan sehingga diperoleh 9 perlakuan dengan konsentrasi tapioka dan minyak sawit yang berbeda. Apabila dihitung secara keseluruhan penelitian ini menghasilkan 27 unit perlakuan dan setiap perlakuan atau sampel menggunakan selulosa sebanyak 5 gram dan aquades 50 ml.

Pengamatan yang dilakukan meliputi kenampakan visual, kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi up air, biodegradabilitas, dan ketahanan terhadap suhu ruang. Data yang diperoleh diuji

analisis ragamnya dengan uji Barlett dan penambahan data dengan uji Tuckey. Kemudian dilanjutkan uji lanjut menggunakan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5%. Sementara untuk pengujian biodegradabilitas dan ketahanan terhadap suhu rang disajikan dalam bentuk gambar dan dibahas secara deskriptif.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap tahapan. Penelitian tahap pertama adalah penghancuran daun pandan dengan blender. Daun pandan sebanyak 450 gram dicuci hingga bersih menggunakan air mengalir lalu ditiriskan. Daun pandan yang telah ditiriskan kemudian dipotong kecil-kecil untuk mempermudah penghalusan, selanjutnya ditambahkan 300 ml air dan diblender selama 5 menit hingga terbentuk bubur. Bubur daun pandan disaring untuk memisahkan air dan selulosa menggunakan saringan hingga didapatkan *pulp* daun pandan.

Penelitian tahap kedua adalah pembuatan bioplastik, Pembuatan bioplastik dilakukan dengan mencampurkan 5 gram daun pandan dengan 70 ml aquades dan gliserol sebanyak 1,5%, CMC 2%, serta diberi perlakuan konsentrasi tapioka (1%, 1,5%, 2%) (b/v) dan minyak sawit (0%, 0,3%, 0,6%) (b/v). Campuran tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 70°C selama 30 menit. Selama pemanasan campuran diaduk untuk menghilangkan gelembung yang terbentuk. Proses pemanasan apabila sudah dilakukan selanjutnya campuran dicetak di atas plat kaca ukuran 20 x 20 cm dan dikeringkan pada suhu ruang selama 4 hari.

Bioplastik yang didapatkan selanjutnya dilakukan pengamatan meliputi

pengamatan visual, kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, laju transmisi uap air, ketahanan terhadap suhu ruang, uji biodegradabilitas dan uji antioksidan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Visual

Hasil Pengamatan Visual bahwa terdapat perbedaan antar perlakuan dari segi struktur. Perlakuan T1M1, T1M2, dan T1M3 (Gambar a, b, dan c) menghasilkan bioplastik dengan kondisi fisik lebih tipis (Tabel 4 dan 5), tingkat kekakuan yang lebih rendah (Tabel 2), tidak transparan, dan terdapat flok pada perlakuan T1M3. Hal ini disebabkan karena pada perlakuan T1M1, T1M2, dan T1M3 memiliki konsentrasi tapioka sebanyak 1%. Penambahan tapioka dapat membentuk struktur matriks menjadi lebih kuat karena tapioka mengandung pati yang memiliki struktur polimer yang baik sehingga ikatan hidrogen yang terbentuk menjadi banyak dan menghasilkan bioplastik yang lebih kuat, rapat, dan sulit untuk dipecah (Rahim dan Musta, 2019).

Flok yang terdapat pada bioplastik dapat disebabkan karena konsentrasi tapioka yang ditambahkan rendah, kemampuan untuk membentuk jaringan yang homogen menjadi berkurang. Hal ini dapat menyebabkan distribusi yang tidak merata dari komponen lain, sehingga menghasilkan flok. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zulferiyenni (2014) bahwa pati dapat membuat bioplastik menjadi homogen karena pati dapat mengisi pori-pori bioplastik yang tidak terisi sempurna oleh selulosa sehingga membentuk matriks yang lebih kuat dan rapat. Kombinasi berbagai konsentrasi minyak dengan konsentrasi tapioka yang rendah berpengaruh

terhadap fleksibilitas bioplastik karena minyak sawit dapat berperan sebagai *plasticizer* karena adanya asam lemak yang bersifat hidrofobik sehingga dapat meningkatkan elastisitas dari bioplastik (Dewi dkk., 2021).

Perlakuan T2M1, T2M2, dan T2M3 dengan T3M1, T3M2, T3M3 menghasilkan bioplastik yang kompak dan tidak terdapat flok, namun terdapat perbedaan pada struktur bioplastik yang dihasilkan yaitu tingkat ketebalannya lebih tinggi untuk perlakuan T3M1, T3M2, dan T3M3 (Tabel 4 dan 5). Rendahnya kadar pati berpengaruh terhadap proses gelatinisasi menjadi tidak optimal, mengakibatkan terbentuknya gumpalan. Pati yang tidak tergelatinasi dengan baik akan cenderung menggumpal dan menciptakan flok pada permukaan bioplastik. Kandungan pati yang tinggi (51,36%) dalam tapioka berfungsi sebagai bahan pengikat yang memperkuat struktur film dan akan membentuk tekstur dan permukaan yang teratur, sehingga tapioka yang ditambahkan, berpengaruh terhadap tebal film (Tabel 5 dan 6) yang dihasilkan (Kumoro dan Purbasari, 2014).

