



Aktivitas Antibakteri dan Karakteristik *Edible Film* dengan Penambahan Serbuk Daun Jati (*Tectona grandis L.*)

¹*Ika Fatya Diva Auliya, ¹Masrukan, ¹Ambar Rukmini, dan ¹Dyah Titin Laswati

¹ Universitas Widya Mataram, Yogyakarta

*e-mail korespondensi: mrukan@gmail.com

Article Info	Abstract
Keywords: Antibacterial, Teak Leaves, Edible Film, Physicochemical Characteristics, (WVTR)	<i>Edible film is a thin layer used to coat food or placed between food components, and it is consumable. This research aimed to assess the effect of adding teak leaf powder on the physical, chemical, and antibacterial properties of the edible film. The experiment was designed using a Completely Randomized Design (CRD), with teak leaf powder (J) as the independent variable. Four treatments were applied: J0 (0 g), J1 (0.25 g), J2 (0.50 g), and J3 (0.75 g) of teak leaf powder. Each formulation was tested for moisture content, thickness, tensile strength, elongation, water vapor transmission rate (WVTR), and antibacterial activity against environmental bacteria and Escherichia coli. The data obtained were analyzed using ANOVA followed by Tukey's post hoc test at a significance level of $\alpha = 0.05$. Physically, the addition of teak leaf powder increased the thickness of the edible film but decreased its tensile strength, elongation, and WVTR. The chemical parameter, moisture content, remained relatively stable across all treatments. In terms of antibacterial properties, the inhibition zone against environmental bacteria increased significantly. For Escherichia coli, no inhibition zone was observed in treatment J0, while treatments J1 to J3 demonstrated comparable antibacterial effectiveness.</i>
Info Artikel	Abstrak
Kata Kunci: Antibakteri, Daun Jati, <i>Edible film</i>, Karakteristik fisik-kimia, WVTR	Edible film merupakan lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi makanan (coating), atau diletakkan di antara makanan dan dapat dikonsumsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serbuk daun jati (<i>Tectona grandis L.</i>) terhadap karakteristik fisik-kimia dan aktivitas antibakteri dari edible film. Penelitian ini dilaksanakan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan variabel bebas penambahan serbuk daun jati (J). Terdapat 4 perlakuan dalam penelitian ini yaitu J0 (0 gr J), J1 (0,25 gr J), J2 (0,50 gr J), dan J3 (0,75 gr J). Perlakuan yang dibuat dilakukan beberapa pengujian yaitu uji kadar air, uji ketebalan, uji tensile strength, uji elongasi, uji Water Vapour Transmission Rate (WVTR), dan uji sifat antibakteri terhadap bakteri lingkungan dan bakteri <i>Escherichia coli</i>. Data yang didapatkan kemudian dilakukan analisis statistik ANOVA dan uji lanjut Tukey dengan taraf $\alpha 0,05$. Secara fisik, penambahan serbuk daun jati meningkatkan ketebalan edible film, namun menurunkan nilai tensile strength, elongasi dan WVTR. Parameter kimia berupa kadar air cenderung stabil di semua perlakuan, sedangkan dari aspek antibakteri, zona hambat terhadap bakteri lingkungan meningkat secara drastis, Terhadap <i>Escherichia coli</i>, perlakuan J0 menunjukkan tidak terbentuknya zona hambat, sedangkan perlakuan J1 hingga J3 menunjukkan efektivitas yang setara.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan produk pangan telah mengalami kemajuan yang sangat pesat karena adanya dorongan inovasi teknologi dan meningkatnya permintaan konsumen akan produk yang berkualitas tinggi serta aman. Seiring dengan perkembangan ini, tantangan yang dihadapi oleh industri pangan juga semakin kompleks, salah satunya adalah masalah keamanan pangan. Keamanan pangan menjadi isu yang sangat penting karena dapat berdampak langsung pada kesehatan masyarakat. Menurut data WHO pada tahun 2015 (World Health Organization, 2015), sekitar 600 juta orang mengalami penyakit akibat makanan yang terkontaminasi setiap tahunnya, dengan *Escherichia coli* sebagai salah satu patogen utama yang menjadi indikator kontaminasi fekal dan sanitasi yang buruk. Oleh karena itu, upaya untuk memastikan produk pangan yang aman dikonsumsi menjadi prioritas utama dalam industri ini.

