

PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK DAUN SUNGKAI (*Peronema canescens Jack*) TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* PATI KULIT SINGKONG (*Manihot utilissima Pohl*)Elis Diana Ulfa^{1,*}, Yuli Yana², Nurul Khatimah³^{1,2,3}) Program Studi D3 Petro dan Oleo Kimia, Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia

*) Email : edulfa@gmail.com

(Received : 11-12-2024; Revised: 25-01-2024; Accepted: 30-03-2024)

Abstrak

Kulit singkong memiliki kandungan pati berkisar 44-59% yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *edible film*. *Edible film* merupakan lapisan tipis untuk melapisi makanan sebagai penghambat transfer massa seperti kelembapan, oksigen, karbon dioksida, aroma dan juga zat-zat terlarut pada makanan. *Edible film* juga dapat berfungsi sebagai pembawa senyawa aktif dari bahan alam seperti ekstrak daun sungkai yang mengandung flavonoid, alkaloid, terpenoid, saponin, fenolik, steroid dan tanin. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak daun sungkai terhadap karakteristik *edible film* dari pati kulit singkong. Pada penelitian ini *edible film* dibuat dengan melarutkan pati kulit singkong dan sorbitol dalam akuades, ditambahkan asam sitrat 1% saat suhu 70°C dan ekstrak daun sungkai dengan variasi konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% (%v/v). Campuran dipanaskan sambil diaduk dengan kecepatan 150 rpm selama 45 menit. Selanjutnya dituang pada cetakan ukuran 14 x 14 cm dan dioven suhu 60°C selama 14 jam. *Edible film* yang dihasilkan diuji karakteristiknya dengan parameter uji yaitu ketebalan film, laju transmisi uap air, penyerapan air, biodegradabilitas dan pengemasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun sungkai 15% merupakan yang paling baik dalam karakteristiknya sebagai pengemas.

Kata kunci: *Edible Film*, Ekstrak Daun Sungkai, Pati Kulit Singkong**Abstract**

Cassava skin has a starch content ranging from 44-59% which can be used as raw material for making *edible film*. *Edible film* is a thin layer to coat food as an inhibitor of mass transfer such as moisture, oxygen, carbon dioxide, aroma and also solutes in food. *Edible film* can also function as a carrier of active compounds from natural ingredients such as sungkai leaf extract which contains flavonoids, alkaloids, terpenoids, saponins, phenolics, steroids and tannins. The purpose of this study was to determine the effect of adding sungkai leaf extract on the *edible film* characteristics of cassava skin starch. In this study, *edible film* was made by dissolving cassava peel starch and sorbitol in aquades, adding 1% citric acid at 70°C and sungkai leaf extract with variations in concentration of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% (%v/v). The mixture is heated while stirring at a rate of 150 rpm for 45 minutes. Next poured on a mold size of 14 x 14 cm and oven at 60°C for 14 hours. The resulting *edible film* is tested for its characteristics with test parameters namely film thickness, water vapor transmission rate, water absorption, biodegradability and packaging. The results showed that the addition of 15% sungkai leaf extract was the best in its characteristics as a packager.

Keywords: *Edible Film*, Sungkai Leaf Extract, Cassava Peel Starch

PENDAHULUAN

Plastik salah satu pengemas produk pangan yang sering digunakan karena mempunyai kelebihan yaitu fleksibel, transparan, tidak gampang pecah, kokoh, ringan, tidak korosif, serta biayanya relatif murah. Akan tetapi plastik mempunyai kelemahan antara lain terbuat dari bahan baku utama yang tidak bisa diperbaharui, yakni minyak bumi (Apriyani dan Sedyadi, 2015). Plastik termasuk material yang sulit terurai di alam sehingga mengakibatkan pencemaran lingkungan dan menyebabkan menurunnya kualitas air dan tanah. Perlu solusi pengemas produk pangan yang ramah lingkungan seperti kemasan *biodegradable*. Kemasan *biodegradable* adalah segala bentuk kemasan yang dapat terurai secara alami dan bersifat ramah lingkungan. Salah satu tipe kemasan *biodegradable* yang dikembangkan adalah *edible film*. *Edible film* merupakan lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang bisa dikonsumsi untuk melapisi makanan serta sebagai penghambat transfer massa seperti kelembapan, oksigen, karbon dioksida, aroma dan juga zat-zat terlarut pada makanan ataupun sebagai pembawa aditif (antimikroba, antioksidan, dan *flavor*) serta dapat meningkatkan karakteristik makanan, memberikan mutu produk yang lebih baik, sebab dibuat dari bahan natural yang tidak beracun serta bisa langsung dikonsumsi (Fatisa, Y. dan Agustin, N., 2018).

Pati dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *edible film* karena ekonomis, dapat diperbaharui, dapat terdegradasi oleh alam menjadi senyawa-senyawa yang ramah lingkungan dan memberikan karakteristik fisik yang baik (Bourtom, T., 2007). Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glukosidik. Pati tersusun atas dua jenis molekul polisakarida, yang satu linear (amilosa) dan yang lain bercabang (amilopektin). Pati banyak terdapat dalam umbi-umbian salah satunya adalah umbi ubi kayu atau singkong. Singkong termasuk tanaman yang familiar di kalangan masyarakat karena mudah dibudidayakan, dapat tumbuh di lahan yang relatif tidak subur, tidak membutuhkan banyak pupuk dan pestisida. Kalimantan Timur termasuk salah satu provinsi di Indonesia yang menghasilkan singkong dengan total produksi mencapai 62454,22 ton. Terdapat 10 kabupaten atau kota di Kalimantan Timur yang menghasilkan singkong salah satunya adalah Kabupaten Paser dengan jumlah produksi mencapai 3261,84 ton (BPS, Statistik Tanaman Pangan, 2022). Singkong banyak dimanfaatkan dalam bidang industri seperti industri fermentasi, industri makanan dan industri tepung tapioka. Pemanfaatan singkong tentunya menghasilkan limbah seperti kulit singkong. Selama ini kulit singkong belum dimanfaatkan secara maksimal di masyarakat. Kulit singkong biasanya dijadikan sebagai makanan ternak, bahan kompos untuk tanaman dan selebihnya dibuang ke TPA karena mengandung *Cyanogenic glucosides* yang dapat meracuni hewan ternak. Kulit singkong masih memiliki kandungan karbohidrat dan pati yang cukup tinggi. Setiap 1 kg singkong biasanya akan menghasilkan $\pm 20\%$ kulit singkong. Kandungan pati di dalam kulit singkong berkisar 44-59% (Akbar, dkk., 2013).