Kuat tarik

Berdasarkan hasil analisis ragam, dapat dilihat bahwa adanya interaksi dari penambahan tapioka dan minyak sawit yang berpengaruh terhadap nilai kuat tarik bioplastik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tarik bioplastik berbasis daun pandan dengan penambahan tapioka dan minyak sawit berkisar 2,35 MPa hingga 6,79 MPa. Hasil uji lanjut BNJ (beda nyata jujur) 5% disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji lanjut BNJ kuat tarik

Perlakuan	Nilai Kuat Tarik (MPa)
T1M3 (Tapioka 1% Minyak sawit 0,6%)	2,35 ^a
T1M2 (Tapioka 1% Minyak sawit 0,3%)	2,73 ^{ab}
T2M3 (Tapioka 1,5% Minyak sawit 0,6%)	3,22 ^{ab}
T1M1 (Tapioka 1% Minyak sawit 0%)	3,35 ^b
T2M2 (Tapioka 1,5% Minyak sawit 0,3%)	3,58 ^{bc}
T2M1 (Tapioka 1,5% Minyak sawit 0%)	4,38 ^{cd}
T3M3 (Tapioka 2% Minyak sawit 0,6%)	4,39 ^{cd}
T3M2 (Tapioka 2% Minyak sawit 0,3%)	5,19 ^d
T3M1 (Tapioka 2% Minyak sawit 0%)	6,79 ^e

BNJ (0,05) = 2,29

Hasil uji lanjut BNJ 5% menunjukkan bahwa T1M3 tidak berbeda nyata dengan T1M2 dan T2M3, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Kemudian, perlakuan T3M2 tidak berbeda nyata dengan T2M1 dan T3M3, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan T3M1 berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Bioplastik dengan nilai kuat tarik terendah yaitu pada perlakuan T1M3 dengan nilai 2,35 MPa dan nilai kuat tarik tertinggi dihasilkan dari perlakuan T3M1 dengan nilai 6,79 MPa. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa penambahan tapioka dan minyak sawit berpengaruh terhadap nilai kuat tarik dan semua perlakuan sudah memenuhi Japanese Industrial Standard (JIS) yaitu minimal 0,39 MPa untuk nilai kuat tarik.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh pada Tabel 1, menunjukkan bahwa perlakuan tapioka 2% dan minyak sawit 0% menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi. Tapioka memiliki kemampuan menyerap air yang baik, yang dapat membantu dalam proses pembentukan ikatan antara partikel-partikel dalam bioplastik (Wikurendra dan Asih, 2019). Oleh karena itu, tapioka dapat berkontribusi pada peningkatan kekuatan tarik karena dapat membentuk struktur matriks dapat menjadi lebih kuat. Hal ini sejalan dengan penelitian Rahim dan Musta (2019) bahwa tapioka mengandung pati yang memiliki struktur

polimer yang baik. Ketika pati ini terdispersi dalam matriks bioplastik, ia dapat membentuk jaringan yang lebih kuat, sehingga meningkatkan interaksi antar molekul dan memberikan kekuatan tambahan.

Perlakuan dengan menggunakan minyak sawit 0,6% dan tapioka 1% menghasilkan nilai kuat tarik terendah yaitu 2,35 MPa. Rendahnya hasil nilai kuat tarik diduga karena pendistribusian yang tidak sempurna dari masing-masing komponen penyusun film plastik. Hal ini dapat disebabkan adanya bahan pemlastis seperti gliserol dan minyak sawit sehingga nilai kuat tarik menjadi berkurang. Menurut Rahim dan Musta (2019), bahan pemlastis dapat menyebabkan interaksi intermolekular molekul pati semakin berkurang sehingga meningkatkan fleksibilitas film dan menurunkan kekuatan tarik film.

Persen pemanjangan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan tapioka, minyak sawit dan interaksi keduanya berpengaruh terhadap nilai persen pemanjangan bioplastik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai persen pemanjangan bioplastik berbasis daun pandan dengan penambahan tapioka dan minyak sawit berkisar 5,39% hingga 34,81%. Nilai persen pemanjangan tertinggi dihasilkan oleh perlakuan T3M2 yaitu 34,81% sedangkan nilai persen pemanjangan terendah yaitu pada perlakuan T1M1 yaitu 5,39%. Hasil uji lanjut BNJ (beda nyata jujur) 5% disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji lanjut BNJ persen pemanjangan

Perlakuan	Nilai Persen Pemanjangan (MPa)
T1M1 (Tapioka 1% Minyak sawit 0%)	5,39 ^a
T1M3 (Tapioka 1% Minyak sawit 0,6%)	8,52 ^b
T3M1 (Tapioka 2% Minyak sawit 0%)	10,39 ^{bc}
T2M1 (Tapioka 1,5% Minyak sawit 0%)	11,06 ^c
T3M3 (Tapioka 2% Minyak sawit 0,6%)	11,25 ^c
T1M2 (Tapioka 1% Minyak sawit 0,3%)	11,66 ^c
T2M3 (Tapioka 1,5% Minyak sawit 0,6%)	14,28 ^d
T2M2 (Tapioka 1,5% Minyak sawit 0,3%)	24,37 ^e
T3M2 (Tapioka 2% Minyak sawit 0,3%)	34,81 ^f