Salah satu cara untuk menjaga keamanan pangan adalah dengan membungkus atau melapisi produk pangan yang berfungsi sebagai kemasan primer. Berbagai jenis kemasan telah digunakan dalam industri pangan untuk menyesuaikan sifat bahan yang dikemas. Inovasi terbaru dalam kemasan pangan berupa penggunaan edible film, yaitu lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi makanan (coating), atau diletakkan di antara komponen yang berfungsi sebagai penahan terhadap transfer massa seperti air, oksigen, dan lemak, atau berfungsi sebagai pembawa bahan tambahan pangan (Krochta & De Mulder-Johnston, 1997). Edible film ini lebih dipahami sebagai pelapis makanan daripada kemasan pada umumnya yang dirancang untuk menggantikan bahan seperti plastik. Selain untuk melapisi makanan atau mengemas, lapisan ini juga aman ketika dikonsumsi. Terdapat beberapa jenis bahan yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan edible film. Santoso (2020) menyebutkan terdapat 3 jenis bahan utama untuk pembuatan kemasan tersebut, yaitu hidrokoloid, lipida, dan komposit. Penelitian tentang edible film terus berkembang dalam beberapa aspek. Selain variasi penggunaan berbagai jenis bahan utama dengan fokus pada peningkatan karakteristik fisik dan fungsionalnya, bahan alami lain juga ditambahkan guna menambah nilai dari edible film seperti antibakteri.

Daun jati merupakan daun dari tanaman jati (*Tectona grandis* L.) yang banyak dijumpai di wilayah Indonesia. Berdasarkan data BPS, di wilayah Yogyakarta terdapat 129.068 unit Usaha Tanaman Perkebunan (UTP) yang mengusahakan komoditas tanaman jati (Badan Pusat Statistik, 2023). Dengan komoditas jati yang melimpah, masyarakat Indonesia sering menggunakan bagian daun tanaman tersebut sebagai kemasan tradisional bahan pangan dan beberapa makanan. Penggunaan daun jati sebagai pembungkus tersebut tidak jauh dari sifat antibakteri yang dimilikinya. Aktivitas antibakteri diberikan oleh senyawa bioaktif dalam

daun jati. Badruttaman (2022) menyebutkan bahwa flavonoid, saponin, tanin, steroid, dan triterpenoid berperan dalam aktivitas antibakteri daun jati.

Penelitian terdahulu telah mengeksplorasi aktivitas antibakteri daun jati dalam bentuk edible film. Studi-studi ini umumnya memfokuskan penambahan ekstrak daun jati. Penelitian oleh Ramadhani (2021) menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun jati efektif dalam meningkatkan sifat antibakteri pada edible film. Dalam konteks yang lebih luas, penelitian mengenai penggunaan serbuk daun jati ataupun serbuk simplisia lain dalam pembuatan edible film masih terbatas. Selain itu penggunaan serbuk tidak menghilangkan sifat antimikroba dari suatu serbuk simplisia tanaman seperti pada penelitian Dalimunthe et al., (2023) yang menambahkan serbuk kulit salak pada edible film dan menunjukkan zona hambat maksimum sebesar 20,8 mm. Penggunaan serbuk juga dapat meminimalkan kerusakan senyawa bioaktif karena proses pemanasan hanya dilakukan pada saat pengeringan bahan. Dengan demikian, penggunaan serbuk daun jati dalam edible film diharapkan efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri.