Edible film tidak hanya berperan sebagai pengemas bahan pangan tetapi dapat berfungsi sebagai pembawa senyawa antioksidan (Huri, D. dan Fithri, C. N. 2014). Antioksidan adalah suatu zat yang dapat mencegah serta memperlambat terjadinya proses oksidasi radikal bebas dengan mengikat radikal bebas sehingga senyawa oksidan menjadi senyawa yang stabil. Salah satu sumber antioksidan alami yang dapat digunakan adalah ekstrak daun sungkai. Ekstrak daun sungkai memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder meliputi senyawa golongan flavonoid, alkaloid, terpenoid, saponin, fenolik, steroid dan tanin (Pindan, N. P., dkk., 2021) yang mana senyawa tersebut telah diyakini memiliki aktivitas antioksidan (Okfrianti, Y., dkk., 2022). Ekstrak daun sungkai memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC_{50} sebesar 13,97 ppm. Nilai IC_{50} menunjukkan bahwa ekstrak daun sungkai tergolong antioksidan kuat. Senyawa antioksidan dapat dihasilkan dari tumbuhan yang mengandung senyawa kimia, seperti vitamin C, vitamin E, karoten, golongan senyawa fenolat terutama flavonoid dan polifenol (Prakash, A., 2001).

Pati kulit singkong dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *edible film* karena memiliki kandungan pati yang tinggi. Pada pembuatan *edible film* dapat ditambahkan ekstrak bahan alam yang memiliki sifat antioksidan sehingga dapat meningkatkan kemampuan *edible film* sebagai pembungkus makanan. Ekstrak daun sungkai memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid yang dapat berfungsi sebagai antioksidan. Pembuatan *edible film* dari pati kulit singkong yang ditambahkan ekstrak daun sungkai belum pernah dilakukan sehingga perlu dilakukan penelitian. Dengan demikian perlu untuk mengkaji lebih lanjut potensi ekstrak daun sungkai sebagai bahan tambahan pada pembuatan *edible film* dari pati kulit singkong yang dianalisa dengan parameter uji sifat fisik dan uji pengemasan.

METODOLOGI

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca digital, spatula, blender, gelas kimia 100 mL, 250 mL, saringan, ayakan – 80 + 100 mesh, gelas ukur 500 mL, botol gelap, kertas saring, pipet tetes, batang pengaduk, corong, buret, klem dan statif, botol semprot, pipet volume 10 mL, bulp, *hotplate*, *magnetic stirrer*, tabung reaksi, labu ukur 100 mL, termometer, cetakan ukuran 14x14 cm, mortar, desikator, oven, dan satu set alat destilasi. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun sungkai, etanol 96%, kulit singkong, sorbitol, tomat, akuades, *silica gel*, asam sitrat 1%, logam Magnesium (Mg), larutan HCl 0,5M, larutan HCl 2%, larutan HCl 2N, larutan HCl pekat, Alkohol 95%, Reagen wagner, Reagen Mayer, larutan H₂SO₄ pekat, anhidrida asetat, dan larutan FeCl₃.

Pembuatan Ekstrak Daun Sungkai

Daun sungkai dicuci, dipotong kecil-kecil dan dikeringkan tidak terkena sinar matahari secara langsung sampai kering. Daun sungkai yang telah kering dihaluskan dengan blender dan diayak menggunakan ayakan ukuran -60+100 mesh. Sebanyak 100 g serbuk daun sungkai dimasukkan ke dalam botol, kemudian ditambahkan etanol 96% sampai terendam. Selanjutnya dibiarkan selama 48 jam dan dilakukan pengadukan setiap 8 jam. Hasil maserasi disaring menggunakan kertas saring sehingga didapatkan filtrat. Filtrat didestilasi untuk memisahkan pelarut etanol sehingga didapatkan ekstrak pekat. Ekstrak pekat daun sungkai diidentifikasi senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, tanin, flavonoid, saponin, steroid dan terpenoid (Harbone J. B. 1987).

Pembuatan Pati Kulit Singkong

Sebanyak 100 g kulit singkong ditimbang, kemudian dipisahkan dari kulit luarnya, dicuci dan direndam selama 24 jam. Kulit singkong dihancurkan dengan blender, ditambahkan 100 mL akuades, disaring, didiamkan selama 30 menit lalu dipisahkan endapan dan air. Endapan pati dijemur selama 1-2 hari dan dioven pada suhu 70°C selama 30 menit sehingga didapatkan pati kering (Alfian, A., dkk., 2020).

Pembuatan *Edible Film* Pati Kulit Singkong

Sebanyak 3 g pati kulit singkong dan 2 mL sorbitol dicampur lalu ditambahkan 70 mL akuades dan dipanaskan dengan *hotplate*. Ditambahkan larutan asam sitrat 1% sebanyak 5 mL pada saat suhu mencapai 70°C untuk meningkatkan kestabilan. Ditambahkan ekstrak daun sungkai dengan variasi konsentrasi yaitu: 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% (%v/v). Campuran tetap dipanaskan pada suhu 70°C-80°C sambil dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 150 rpm selama 45 menit. Dilakukan pencetakan dengan cara menuang campuran ke dalam cetakan ukuran 14x14 cm, kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 14 jam hingga terbentuk lapisan tipis (*edible film*). Hasil berupa *edible film* dan dilakukan tahap analisa karakteristiknya (Alfian, A., dkk., 2020).

Analisa Karakteristik *Edible Film* Pati Kulit Singkong

A. Uji Ketebalan Film

Uji ketebalan pada *Edible film* dilakukan menggunakan mikrometer sekrup dengan ketelitian 0,001 mm pada lima titik yang berbeda yaitu bagian setiap sudut dan tengah *edible film* dan nilai ketebalan diukur dari rata-rata ketebalan (Afifah, dkk., 2018).