BNJ (0,05) = 2,29

Hasil uji BNJ 5% menunjukkan bahwa nilai persen pemanjangan terendah yaitu pada perlakuan T1M1 yaitu 5,39% dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan T3M1 tidak berbeda nyata dengan perlakuan T1M3, T2M1, T3M3, dan T1M2 tetapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan T2M3, T2M2 dan T3M2 berbedanya satu dan lainnya tetapi perlakuan T3M2 merupakan perlakuan dengan nilai persen pemanjangan tertinggi yaitu 34,81%. Seluruh perlakuan belum memenuhi *Japanese Industrial Standard* (JIS) yaitu minimal 70%. Bioplastik berbasis daun pandan dengan penambahan tapioka dan minyak sawit menghasilkan nilai persen pemanjangan menjadi tinggi yang merupakan indikator penting dari fleksibilitas dan ketahanan material.

Penambahan tapioka dapat meningkatkan persen pemanjangan karena berfungsi sebagai pengikat dalam matriks bioplastik. Pati dari tapioka membantu membentuk jaringan yang lebih homogen, sehingga meningkatkan interaksi antar molekul. Hal ini berkontribusi pada peningkatan fleksibilitas dan persen pemanjangan bioplastik (Indarti dkk., 2023). Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa minyak sawit dapat berperan dalam meningkatkan persen pemanjangan bioplastik. Hal ini

sejalan dengan penelitian Yudistirani dkk. (2019) bahwa minyak sawit berfungsi sebagai plasticizer yaitu zat yang ditambahkan untuk meningkatkan fleksibilitas dan mengurangi kekakuan material. Minyak sawit dapat membuat struktur bioplastik menjadi lebih lentur, sehingga meningkatkan persen pemanjangan.

Asam lemak tak jenuh pada minyak sawit akan mengurangi ikatan antar molekul dalam matriks polimer, sehingga rantai polimer bergerak lebih bebas. Minyak sawit dapat berinteraksi dengan bahan lain dalam bioplastik, seperti pati atau selulosa. Interaksi ini dapat menghasilkan struktur yang lebih homogen dan meningkatkan distribusi material, yang berdampak positif pada sifat elastisitas dan persen pemanjangan. Penambahan minyak sawit dapat menurunkan viskositas campuran bioplastik selama proses pembuatan. Viskositas yang lebih rendah mempermudah proses pencetakan dan pengolahan, serta membantu dalam pembentukan film yang lebih tipis dan fleksibel, yang berkontribusi pada peningkatan persen pemanjangan (Permatasari dkk., 2021). Minyak sawit dengan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat merusak struktur matrik bioplastik karena dapat mengencerkan matriks polimer dari bioplastik. Hal ini menyebabkan penurunan densitas jaringan polimer, sehingga mengurangi menurunkan kekuatan intomolekuler dan fleksibilitas (Dewi dkk., 2021).

Laju transmisi uap air

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penggunaan tapioka dan minyak sawit berpengaruh terhadap nilai laju transmisi uap air bioplastik. Nilai laju transmisi uap air yang dihasilkan berkisar

antara 3,88 g/m²/hari hingga 5,41 g/m²/hari. Hasil uji lanjut nilai kuat tarik menggunakan BNJ (Beda Nyata Jujur) 5% disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji lanjut BNJ laju transmisi uap air

Perlakuan	Laju Transmisi Uap Air (g/m ² /hari)
T3M3 (Tapioka 2% Minyak sawit 0,6%)	3,88 ^a
T1M3 (Tapioka 1% Minyak sawit 0,6%)	3,93 ^a
T2M3 (Tapioka 1,5% Minyak sawit 0,6%)	4,15 ^{ab}
T3M2 (Tapioka 2% Minyak sawit 0,3%)	4,26 ^{ab}
T2M2 (Tapioka 1,5% Minyak sawit 0,3%)	4,68 ^{bc}
T1M2 (Tapioka 1% Minyak sawit 0,3%)	4,86 ^{cd}
T2M1 (Tapioka 1,5% Minyak sawit 0%)	4,97 ^{cd}
T3M1 (Tapioka 2% Minyak sawit 0%)	5,04 ^{cd}
T1M1 (Tapioka 1% Minyak sawit 0%)	5,41 ^d

BNJ (0,05) = 0,58

Hasil uji BNJ 5% menunjukkan bahwa bioplastik pada perlakuan T3M3 tidak berbeda nyata dengan T1M3, T2M3, T3M2, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan T1M1 tidak berbeda nyata dengan T1M2, T2M1, T3M1, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Bioplastik dengan laju transmisi uap air terendah yaitu perlakuan T3M3 (tapioka 2% dan minyak sawit 0,6%) dengan hasil 3,88 g/m²/hari, sedangkan bioplastik dengan nilai tertinggi yaitu perlakuan T1M1 (tapioka 1% dan minyak sawit 0%) dengan hasil 5,41 g/m²/hari. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan tapioka dan minyak sawit dapat berpengaruh terhadap laju transmisi uap air yang dihasilkan. Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa hasil yang telah diperoleh pada seluruh perlakuan telah memenuhi Japanese Industrial Standard (JIS) yaitu maksimal 7 g/m²/hari.

