

Karakteristik Label Film *Smart Packaging* dari Ekstrak Bunga Senduduk (*Melastoma malabathricum* L.) Menggunakan *Carrier* dari Kertas, Kitosan dan Pati

Characteristics of Smart Packaging Film Labels from Senduduk Flower Extract (*Melastoma malabathricum* L.) Using *Carriers* from Paper, Chitosan and Starch

Dini Novita Sari^{1a}, Annisa Putri¹, Kiki Yulianto¹

¹Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Kota Padang, Sumatera Barat, 25163

^aKorespondensi : Dini Novita Sari, E-mail: dininovita@ae.unand.ac.id

Diterima: 02 - 02 - 2026 , Disetujui: 30 - 04 - 2026

ABSTRACT

Smart packaging film labels are used as indicator labels to determine the freshness of a product by utilizing natural dyes, namely senduduk flower extract containing anthocyanins. The purpose of this study was to determine the best type of carrier on the senduduk flower extract color indicator smart packaging film label, namely chitosan, Whatman paper, and starch. Test parameters include label response to NaOH and NH₃, water vapor transmission rate, thickness, tensile strength, elongation percentage, water content, and inhibition power. The results showed that the senduduk flower extract produced a deep red color with a pH value of 2, differences in carrier types affected the resulting characteristics. The best carrier based on the characteristic assessment was the starch carrier type. The response of starch carrier to NaOH and NH₃ vapor produced was the best because it produced the clearest color change response based on the average RGB value, the thickness test of starch carrier was better than paper and chitosan with a thickness of 0.1 mm, water content of 16.52%, water vapor transmission rate of 0.74 g/hour m², and a resistance of 9 mm, mechanical properties against tensile strength of 48.78 N/cm² and a percentage elongation value of 14.97%.

Keywords: carrier, chitosan, whatman paper, senduduk flower extract, starch

ABSTRAK

Label film *smart packaging* digunakan sebagai label indikator untuk menentukan kesegaran suatu produk dengan memanfaatkan zat warna alami yaitu ekstrak bunga senduduk yang mengandung antosianin. Tujuan penelitian ini adalah menentukan jenis *carrier* terbaik pada label film *smart packaging* indikator warna ekstrak bunga senduduk yaitu kitosan, kertas *Whatman*, dan pati. Parameter uji meliputi respon label terhadap NaOH dan NH₃, laju transmisi uap air, ketebalan, kuat tarik, persentase pemanjangan, kadar air, dan daya hambat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada ekstrak bunga senduduk menghasilkan warna merah pekat dengan nilai pH 2, perbedaan jenis *carrier* berpengaruh terhadap karakteristik yang dihasilkan. *Carrier* terbaik berdasarkan penilaian karakteristik yaitu pada jenis *carrier* pati. Respon *carrier* pati terhadap NaOH dan uap NH₃ yang dihasilkan paling baik karena menghasilkan respon perubahan warna paling jelas berdasarkan nilai rata-rata nilai RGB, uji ketebalan *carrier* pati lebih baik dibandingkan kertas dan kitosan dengan ketebalan 0,1 mm, kadar air 16,52%, laju transmisi uap air 0,74 g/jam m², dan daya hambat 9 mm, sifat mekanik terhadap kuat tarik 48,78 N/cm² dan nilai persentase pemanjangan 14,97%.

Kata kunci: carrier, ekstrak bunga senduduk, kitosan, kertas whatman, pati

PENDAHULUAN

Teknologi pengemasan bahan makanan telah berkembang pesat. Kemasan makanan tidak hanya melindungi makanan dari kontaminasi tetapi juga dapat memberikan informasi kualitas produk pada kemasan serta dapat memperpanjang umur simpan makanan dan mengurangi limbah kemasan (Suyang et al., 2025), (Jafarzadeh et al., 2024), (Ayaseh et al., 2022), (Zhao et al., 2022). Smart packaging adalah jenis kemasan dengan indikator eksternal atau internal untuk menunjukkan kualitas makanan pada kemasan (Robertson, 2016). Penggunaan indikator cerdas sangat membantu konsumen untuk mengidentifikasi perubahan kualitas produk yang terjadi selama proses penyimpanan dan pendistribusian. *Smart packaging* dapat digunakan untuk menentukan kualitas makanan tanpa harus membuka kemasannya seperti pembusukan akibat perubahan pH, suhu, atau kelembapan (Robertson, 2016).

Perubahan kualitas makanan dengan penggunaan indikator cerdas melalui perubahan warna sehingga konsumen mudah mengidentifikasi perubahan kualitas produk selama penyimpanan dan pendistribusi. Indikator alami dapat digunakan untuk mengukur tingkat pH atau larutan asam basa dengan menggunakan bahan-bahan alami dari tumbuhan (Muna & Mulyanti, 2021), bahan alami yang digunakan mengandung pigmen warna yang mencolok dan pekat (merah, ungu, dan biru), kadar air yang banyak, pada bunga memiliki tekstur yang halus dan lembut (Mulyanti & Kadraohman, 2021). Berdasarkan penelitian Kurniawan et al. (2023) pembuatan label indikator menggunakan carrier jenis kitosan, pati dan kertas memanfaatkan ekstrak secang sebagai label indikator warna yang mengandung senyawa brazilin mampu menghasilkan perubahan warna pada perubahan pH. Pemilihan zat warna yang berpotensi sebagai pembawa indikator alami pada penelitian ini yaitu pigmen antosianin dari bunga senduduk. Bunga senduduk dapat digunakan sebagai pewarna alami pada label indikator karena menghasilkan warna khas pada kondisi pH tertentu serta memiliki sifat mudah larut dalam air (Zhao et al., 2020).

Proses penyerapan pada senyawa antosianin didasarkan pada reaksi asam basa, yaitu antosianin dalam kondisi asam pada pH 1-3 akan menghasilkan warna merah hingga merah muda, sedangkan pada pH yang cenderung basa akan memberikan warna biru (Perdani, 2023). Antosianin dapat menghasilkan pigmen warna alami yang memiliki range warna merah, ungu, biru, dan hijau kekuningan (Perdani, 2023), (Aprilliani & Cici, 2022), (Khoo et al., 2017). Senyawa antosianin digunakan sebagai indikator karena stabilitas antosianin berubah sesuai dengan pH lingkungannya (Fang et al., 2023). Antosianin menjadi lebih stabil dengan meningkatnya gugus metoksil (warna merah) dan kestabilan menurun dengan meningkatnya gugus hidroksil (warna biru) pada cincin B antosianidin (Enaru et al., 2021). Antosianin sebagai pigmen alami yang sensitif terhadap perubahan kondisi pH dapat digunakan sebagai indikator pada *smart packaging* (Yessica, 2023).