B. Uji Laju Transmisi Uap Air

Uji laju transmisi uap air terhadap *edible film* diukur dengan cara dikondisikan kelembaban ruangan dalam desikator yang mempunyai RH 75% dengan cara memasukkan larutan garam NaCl 40%. Dimasukkan 5 g *silica gel* ke dalam krus porselen dan masukkan *edible film* ke dalam krus porselen. Ditutup krus porselen hingga tidak ada celah pada tepinya. Ditimbang krus porselen dengan ketelitian 0,001 gram. Diletakkan krus porselen dalam desikator yang kelembapannya telah dikondisikan dan ditutup rapat. Tiap 1 jam krus porselen ditentukan nilai laju uap air, dilakukan selama 5 jam. Dihitung nilai laju transmisi uap air yang melewati *edible film* dengan rumus (Nofiandi, dkk., 2016):

$$WVTR = \frac{Mv}{t.A} \quad (1)$$

Keterangan:

WVTR = *Water Vapor Transmission Rate* (g/m².jam)
Mv = penambahan/pengurangan massa uap air (g)
A = Luas *edible film* yang diuji (cm²)
T = periode penimbangan (Jam)

C. Uji Penyerapan Air

Uji penyerapan air terhadap *edible film* diukur dengan cara *edible film* dipotong dengan ukuran 2x2 cm dan ditimbang berat awal (W₀), kemudian dimasukkan ke dalam wadah yang berisi aquadest 15 mL selama 10 menit. Sampel diangkat dan dikeringkan menggunakan tisu dan dilakukan penimbangan hingga konstan. Dihitung ketahanan air dengan rumus (Falah, Z., K., dkk 2021).

$$\% \text{ Ketahanan air} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

W = berat akhir (g)
W₀ = berat awal (g)

D. Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas terhadap *edible film* diukur dengan cara *edible film* dengan ukuran 3 x 3 cm lalu ditimbang sebagai berat awal (W₀). Pengujian ini dilakukan dengan media tanah, dimana sampel *edible film* ditimbun selama 5 hari dan 14 hari, kemudian diambil dan ditimbang massanya (W). Biodegradabilitas *edible film* dihitung dengan rumus (Hayati, dkk., 2020).

$$\text{Biodegradabilitas} = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

W₀ = berat awal (g)
W = berat akhir (g)

E. Uji Pengemasan

Uji pengemasan dilakukan dengan membandingkan antara tomat yang dibungkus dengan *edible film* yang ditambahkan ekstrak daun sungkai, tanpa ekstrak daun sungkai dan tomat tanpa pembungkusan yang dibiarkan di udara terbuka selama 8 hari. Pengamatan dilakukan pada hari ke-1, hari ke-3, hari ke-5 dan hari ke-8 (Alfian, A., dkk., 2020). Tomat diuji susut bobot selama penyimpanan untuk mengetahui kualitasnya. Pengukuran susut bobot ditentukan dengan cara menimbang berat bahan pada hari ke-n dan membandingkan dengan berat tomat pada hari pertama yang digunakan adalah:

$$\text{Susut bobot} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \quad (4)$$

Keteranagn:

a = berat awal (g)
b = berat akhir (g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Ekstrak Daun Sungkai

Daun sungkai (*Peronema canescens Jack*) diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol. Metode maserasi merupakan metode ekstraksi yang paling sederhana, murah dan sangat populer (Azmir, J., dkk., 2013). Ekstraksi dengan metode maserasi memiliki kelebihan yaitu terjaminnya zat aktif yang diekstrak tidak akan rusak. Terutama ekstraksi maserasi dingin sangat cocok untuk senyawa kimia yang termolabil (Julianto, T. S., 2019). Senyawa metabolit sekunder yang bersifat termolabil seperti golongan flavonoid atau senyawa fenolik, terpenoid-steroid, dan tanin. Penggunaan pelarut etanol yang bersifat semipolar diharapkan dapat mengekstrak senyawa metabolit sekunder yang bersifat polar maupun non polar (Chikita, I., dkk., 2016). Etanol juga lebih efektif digunakan sebagai pelarut dan juga tidak beracun. Hasil meserasi diperoleh ekstrak pekat daun sungkai yang berwarna hijau tua. Ekstrak kental daun sungkai (*Peronema canescens Jack*) yang diperoleh diidentifikasi secara kualitatif kandungan senyawa metabolit sekunder. Hasil identifikasi senyawa metabolit sekunder menunjukkan bahwa ekstrak daun

sungkai mengandung senyawa alkaloid, fenol hidrokuinon (tanin), flavonoid, saponin, steroid dan terpenoid.

Pembuatan Pati Kulit Singkong

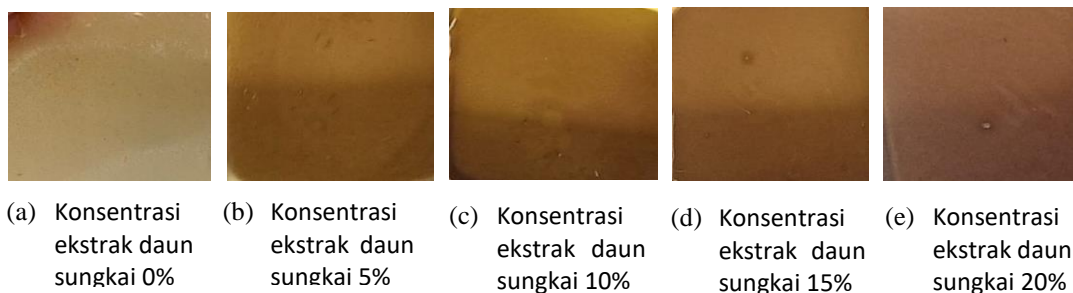
Kulit singkong memiliki kandungan pati yaitu sebesar 36,5% (Erna, dkk., 2016). Pati kulit singkong pada penelitian diperoleh melalui proses ekstraksi. Kulit singkong dilakukan pengecilan ukuran dengan diblender kemudian ditambahkan pelarut air dan diendapkan agar diperoleh patinya. Selanjutnya dilakukan pengeringan dengan sinar matahari dan dioven pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit. Tujuan pengeringan untuk mengurangi kadar air pada pati agar pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, khamir atau kapang dapat dihambat sehingga bahan pati dapat disimpan lebih lama (Martunis, 2012). Pati kulit singkong tersusun atas amilosa dan amilopektin. Kandungan amilopektin pada pati kulit singkong lebih tinggi dari pada kandungan amilosanya yaitu sekitar 73% (Anita, dkk., 2013). Pati kulit singkong berpotensi sebagai bahan baku pembuatan *edible film*. Pati kulit singkong yang diperoleh berbentuk serbuk, berwarna putih kecoklatan dan beraroma singkong dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pati Kulit Singkong