Perlakuan T1M1 menghasilkan laju transmisi uap air yang tinggi dibandingkan perlakuan sebelumnya, hal ini diduga karena pada perlakuan tersebut hanya dilakukan penambahan tapioka 1% tanpa penambahan minyak sawit. Minyak kaya akan asam lemak tidak jenuh dan memiliki sifat hidrofobik yang dapat menurunkan permeabilitas uap air pada bioplastik.

Minyak sawit yang ditambahkan pada pembuatan bioplastik akan membentuk lapisan pelindung atau matriks yang dapat memperlambat laju transmisi uap air. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi dkk. (2021) bahwa penambahan minyak sawit pada komposisi bioplastik dapat menciptakan struktur yang lebih padat yang mengurangi jumlah pori-pori atau celah di dalam material, sehingga mengurangi kemampuan bioplastik untuk menyerap air. Terlalu banyak minyak sawit dapat mengurangi kekuatan mekanik bioplastik sedangkan terlalu sedikit dapat membuat bioplastik kurang efektif dalam menghalangi uap air.

Perlakuan T3M3 (tapioka 2% dan minyak sawit 0,6%) menghasilkan nilai laju transmisi uap air terendah yaitu 3,88 g/m²/hari. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi antara daun pandan, tapioka, dan minyak sawit memberikan keseimbangan antara sifat mekanik dan penghalang uap air pada bioplastik. Daun pandan memberikan struktur dasar yang kuat karena mengandung selulosa sebanyak 30-40%. Selulosa memiliki struktur kristalin yang rapat dan molekul selulosa membentuk ikatan hidrogen antara rantai-rantai polimer, yang menciptakan kekuatan kohesif antar molekul. Ikatan hidrogen ini juga membuat bioplastik menjadi lebih stabil dan memberikan kekuatan mekanik pada material sehingga air tidak mudah bergerak melalui matriks tersebut (Ariana, 2018). Tapioka berperan dalam meningkatkan viskositas dan kekuatan mekanik sehingga air akan susah untuk terdifusi melewati material karena tapioka mengandung amilosa sebanyak 17-23%. Menurut Breemer dkk. (2012) bahwa kandungan amilosa pada tapioka dapat menghasilkan matriks bioplastik yang kompak karena

adanya ikatan hidrogen yang lebih kuat. Air akan sulit untuk terdifusi melewati matriks bioplastik karena strukturnya yang kompak (Hidayat dkk., 2020).

Penambahan minyak sawit akan memberikan sifat hidrofobik yang meningkatkan ketahanan terhadap kelembaban. Hal ini sesuai dengan penelitian Dewi dkk. (2021) bahwa asam lemak tidak jenuh pada minyak sawit yang bersifat hidrofobik atau non polar dapat meregulasi asam-asam lemak dalam matriks bioplastik menjadi lebih merata dan padat, sehingga makin tinggi konsentrasi asam lemak tidak jenuh dalam matriks maka makin sulit uap air untuk dapat melewati struktur bioplastik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kusumawati dan Putri (2013), tingkat ketebalan bioplastik juga dapat mempengaruhi laju transmisi uap air pada film biodegradable yang dihasilkan. Semakin tebal bioplastik, jumlah polimer dan total padatan dalam film akan meningkat, sehingga kerapatan film bertambah dan membuatnya lebih sulit dilalui oleh udara maupun uap air.

Ketebalan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi penambahan tapioka dan minyak sawit tidak berpengaruh nyata terhadap nilai ketebalan bioplastik, tetapi penambahan tapioka berpengaruh nyata terhadap ketebalan bioplastik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ketebalan bioplastik berbasis daun pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) dengan penambahan tapioka dan minyak sawit 0,21 mm hingga 0,25 mm. Bioplastik yang dihasilkan memenuhi standar *Japannesse International Standard* (JIS) 1975 yaitu maksimal 0,25 mm. Hasil uji lanjut BNJ (beda nyata jujur) 5% disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Hasil uji lanjut BNJ ketebalan faktor T

Perlakuan	Nilai Ketebalan (mm)
T1 (Tapioka 1%)	0,21 ^a
T2 (Tapioka 1,5%)	0,23 ^b
T3 (Tapioka 2%)	0,25 ^c

BNJ (0.05) = 0,008

Tabel 5. Hasil uji lanjut BNJ ketebalan faktor M

Perlakuan	Nilai Ketebalan (mm)
M3 (Minyak Sawit 0,6%)	0,22 ^a
M2 (Minyak Sawit 0,3%)	0,23 ^{ab}
M1 (Minyak Sawit 0%)	0,23 ^{ab}