Material pembawa atau carrier yang membawa zat warna merupakan komponen penting yang mempengaruhi kinerja indikator makanan selama proses penyimpanan makanan. Pemilihan material pembawa dengan reagen akan memberikan pengaruh terhadap proses imobilisasi untuk menghasilkan respon yang maksimal. Kertas, kitosan, dan pati merupakan material yang efektif digunakan karena memiliki sifat ramah lingkungan, biodegradabel, dan kompatibel dengan berbagai senyawa bioaktif (Ali et al., 2021). Berdasarkan penelitian Fiardilla et al. (2023) menghasilkan edible film dengan menggunakan kitosan dan PVA serta ekstrak daun senduduk mampu menghasilkan karakteristik fisik yang baik. Serta berdasarkan penelitian Ramadhani et al. (2025) menghasilkan *edible film* pati tapioka dengan karakteristik fisik yang baik. Pemanfaatan warna dari buah senduduk dan tomat pada *edible film* pati singkong mampu memberikan kestabilan gelamai selama penyimpanan (Amini, et al., 2025). Kitosan memiliki sifat antimikroba dan daya tahan mekanis yang baik, sedangkan kertas dan pati memiliki fleksibilitas serta kemudahan dalam proses

fabrikasi (Sanyang et al., 2019). Kombinasi ketiga material ini dengan indikator pH berbasis antosianin diharapkan dapat menghasilkan label film yang efektif, ramah lingkungan, dan dapat digunakan dalam industri kemasan. Berdasarkan uraian tersebut tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jenis *carrier* terbaik pada label film *smart packaging* dengan indikator warna ekstrak bunga senduduk yaitu kitosan, kertas *Whatman*, dan pati.

MATERI DAN METODE

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu jenis pembawa/*carrier* (A) dengan 3 taraf perlakuan yaitu Kertas (A1), film kitosan (A2) dan Pati (A3). Masing-masing perlakuan dilakukan 3 kali ulangan.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah oven (Philips Haris), *software Image-J*, *blender* (Philips), *laminar air flow* (Teltstar BV-100), *hotplate* (B-One), *autoclave* (Hirayama HVE-50), *magnetic stirrer*, neraca analitik (B-One), *rotary evaporator* (Buchi), inkubator (Leec), *Tensile Strength Tester* (Lloyd), kotak kedap udara, cawan petri, desikator, erlenmeyer, pipet, gelas ukur, dan gelas piala. Bahan-bahan yang digunakan adalah bunga senduduk segar, etanol 96% (Merck), asam sitrat, aquadest, kertas saring *Whatman* No. 1, asam asetat glasial 1% (Merck), kitosan, akuades, tepung tapioka, gliserol, NH_4OH 1N, dan NaOH 20%, cetakan plat kaca dengan ukuran 15 cm x 15 cm, dan aluminium foil.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan yaitu ekstraksi bunga senduduk, pembuatan label film indikator dari kitosan, pati dan kertas dengan mengaplikasikan ekstrak bunga senduduk pada lembar label film.

Ekstraksi Bunga Senduduk

Bunga senduduk segar dihaluskan dengan *blender* kemudian dicampur dengan pelarut etanol 96% dan asam sitrat 3% dari jumlah pelarut. Proses ekstraksi dilakukan secara maserasi. Proses maserasi dilakukan selama 3 hari di ruang gelap. Maserat atau ekstrak cair disaring dengan menggunakan kertas *Whatman* No.1, sehingga diperoleh ekstrak cair kemudian ekstrak diuapkan menggunakan alat *rotary evaporator* selama 50 menit pada suhu 50 °C (Guntur et al., 2021).

Pembuatan Label Film Indikator

Label Film kitosan (Warsiki & Wahyono, 2012)

Serbuk kitosan dilarutkan dalam larutan asam asetat glasial 1% dan gliserol per 100 ml. Kitosan dilarutkan dalam 70 ml larutan asam asetat glasial 1%, larutan dipanaskan selama 60 menit pada suhu 40°C, tambahkan 30 ml aquades dan 1 ml gliserol hingga tersuspensi sempurna. Setelah homogen dituang kedalam cetakan dari plat kaca dengan ukuran 15 cm x 15 cm. Selanjutnya dikeringkan dan diberi ekstrak bunga senduduk pada suhu 50°C *label film* yang telah kering dikeluarkan dari cetakan plat kaca.

Kertas Indikator (Imawan et al., 2018)

Kertas saring *Whatman* No. 1 dipotong ukuran 2x2 cm. Pewarnaan dilakukan perendaman potongan kertas ke dalam ekstrak bunga senduduk selama 5 detik. Selanjutnya kertas dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C.

Label Film Pati (Widyastuti et al., 2022)

Campur dan homogenkan pati tapioka, gliserol dan akuades. Campuran dipanaskan pada suhu 70°C sambil terus dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* selama 20 menit sampai terjadi gelatinisasi pati. Kemudian tuang pada cetakan plat kaca ukuran 15 cm x 15 cm.

Larutan dikeringkan dengan suhu 50°C dan diberi ekstrak bunga senduduk dengan metode oles.

Analisis

Analisis yang dilakukan yaitu pengujian respon dan stabilitas label indikator yaitu dengan pengujian respon NaOH (Warsiki & Wahyono, 2012), pengujian respon uap NH₃ (Riyanto et al., 2014), pengujian laju transmisi uap air (Wirawan et al., 2017), pengujian ketebalan (Wirawan et al., 2017), kuat tarik (Setiani et al., 2013), persentase pemanjangan (Setiani et al., 2013), pengujian daya hambat (Miksusanti et al., 2013) dengan menggunakan bakteri *Escherichia coli* sebagai mikroba uji, untuk menentukan efektivitas label film indikator dan kadar air (Syukri et al., 2021).