Pembuatan *Edible Film* Pati Kulit Singkong

Pembuatan *edible film* melalui suatu proses pemanasan pada larutan *film* (larutan pati kulit singkong yang telah ditambahkan sorbitol). Pada proses pemanasan diatur suhu untuk mencapai suhu gelatinisasi pati agar air masuk ke dalam granula pati. Meresapnya air ke dalam granula menyebabkan terjadinya pembengkakan granula pati. Ukuran granula akan meningkat sampai batas tertentu sebelum akhirnya granula pati tersebut pecah yang disebut dengan gelatinisasi. Sedangkan granula pati yang menggelembung dan membentuk pasta, jika suhu terus dinaikkan akan tercapai viskositas puncak dan setelah didinginkan molekul-molekul amilosa cenderung bergabung kembali yang disebut regelatinasi. Penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* bertujuan untuk meningkatkan kelenturan plastik. Molekul *plasticizer* mengubah kekompakan polimer, mengurangi interaksi intermolekul, meningkatkan mobilitas polimer, menghasilkan kekuatan tarik yang lebih rendah dan peningkatan perpanjangan. Asam sitrat berfungsi sebagai *crosslinking agent* yang ditambahkan pada saat suhu 70°C untuk meningkatkan kestabilan. *Crosslink* adalah ikatan-ikatan yang menghubungkan suatu rantai polimer dengan rantai polimer lain. Ketika rantai polimer bergabung karena adanya *crosslinks*, maka rantai polimer tersebut akan kehilangan sebagian kemampuannya untuk bergerak seperti rantai polimer individunya (Wahyuningtyas, D., dkk., 2019). Ekstrak daun sungkai ditambahkan dengan variasi konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% (%v/v). Ekstrak daun sungkai berfungsi sebagai bahan aktif yang akan menambah nilai fungsi pada *edible film* karena terdapat senyawa antioksidan. *Edible film* yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki warna berbeda-beda untuk masing-masing konsentrasi ekstrak daun sungkai yang ditambahkan. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun sungkai yang ditambahkan menyebabkan warna *edible film* menjadi semakin coklat gelap dapat dilihat pada Gambar 2.

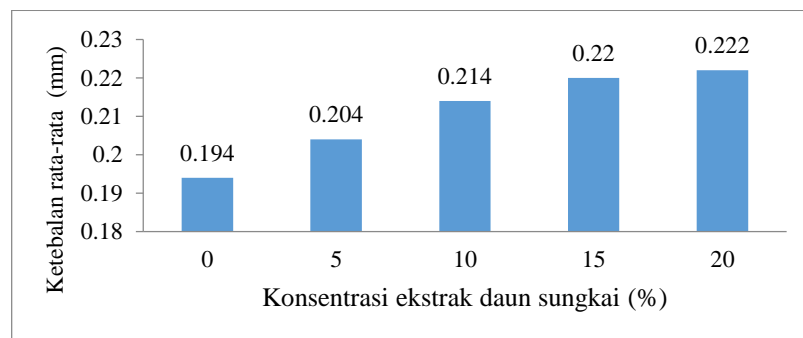


Gambar 2. *Edible Film* Pati Kulit Singkong

Karakteristik *Edible Film* Pati Kulit Singkong

A. Uji Ketebalan *Film*

Edible film berbasis pati kulit singkong ditambahkan ekstrak daun sungkai dilakukan uji ketebalan *film* menggunakan alat mikrometer sekrup. Ketebalan *film* diukur pada lima tempat yang berbeda yaitu bagian setiap sudut dan tengah *edible film*. Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap kualitas dari *edible film*. Ketebalan *edible film* berpengaruh terhadap umur simpan produk yang berhubungan dengan kemampuan untuk melindungi makanan. Hasil uji ketebalan rata-rata *edible film* pati kulit singkong dengan penambahan ekstrak daun sungkai berbagai variasi konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 3.



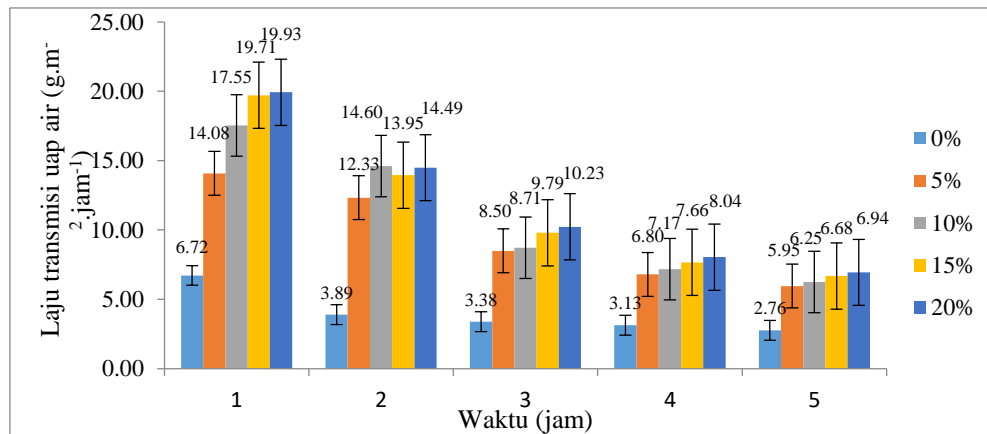
Gambar 3. Ketebalan Rata-Rata *Edible Film*

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata ketebalan *edible film* pati kulit singkong semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak daun sungkai. Nilai ketebalan rata-rata *edible film* pati kulit singkong dengan penambahan berbagai variasi konsentrasi ekstrak daun sungkai yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 0,194-0,222 mm. Nilai ketebalan tersebut masih memenuhi syarat yang ditetapkan oleh *Japanese Industrial Standard* (1975) karena masih di bawah nilai maksimal ketebalan *edible film* yaitu 0,25 mm. Ketebalan *edible film* akan mempengaruhi permeabilitas uap air yaitu pada umumnya semakin tebal *edible film* maka permeabilitas uap air akan semakin kecil sehingga dapat melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik. Sebaliknya semakin tipis *edible film* semakin besar permeabilitas uap air sehingga produk yang dikemas kurang baik (Manuhara, G. J., dkk., 2009).

Ketebalan pada *edible film* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya ukuran cetakan yang digunakan untuk mencetak *edible film* serta penambahan ekstrak daun sungkai yang ditambahkan. Penambahan ekstrak daun sungkai pada pembuatan *edible film* akan meningkatkan ketebalan karena semakin banyak bahan yang digunakan dalam suatu volume yang sama maka total padatan terlarut makin bertambah (Mandei dan Anton, 2018). Menurut Bourtoom, T. (2007), besarnya total padatan pada *edible film* juga bisa disebabkan karena banyaknya volume larutan yang dituangkan pada cetakan. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ketebalan *edible film* meliputi luas cetakan, komponen penyusun, dan volume suspensi. Pembuatan *edible film* yang menggunakan polisakarida seperti pati akan meningkatkan konsentrasi polimer penyusunnya dan pada batas tertentu mampu meningkatkan ketebalan dan stabilitas *edible film*.