Dalam penelitian ini, pengujian antibakteri dilakukan terhadap dua jenis bakteri, yaitu *Escherichia coli* sebagai bakteri indikator kontaminasi fekal dan sanitasi lingkungan, serta bakteri lingkungan yang belum teridentifikasi secara spesifik namun merepresentasikan mikroorganisme alami yang berpotensi menyebabkan kontaminasi produk pangan. Penggunaan kedua jenis bakteri ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas antibakteri dari serbuk daun jati dalam edible film terhadap kontaminasi mikrobiologis yang umum terjadi di lingkungan produksi pangan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi serbuk daun jati sebagai bahan tambahan dalam pembuatan edible film, dengan harapan dapat menghasilkan film yang memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan dan karakteristik fisik dan kimia yang baik.

2. KAJIAN TEORI DAN HIPOTESIS

Edible film merupakan edible packaging yang berbentuk lembaran tipis (film) yang digunakan sebagai pembungkus atau pengemas produk pangan (Santoso, 2020). Berikut merupakan parameter mutu *edible film* oleh Japanese Industrial Standard (JIS) 1975.

Tabel 1. Parameter Mutu Edible Film Berdasarkan Japanese Industrial Standar (JIS)1975

No.	Karakteristik <i>Edible film</i>	Standar (<i>Grade</i>) JIS 1975
1	a_w	-
2	Ketebalan (mm)	Max 0,25
3	Persen pemanjangan (%)	Min 70 (6-7)
4	Kuat tekan (Newton)	Min 100 (4-5)
5	Kelarutan (%)	-

6	Laju transmisi gas O ₂ (mL/m ² .jam)	Max 5 (5)
7	Laju transmisi uap air (g/m ² .hari)	Max 5 (5-11)

Sumber: Japanese Standards Association (1975) dalam Santoso (2020)

Pada penelitian ini, formulasi pembuatan edible film mengacu pada hasil terbaik penelitian Baruna (2019). Dari penelitian tersebut dilakukan modifikasi dengan penambahan serbuk daun jati sebagai penambah sifat antibakteri pada *edible film*. Aktivitas antibakteri ini disebabkan oleh kehadiran senyawa bioaktif seperti flavonoid, saponin, tanin, steroid, dan triterpenoid yang terkandung dalam daun jati, seperti yang disebutkan oleh Badruttaman (2022). Penelitian telah membuktikan keefektifan daun jati sebagai antibakteri terhadap beberapa jenis bakteri seperti yang *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, dan *Streptococcus mutans* (Anwar et al., 2023), *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (Dewi, 2019).

3. METODE PENELITIAN

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini meliputi bahan baku pembuatan edible film dan bahan analisis. Bahan yang digunakan diantaranya daun jati muda diambil di Jl. Ngrukem, Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Kab. Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan ciri-ciri daun berwarna hijau muda, belum kaku, ukuran 20 – 25 cm dan merupakan pucuk daun ke-2 atau ke-3; Pati tapioka merk Rose Brand, gliserol, karagenan, minyak sawit merk Fitri, aquades, alkohol 70%, nutrien agar, *Escherichia coli* broth yang didapatkan dari toko bahan pangan dan bahan kimia di Yogyakarta; bakteri *Escherichia coli* dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Sains dan Teknologi Pangan Universitas Widya Mataram; serta larutan garam jenuh 75% dan silika gel dari Laboratorium Rekayasa Proses Universitas Gadjah Mada.

Alat yang akan digunakan pada penelitian antara lain cabinet dryer, oven, gelas beaker, gelas ukur, cawan timbang, pipet tetes, timbangan analitik, spatula, hot plate dan magnetic stirrer, loyang, termometer, plat kaca, jarum, botol timbang, desikator, penjepit, cawan petri, inkubator, autoklaf, pinset, ose, mikropipet, pembakar bunsen, penggaris, mikrometer, Universal Testing Machine (UTM).

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 1 variabel bebas yaitu Serbuk daun jati (0; 0,25; 0,50; dan 0,75 gr) dengan 3 kali pengulangan.