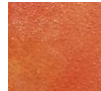
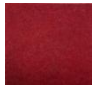
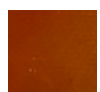

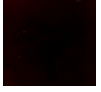
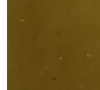

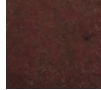
HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon dan Stabilitas Label Indikator

a. Respon NaOH

Pengujian respon label film indikator terhadap basa dengan pH 10 dengan perendaman dalam larutan NaOH 20% menghasilkan perubahan warna. Uji respon indikator terhadap NaOH mengalami perubahan warna yang jelas ditunjukkan oleh ketiga label film yaitu label film pati, label film kitosan maupun label film kertas dengan penurunan total RGB cukup tinggi yaitu dengan menunjukkan perubahan warna. Respon label film indikator terhadap penurunan nilai RGB terhadap respon NaOH dan respon uap NH₃ dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Respon Label Film Indikator terhadap Larutan NaOH

Keadaan Awal	Keterangan	Film Pati	Film Kitosan	Kertas <i>Whatman</i> No. 1
Awal	Warna			
	Total RGB	119,530	124,261	68,054
Respon NaOH	Warna			
	Total RGB	63,575	25,158	4,263
Respon Uap NH ₃	Warna			
	Total RGB	63,302	3,872	52,388

Respon label film indikator terhadap basa dilakukan dengan perendaman pada larutan NaOH 20% pada kondisi pH 10. Hasil uji respon indikator terhadap uap NaOH mengalami perubahan warna label film yang sangat jelas pada ketiga jenis bahan *carrier*, perubahan tersebut dapat dilihat dengan adanya penurunan total nilai RGB cukup signifikan yaitu dengan menunjukkan perubahan warna pada label film. Label film pati menunjukkan perubahan warna sangat berbeda setelah kontak dengan larutan NaOH. Warna awal label film pati yaitu berwarna merah dengan total nilai RGB 119,530 setelah menerima respon NaOH total nilai RGB menjadi 63,575 dengan menghasilkan warna merah pekat. Warna awal label film kitosan yaitu merah kecoklatan dengan total nilai RGB 124,261 dengan menghasilkan warna merah kecoklatan, setelah menerima respon NaOH total nilai RGB menjadi 25,158 dengan menghasilkan warna merah kehitaman. Warna awal label film kertas *Whatman* No.1 yaitu merah pekat dengan total nilai RGB 68,054, setelah menerima respon NaOH total nilai RGB menjadi 4,263 dengan menghasilkan warna kehitaman. Ketiga label film indikator memiliki respon perubahan warna yang cukup signifikan terhadap respon larutan NaOH dengan selisih

nilai RGB pada perubahan warna film pati yaitu 55,955; selisih perubahan warna film kitosan yaitu 99,103; selisih perubahan warna film kertas saring *Whatman* No. 1 yaitu 63,791. Perubahan warna setelah direndam dalam NaOH mengalami penurunan diikuti oleh perubahan nilai total RGB pada masing-masing indikator (pati, kitosan dan kertas). Hal ini sesuai dengan penelitian Warsiki dan Wahyono (2012), bahwa label indikator yang baik terhadap respon produk selama penyimpanan yaitu terjadi perubahan karakteristik warna terhadap senyawa asam dan basa yang membuktikan terjadinya penurunan mutu produk pangan (Warsiki & Wahyono, 2012).

Berdasarkan perubahan nilai RGB pada setiap *carrier* dengan respon NaOH menunjukkan perubahan warna dari antosianin karena perubahan pH. Antosianin pada setiap *carrier* mengalami degradasi menghasilkan wana gelap. Kondisi ini disesuaikan dengan penyimpanan suatu bahan dengan label film indikator yang menghasilkan gas *volatile* seperti NaOH yang terbentuk dari pembusukan pangan (Wang & Liu, 2024). Hal tersebut juga sesuai dengan penelitian Kurniawan *et al.* (2023) sechang yang mengandung antosianin menunjukkan perubahan warna terhadap NaOH, khususnya pada *carrier* pati dan kertas.

b. Respon Uap NH₃

Pengujian sensitivitas terhadap label film indikator dilakukan dengan uap NH₃ dari NH₄OH 1N yang menguap didalam wadah tertutup dalam konsidi kedap. Selama pengujian label film indikator akan bereaksi dengan uap NH₃, sehingga terjadi perubahan warna. Ketiga jenis label film indikator menghasilkan reaksi perubahan warna yang sangat jelas mulai menit pertama. Kertas *Whatman* No.1 mengalami reaksi perubahan warna lebih awal, kemudian diikuti dengan perubahan respon warna pada label film kitosan dan kemudian selanjutnya respon pada label film pati pada menit ke-10. Pengamatan dilakukan selama 60 menit.

Hasil pengujian respon label film indikator terhadap uap NH₃ dapat mengalami perubahan warna dengan menunjukkan penurunan total nilai RGB yang cukup signifikan, warna tersebut berubah paling cepat setelah 1 menit kontak dengan uap NH₃ kemudian setelah 10 menit kontak dengan uap NH₃. Label film pati menunjukkan perubahan cukup signifikan setelah kontak dengan uap NH₃. Warna awal label film pati yaitu warna merah dengan total nilai RGB 119,530, setelah menerima respon uap NH₃ total nilai RGB menjadi 63,302 dengan menghasilkan warna coklat. Warna awal label film kitosan yaitu warna merah kecoklatan dengan total nilai RGB 124,261, setelah menerima respon uap NH₃ total nilai RGB menjadi 73,872 dengan menghasilkan warna coklat gelap. Warna awal label film kertas *Whatman* No.1 dari warna awal yaitu merah pekat dengan total nilai RGB 68,054, setelah menerima respon uap NH₃ total nilai RGB menjadi 52,388 dengan menghasilkan warna coklat kehitaman. Selisih perubahan warna nilai RGB label film pati yaitu 56,228, selisih perubahan warna label film kitosan yaitu 50,389 dan selisih perubahan warna label film kertas saring yaitu 15,666.

Berdasarkan perubahan warna *carrier* dari respon uap NH₃ pada kondisi basa memicu perubahan warna antosianin dari merah menjadi gelap, kondisi ini menyesuaikan dengan uap NH₃ dari pembusukan daging yang menyebabkan perubahan warna pada film kitosan, film kitosan berubah warna pada menit pertama Ketika terpapar uap NH₃ (Kurniawan *et al.*, 2023). Hal ini sesuai dengan penelitian Ma *et al.* (2024) bahwa label film mampu mendeteksi pembusukan melalui pH dan uap basa NH₃.