B. Uji Laju Transmisi Uap Air

Edible film berbasis pati kulit singkong ditambahkan ekstrak daun sungkai dilakukan uji laju transmisi uap air. Laju transmisi uap air merupakan jumlah uap yang hilang persatuan waktu dibagi dengan luas area *film*. Laju transmisi uap air ditentukan oleh permeabilitas uap air pada *film*. Hasil uji laju transmisi uap air *edible film* pati kulit singkong dengan penambahan ekstrak daun sungkai berbagai variasi konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Laju Transmisi Uap Air *Edible Film*

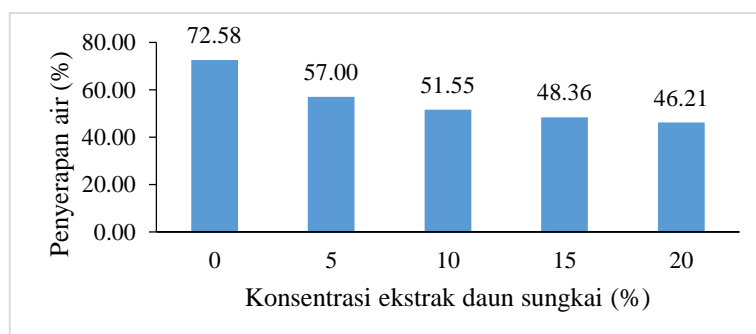
Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa penambahan konsentrasi ekstrak daun sungkai dan lama waktu penimbangan berpengaruh terhadap laju transmisi uap air *edible film* pati kulit singkong. Laju transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan pada penelitian ini cenderung menurun pada masing-masing konsentrasi. Laju transmisi uap air *edible film* pati kulit singkong paling cepat terjadi pada penambahan ekstrak daun sungkai 0% dan paling lambat terjadi pada penambahan ekstrak daun sungkai 20%. Hal itu terjadi karena peningkatan konsentrasi ekstrak daun sungkai membuat pori-pori pada *edible film* menyempit dan menghalangi keluarnya uap air sehingga laju transmisi uap menjadi menurun.

Laju transmisi uap air *edible film* berhubungan dengan ketebalan *edible film*, semakin tebal *edible film* maka akan semakin lambat laju transmisi uap air karena kandungan polimer semakin banyak sehingga ikatan antar molekul lebih kompleks dan *edible film* semakin tebal. Hasil penelitian diperoleh nilai laju transmisi uap air *edible film* semakin rendah pada ketebalan *edible film* yang meningkat. Nilai laju transmisi uap air *edible film* yang dilakukan penimbangan pada jam ke-5 berkisar antara 2,76-6,94 g/m².jam. Nilai laju transmisi uap air *edible film* tersebut masih memenuhi syarat yang ditetapkan oleh *Japanese Industrial Standard* (1975) karena masih di bawah nilai maksimal yaitu 200 g/m².24jam.

Laju transmisi uap air berpengaruh terhadap kemampuan *edible film* tersebut dalam menahan uap air. *Edible film* yang mempunyai nilai laju transmisi uap air yang kecil cocok digunakan untuk mengemas produk yang mempunyai kelembapan yang tinggi. Laju transmisi uap air yang rendah dapat menghambat hilangnya air dari produk sehingga kesegaran produk terjaga (Nuansa, M. F., dkk., 2017). *Edible film* akan menghambat jumlah uap air yang dikeluarkan dari produk ke lingkungan sehingga produk tersebut tidak cepat kering. *Edible film* juga dapat melindungi produk dari uap air yang masuk dari lingkungan sehingga pertambahan kelembapan dan kontaminasi yang dibawa melalui uap air dapat dikurangi.

C. Uji Penyerapan Air

Edible film berbasis pati kulit singkong ditambahkan ekstrak daun sungkai dilakukan uji penyerapan air. Uji penyerapan air dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan suatu *edible film* terhadap air. *Edible film* yang sangat mudah larut memiliki ketahanan air yang rendah dan bersifat hidrofilik atau larut dalam air (Fardhyanti, 2015). Hasil uji penyerapan air *edible film* pati kulit singkong dengan penambahan ekstrak daun sungkai berbagai variasi konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 5.



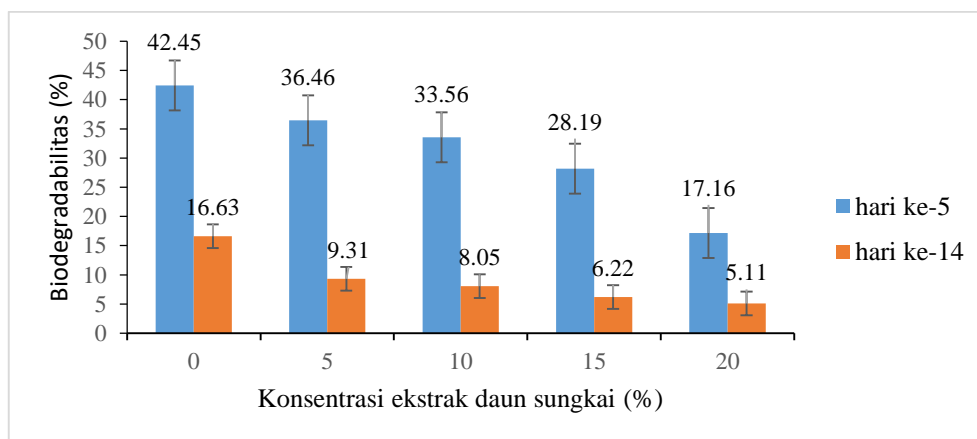
Gambar 5. Penyerapan air *edible film*

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa penambahan konsentrasi ekstrak daun sungkai berpengaruh terhadap peningkatan penyerapan uap air *edible film* pati kulit singkong. Semakin meningkat konsentrasi ekstrak daun sungkai yang ditambahkan semakin menurun penyerapan air. Penyerapan air *edible film* pati kulit singkong paling tinggi terjadi pada penambahan ekstrak daun sungkai 0% dan paling rendah terjadi pada penambahan ekstrak daun sungkai 20%. Hal ini terjadi karena penambahan ekstrak daun sungkai cenderung meningkatkan ketahanan *edible film* terhadap air. Ekstrak daun sungkai mengandung senyawa metabolit sekunder seperti tanin dapat meningkatkan kepadatan *film* sehingga matriks *film* yang terbentuk menjadi kompleks dan semakin kuat akibat adanya interaksi antara ikatan-ikatan pada tanin dengan bahan lain (Kusumawati dan Putri, 2013). Umumnya tanin larut dalam pelarut polar termasuk air namun untuk jenis tanin terkondensasi memiliki kelarutan yang kecil dalam air (Robinson, T., 1991). Identifikasi dari hasil penapisan fitokimia yaitu tanin terkondensasi dapat memberikan pengaruh kelarutan dalam air *edible film* yang kecil sehingga semakin besarnya konsentrasi tanin maka semakin kecil kelarutan film dalam air dan ketahanan terhadap air semakin tinggi.