Prosedur pembuatan serbuk merujuk pada pembuatan ekstraksi daun jati oleh Ramadhani (2021) dengan modifikasi yaitu proses pembuatan hanya sampai pembuatan serbuk daun jati. Pertama-tama daun jati dilakukan sortasi dengan mencuci daun hingga bersih kemudian dikecilkan ukurannya $\pm 5 \times 5$ cm. Daun jati ditata dengan rapi pada loyang cabinet dryer, lalu dipanaskan dalam cabinet dryer. Pemanasan dilakukan dengan suhu 45 – 55 °C selama 22 jam. Daun jati yang sudah kering kemudian dilakukan penghalusan dan diayak dengan ayakan 80 mesh dan diuji kadar airnya (metode gravimetri Ningrum et.al., 2021).

Pembuatan edible film mengacu pada perlakuan terbaik dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Baruna (2019) dengan modifikasi yaitu penambahan Serbuk daun jati. Proses pembuatan diawali dengan pembuatan larutan karagenan 1% dengan aquades kemudian ditambahkan tapioka 3,6% (w/w) dan serbuk daun jati sesuai dengan perlakuan. Setelah itu dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer dan dipanaskan diatas hot plate pada suhu 80°C selama 20 menit. Pada menit ke-10, ketika suhu mencapai 60°C ditambahkan gliserol 0,32 % (v/v), selanjutnya ditambahkan minyak sawit 0,5% (v/v). Selama penambahan bahan tersebut, pemanasan tetap berlanjut hingga 20 menit pada suhu 80°C sampai membentuk gel. Selanjutnya larutan dituang pada plat kaca 20×20 cm yang sudah diberi alas aluminium foil, didinginkan selama 10 menit kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 55 °C selama 22 jam. Cetakan kaca dikeluarkan dari oven dan didinginkan sekaligus rehidrasi edible film 1 jam. Lapisan film yang terbentuk dikelupas (peeling) dari aluminium foil secara hati-hati dengan bantuan jarum dan dimasukkan ke dalam wadah kedap udara untuk melindungi film dari kerusakan dan kelembapan. Film yang diperoleh diuji karakteristiknya meliputi uji kadar air (metode gravimetri Ningrum et.al., 2021), ketebalan (Ningrum et.al., 2021), kuat tarik (ASTM International, 2018), persen pemanjangan (elongasi) (ASTM International, 2018), dan laju transmisi uap air (WVTR) (metode gravimetri modifikasi ASTM International, 2002), serta uji aktivitas antibakteri (metode cakram modifikasi Muin et. al, 2017). Data yang didapatkan kemudian dilakukan analisis statistik dengan uji ANOVA dan kemudian dilanjutkan dengan Uji Tuckey dengan taraf α 0,05 menggunakan perangkat MiniTab.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, daun jati yang sudah menjadi serbuk kemudian diuji kadar airnya. Hasil pengujian menunjukkan nilai kadar air sebesar $9,89 \pm 0,62\%$. Angka ini mengindikasikan bahwa proses pengeringan telah berhasil menurunkan kadar air hingga di bawah ambang batas pertumbuhan mikroorganisme. Kadar air di bawah 12% secara efektif mencegah pertumbuhan mikroorganisme, memastikan keamanan dan memperpanjang umur produk (Paine & Paine, 1992), menjaga kestabilan senyawa bioaktif seperti fenol, flavonoid (Lavelli dan Kerr, 2019) yang terkandung dalam daun jati. Selain itu, kadar air yang optimal

juga mempermudah proses ekstraksi karena mengurangi risiko pelarutan senyawa polar yang tidak diinginkan (Lavelli dan Kerr, 2019).

Edible film yang dihasilkan kemudian dilakukan pengujian Film yang diperoleh diuji karakteristiknya meliputi uji kadar air, ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan (elongasi), dan laju transmisi uap air (WVTR) serta pengujian aktivitas antibakteri.