Karakteristik Label Film Indikator

Hasil pengujian terhadap karakteristik label film indikator dapat dilihat pada Tabel 2 dengan hasil analisis terhadap warna secara visual, laju transmisi uap air, ketebalan, kuat tarik, persentase pemanjangan, daya hambat dan kadar air.

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Label Film Indikator

Parameter	Film Pati	Film Kitosan	Kertas <i>Whatman</i> No. 1
Warna	Merah	Merah kecoklatan	Merah pekat
Laju Transmisi Uap Air (g/jam m ²)	0,74	1,47	2,55
Ketebalan (mm)	0,15	0,10	0,05
Kuat Tarik (N/cm ²)	48,78	26,89	72,32
Persentase Pemanjangan (%)	14,97	0,96	0,71
Daya Hambat (mm)	9	7,25	17,67
Kadar Air (%)	16,52	23,60	19,23

a. Warna

Ekstrak bunga senduduk yang telah dipekatkan menghasilkan warna merah yang sangat pekat yaitu merah kehitaman dengan nilai pH 2 dan nilai RGB 22,507 yaitu lebih mendekati kearah warna yang semakin gelap. Dalam sistem pewarnaan RGB, nilai komponen merah (R), hijau (G), dan biru (B) yang mendekati 0 menghasilkan warna yang gelap atau hitam, sedangkan nilai yang mendekati 225 menghasilkan warna yang terang atau mendekati putih, tergantung pada kombinasi ketiga komponennya. Dalam menentukan nilai RGB pada sampel menggunakan software ImageJ menggunakan skala 0-255 untuk setiap komponen warna RGB, jadi nilai 0 untuk R, G, dan B akan menghasilkan warna hitam pekat, dan nilai 255 untuk ketiganya akan menghasilkan putih pekat (Pu, 2005).

Warna pada ekstrak bunga senduduk adalah merah pekat karena pigmen alami yang terkandung dalam bunga yaitu antosianin sebagai senyawa flavonoid. Pigmen tersebut dapat menghasilkan warna merah, oranye, ungu, hingga biru pada bunga yang berwarna merah hingga ungu, warna yang dihasilkan oleh antosianin tergantung pada tingkat keasaman (pH) (Ningsih et al., 2023). Penampilan warna awal label film indikator dapat dilihat pada Tabel 1.

Jenis carrier pati, kitosan dan kertas dapat menjadi matriks pembawa yang baik untuk warna ekstrak bunga senduduk. Ekstrak bunga senduduk yang dioles pada label film memiliki karakteristik warna merah pekat pada kondisi asam. Namun secara umum karakteristik mekanis dari carrier yang dibuat dalam bentuk film dari pati, kitosan dan kertas *Whatman* No,1 memberikan pengaruh terhadap jenis label yang diberikan atau terhadap pemberian warna dari ekstrak bunga senduduk.

Warna label film pati yang dihasilkan yaitu merah, pada label film kitosan merah kecoklatan dan pada label film kertas *Whatman* No.1 berwarna merah pekat. Karakteristik warna ekstrak bunga senduduk yang dioleskan pada label film tidak mengalami perubahan sebelum dan setelah pengeringan. Hal ini menunjukkan bahwa jenis carrier pati dapat mengadsorbsi dengan baik warna dari ekstrak bunga senduduk, tanpa bereaksi dengan gugus aktif yang dimilikinya. Pada pati, setelah terjadinya proses gelatinisasi pati, larutan pati memiliki sifat yang lebih hidrofilik (Fatriasari et al., 2019). Kondisi tersebut memungkinkan terjadinya adsorbsi pewarna ekstrak bunga senduduk pada sisi hidrofilik pati.

Perubahan warna pada label film kitosan dapat disebabkan kerusakan pada antosianin karena penggunaan suhu selama pengeringan atau telah terjadi reaksi antosianin dengan kitosan. Menurut Fadilla et al (2025) adanya gugus amino (NH₂) pada kitosan memiliki kereaktifan kimia yang tinggi, serta dalam strukturnya memiliki gugus hidrosil sekunder dan primer (Fadilla et al., 2025). Sedangkan warna pada kertas *Whatman* No. 1 sebagai carrier merupakan warna antosianian ekstrak bunga senduduk pada pH asam. Hal ini menunjukkan bahwa media selulosa nitrat dapat mengadsorbsi pewarna ekstrak bunga senduduk terserap dengan baik, tanpa mengalami reaksi dengan gugus aktif yang dimilikinya Sebagai polimer yang bersifat hidrofilik, membran selulosa nitrat lebih mudah mengadsorbsi antosianin dari ekstrak bunga senduduk (Fatriasari et al., 2019).

b. Laju Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air atau WVTR adalah pengukuran terhadap kemampuan uap air untuk melalui suatu bahan tanpa mempertimbangkan ketebalan bahan atau tekanan udara di dalam dan di luar bahan (Pudjiastuti et al., 2013). Karakteristik label film yang baik yaitu tidak mudah dilewati oleh uap air atau memiliki laju transmisi uap air yang rendah. Label film yang baik pada pengaplikasiannya adalah film yang memiliki WVTR seminimal mungkin. Baldwin et al. (2011) menjelaskan bahwa batas maksimum laju transmisi uap air menurut *Japanese Industrial Standard* yaitu 10 g/m^2 (Baldwin et al., 2011).

Label dari kertas *Whatman* menghasilkan laju transmisi uap air paling tinggi karena terbuat dari selulosa dengan porositas yang besar, sifat selulosa yang sangat hidrofilik sehingga mudah menyerap menyebabkan laju perpindahan uap air yang sangat cepat dan mampu mengalirkan udara yang tinggi (Warsiki & Wahyono, 2012). Sedangkan pati yang tersusun atas amilosa dan amilopektin membentuk matriks film lebih rapat yang mampu memperlambat difusi uap air (Lusiana et al., 2021), sehingga menjadi penghalang yang baik terhadap uap air. Hasil pengujian laju transmisi uap air label film indikator dapat dilihat pada Tabel 2.

c. Ketebalan

Ketebalan label film menentukan kelayakan label film dapat diaplikasikan pada produk pangan karena ketebalan dapat mempengaruhi sifat fisik dan kimia label film, seperti kuat tarik, pemanjangan, dan permeabilitas uap air. Ketebalan label film dipengaruhi oleh banyaknya volume larutan film dan luas cetakan yang digunakan. Semakin banyak volume larutan film yang dituangkan ke dalam cetakan dengan ukuran tertentu, semakin tebal film yang dihasilkan. Persentase padatan bahan baku dan plasticizer yang digunakan juga mempengaruhi ketebalan film yang dihasilkan. Semakin tinggi persentase padatan, semakin tebal film yang dihasilkan (Nofrida et al., 2014). Pengolesan ekstrak bunga senduduk tidak memberi pengaruh terhadap ketebalan label film yang dihasilkan. Hasil pengujian ketebalan label film indikator dapat dilihat pada Tabel 2.