Hasil perhitungan penambahan ekstrak daun sungkai sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% diketahui meningkatkan ketahanan *edible film* pati kulit singkong terhadap air secara berturut-turut sebesar 27,42%, 43,00%, 48,45%, 51,64% dan 53,79%. Semakin menurun penyerapan air maka ketahanan *edible film* terhadap air semakin tinggi sehingga mampu melindungi produk yang dikemas serta tidak mudah rusak/hancur di dalam air. Sebaliknya semakin tinggi penyerapan air suatu *edible film* maka tingkat ketahanan terhadap air semakin kecil dan *edible film* yang dihasilkan akan cepat rusak. *Edible film* yang baik adalah *edible film* yang dapat menyerap sedikit air ditandai dengan nilai persentase penyerapan air yang lebih kecil. Persentase penyerapan air terhadap ketahanan pada *edible film* menunjukkan *edible film* dapat terdegradasi secara alami sehingga berkontribusi nyata dalam mengatasi permasalahan lingkungan.

D. Uji Biodegradabilitas

Edible film berbasis pati kulit pisang ditambahkan ekstrak daun sungkai dilakukan uji biodegradabilitas. Biodegradabilitas merupakan salah satu parameter pengamatan yang dapat menunjukkan bahwa *edible film* ramah lingkungan ataupun tidak. Uji biodegradasi dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat *edible film* terdegradasi oleh mikroorganisme di suatu lingkungan (Alfian, A., dkk., 2020). Hasil uji biodegradabilitas *edible film* pati kulit singkong dengan penambahan ekstrak daun sungkai berbagai variasi konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Biodegradabilitas *Edible Film*

Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa penambahan konsentrasi ekstrak daun sungkai berpengaruh terhadap biodegradabilitas *edible film* pati kulit singkong. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun sungkai yang ditambahkan semakin menurun biodegradabilitas *edible film* pada hari ke-5 sampai hari ke-14. Hal itu menunjukkan bahwa massa *edible film* pati kulit singkong yang hilang semakin menurun seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak daun sungkai. Penurunan atau kehilangan massa *edible film* yang signifikan dari hari ke-5 sampai hari ke-14. Biodegradabilitas *edible film* pati kulit singkong paling tinggi terjadi pada penambahan ekstrak daun sungkai 0% dan paling rendah terjadi pada penambahan ekstrak daun sungkai 20%. Semua *edible film* dengan bahan baku dari selulosa maupun pati mudah teruraikan (Tan, Z., dkk., 2016). Penambahan sorbitol yang bersifat hidrofilik dapat meningkatkan kemampuan dalam

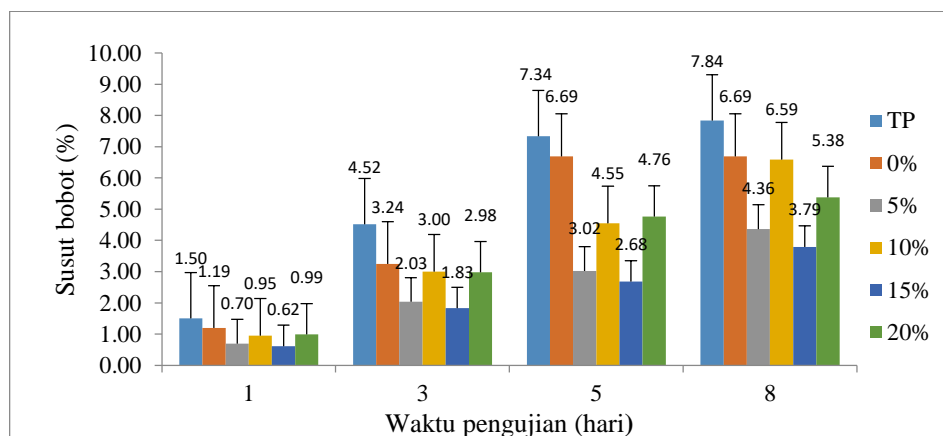
menyerap air sehingga lebih mudah diuraikan oleh mikroba. Degradasi sebuah *film* itu berkaitan dengan sifat penyerapan air, semakin banyak kandungan air suatu material maka semakin mudah material tersebut untuk terdegradasi. Air merupakan media tumbuh bagi sebagian besar mikroba dan bakteri (Adil, P. & Sukinah, A., 2020).

Biodegradabilitas *edible film* dapat menunjukkan laju degradasi sehingga dapat diketahui waktu yang dibutuhkan *edible film* hingga terurai. Setelah uji biodegradabilitas, *edible film* berlubang yang akan dipengaruhi oleh matriks polimer dan mengakibatkan *edible film* menjadi rapuh. Polimer dari pati yang mempunyai gugus OH akan terdekomposisi menjadi potongan-potongan kecil hingga terurai dalam tanah. Polimer akan terdegradasi karena proses kerusakan atau penurunan mutu karena putusnya ikatan rantai pada polimer. Hasil perhitungan menunjukkan *edible film* pati kulit singkong memiliki waktu degradasi sempurna yang berbeda-beda. Waktu degradasi sempurna *edible film* semakin menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak daun sungkai. Degradasi sempurna paling lambat pada penambahan ekstrak daun sungkai 20% yaitu 5,83 hari pada hari ke-5 dan 19,57 hari pada hari ke-14. Hal itu terjadi karena senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada ekstrak daun sungkai memiliki sifat aktif terhadap mikroorganisme sehingga dapat menghambat proses degradasi *edible film*. Senyawa tanin diyakini dapat menjadi penghambat enzim yang kuat sehingga senyawa berbagai biopolimer tidak mudah terdegradasi (Kandra, L., dkk., 2004).

E. Uji Pengemasan

Edible film berbasis pati kulit singkong ditambahkan ekstrak daun sungkai dilakukan uji pengemasan menggunakan tomat. Tomat dipilih sebagai sampel uji karena buah tomat memiliki kadar air yang cukup tinggi (> 93 %) sehingga tergolong komoditas yang sangat mudah rusak. Tomat matang akan menjadi rusak yakni setelah 3 – 4 hari penyimpanan pada suhu kamar sehingga tanpa adanya penanganan khusus umur simpan tomat relatif singkat atau pendek (Purwadi, A., dkk., 2007).