BNJ (0.05) = 0,008

Hasil uji lanjut BNJ 5% menunjukkan bahwa bioplastik pada perlakuan T1, T2, dan T3 berbeda nyata. Kemudian, perlakuan M1, M2, dan M3 tidak berbeda nyata. Bioplastik dengan nilai ketebalan terendah dihasilkan dari perlakuan T1M3 dengan nilai 0,20 mm dan nilai ketebalan tertinggi dihasilkan dari perlakuan T3M1 dengan nilai 0,25 mm. Berdasarkan hasil pengujian tersebut diketahui bahwa penambahan tapioka dan minyak sawit berpengaruh terhadap nilai ketebalan yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil pada Tabel 4 terlihat bahwa konsentrasi tapioka 2% dapat menghasilkan bioplastik dengan nilai ketebalan lebih tinggi dari perlakuan lainnya. Penambahan tapioka akan mengakibatkan adanya peningkatan total padatan sehingga polimer matriks pada bioplastik menjadi meningkat dan ketebalan menjadi bertambah. Kombinasi selulosa daun pandan dan tapioka akan membentuk ikatan hidrogen yang kompleks sehingga akan diperoleh larutan yang sangat kental dan memiliki ketebalan yang lebih tinggi dibanding komposisi yang lain. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahim dan Musta (2019) bahwa penambahan tepung tapioka pada biofilm meningkatkan ketebalan karena kandungan pati yang tinggi (51,36%) dalam tapioka. Pati ini berfungsi sebagai bahan pengikat yang memperkuat struktur

film, sehingga semakin banyak tapioka yang ditambahkan, semakin tebal film yang dihasilkan.

Perlakuan M1, M2 dan M3 tidak berbeda nyata, namun perlakuan dengan minyak 0,6% menghasilkan nilai ketebalan paling rendah yaitu 0,22 mm. Minyak sawit dapat membuat ketebalan bioplastik menjadi rendah jika ditambahkan dalam jumlah yang berlebihan. Minyak sawit meningkatkan fleksibilitas dan mengurangi kerapatan molekul, yang dapat mengakibatkan film yang lebih tipis. Proses penambahan minyak sawit mengurangi kerapatan molekul dalam bioplastik. Struktur polimer bioplastik akan menjadi lebih luwes dan kurang padat menyebabkan bioplastik yang terbentuk akan lebih tipis (Dewi dkk., 2021).

Ketahanan terhadap suhu ruang

Ketahanan suhu ruang merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui lama waktu penyimpanan bioplastik jika disimpan pada suhu ruang. Pengamatan bioplastik dilakukan selama 3 minggu pada suhu ruang dan diamati tekstur serta kenampakan visualnya setiap satu minggu. Hasil pengujian ketahanan terhadap suhu ruang bioplastik berbasis daun pandan dengan penambahan tapioka dan minyak sawit dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengamatan ketahanan bioplastik terhadap suhu ruang

Hasil pengamatan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa bioplastik, pada minggu ke-2 bioplastik mulai mengalami perubahan visual, yaitu film menjadi lebih kaku dan bagian pinggir film mengering. Selanjutnya, pada minggu ke-3 bioplastik mulai muncul jamur yang ditandai dengan adanya bintik hitam pada permukaan bioplastik. Hal ini dapat terjadi karena adanya kandungan amilopektin dari tapioka pada bioplastik. Menurut Putriningsih dkk. (2018) tapioka memiliki kandungan amilopektin yang tinggi, sekitar 83%. Amilopektin cenderung menyerap lebih banyak air, sehingga meningkatkan kelembapan dalam matriks bioplastik. Kelembapan yang tinggi menciptakan kondisi yang ideal untuk pertumbuhan jamur.

Bioplastik dengan perlakuan tanpa minyak sawit lebih cepat kaku saat disimpan pada suhu ruang. Adanya tambahan minyak sawit dapat mempengaruhi tekstur bioplastik hal ini diduga karena minyak sawit bersifat hidrofobik sehingga air yang terperangkap pada matriks bioplastik akan sulit untuk terdifusi keluar dari bioplastik. Air yang terperangkap tersebut dapat menciptakan kelembapan pada biofilm sehingga memungkinkan jamur akan tumbuh dan mempercepat degradasi bioplastik. Menurut penelitian Dewi dkk. (2021) Minyak sawit mengandung asam lemak tak jenuh yang tinggi bersifat hidrofobik atau ketidakmampuan bercampur dengan air. Asam lemak tak jenuh ini dapat menghasilkan struktur bioplastik yang lebih homogen dan rapat. Oleh karena itu, semakin tinggi konsentrasi asam lemak tak jenuh, semakin sulit bagi uap air untuk menembus dan masuk ke dalam minyak sawit.

Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengukur kemampuan bioplastik terurai secara alami. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat bioplastik dapat diuraikan oleh mikroorganisme di lingkungan (Marlina dan Achmad, 2021). Salah satu metode yang umum digunakan adalah soil burial test, yaitu mengubur bioplastik dalam tanah (Widiatmono dkk., 2021). Hasil pengujian biodegradabilitas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian biodegradabilitas bioplastik