Tabel 2. Karakteristik Fisik dan Kimia *Edible Film*

Perlakuan	Kadar Air (%)	Ketebalan (mm)	Tensile Strength (Mpa)	Elongasi (%)	WVTR (gr/cm ² .day)
J0	15,54±0,03a	0,12 ± 0,01c	16,56 ± 5,41a	2,42 ± 0,48a	0,0252 ± 0,0046a
J1	15,34±0,04a	0,15 ± 0,02b	10,91±3,40ab	2,24 ± 0,27a	0,0207 ± 0,0023ab
J2	15,19±1,41a	0,19±0,01ab	6,66 ± 0,95b	1,18 ± 0,06b	0,0166 ± 0,0027b
J3	15,61±0,90a	0,20 ± 0,02a	4,18 ± 2,11b	0,85 ± 0,35b	0,0130 ± 0,0031b

Keterangan: * Rata-rata; ± Standar Deviasi

Kadar Air

Penambahan serbuk daun jati tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar air setiap perlakuan yaitu berkisar antara 15,19 – 15,61%. Meskipun hasil perhitungan statistik menunjukkan bahwa penambahan serbuk daun jati pada perlakuan tidak berpengaruh signifikan, akan tetapi terdapat penurunan kadar air dari perlakuan J0, J1 kemudian J2. Menurut Amaliya dan Putri (2014), semakin besar polimer yang menyusun matriks film, maka akan meningkatkan jumlah padatan sehingga jumlah air dalam edible film semakin rendah. Serbuk daun jati mengandung senyawa fenolik, flavonoid, dan tanin yang bersifat polar dan higroskopis. Semakin banyak serbuk daun jati yang ditambahkan, maka semakin banyak ekstraksi senyawa aktif yang dihasilkan. Penambahan ekstrak daun jati dapat memengaruhi kadar air karena ekstrak daun jati bersifat polar sehingga dapat mengikat air menggunakan daya tarik antar gugus polar (Ramadhani et. al., 2023). Berbanding terbalik dengan perlakuan sebelumnya, perlakuan J3 mengalami kenaikan kadar air. Hal ini dapat terjadi kemungkinan karena serbuk daun jati yang berlebih dapat menciptakan distribusi yang tidak merata dalam matriks film sehingga menghasilkan sifat yang tidak seragam. Konsentrasi tinggi dapat menyebabkan pembentukan agregat yang dapat memerangkap kelembapan pada pori-pori yang terbentuk. Kehadiran pori-pori dapat memfasilitasi penyerapan

kelembapan, yang berdampak negatif pada sifat penghalang terhadap uap air (Tapia-Blácido et al., 2018).

Ketebalan

Perhitungan statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antar perlakuan. Seiring bertambahnya serbuk daun jati yang ditambahkan, ketebalan film semakin bertambah sejalan dengan penambahan padatan total. Kandungan padatan total yang bertambah menghasilkan film yang lebih tebal pasca pengeringan. Hasil yang serupa juga ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Duan et al., 2016 yang menambahkan serbuk teh pada edible film kedua penelitian. Ketebalan edible film yang dihasilkan semakin tebal seiring dengan penambahan serbuk teh.

Kuat Tarik atau Tensile Strength

Penambahan serbuk daun jati berpengaruh signifikan terhadap kuat tarik atau tensile strength edible film. J0 menunjukkan tensile, sedangkan seiring penambahan serbuk daun jati membuat penurunan nilai kuat tarik edible film. Penurunan tersebut kemungkinan diakibatkan adanya gangguan pada matriks film, distribusi partikel yang tidak homogen, dan berkurangnya fleksibilitas. Sejalan dengan hal tersebut, Sewda dan Maiti (2009) menyatakan bahwa filler dapat mengganggu sifat mekanik matriks, terutama ketika tidak terintegrasi dengan baik. Partikel serbuk daun jati yang tidak terdistribusi merata menciptakan titik lemah yang menurunkan kemampuan film untuk menahan gaya tarik (Masturi et al., 2020).

