

INDIKATOR PINTAR BERBASIS KITOSAN - ANTOSIANIN LIMBAH KULIT BAWANG MERAH UNTUK DETEKSI KESEGERAN DAGING BABI

Received 26th September 2023,
Accepted 26th February 2024

DOI: 10.32938/jcsa.v2i1.5284

Felisitas Kefi*, Risna Erni Yati Adu, Gebhardus Djugian Gelyaman

Program Studi Kimia, Fakultas Pertanian, Sains dan Kesehatan, Universitas Timor, Indonesia

*Email: fessykefi@gmail.com

Abstrak

Indikator pintar untuk deteksi kesegaran daging babi telah dibuat dari kitosan dan pewarna antosianin. Tujuan penelitian ini untuk mempelajari karakteristik kimia dan fisika dari indikator kesegaran berbasis kitosan – antosianin dan menguji respon indikator terhadap perubahan pH dan perubahan kesegaran daging babi. Tahapan penelitian meliputi preparasi dan ekstraksi limbah kulit bawang merah secara maserasi, fabrikasi film dengan metode *solution casting* dan karakterisasi film yang terdiri dari uji kimia dan fisika serta uji respon film. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa film berkisar dari 0,65 – 1,18 gr dan kadar air sebesar 0,085% - 0,035%. Identifikasi gugus fungsi dengan FTIR menunjukkan adanya serapan khas dari antosianin dan kitosan pada bilangan gelombang 3622 cm⁻¹ untuk gugus OH, bilangan gelombang 2349 cm⁻¹ untuk gugus C-H alifatik, bilangan gelombang 1623cm⁻¹-1670 cm⁻¹ untuk gugus C=C, bilangan gelombang 1516 cm⁻¹ untuk gugus NH dan gugus C-O-C pada bilangan gelombang 1063-1070 cm⁻¹. Indikator pintar berbasis antosianin limbah kulit bawang merah memberikan respon terhadap perubahan pH dan perubahan kesegaran daging babi tetapi perbedaan warna yang dihasilkan tidak signifikan.

Kata kunci: Antosianin, Indikator pintar, Limbah kulit bawang merah

1. Pendahuluan

Daging babi merupakan salah satu bahan pangan yang bernilai gizi tinggi. Daging babi kaya akan protein, lemak dan gula yang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Karena kandungan gizi dan kandungan air yang tinggi, menyebabkan daging mudah sekali mengalami kerusakan mikrobiologi. Kerusakan mikrobiologi dapat mengakibatkan perubahan bentuk, tekstur, menimbulkan bau dan juga rasa¹. Hal ini juga dapat berdampak bagi turunnya nilai gizi dan daya simpan daging babi tersebut dalam kemasan.

Kemasan daging khas lokal di NTT umumnya belum mencantumkan *expired date* atau tanggal kadaluarsanya. Hal ini menyebabkan para konsumen membeli daging tersebut tanpa melihat apakah masih layak untuk dikonsumsi atau tidak. Untuk memastikan kelayakan konsumsi dari daging dalam kemasan, konsumen perlu membuka kemasan dan menentukan secara subjektif melalui uji sensorik.

Beberapa tahun terakhir ini telah dibuat suatu kemasan pintar yang dapat berfungsi sebagai pendeteksi, perekam komunikasi, dan perasa yang disebut sebagai *intelligent packaging*². Salah satu konsep kemasan pintar adalah adanya indikator kesegaran di dalam kemasan. Indikator kesegaran

merupakan penentu kualitas kesegaran yang menggunakan indikator pH. Indikator pH menghasilkan perubahan warna pada pH tertentu. Perubahan warna tersebut merupakan hasil interaksi antara pewarna yang sensitif dengan senyawa *volatile* dalam kemasan³.

Indikator kesegaran dapat dibuat dari pewarna alami dan sintetis. Pewarna alami lebih digemari karena tidak toksik dan mudah diperoleh. Salah satu pewarna alami yang dapat digunakan adalah antosianin. Antosianin adalah pigmen alami dari golongan senyawa flavonoid. Pigmen ini bertanggung jawab atas warna orange, merah muda, merah, ungu dan biru pada bunga dan buah-buahan dari beberapa tanaman. Antosianin hadir di berbagai organ tanaman seperti buah, bunga, batang, biji, daun, akar dan kulit. Antosianin juga merupakan salah satu zat warna yang peka terhadap pH⁴.