Ketebalan label film pati yaitu 0,15 mm, label film kitosan 0,10 mm dan ketebalan kertas *Whatman* No.1 yaitu 0,05 mm. Label film indikator dari kertas memiliki ketebalan yang jauh lebih kecil dibandingkan label film pati dan label film kitosan. Semakin tebal label film maka permeabilitas uap atau gas akan semakin rendah sehingga proses mobilisasi analit untuk dapat bereaksi dengan gugus aktif antosianin dari ekstrak bunga senduduk semakin lambat (Panjaitan et al., 2019). Label film pati memiliki ketebalan paling besar, ukuran pori-pori film pati dapat menunjukkan reaksi yang lebih baik karena memiliki ukuran pori $14,60 \mu\text{m} \pm 0,03 \mu\text{m}$ (Pramasari et al., 2020), lebih besar dari kertas selulosa nitrat *Whatman* No.1 yang memiliki ukuran pori-pori $11 \mu\text{m}$ (Lemon, 2025). Ketebalan label film mempengaruhi respon indikator terhadap analit yang diujikan, hal ini berkaitan dengan laju transmisi uap air dan gas pada label atau film. Semakin tebal film semakin rendah laju transmisi uap air dan gas. Hal ini berpengaruh pada proses respon keberadaan analit oleh indikator lebih lambat (Distantina et al., 2009).

Nilai ketebalan dapat mempengaruhi karakteristik mekanis dari label film seperti nilai persentase pemanjangan, laju transmisi uap air, dan kuat tarik (Tong et al., 2023). Hal tersebut berbanding lurus dengan hasil analisis, pada nilai ketebalan label film berpengaruh secara signifikan terhadap nilai persentase pemanjangan, semakin tinggi nilai ketebalan maka akan meningkatkan nilai persentase pemanjangan. Tong et al. (2023) pada penelitiannya menyatakan bahwa ketebalan yang baik dan ideal untuk digunakan sebagai label film berkisar antara 0,1 mm. Nilai ketebalan juga dapat mempengaruhi laju transmisi uap air (Tong et al., 2023). Pada penelitian ini, penyeragaman ketebalan tidak dilakukan karena setiap *carrier* memiliki karakteristik fisik dan struktur yang berbeda, terutama pada kertas *Whatman* yang

ketebalannya tidak dapat dimodifikasi, berbeda dengan label film indikator dari pati dan kitosan yang dipengaruhi oleh struktur polimer dan viskositas larutan.

d. Kuat Tarik

Kuat tarik adalah gaya maksimum yang dapat ditahan label film hingga terputus (Putri et al., 2021). Berdasarkan penelitian (Syahputra et al., 2022), uji kuat tarik dilakukan dengan mengukur kekuatan maksimum yang dapat ditahan suatu benda ketika diregangkan atau ditarik sebelum film tersebut sobek (Syahputra et al., 2022). Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian kuat tarik label film indikator.

Berdasarkan hasil pengujian label film indikator terhadap kuat tarik, menghasilkan kuat tarik label film pati yaitu 48,78 N/cm², label film kitosan yaitu 26,89 N/cm² dan label kertas *Whatman* No.1 yaitu 72,32 N/cm². Label indikator dengan *carrier* kitosan memiliki kuat tarik lebih rendah dibandingkan pati dan kertas. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh struktur polimer dan interaksi antar molekul. Semakin tinggi nilai kuat tarik yang diperoleh, maka semakin kuat material tersebut dalam menahan tarikan.

Kertas *Whatman* memiliki struktur mikro serat yang kuat dan teratur, sehingga memiliki sifat mekanik yang baik (Kumar et al., 2019). Meskipun film pati memiliki amilosa (rantai lurus) yang berkontribusi pada kekuatan, strukturnya cenderung semi kristalin. Film pati yang murni biasanya lebih kaku dan kuat dibandingkan kitosan. Semakin tinggi kandungan amilosa pada pati, semakin tinggi kuat tariknya karena amilosa mampu membentuk struktur polimer yang lebih kuat dan padat (Sondari et al., 2020). Film Kitosan murni cenderung lebih amorf (tidak teratur) dan kurang padat dibandingkan film pati, yang menyebabkan nilai kuat tarik label film kitosan terendah.

Penambahan gliserin dapat menurunkan kuat tarik pada edible film pati tapioka. Karena terdapat gaya intermolekuler di antara rantai struktur menyebabkan nilai kuat tarik menurun. Hal ini terjadi karena gugus -OH dari gliserin dan gugus -CH dari ekstrak bunga senduduk berinteraksi satu sama lain, menyebabkan rantai polimer menjadi sulit bergerak (Hasanah et al., 2022).

e. Persentase Pemanjangan

Berdasarkan hasil pengujian label film indikator terhadap persentase pemanjangan, menghasilkan persentase pemanjangan pada label film pati yaitu 14,97%, label film kitosan yaitu 0,96% dan label kertas *Whatman* No. 1 yaitu 0,71%. Label film indikator dengan *carrier* pati memiliki persentase pemanjangan lebih tinggi dibandingkan dengan label film kitosan dan kertas *Whatman*. Nilai pemanjangan pada label film belum mencapai kriteria yang baik yaitu harus bernilai di atas 50%, nilai pemanjangan yang tinggi saat putus menunjukkan bahwa edible film dapat merenggang dengan baik sampai putus, dan sebaliknya. Nilai pemanjangan yang baik adalah di atas 50% dan nilai pemanjangan yang buruk adalah di bawah 10% (Baldwin et al., 2011). Hasil pengujian persentase pemanjangan label film dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, hanya label film pati yang menunjukkan elastisitas yang cukup baik yaitu masih diatas 10%. Sedangkan label film kitosan dan label kertas *Whatman* No. 1 masih dibawah 10% artinya nilai pemanjangannya belum cukup baik. Selama proses pengolesan atau pemberian ekstrak bunga senduduk tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai pemanjangan, namun faktor lain dapat lebih berperan dalam menentukan sifat mekanik dari label film yang dihasilkan seperti pengaruh dari sifat dasar atau karakteristik stuktural *carrier* atau material pembentuk film.