Hasil pengamatan gambar 2 menunjukkan bahwa bioplastik berbasis daun pandan dengan penambahan tapioka dan minyak sawit dapat terdegradasi secara sempurna dalam tanah selama 1 minggu (7 hari). Hasil biodegradabilitas ini lebih cepat jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mayarianti (2021) yaitu dapat terdegradasi sempurna dalam waktu 2 minggu. Hal ini diduga karena pada penelitian sebelumnya tidak dilakukan penambahan pati, karena pati memiliki sifat hidrofilik sehingga penyerapan air pada bioplastik menjadi meningkat dan menghasilkan tingkat kelembapan yang tinggi. Kelembapan dapat mempercepat proses degradasi pada bioplastik karena tempat yang lembab dapat membuat bioplastik menjadi

media yang baik baik pertumbuhan mikroorganisme. Hal ini sejalan dengan penelitian Septiosari dkk. (2014), bahwa kemampuan degradasi suatu bioplastik berkaitan erat dengan kemampuan menyerap air. Bahan yang lebih banyak menyerap air cenderung lebih mudah terdegradasi karena air berperan dalam proses degradasi molekul-molekul penyusun film tersebut. Ketebalan bioplastik dapat berpengaruh terhadap biodegradabilitas bioplastik tersebut. Bioplastik yang lebih tebal cenderung memiliki matriks polimer lebih padat yang dapat menghambat masuknya air dan mikroorganisme ke dalam material. Hal ini menyebabkan proses biodegradasi menjadi lebih lambat karena degradasi biologis memerlukan akses air dan mikroorganisme ke struktur polimer (Brilianti dkk., 2023).

Antioksidan

Antioksidan adalah senyawa yang dapat memberikan elektron atau bertindak sebagai reduktan. Antioksidan memiliki berat molekul yang kecil namun senyawa ini mampu menghentikan proses oksidasi. Antioksidan juga didefinisikan sebagai senyawa yang melindungi sel dari dampak negatif radikal bebas (Safitri dkk., 2016). Ekstrak daun pandan yang sebelumnya telah dihaluskan menggunakan blender dan daun pandan yang telah diolah menjadi bioplastik dengan perlakuan terbaik yaitu T2M3 diuji menggunakan radikal bebas 2,2 *diphenyl-1-picrylhydrazyl*, (DPPH). Metode ini merupakan metode yang cepat, mudah, dan cukup sensitif untuk menguji kandungan antioksidan pada sampel. Hasil pengujian biodegradabilitas dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil persentase aktivitas antioksidan

Sampel	Hasil absorbansi	% Aktivitas antioksidan
Kontrol	2,43	0
P1 (Daun pandan segar)	1,32	45,91
P2 (Bioplastik daun pandan)	1,39	43,04

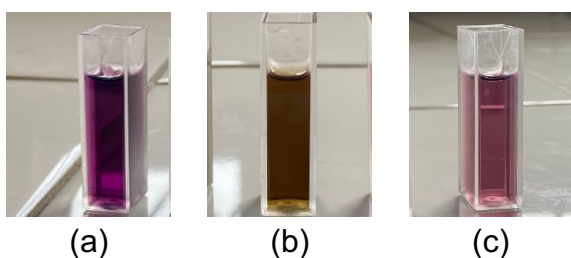
Berdasarkan hasil tersebut didapatkan hasil persen aktivitas antioksidan yaitu sebesar 45,91% untuk sampel daun pandan blender dan sebesar 43,04% untuk bioplastik daun pandan. Kemudian, pada sampel bioplastik daun pandan persentase aktivitas antioksidan lebih rendah jika dibandingkan dengan daun pandan segar yang telah blender, hal ini karena pada saat proses pembuatan bioplastik dipanaskan menggunakan suhu 70°C sehingga kandungan antioksidan daun pandan menjadi berkurang. Hal ini sejalan dengan penelitian Suryani dkk. (2017) bahwa pada suhu 70°C sebagian antioksidan dalam ekstrak pandan mulai mengalami kerusakan akibat suhu yang tinggi, sehingga yang didapatkan persentase aktivitas antioksidan tidak terlalu tinggi. Kandungan antioksidan yang terkandung pada bioplastik merupakan nilai tambah bagi bioplastik daun pandan dengan penambahan tapioka dan minyak sawit karena antioksidan dapat menghambat proses oksidasi, sehingga membantu menjaga kesegaran makanan yang dibungkus dengan mencegahnya menjadi basi atau berbau tengik (Dewajani dkk., 2024). Selanjutnya terlihat perbedaan warna dari ketiga sampel tersebut yaitu ungu pekat, kuning kecoklatan, dan ungu muda. Hasil tersebut dapat dilihat pada gambar 3.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua sampel memiliki aktivitas antioksidan. Persentase aktivitas antioksidan atau persen inhibisi adalah ukuran yang menunjukkan kemampuan

suatu senyawa untuk menghambat radikal bebas (Nuralfiana, 2024). Nilai persen inhibisi yang tinggi maka akan semakin efektif senyawa tersebut dalam mengurangi aktivitas radikal bebas, yang berarti aktivitas antioksidannya tinggi. Hasil tersebut menunjukkan nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Suryani dkk. (2017) yaitu 93,21%. Hal ini karena daun pandan pada saat dihaluskan menggunakan blender dilakukan penambahan air lalu disaring, diduga terjadi pengurangan antioksidan karena larut dalam air tersebut.