Tomat tanpa dikemas *edible film* dan dikemas dengan *edible film* yang tanpa maupun ditambahkan berbagai variasi konsentrasi ekstrak daun sungkai diuji susut bobot selama penyimpanan untuk mengetahui kualitasnya. Susut bobot adalah salah satu jenis pengukuran yang penting selama penyimpanan pasca panen produk. Uji pengemasan untuk mengetahui kemampuan *edible film* menghambat atau memperlama ketahanan buah dari terjadinya kerusakan berupa pembusukan. Penentuan susut bobot tomat dilakukan setelah disimpan selama 1 hari, 3 hari, 5 hari dan 8 hari. Hasil uji susut bobot tomat yang tidak dikemas, dikemas dengan *edible film* tanpa maupun ditambahkan ekstrak daun sungkai dengan variasi konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Susut bobot tomat dikemas *edible film*

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa penambahan konsentrasi ekstrak daun sungkai berpengaruh pada *edible film* pati kulit singkong sebagai pembungkus berpengaruh terhadap susut bobot tomat yang disimpan selama 8 hari. Tomat yang tidak dibungkus dengan *edible film* memiliki susut bobot yang paling tinggi dibandingkan dengan tomat yang dibungkus *edible film* pati kulit singkong tanpa maupun yang ditambahkan ekstrak daun sungkai. Tomat yang dibungkus dengan *edible film* tanpa penambahan ekstrak daun sungkai memiliki susut bobot yang lebih tinggi dibandingkan tomat yang dibungkus *edible film* dengan penambahan ekstrak daun sungkai berbagai variasi konsentrasi. Hal itu membuktikan bahwa

edible film pati kulit singkong yang ditambahkan ekstrak daun sungkai dapat digunakan untuk memperlama ketahanan tomat dari terjadinya kerusakan atau pembusukan. Kemampuan *edible film* dapat memperlama masa simpan tomat disebabkan oleh senyawa aktif yang terdapat dalam ekstrak daun sungkai. Ekstrak daun sungkai memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder meliputi senyawa golongan flavonoid, alkaloid, terpenoid, saponin, fenolik, steroid dan tanin (Pindan, N. P., dkk., 2021) yang mana senyawa tersebut telah diyakini memiliki aktivitas antioksidan (Okfrianti, Y., dkk., 2022). Antioksidan yang diaplikasikan pada *edible film* dapat melindungi produk agar terhindar dari ketengikan oksidatif, degradasi, dan penurunan mutu warna, selain itu untuk meningkatkan stabilitas, menjaga nutrisi dan warna sayuran yang dilapisi, karena antioksidan memiliki kemampuan untuk menangkap O₂, sehingga laju respirasi produk yang diberi pelapis berkurang (Sharma, S., dkk., 2019).

Susut bobot tomat semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak daun sungkai yang ditambahkan pada *edible film* pati kulit singkong. Susut bobot tertinggi tomat terjadi pada tomat yang dibungkus dengan *edible film* yang ditambahkan ekstrak daun sungkai konsentrasi 20%. Hal itu terjadi karena *edible film* yang ditambahkan ekstrak daun sungkai konsentrasi 20% memiliki ketebalan yang paling tinggi. Akan tetapi tomat yang dibungkus dengan *edible film* yang tebal justru mengalami kerusakan atau pembusukan dan perubahan warna menjadi pucat. Penggunaan *edible film* yang tebal dapat mengganggu proses respirasi dan transpirasi pada buah tidak berjalan lancar sehingga mengakibatkan terjadinya respirasi anaerob. Terjadinya respirasi anaerob pada buah akibat pelapisan yang tebal sehingga menyebabkan berkurangnya atau bahkan tidak adanya oksigen dalam buah sehingga memicu pertumbuhan mikroorganisme (Aini, S., N., dkk., 2019). Aktivitas mikroorganisme dalam respirasi anaerob akan menghasilkan etanol. Tingginya produksi etanol akan merusak fisiologis buah yang mengarah pada kerusakan sel yang menyebabkan tingginya transpirasi sehingga susut bobot relatif tinggi (Lospiani, N. P. N., dkk., 2017).

SIMPULAN

Berdasarkan data penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa penambahan ekstrak daun sungkai (*Peronema canescens* Jack) berpengaruh terhadap karakteristik *edible film* pati kulit singkong (*Manihot utilissima* Pohl). Semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun sungkai yang ditambahkan pada *edible film* pati kulit singkong dapat menyebabkan meningkatnya ketebalan film dan menurunnya laju transmisi uap air, penyerapan air, biodegradabilitas serta susut bobot tomat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIPA Politeknik Negeri Samarinda yang telah memberi dukungan financial terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, P., dan Sukainah, A. (2020). Sintesis Kulit Ubi Kayu (*Manihot esculenta*) Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Kemasan Biodegradable. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 6(1): 55-64.
- Afifah, N., Sholichah, E., Indrianti, A., dan Darmanjana, D., A. (2018). Pengaruh Kombinasi *Plasticizer* terhadap Karakteristik *Edible film* dari Karagenan dan Lilin Lebah. *Jurnal Biopropal Industri. Subang: Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna*. 9(1): 49-60.
- Aini, S., S., N., Kusmiadi, R., & Napsiah. (2019). Penggunaan Jenis Dan Konsentrasi Pati Sebagai Bahan Dasar Edible Coating Untuk Mempertahankan Kesegaran Buah Jambu Cincalo (*Syzygium samarangense* [Blume] Merr. & L.M. Perry) Selama Penyimpanan. *Jurnal Bioindustri*, 1(2): 186-202.
- Akbar, F., Z. Anita, dan H. Harahap. (2013). Pengaruh Waktu Simpan *Film* Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Ubi kayu Terhadap Sifat Mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2): 11-15.