f. Daya Hambat

Pengujian daya hambat dilakukan untuk mengetahui kemampuan pengaplikasian label film indikator dalam mencegah kerusakan terhadap bakteri selama penyimpanan atau pendistribusian suatu produk. Berdasarkan hasil pengujian label film indikator terhadap daya

hambat dengan menggunakan bakteri *Escherichia coli* sebagai mikroba uji, maka membuktikan bahwa label film dari ketiga jenis *carrier* setelah pemberian ekstrak pekat bunga senduduk memiliki kemampuan sebagai daya hambat pertumbuhan bakteri. Diperoleh hasil pengujian terhadap daya hambat dengan diameter daya hambat label film pati yaitu 9 mm, label film kitosan yaitu 7,25 mm dan label kertas *Whatman* No. 1 yaitu 17,67 mm. Hasil pengujian daya hambat label film indikator dapat dilihat pada Table 2.

Daya hambat ditandai dengan adanya daerah bening pada potongan label film indikator yang diuji dan digunakan untuk menentukan tingkat kekuatan ekstrak bunga senduduk pada *carrier* yang diuji dengan menggunakan bakteri *Escherichia coli*. Daya hambat berdasarkan kategori diameter <5 mm daya hambat lemah, 5-10 mm daya hambat sedang, 10-20 mm daya hambat kuat dan >20 mm daya hambat sangat kuat (Oroh et al., 2015). Berdasarkan pernyataan tersebut maka kertas *Whatman* No.1 termasuk dalam kriteria daya hambat kuat karena diameter zona hambat yang dihasilkan paling besar, sedangkan label film pati dan kitosan memiliki kriteria daya hambat sedang. Hal tersebut tentunya karena adanya ekstrak bunga senduduk pada masing-masing label film. Ekstrak bunga senduduk mampu menghambat pertumbuhan bakteri karena mengandung saponin, tanin, dan flavonoid yang berperan sebagai antibakteri selain itu jenis *carrier* juga mempengaruhi besar zona hambatan.

Label film indikator dari kertas *Whatman* No.1 memiliki daya hambat yang paling kuat dibandingkan dengan Label film indikator pati dan kitosan idsebabkan oleh beberapa sifat fisik dan kimia kertas, kertas *Whatman* merupakan selulosa murni yang memiliki porositas sedang, struktur yang stabil permukaan serat yang homogen, sehingga mampu melepaskan zat terkarut dan senyawa aktif lebih cepat pada suatu media. Sedangkan kitosan memiliki gugus fungsi reaktif yang membentuk interaksi ionik dengan senyawa fenolik, sehingga interaksi tersebut dapat memperlambat pelepasan senyawa aktif, serta kitosan juga memiliki pori-pori kecil dan sifat mengikat air (Lusiana et al., 2021). Sedangkan pati sebagai *carrier* memiliki struktur semi kristalin yang mengandung amilosa dan amilopektin yang dapat memerangkap atau memperlambat difusi suatu senyawa (Winarti et al., 2012).

g. Kadar Air

Berdasarkan hasil pengujian label film indikator terhadap kadar air, menghasilkan kadar air label film pati yaitu 16,52%, label film kitosan yaitu 23,60% dan label kertas *Whatman* No.1 yaitu 19,23%. Label film indikator dengan *carrier* pati memiliki kadar air lebih rendah dibanding label film kitosan dan kertas. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh ketebalan film, proses pengeringan serta kandungan bahan pada setiap *carrier*. Lama waktu pengeringan pada label film indikator serta ketebalan larutan pada saat dituang kedalam cetakan, dapat menjadi penyebab perbedaan nilai kadar air. Setiap sisi pada lembaran film yang sama belum tentu memiliki ketebalan yang sama sehingga berpengaruh pula pada susut bobot film tersebut (Setiautami & Warsiki, 2013). Jika dilihat dari hasil yang diperoleh, label film dari kertas dan pati memiliki kestabilan kadar air lebih baik daripada kitosan. Hasil pengujian kadar air label film indikator dapat dilihat pada Table 2.