Beberapa peneliti telah menggunakan antosianin dalam fabrikasi indikator kesegaran. Antosianin dari ekstrak ubi jalar ungu telah diaplikasikan untuk deteksi kesegaran daging ayam menunjukkan adanya perubahan warna ungu pada daging segar dan ungu kebiru-biruan pada daging yang tidak segar⁵. Antosianin dari kulit buah juwet telah diterapkan sebagai indikator kesegaran fillet ikan tuna, terjadi perubahan warna film dari ungu tua, ungu muda hingga abu-abu seiring dengan

perubahan kesegaran fillet ikan⁶. Antosianin dari bunga sepatu telah diaplikasikan untuk kesegaran tomat ceri, film menampilkan perubahan warna dari abu-abu tua hingga ungu kemerahan⁴. Antosianin dari ubi jalar ungu dapat digunakan untuk deteksi kesegaran sayuran cabai hijau dengan perubahan warna dari ungu muda saat masih segar dan hijau tua saat sudah membusuk⁷.

Berdasarkan hasil studi literatur, antosianin kulit bawang merah masih terbatas pemanfaatannya, oleh karena itu pada penelitian ini peneliti memanfaatkan antosianin dari limbah kulit bawang merah yang diembankan pada polimer kitosan. Polimer kitosan dipilih sebagai pengemban antosianin karena film yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik, kuat, elastis dan fleksibel⁸, serta tidak beracun dan biodegradable sehingga aman digunakan untuk aplikasi yang berhubungan dengan makanan dan ramah lingkungan⁹. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu ekstraksi antosianin, fabrikasi dan karakterisasi film yang meliputi uji kimia, fisika, uji respon film terhadap pH dan uji respon film terhadap perubahan kesegaran daging babi.

2. Metodologi

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit bawang merah, daging babi, kitosan, aquades, gliserol, kertas saring dan tisu.

2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, timbangan analitik, FTIR (Shimadzu), gelas beaker, gelas ukur, erlenmeyer, corong, pipet tetes, batang pengaduk, toples, hot plate, magnetic stirrer, cawan petri, indikator pH universal, aluminium foil, pH meter, desikator dan oven.

2.3 Prosedur Kerja

Preparasi sampel dan pembuatan ekstrak kulit bawang merah

Kulit bawang merah dibersihkan, dicuci, dikeringkan lalu diblender dan diayak sampai halus sehingga didapatkan serbuk kulit bawang merah. Serbuk yang dihasilkan ditimbang 100 gr, dicampur dengan aquades sebanyak 1000 mL dan direndam selama 24 jam lalu disaring dan diperoleh ekstrak kulit bawang merah.

Pembuatan film

*Pembuatan film kitosan + aquades*¹⁰

Ditimbang kitosan sebanyak 2 gr dan diukur aquades 100 mL kemudian dilakukan pengadukan selama ± 20 menit menggunakan magnetic stirrer hingga menjadi hidrogel, lalu dituangkan ke cawan petri dan diberi kode FK, dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Kemudian diangkat dan didinginkan dalam desikator selama ± 20 menit, diambil dan ditimbang film yang sudah kering.

Pembuatan film antosianin + kitosan

Ditimbang kitosan sebanyak 2 gr dan diukur ekstrak antosianin 100 mL, kemudian dituang ke dalam gelas beaker dan dimasukkan kitosan sedikit demi sedikit sambil distirrer selama ± 20 menit sampai larutan menjadi hidrogel, setelah itu dituang ke dalam cawan petri dan diberi kode FKA, kemudian dioven pada suhu 80°C selama 24 jam sampai hidrogelnya kering lalu film didinginkan dan dilepaskan dari cetaknya untuk dikarakterisasi.

Pembuatan film kitosan + antosianin + gliserol

Ditimbang kitosan sebanyak 2 gr dan diukur ekstrak antosianin 50 mL, kemudian dilakukan pengadukan selama ± 20 menit menggunakan magnetic stirrer, ditambahkan gliserol sebanyak 1 mL dan diaduk sampai larutan menjadi hidrogel lalu dituangkan ke cawan petri dan diberi kode FKAG, dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Kemudian diangkat dan didinginkan dalam desikator selama ± 20 menit, diambil dan ditimbang film yang sudah kering.

Karakterisasi film

Analisis gugus fungsi dengan FTIR dimana sampel ditempatkan ke dalam set holder, kemudian dicari spektrum yang sesuai. Spektrum FTIR direkam menggunakan spektrofotometer pada suhu ruang.