Persentase aktivitas antioksidan pada bioplastik daun pandan dengan penambahan tapioka dan minyak sawit yaitu 43,04%, adanya antioksidan pada bioplastik daun pandan diharapkan pada saat dijadikan pengemas makanan dan terkena suhu tinggi, kandungan antioksidan dapat bermigrasi terhadap produk pangan yang dikemas. Bioplastik daun pandan dengan penambahan tapioka dan minyak sawit diduga dapat dijadikan sebagai *edible film* karena bahan pembuatannya tanpa menggunakan bahan kimia berbahaya. Kandungan antioksidan pada pengemas makanan yang dapat dikonsumsi langsung atau *edible film* akan lebih optimal termamfaatkan bagi kesehatan tubuh dan dapat menjadi nilai tambah bagi bioplastik daun pandan dengan penambahan tapioka dan minyak sawit karena dapat dikonsumsi sebagai alternatif pengganti nori. Menurut Suwaibah (2021), mengonsumsi antioksidan dapat memperlambat penuaan dini dengan cara menurunkan tingkat stress oksidatif pada tubuh. Salah satu senyawa antioksidan yang berperan sebagai agen *anti-aging* yaitu flavonoid.

Kemudian, pada sampel bioplastik daun pandan persentase aktivitas antioksidan lebih rendah jika dibandingkan dengan daun pandan segar yang telah blender, hal ini karena pada saat proses pembuatan bioplastik dipanaskan menggunakan suhu 70°C sehingga kandungan antioksidan daun pandan menjadi berkurang. Hal ini sejalan dengan penelitian Suryani dkk. (2017) bahwa pada suhu 70°C sebagian antioksidan dalam ekstrak pandan mulai mengalami kerusakan akibat suhu yang tinggi, sehingga yang didapatkan persentase aktivitas antioksidan tidak terlalu tinggi. Kandungan antioksidan yang terkandung pada bioplastik merupakan nilai tambah bagi bioplastik daun pandan dengan penambahan tapioka dan minyak sawit karena antioksidan dapat menghambat proses oksidasi, sehingga membantu menjaga kesegaran makanan yang dibungkus dengan mencegahnya menjadi basi atau berbau tengik (Dewajani dkk., 2024). Selanjutnya terlihat perbedaan warna dari ketiga sampel tersebut yaitu ungu pekat, kuning kecoklatan, dan ungu muda. Hasil tersebut dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 8. Hasil warna sampel setelah pengujian antioksidan (a) Larutan kontrol, (b) Sampel daun pandan segar, (c) Bioplastik daun pandan

Berdasarkan hasil yang didapat, terlihat warna pada sampel kontrol yaitu ungu muda, warna untuk sampel daun pandan

yang telah diblender yaitu kuning kecoklatan, dan sampel bioplastik daun pandan menghasilkan warna ungu muda. Perbedaan warna tersebut dapat menunjukkan keberadaan senyawa antioksidan dalam sampel. Menurut Retnaningtyas dkk. (2017), adanya senyawa antioksidan pada sampel dapat mengubah warna larutan DPPH dari ungu menjadi kuning.

Sampel bioplastik tidak menunjukkan warna kuning namun menghasilkan warna ungu yang lebih muda jika dibandingkan dengan larutan kontrol diduga karena pigmen klorofil yang terlandung pada daun pandan sudah berkurang karena telah larut dalam air pada saat dihaluskan dengan blender dan menguap pada saat pemasakan bioplastik. Hal ini sejalan dengan penelitian Ukkas (2017) yang menyatakan bahwa senyawa antioksidan merupakan senyawa yang larut dengan air dan tidak tahan suhu tinggi, sehingga pada saat dilakukan penghalusan dengan blender dan proses pemanasan bioplastik terjadi kerusakan senyawa antioksidan pada daun pandan. Bioplastik berbahan daun pandan dengan penambahan tapioka dan minyak sawit sangat potensial jika dijadikan kemasan plus karena berdasarkan hasil yang telah diperoleh, bioplastik mengandung antioksidan sebanyak 43,04%. Antioksidan tersebut dapat berinteraksi dengan matriks polimer, membentuk ikatan hidrogen yang meningkatkan kekuatan tarik bioplastik (Dewajani dkk., 2024). Interaksi ini membantu memperkuat struktur polimer dan mengurangi kerapuhan.

KESIMPULAN

Interaksi penambahan tapioka dan minyak sawit yang berpengaruh terhadap kenampakan visual, kuat tarik, persen

pemanjangan, laju transmisi uap air, ketahanan suhu ruang, dan biodegradabilitas bioplastik daun pandan. Seluruh perlakuan telah sesuai dengan *Japanese Industrial Standard (JIS)*, kecuali pada nilai persen pemanjangan.