Berdasarkan penelitian Ni et al. (2021) bahwa *film biodegradable* berbahan kitosan memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan dengan film *biodegradable* berbahan *sodium alginate* dan polisakarida lain yang digunakan yaitu pati ganyong dan konjak glukomanan. Hal ini mungkin terjadi karena film *biodegradable* yang terbuat dari polisakarida memiliki ikatan gugus hidroksil yang mengikat hidrogen dengan air (Ni et al., 2021). Pada pembuatan *film biodegradable*, kitosan dan polisakarida berbeda dalam jenis penggunaan pelarut. Kitosan dilarutkan dengan asam asetat sehingga memiliki ikatan elektrostatis dan ikatan hidrogen. Selain itu, aktivitas protonasi melibatkan gugus amino pada kitosan dan asam asetat. Akibatnya, kitosan terionisasi positif, yang memungkinkan memiliki *water holding capacity* yang lebih besar dan menghasilkan nilai kadar air yang lebih tinggi (Shen et al., 2022).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak bunga senduduk memiliki potensi sebagai indikator alami perubahan pH pada label film *smart packaging*, memberikan respon warna pada kondisi asam dan basa. Jenis *carrier* berpengaruh signifikan terhadap karakteristik fisik dan kimia label film indikator. Label indikator pati sebagai *carrier* terbaik untuk membawa warna ekstrak bunga senduduk karena memberikan respon warna yang cepat, stabilitas tinggi, serta sifat fisik dan mekanik yang paling optimal. Label film pati menunjukkan kadar air dan laju transmisi uap air paling rendah serta respon warna yang baik terhadap basa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., Ahmed, S., & Imran, M. (2021). Recent advances in label films and coatings for shelf-life extension of fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 337(127674). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127674>.
- Amini, H., Anggraini, T., & Syukri, D. (2025). Kajian Efektivitas Edible Film Pati Singkong Dengan Penambahan Ekstrak Buah Senduduk dan Tomat dalam Menjaga Kualitas Galamai. *Skripsi*. Padang: Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Andalas.
- Aprilliani & Cici. (2022). Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). PT. Global Eksekutif Teknologi. <http://www.globaleksekutifteknologi.co.id>.
- Ayaseh, A., Alirezalu, K., Milad, Y., Zahra, R., Shima, J., Krystian, M., & Mousavi, K. A. (2022). Production of nitrite-free frankfurter-type sausages by combining ϵ -polylysine with beetroot extracts: An assessment of microbial, physicochemical, and sensory properties. *Food Bioscience*, 49, 101936. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101936>.
- Baldwin, E. A., Hagenmaier, R. D., & Bai, J. (2011). Edible coatings and films to improve food quality, *second edition*. In *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality, Second Edition*.
- Distantina, S., Danarto, Y., & Fahrurrozi, M. (2009). Pengaruh Kondisi Proses pada Pengolahan *Eucheuma Cottonii* terhadap Rendemen dan Sifat Gel Karagenan. *Ekuilibrum*, 8(1), 35–40.
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/antiox10121967>.
- Fadilla, A. A., Nurrahmi, S., & Rani, S. R. A. (2025). Potensi Kitosan dari Cangkang Internal Cumi Sebagai Adsorben Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Sungai Tallo Sulawesi Selatan. *Journal Online of Physics*, 10(2), 123–128. <https://doi.org/10.22437/jop.v10i2.38100>.
- Fang, Y., Xu, Q., Wang, Y., & Zhang, X. (2023). Advances in anthocyanin-based smart packaging for food products. *Trends in Food Science & Technology*, 132, 82–94. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.01.005>.
- Fatriasari, W., Masruchin, N., & Hermiati, E. (2019). *Selulosa Karakteristik dan Pemanfaatannya*. In LIPI Press.
- Fiardilla, F., Putri, P.G., & Sundari, U.T. (2023). Karakteristik Fisik dan Aktivitas Antioksidan Edible Film dari Ekstrak Daun Senduduk (*Melastoma malabathricum* L). *Pengembangan Agroindustri Terapan*, 2 NO. 2.
- Guntur, A., Selena, M., Bella, A., Leonarda, G., Leda, A., Setyaningsih, D., & Riswanto, F. D. O. (2021). Kemangi (*Ocimum basilicum* L.): Kandungan Kimia, Teknik Ekstraksi, dan Uji Aktivitas Antibakteri. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 9(3), 513–528. <https://doi.org/10.22146/jfpps.3376>.
- Hasanah, P.R. B. & Nasution, E. (2022). Karakterisasi Edible Film Dari Campuran Tepung Tapioka Kitosan, Gliserin, Dan Ekstrak Kulit Manggis (*Gracinae Mangostana*) Untuk Kemasan Buah Apel Malang (*Malus Domestica*). *Jurnal Sains Kimia*.
- Imawan, C., Fitriana, R., Listyarini, A., Sholihah, W., & Pudjiastuti, W. (2018). Kertas Label Kolorimetrik Dengan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Indikator Pada Kemasan Pintar Untuk Mendeteksi Kesegaran Susu. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 40(1), 25. <https://doi.org/10.24817/jkk.v40i1.3525>.
- Jafarzadeh, S., Yildiz, Z., Yildiz, P., Strachowski, P., Forough, M., Esmaili, Y., Naebe, M., & Abdollahi, M. (2024). Advanced technologies in biodegradable packaging using intelligent sensing to fight food waste. *International Journal of Biological Macromolecules*, 261(P1), 129647. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129647>.

- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food and Nutrition Research*, 61(1). <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>.
- Kumar, S., Pandey, C. M., Hatamie, A., Simchi, A., Willander, M., & Malhotra, B. D. (2019). Nanomaterial-Modified Conducting Paper: Fabrication, Properties, and Emerging Biomedical Applications. *Global Challenges*, 3(12). <https://doi.org/10.1002/gch2.201900041>.
- Kurniawan, M.F., Fitrilia, T., Nacing, N., Chosida, H.N. (2023). Pembuatan Label indikator Ekstrak Secang (*Caelsapinia sappan* L.) Menggunakan Carrier Jenis Kitosan, Pati, dan Kertas. *Jamb.J.Chem*, 5 (1), 82-89.
- Lemon, K. (2025). Whatman No 1 filter paper-s why are they so frequently used. <https://www.camlab.co.uk/blog/whatman-no-1-filter-papers-why-are-they-so-frequently-used>.
- Lusiana, R.A., Suseno, A., Khabibi & Faradina, C.G. (2021). Pengaruh Tripolifosfat sebagai Agen Taut Silang pada Membran Kitosan Terhadap Karakter Fisikokimia dan Kemampuan Permeasi. *Greensphere: J. Environ. Chem*, 1 (1) 2021: 19-24.
- Ma, Y., Wen, L., Liu, Y. (2024). Chitosan-Enhanced pH-Sensitive Anthocyanin Indicator Film for the Accurate Monitoring of Mutton Freshness. *Polymers*, 16(6), 849.
- Miksusanti, Herlina & Masril, K.I. (2013). Antibacterial and antioxidant of uwi (*Dioscorea alata* L) starch label film incorporated with ginger essential oil. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 3(4): 354-356.
- Mulyanti, S., & Kadraohman, A. (2021). Students Attitude Towards Green Chemistry And Its Application. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1806(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012181>.
- Muna, M. N., & Mulyanti, S. (2021). Indikator Asam-Basa Dari Alam: Review Literatur Berdasarkan Teori Dan Praktek. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia 2021*, 62–71.
- Ni, Y., Sun, J. S., & Wang, J. (2021). Enhanced antimicrobial activity of konjac glucomannan nanocomposite films for food packaging. *Carbohydrate Polymers*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118215>.
- Ningsih, I. , Chatri, M., & Advinda, L. (2023). Flavonoid Active Compounds Found In Plants Senyawa Aktif Flavonoid yang Terdapat Pada Tumbuhan. *Serambi Biologi*, 8, 126–132.
- Nofrida, R., Warsiki, E., & Yuliasih, I. (2014). the Effect of Storage Temperature on the Erpa Leaf Color Indicator Label. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 23(3), 232–241.
- Oroh, S. B., Kandou, F. E., Pelealu, J., & Pandiangan, D. (2015). Uji Daya Hambat Ekstrak Metanol Selaginella Delicatula dan Diplazium Dilatatum Terhadap Bakteri Staphylococcus Aureus dan Escherichia coli Inhibition Test of Mrthanol Extract of Selaginella Delicatula and Diplazium Dilatatum Againts Bacteria Staphylococcu. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(1), 53–57.
- Panjaitan, N., Ulyarti, U., Mursyid, M., & Nazarudin, N. (2019). Modifikasi Pati Uwi Kuning (*Dioscorea Alata*) Menggunakan Metode Presipitasi Serta Aplikasinya Untuk Edible Film. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 23(2), 196–204. <https://doi.org/10.25077/jtpa.23.2.196-204.2019>.
- Perdani, A. W. (2023). Mini Review : Ekstraksi Antosianin Sebagai Pewarna Makanan Dengan Bantuan Ultrasonik. *Food and Nutrition Research*, 18(1).
- Pramasari, D. A., Sondari, D., Adi, D. S., Widyaningrum, B. A., Fajar, A., Putri, R., Restu, W. K., & Putri, E. H. (2020). Karakteristik Pati Berpori Mikro dari Tapioka Hasil Perlakuan Amilase Sebagai Agen Penjerapan Minyak. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 25(2), 71. <https://doi.org/10.23960/jtihp.v25i2.71-80>.
- Pu, I. M. (2005). Fundamental Data Compression. *In Fundamental Data Compression*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-6310-6.X5000-4>.
- Pudjiastuti, W., Listyarini, A., & Rizki, M. I. (2013). Pengaruh Laju Transmisi Uap Air Polimer Blend Polibutilen Suksinat (PBS) dan Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Terhadap Umur Simpan Sup Krim Instan Rasi. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 35(1), 1. <https://doi.org/10.24817/jkk.v35i1.1867>.
- Putri, N. R., Nofiandi, D., & Khotimah, K. (2021). Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film dari Pati Bonggol Pisang Kepok (*Musa balbisiana* Colla). *Jurnal Katalisator*, 6(2), 211–222.
- Riyanto, R., Hermana, I., & Wibowo, S. (2014). Karakteristik Plastik Indikator sebagai Tanda Peringatan Dini Tingkat Kesegaran Ikan dalam Kemasan Plastik. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 9(2), 153. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v9i2.108>.
- Robertson, G. L. (2016). *Food Packaging*. CRC Press.

- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. (2019). Recent developments in sugar palm (*Arenga pinnata*) based biocomposites and their potential industrial applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105, 196–207. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.051>.
- Setiani, W., Sudiarti, T., dan Rahmidar, L. (2013). Preparasi dan Karakterisasi Label Film dari Poliblend Pati Sukun Kitosan. *Valensi*, (3):100-109.
- Setiautami, A., & Warsiki, E. (2013). Pembuatan Kemasan Cerdas Indikator Warna dengan Pewarna Bit (*B. vulgaris* L. var *cicla* L.). [IPB]. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/63517>.
- Shen, W., Yan, M., Wu, S., Ge, X., Liu, S., Du, Y., Zheng, Y., Wu, L., Zhang, Y., & Mao, Y. (2022). Chitosan nanoparticles embedded with curcumin and its application in pork antioxidant edible coating. *International Journal of Biological Macromolecules*, 204. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.02.025>.
- Sondari, D., Kusumaningrum, W. B., Akbar, F., Putri, R., Fahmiati, S., Sampora, Y., & Muawanah, A. (2020). Penambahan Fraksi Amilosa Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanis Edible Film Pati Tapioka. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 42(2), 74. <https://doi.org/10.24817/jkk.v42i2.6095>.
- Syahputra, S. Y., Agustina, R., & Putra, B. S. (2022). Kuat Tarik Edible Film Bahan Dasar Pati Sagu Dengan Penambahan Sorbitol. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2), 464–471. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i2.19598>.
- Syukri, D. (2021). *Bagan Alir Analisis Proksimat Bahan Pangan (Volumetri dan Gravimetri)*. Padang: Andalas University Press.
- Tong, W. Y., Rafiee, A. R. A., Leong, Chean Ring, Tan, W. N., Dailin, Joe Daniel Joe Almarhoon, Zainab M Shelkh, M., Nawaz, A., & Chuah, L. F. (2023). Development of sodium alginate-pectin biodegradable active food packaging film containing cinnamic acid. *Chemosphere*, 336. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139212>.
- Wang, C., & Liu, C. A. (2024). pH-Sensitive Intelligent Packaging Film Harnessing Anthocyanin for Food Freshness Monitoring. *Food Bioprocess Technol* 17, 5312–5323. <https://doi.org/10.1007/s11947-024-03431-y>.
- Wang, S., Yan, M., Wang, F., Chenhui, L., Yichi, L., Shenzhuo, Z., Ma, M. S., & Liqiang, W. (2025). Development of cellulose-based self-healing hydrogel smart packaging for fish preservation and freshness indication. *Carbohydrate Polymers*, 348(Part A), 122806. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.122806>.
- Warsiki, E., & Wahyono, D. (2012). Pembuatan label film indikator warna dengan pewarna alami dan sintesis. *Jurnal Agroindustri Indonesia*, 1(2), 82–88.
- Widyastuti, S., Rhenny Ratnawati, & Priyono, N. S. (2022). Pembuatan Bioplastik Berbahan Baku Limbah Organik dengan Penambahan Tepung Tapioka dan Gliserol. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 11(4), 677–684. <https://doi.org/10.29244/jpsl.11.4.677-684>.
- Winarti, C., Miskiyah & Widaningrum. (2012). Teknologi Produksi Dan Aplikasi Pengemas Edible Antimikroba Berbasis Pati. *J. Litbang Pert*, Vol. 31 No. 3, 85-93.
- Wirawan, I. D. A., Pratiwi, A.R., & Ananingsih. (2017) Aplikasi karagenan *Eucheuma cottonii* dengan penambahan minyak sawit dalam pembuatan label film. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(4): 145-149.
- Yessica. (2023). Pemanfaatan Antosianin Sebagai Indikator Pada Smart Film Packaging untuk Mendeteksi Kesegaran Produk Pangan. *Zigma*, 38(2), 60–72.
- Zhao, C., Wang, F., & Lian, Y. (2020). Extraction, characterization, and application of anthocyanins from fruits: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(9), e14. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14701>.
- Zhao, L., Liu, Y., Zhao, L., & Wang, Y. (2022). Anthocyanin-based pH-sensitive smart packaging films for monitoring food freshness. *Journal of Agriculture and Food Research*, 100340. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100340>.