Pengukuran massa film dilakukan untuk mengetahui berat film. Film yang telah dikeringkan, ditimbang dengan menggunakan neraca analitik dan dicatat hasilnya.

Pengujian kadar air dilakukan dengan metode gravimetri. Ditimbang berat awal film yang sudah dipotong ukuran 2x2 cm² dan cawan, setelah itu dioven film dan cawan pada suhu 70°C selama 1 jam kemudian film diambil dan ditimbang. Dilakukan pengulangan proses tersebut hingga diperoleh berat film konstan. Kadar air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(a+b)-c}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat cawan kosong (gram)

b = berat sampel (gram)

c = berat akhir (gram)

Uji respon film terhadap pH

Film dengan ukuran 2x2 cm² ditempatkan di atas cawan petri lalu ditetesi dengan larutan buffer pH 2-10, setelah itu dikeringkan dan ditempatkan di atas piring putih lalu diamati perubahan warna.

Analisis pH daging babi

Sampel daging babi yang telah dihancurkan, kemudian diambil sebanyak 10 g dihomogenkan dengan 10 mL aquades, kemudian ditentukan pH daging babi¹².

Uji respon film terhadap daging babi

Daging babi ditimbang 10 gr, setelah itu diletakkan di atas cawan petri, disimpan pada suhu kamar lalu diamati perubahan pH selama 4 hari sampai membusuk, kemudian diamati dan di catat nilai pH.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Preparasi dan ekstraksi kulit bawang merah

Sampel yang digunakan dalam pembuatan film adalah sampel kulit bawang merah kering. Selama proses pengeringan di bawah sinar matahari terdapat perubahan warna dan tekstur. Kulit bawang merah yang segar berwarna merah, setelah proses pengeringan terjadi perubahan warna menjadi merah pucat, serta perubahan tekstur menjadi kaku. Perubahan warna tersebut disebabkan karena adanya panas dan terjadinya foto-oksidasi pada kulit bawang merah, sedangkan perubahan tekstur disebabkan karena adanya penurunan kadar air dari kulit bawang merah. Peneliti sebelumnya menyatakan bahwa serbuk kulit bawang merah yang dihasilkan dari proses penghalusan dengan blender dapat memperluas permukaan dan membantu pemecahan dinding sel yang dapat memaksimalkan proses ekstraksi¹¹.


Ekstraksi zat warna alami pada kulit bawang merah dilakukan dengan menggunakan metode meserasi dan pelarut aquades. Metode meserasi selain sederhana juga tidak menggunakan pemanasan pada suhu tinggi yang dapat menghilangkan senyawa aktif yang terdapat dalam sampel¹². Penggunaan aquades sebagai pelarut sampel didasarkan pada kemampuannya dalam melarutkan antosianin dan juga sifat kepolarannya (sifat pelarut dan zat terlarut harus sama). Aquades merupakan pelarut yang tepat untuk melarutkan antosianin berdasarkan prinsip "*like dissolved like*". Senyawa antosianin bersifat polar dan akan larut secara maksimal dalam pelarut yang bersifat polar seperti aquades¹³. Dari proses ekstraksi limbah kulit bawang merah diperoleh ekstrak berwarna merah pekat. Ekstrak memiliki bau khas dari kulit bawang merah yang sangat tajam. Warna merah pekat mengindikasikan bahwa ekstrak zat warna kulit bawang merah mengandung pigmen antosianin. Zat warna antosianin pada kondisi asam didominasi oleh kation *flavylium* yang stabil¹⁴. Zat warna dari limbah kulit bawang merah digunakan dalam fabrikasi film.

3.2 Fabrikasi film

Indikator film dibuat menggunakan zat warna alami berupa antosianin dari limbah kulit bawang merah. Zat warna diembankan pada polimer kitosan dan *plasticizer* berupa gliserol dengan metode *solution casting*. Hasilnya ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Table 1. Hasil Fabrikasi Film

Kode film	Hasil	Karakteristik	
		Warna	Tekstur
FK		Putih transparan	Kaku dan rapuh
FKA		Merah kecoklatan	Kaku dan rapuh