Elongasi

Penambahan serbuk daun jati memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai elongasi. Nilai elongasi mengalami penurunan sejalan dengan banyaknya serbuk daun jati yang ditambahkan. Penurunan nilai elongasi dikarenakan serbuk daun jati sebagai filler pada edible film mengganggu matriks yang terbentuk. Penambahan filler sering menyebabkan penurunan perpanjangan saat putus, seperti yang terlihat dalam berbagai penelitian komposit (Sewda & Maiti, 2009). Serbuk daun jati membentuk ikatan hidrogen dengan matriks polimer, membatasi pergerakan rantai polimer dan akhirnya mengakibatkan peningkatan kekakuan dan kerapuhan film (Sewda dan Maiti, 2009). Selain itu, keberadaan serbuk daun jati dapat membatasi efektifitas gliserol yang bertindak sebagai plasticizer, sehingga fleksibilitas berkurang (Prashanth et al., 2024). Distribusi serbuk daun jati yang tidak

homogen dapat menyebabkan aglomerasi, menciptakan titik lemah dalam struktur film yang semakin mengurangi perpanjangan edible film.

Laju Transmisi Uap Air atau Water Vapour Transmition Rate (WVTR)

Penambahan serbuk daun jati berpengaruh signifikan terhadap WVTR. Terdapat penurunan nilai WVTR seiring dengan penambahan serbuk daun jati. Penambahan serbuk daun jati mengisi celah di antara matriks polimer edible film, sehingga menciptakan jalur yang lebih berliku untuk difusi uap air. Jalur yang lebih sempit ini secara efektif menghambat pergerakan uap air menembus film (Sapru & Labuza, 1994). Daun jati mengandung senyawa fenolik dan komponen hidrofobik lainnya yang dapat menurunkan afinitas film terhadap air (Duan et al., 2016). Senyawa seperti β -sitosterol (Kurniawan et al., 2021) dan tectonoelin A/B (Lacret et al., 2012) memiliki struktur cincin benzena yang bersifat hidrofobik. Struktur cincin benzena ini menyediakan barrier untuk molekul air, sehingga film yang mengandung senyawa fenolik memiliki fungsi yang diperkaya sebagai antioksidan dan barrier kelembapan (Wang et al., 2021).

Aktivitas Antibakteri

Tabel 3 Zona Hambat Edible Film Terhadap Bakteri lingkungan dan Bakteri Escherichia coli

Perlakuan	Zona Hambat (mm)	
	Bakteri Lingkungan	Escherichia coli
J0	1,33 $\pm$ 1,53c	0,00 $\pm$ 0,00b
J1	14,00 $\pm$ 1,00b	14,00 $\pm$ 1,00a
J2	15,33 $\pm$ 0,58ab	14,33 $\pm$ 0,58a
J3	16,67 $\pm$ 0,58a	14,33 $\pm$ 0,58a