SARAN

Saran pada penelitian ini adalah diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan formulasi tapioka dan minyak sawit yang optimal sehingga mendapatkan nilai persen pemanjangan yang sesuai standar JIS. Pemanfaatan antioksidan diduga akan lebih optimal jika bioplastik dijadikan *edible film*. Oleh karena itu, diperlukan pengkajian lebih lanjut untuk menjadikan bioplastik daun pandan menjadi *edible film*

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F., Anita, Z., dan Harahap, H. 2013. Pengaruh waktu simpan film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong terhadap sifat mekaniknya. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(2) : 11-15.
- Ariana, D. 2018. Pengaruh perasan daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius Roxb.*) terhadap shigella dysenteriae. *The Journal Of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*. 1(1) : 67-72.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1993. *Annual book of ASTM Standard E96-92*. American Society for Testing and Material. Philadelphia. 8 hlm.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1995. *Annual book of ASTM Standard D638-94*. American Society for Testing and Material. Philadelphia. 16 hlm.
- Brilianti, K. F., Ridlo, A., dan Sedjati, S. 2023. Sifat mekanik dan ketebalan bioplastik dari kappaphycus alvarezii menggunakan variasi konsentrasi amilum dengan pemlastis gliserol. *Journal of Marine Research*. 12(1) : 95-102.
- Dewi, R., Rahmi, R., dan Nasrun, N. 2021. Perbaikan sifat mekanik dan laju transmisi uap air edible film bioplastik menggunakan minyak sawit dan plasticizer gliserol berbasis pati sagu. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 10(1) : 61-77.
- Diyana, Z. N., Jumaidin, R., Selamat, M. Z., Alamjuri, R. H., and Md Yusof, F. A. 2021. Extraction and characterization of natural cellulosic fiber from pandanus amaryllifolius leaves. *Polymers*. 13(23) : 41-71.
- Haryanto, H. dan Titani, F. R. 2017. Bioplastik dari tepung tapioka dan tepung maizena. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*. 18(1) : 01-06.
- Hidayati, S., Zulferiyenni, N., dan Satyajaya, W. 2019. Optimasi pembuatan biodegradable film dari selulosa limbah padat rumput laut Eucheuma cottonii dengan penambahan gliserol, kitosan, CMC dan tapioka. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(2) : 340-354
- Indarti, L. D. E., Purnavita, S., dan Pratiwi, M. A. 2023. Komposit kolang-kaling dan tepung tapioka dengan penambahan berbagai jenis plasticizer. *Metana*. 17(1) : 7-14.
- Islami, Z. I. 2024. karakteristik bioplastik berbasis selulosa daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius Roxb.*) pada berbagai konsentrasi naoh dan gliserol. *Skripsi*. Universitas Lampung. 66 hlm.
- JIS (Japanese Industrial Standard) Z 1707. 2019. *General Rules of Plastic Film for Food Packaging*. Japanese Standards Association. Tokyo. 9 hlm.
- Kumoro, A. C. dan Purbasari, A. 2014. Sifat mekanik dan morfologi plastik biodegradable dari limbah tepung nasi aking dan tapioka menggunakan gliserol sebagai

- plasticizer. *Jurnal Teknik Kimia*. 35(1) : 8-12.
- Mayarianti, N. 2021. Pengaruh konsentrasi gliserol dan cmc terhadap karakteristik biodegradable film dari daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius Roxb.*). *Skripsi*. Universitas Lampung, Bandar Lampung. 41 hlm.
- Nuralfiana, W. 2024. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Sebagai Antioksidan Dari Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius roxb.*). *Skripsi*. Fakultas Farmasi Universitas Islam Sultan Agung. Semarang.
- Permatasari, B. P., Santosa, G. A. B., Kristiana, I., dan Sutanti, S. 2021. Pengaruh penambahan monogliserida minyak kelapa dan sawit terhadap sifat mekanis bioplastik tapioka. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*. 5(2) : 72-105.
- Rahim, A., dan Musta, R. 2019. Pengaruh penambahan tepung tapioka pada pati ubi kayu (*Manihot esculenta*) terhadap pembuatan plastik biodegradable dan karakterisasinya. *Indonesian Journal of Chemical Analysis (JCA)*. 2(2) : 66-73.
- Santoso, A dan Atma,Y. 2020. Physical properties of edible film from pangasius catfish bone gelatin-breadfruits starch with different formulations. *Indonesian Food Science and Technology Journal*. 3(2) : 42-47.
- Santoso, B., Sinaga, T. L. D., dan Priyanto, G. 2021. Effect of natural active compound addition on mechanical and functional properties of canna starch based edible film. *Food Science and Technology*. 42(1) : 54-72.
- Suwaibah, S. 2021. Pengaruh air rebusan daun pandan wangi terhadap penurunan kadar kolesterol pada mencit jantan yang di induksi propiltiourasil. *Jurnal Ilmiah Farmasi Attamru*. 2(1) : 6-13.
- Yudistirani, S. A., Susanty, S., Utami, R. D., dan Nurzulki, H. 2019. Pengaruh variasi konsentrasi gliserol dari minyak jelantah terhadap nilai uji tarik bioplastik dari pemanfaatan limbah kulit ari kacang kedelai. *Jurnal Konversi*. 8(1) : 6-12.
- Yuliana, N., Nurnainy, F., Sari, G. W., Sumardi., and Widiastuti, E. L. 2023. Total Microbe, Physicochemical Property, and Antioxidative Activity During Fermentation of Cocoa Honey Into Kombucha Functional Drink. *Aplied Food Research*. 3 : 1-6.
- Zulferiyenni, Z., Marniza, M., dan Sari, E. N. 2014. Pengaruh konsentrasi gliserol dan tapioka terhadap karakteristik biodegradable film berbasis ampas rumput laut (*Euchema cottoni*). *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*. 19 (3) : 257-273.