- Alfian, A., Wahyuningtyas, D., & Sukmawati, P. D. (2020). Pembuatan *Edible film* Dari Pati Kulit Singkong Menggunakan *Plasticizer* Sorbitol Dengan Asam Sitrat Sebagai *Crosslinking Agent*. *Jurnal Inovasi Proses*, 5(2): 46-56.
- Anita, Z., Akbar, F., Harahap, H. (2013). Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik *Film* Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2): 37-41.
- Andayani R., Maimunah & Lisawati, Y. (2008). Penentuan Aktivitas Antioksidan, Kadar Fenolat Total Dan Likopen Pada Buah Tomat (*Solanum lycopersicum* L). *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*. 13(1): 1-7.
- Apriyani, M., dan Sedyadi, E. (2015). Sintesis Karakterisasi Plastik Biodegradable dari Pati Onggok singkong dan Ekstrak Lidah Buaya (*Aloe vera*) dengan *Plasticizer* Gliserol. *Jurnal Sains Dasar*, 4(2), 145-152.
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul. M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N. and Omar. A. K. M. (2013). Techniques For Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials: A review, *Journal of Food Engineering*, 117 (4), 426-436.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2022). *Statistik Tanaman Pangan*. BPS: Jakarta.
- Bourtoom (2007). Effect of Some Process Parameters on The Properties of Edible Film Prepared from Starches. *Food Technology*, 51(2): 61-73.
- Chikita, I., Hasibuan, I.H., dan Hasibuan, R. (2016). Pemanfaatan Flavonoid Ekstrak Daun Katuk (*Sauropus androgynus* (L) Merr) Sebagai Antioksidan Pada Minyak Kelapa. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(1), 45-51.
- Erna, Said, I., & Abram, P., H. (2016). Bioetanol Dari Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) Melalui Proses Fermentasi. *J. Akad. Kim.* 5(3): 121-126.
- Fatisa, Y., dan Agustin, N. (2018). Characterization and Antioxidant Activity *Edible film* of Durian (*Durio zibethinus*) Seed Starch with the Addition of Soursop (*Annona muricata* L.) Leaf, 1(1), 37-42.
- Falah, Z. K., Suryati, & Sylvia, N. (2021). Pemanfaatan Tepung Glukomanan Dari Pati Umbi Porang (*Amorphophallus Muelleri Blume*) Sebagai Bahan Dasar Pembuatan *Edible Film*. *Chemical Engineering Journal Storage*, 1(3): 50-62.
- Fardhyanti, D., S., dan Julianur, S., S. (2015). Karakteristik *Edible film* Berbahan Dasar Ekstrak Karagenan Dari Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*), *Bahan Alam Terbarukan (JBAT)*, 4(2): 68-73.
- Harborne, J. B. (1987). *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Penerbit ITB, Bandung.
- Julianto, T. S. (2019). *Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder Dan Skrining Fitokimia*. Edisi I Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hayati, K., Setyaningrum, C. C. dan Fatimah, S., (2020). Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Limbah Nata de Coco dengan Metode Inversi Fasa. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 4(1): 9-14.
- Huri, Daman., Dan Nisa, Fitri Choirun. (2014). Pengaruh gliserol dan apel konsentrasi ekstrak limbah kulit pada phsifat fisika dan kimia dari film yang dapat dimakan. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2 (4): 29-40.
- JIS (Japanese Industrial Standard) 2 1707. (1975). Japanese Standards Association. J-PAL 6 NO. 1 (ISSN: 2087-3522 DAN E-ISSN: 2338-1671).
- Kandra, L., Gyémánt, G. & Batta, A. Z, G. (2004). Inhibitory Effects of Tannin on Human Salivary Alpha-Amylase. *J. Biochem and Biophys Res Commun*. 319(4):1265-1271.
- Kusumawati, D.H. dan W. D. R. Putri. 2013. Karakteristik Fisik dan Kimia *Edible Film* Pati Jagung Yang Diinkorporasi Dengan Perasan Temu Hitam. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 1(1): 90-100.
- Lospiyani, N. P. N., Utama, I. M. S., & Pudja, I. R. P. (2017). Pengaruh Lama Waktu Cekaman Anaerobik dan Konsentrasi Emulsi Lilin Lebah Sebagai Bahan Pelapis Terhadap Mutu dan Masa Simpan Buah Tomat. *Jurnal Beta (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 5(2), 9-19
- Mandei, J. H., dan Muis, A. (2018). Pengaruh Konsentrasi Karaginan, Jenis Dan Konsentrasi Lipid Pada Pembuatan *Edible Coating Film* Dan Aplikasinya Pada Buah Tomat Apel Dan Kue Nogat. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 10(1): 25-36.
- Manuhara, G., J., Kawiji, & E. Ratri. H. (2009). Aplikasi *Edible film* Maizena Dengan Penambahan Ekstrak Jahe Sebagai Antioksidan Alami Pada *Coating* Sosis Sapi. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 2(2): 50-58.

- Martunis. (2012). Pengaruh Suhu Dan Lama Pengeringan Terhadap Kuantitas Dan Kualitas Pati Kentang Varietas Granola. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 4(3): 26-30.
- Mudaffar. A., R. (2018). Karakteristik *edible film* komposit dari pati sagu, gelatin, dan lilin lebah (*Beswax*). Makassar. *Journal TABARO*, 2(2): 247-256
- Nofiandi, D., Ningsih, W., & Putri, A. S. L. (2016). Pembuatan dan Karakterisasi *Edible Film* dari Poliblend Pati Sukun-Polivinil Alkohol dengan Propilenglikol sebagai *Plasticizer*. *Jurnal Katalisator*, 1(2): 1-12.
- Nuansa, M. F., Agustini, T. W., & Susanto, E. (2017). Karakteristik Dan Aktivitas Antioksidan *Edible Film* Dari Refined Karaginan Dengan Penambahan Minyak Atsiri. *J. Peng & Biotek*, 6(1): 54-62.
- Okfrianti, Y., Irnamera, D., & Bertalina. (2022). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Sungkai (*Peronema canescens Jack*). *Jurnal Kesehatan*, 13(2): 333-339.
- Pindan, N. P., Daniel, Saleh, C., & Magdaleni, A. R. (2021). Uji Fitokimia Dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Fraksi n-Heksana, Etil Asetat Dan Etanol Sisa Dari Daun Sungkai (*Peronema canescens Jack*) Dengan Metode DPPH. *Jurnal Atomik*, 6(1): 22-27.
- Prakash, A. 2001. *Antioxidant Activity*. Medallion Laboratories: Analytical Progress, 19(2): 1-4.
- Purwadi A, Usada, W., & Isyuniarto. (2007). Pengaruh Waktu Ozonisasi terhadap Umur Simpan Buah Tomat (*Lycopersicum esculentum Mill*). Prosiding PPI-PDIPTN. Pustek Akselerator dan Proses Bahan-BATAN, Yogyakarta. 234-242
- Robinson, T., (1991). *Kandungan Organik Tumbuhan Obat Tinggi*, Diterjemahkan oleh Kokasih Padmawinata, 191-193. ITB: Bandung.
- Rodríguez, M., Osés, J., Ziani, K. & Maté, J.I. (2006). *Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films*. *Food Res. Int.*, 39(8): 840-846. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.04.002>.
- Sharma, S., Cheng S. F., Bhattacharya B., & Chakkaravarthi S. (2019). Efficacy Of Free and Encapsulated Natural Antioxidants In Oxidative Stability Of Edible Oil: Special Emphasis On Nanoemulsion-based encapsulation. *Trends In Food Science & Technology*. 91: 305-319
- Tan, Z., Yi, Y., Wang, H., Zhou, W., Yang, Y., & C. Wang, (2016). *Physical and degradable properties of mulching films prepared from natural fibers and biodegradable polymers*. *Appl. Sci.*, 6(5): 147