Keterangan: * Rata-rata; $\pm$ Standar Deviasi

Penambahan serbuk daun jati pada edible film dapat menambahkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri lingkungan dan bakteri Escherechia coli. Kehadiran senyawa bioaktif seperti flavonoid, tanin, dan saponin dalam daun jati berkontribusi pada aktivitas antibakteri ini dengan merusak membran sel dan mengganggu proses metabolisme. Usin (2022) menyatakan bahwa senyawa-senyawa flavonoid dan tanin dalam daun jati mengganggu membran sel bakteri dan menghambat sintesis protein. Karagenan dan tapioka sebagai matriks film berperan sebagai carrier yang memungkinkan pelepasan bertahap senyawa aktif dari daun jati ke lingkungan sekitar, sehingga memperpanjang efek antibakteri edible film (Ramadhani et al., 2023).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penambahan serbuk daun jati secara signifikan meningkatkan aktivitas antibakteri edible film terhadap Bakteri Lingkungan dan Bakteri *Escherichia coli*. Terhadap *Escherichia coli*, meskipun peningkatan konsentrasi (J1–J3) tidak menunjukkan perbedaan signifikan, efektivitas antibakteri tetap konsisten. Serbuk daun jati berpengaruh signifikan terhadap karakteristik fisik edible film: ketebalan meningkat, tensile strength dan elongasi menurun serta WVTR menurun. Namun, kadar air tidak berubah signifikan. Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk menentukan konsentrasi optimal serbuk daun jati pada edible film terhadap bakteri *Escherichia coli*. Pengembangan formulasi juga perlu dilakukan jika ukuran serbuk daun jati yang digunakan tetap sama, misalnya peningkatan konsentrasi plasticizer, penambahan bahan emulsifier, atau penambahan bahan yang dapat berfungsi sebagai crosslinker.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, I., Nuralifah, Parawansah, Trinovitasari, N., Hikmah, N., & Malina, R. (2023). Aktivitas Antibakteri Gram Positif Serta Penetapan Kadar Flavonoid Dan Fenolik Total Dari Ekstrak Dan Fraksi Daun Jati (*Tectona grandis* Linn.F.). *Journal of Biological Research*, 10(2), 74–87. Universitas Halu Oleo. Kendari.
- ASTM International. (2002). Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting. ASTM International. West Conshohocken.
- ASTM International. (2018). ASTM D882-18: Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. ASTM International. West Conshohocken.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Hasil Pencacahan Lengkap Sensus Pertanian 2023 - Tahap I Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta: BPS Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Badruttaman, M. I. (2022). Review: Pemanfaatan Kandungan Senyawa Alami Pada Daun Jati (*Tectona grandis*) Sebagai Antibakteri Dan Antioksidan. *Jurnal Ilmiah Fitomedika Indonesia*, (1), 8–18. Universitas PGRI Madiun. Madiun.
- Baruna, U. (2019). Optimasi Formula Edible film Berbasis Tapioka Dengan Penambahan Gliserol Dan Minyak Sawit Menggunakan Metode Respons Permukaan. Universitas Lampung. Bandar Lampung. <https://digilib.unila.ac.id/>
- Dalimunthe, N. F., Al Fath, M. T., Natasya, T., & Pulungan, K. A. (2023). Karakteristik dan Daya Hambat Mikroba Edible film dengan Penambahan Filler Kulit Salak (*Salacca zalacca*) sebagai Pengemas Makanan. *Jurnal Teknik Kimia - USU*, 12(1), 39–45. Universitas Sumatera Utara. Medan. <https://doi.org/10.32734/jtk.v12i1.10395>
- Dewi, S. (2019). Sifat Antioksidan Dan Antimikroba Ekstrak Daun Jati Sebagai Bahan Aktif Dalam Kemasan Aktif. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Duan, J., Reddy, K. O., Ashok, B., Cai, J., Zhang, L., & Rajulu, A. V. (2016). Effects Of Spent Tea Leaf Powder On The Properties And Functions Of Cellulose Green Composite Films. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(1), 440–448. Elsevier. Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.11.029>
- Japanese Standards Association. (1975). Japanese Industrial Standard 2 1707. Japanese Standards Association. Tokyo.

- Krochta, J. M., & De Mulder-Johnston, C. (1997). Edible And Biodegradable Polymer Films: Challenges And Opportunities. *Food Technology*, 51(2), 61–74. Institute of Food Technologists. Chicago. <https://Agris.Fao.Org/Agris-Search/Search.Do?Recordid=Us9729236>
- Kurniawan, R., Suhartati, T., Yandri, Meriyanti, D., & Sukrasno. (2021). Potential antibacterial activity of bioactive β -sitosterol from root bark of *Rhizophora apiculata* from Lampung coastal. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 24(4), 114–119. Universitas Lampung & Institut Teknologi Sumatera. Bandar Lampung. <https://doi.org/10.14710/jksa.24.4.114-119>
- Lacret, R., Varela, R. M., & Molinillo, J. M. G. (2012). Tectonoelins, new norlignans from a bioactive extract of *Tectona grandis*. *Phytochemistry Letters*, 5(2), 382–386. Elsevier. Amsterdam.
- Lavelli, V., & Kerr, W. L. (2019). Moisture Properties And Stability Of Novel Bioactive Ingredients. In *Bioactive Compounds In Food* (pp. 33–54). Academic Press. London. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817190-5.00002-1>
- Masturi, W. N., Jannah, R. M., Maulana, T., Darsono, S., & Rustad, S. (2020). Mechanical And Physical Properties Of Teak Leaves Waste/Polyurethane Composites For Particleboard Application. *Advanced Composites Letters*. SAGE Publications. London. <https://doi.org/10.1177/2633366X20962507>
- Muin, R., Anggraini, D., Malau, F. (2017). Karakteristik Fisik Dan Antimikroba Edible film Dari Tepung Tapioka Dengan Penambahan Gliserol Dan Kunyit Putih. *Jurnal Teknik kimia*, 23 (3), 194. Universitas Sriwijaya. Ogan Ulir.
- Ningrum, R.S., Sondari, D., Purnomo, D., Amanda, P., Burhani, D., Rodhibilah, F.I. (2021). Karakterisasi Edible film Dari Pati Sagu Alami Dan Termodifikasi. *Jurnal Kimia & Kemasan*, 43(2), 95-102. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Paine, F. A., & Paine, H. Y. (1992). *Dried and moisture sensitive foods* (pp. 296–314). Springer. Boston. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2810-4_11
- Ramadhani, P. D., Supriyadi, Hendrasty, H. K., Laksana, E. M. B., Santoso, U. (2023). Karakteristik Edible film Aktif Berbasis Kitosan dengan Penambahan Ekstrak Daun Jati. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 34(1), 1-12. Institut Pertanian Bogor. Bogor <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtiphttps://doi.org/10.6066/jtip.2023.34.1.1>
- Santoso, B. (2020). *Edible film : Teknologi Dan Aplikasinya*. Noerfikri Offset. Palembang.
- Sapru, V., & Labuza, T. P. (1994). Dispersed Phase Concentration Effect On Water Vapor Permeability In Composite Methyl Cellulose-Stearic Acid Edible films. *Journal of Food Processing and Preservation*, 18(5), 359–368. Wiley. New Jersey. <https://doi.org/10.1111/J.1745-4549.1994.TB00259.X>
- Sewda, K., & Maiti, S. N. (2009). Mechanical Properties of Teak Wood Flour-Reinforced HDPE Composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 112(3), 1826–1834. Wiley. Hoboken. <https://doi.org/10.1002/APP.29696>
- Tapia-Blácido, D. R., Chieragato Maniglia, B., & Tosi, M. M. (2018). Transport Phenomena in Edible films (pp. 149–192). Springer. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94625-2_7
- Usin, S. G. (2022). Antibacterial Properties and Phytochemicals Screening of *Tectona grandis* (Teak) Leaf Extracts against Bacteria Implicated from Upper Respiratory Tract Infections. *Journal of Phytomedicine Research*, 1(1), 1–6. Phytomedicine Research Society. Lagos. <https://doi.org/10.58489/2836-2187/004>
- Wang, Y., Li, J., Guo, X. Qian, F., & Lv, Y. (2021). Active biodegradable polyvinyl alcohol-hemicellulose/tea polyphenc excellent moisture resistance ultrasound assistance for foc Coatings, 11(2), 219. MDPI. Basel. <https://doi.org/10.3390/coatings11020219>

- World Health Organization. (2015). Estimates of the global burden of foodborne diseases. World Health Organization. Geneva.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565165>
- Zhang, L., & Li, W. (2020). Antimicrobial Activity Of Plant Extracts In Edible films. Journal of Food Chemistry, 322, 126804. Elsevier. Amsterdam.