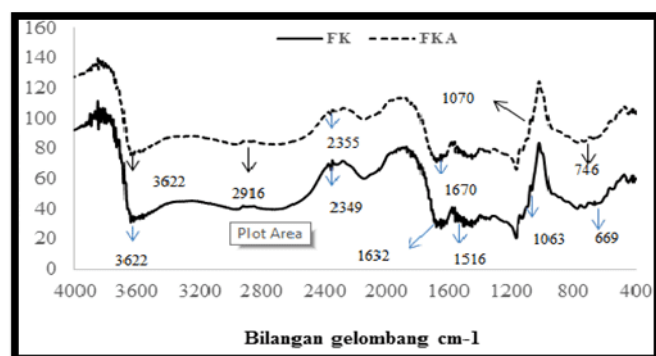
FKAG		Merah kecoklatan	Elastis, tipis dan tidak rapuh
------	------------------------------------------------------------------------------------	------------------	--------------------------------

Tabel 1 menunjukkan bahwa film kitosan berwarna transparan karena belum ditambahkan zat warna antosianin. FK dan FKA memiliki tekstur yang kaku dan juga rapuh. Kekakuan dan kerapuhan dari film kitosan disebabkan karena adanya ikatan hidrogen antar molekul yang semakin kuat sehingga mudah diputus akibatnya sifat film yang dihasilkan rapat dan kaku¹⁵. Film yang dibuat dengan polimer murni bersifat rapuh dan juga kaku¹⁶. Film kitosan antosianin gliserol berwarna merah kecoklatan karena adanya penambahan zat warna alami. Film bersifat elastis dan tipis karena telah ditambahkan gliserol sebagai *plasticizer*. Penggunaan gliserol dapat mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas film, dengan cara mengubah ikatan hidrogen internal antar molekul primer yang berdekatan dan juga adanya penurunan ikatan kohesi antar polimer yang telah diisi oleh gliserol dengan meningkatkan ruang kosong antar molekul¹⁷.

3.3 Karakterisasi Film

Gugus fungsi yang terdapat pada film kitosan sebelum dan setelah penambahan antosianin dianalisis dengan FTIR. Pengukuran dilakukan pada bilangan gelombang 4000-500 cm^{-1} . Hasil analisis gugus fungsi dengan FTIR dapat dilihat pada **Gambar 2**. Spektra FT-IR menunjukkan adanya serapan pada rentang bilangan gelombang 3622 cm^{-1} untuk gugus -OH dari film kitosan dan film kitosan antosianin. Munculnya serapan pada bilangan gelombang 2355 - 2916 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus CH_3 dan CH_2 dari film kitosan antosianin, yang sesuai dengan penelitian¹ bahwa munculnya gugus CH_2 dan CH_3 pada bilangan gelombang 2855 - 2926 cm^{-1} . Adanya gugus C-H alifatik pada bilangan gelombang 2349 cm^{-1} dari film kitosan sesuai dengan penelitian sebelumnya¹⁸ bahwa pada bilangan gelombang 2891 cm^{-1} muncul gugus fungsi C-H alifatik. Kemudian pita serapan pada bilangan gelombang 1632 - 1670 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=C aromatik dari film kitosan antosianin dan gugus N-H pada bilangan gelombang 1516 cm^{-1} dari film kitosan yang menunjukkan adanya keberadaan amina primer yang merupakan serapan khas kitosan. Pita serapan bilangan gelombang 1063 - 1070 cm^{-1} merupakan serapan gugus C-O-C dari film kitosan antosianin dan pita serapan pada bilangan gelombang 746 - 669 cm^{-1} , merupakan serapan oleh gugus C-H aromatik dan C-H alkena dari film kitosan dan film kitosan antosianin. Serapan khas yang terkait dengan film yang mengandung antosianin adalah serapan oleh gugus hidroksil dan gugus aromatik. Ciri

kelas kelompok senyawa antosianin yaitu memiliki gugus fungsi OH, C=O, C-O-C, C=C¹.



Gambar 1. Spektra FTIR Film Kitosan (FK) dan Film Kitosan Antosianin (FKA)

Spektra FTIR dari film kitosan dapat dianggap mirip setelah ditambahkan antosianin. Sebagian besar puncak FK dan FKA menampilkan pita serapan yang serupa akan tetapi sedikit berbeda dalam intensitas puncak. Penambahan antosianin meningkatkan intensitas serapan IR oleh gugus fungsi. Hasil FTIR menunjukkan adanya beberapa pergeseran puncak ke bilangan gelombang yang lebih rendah setelah penambahan antosianin. Hal ini karena ada peningkatan pada massa film kitosan antosianin. Interpretasi spektra FTIR FKA dan FK ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Karakteristik serapan antosianin dan kitosan dalam spektra FTIR.

Daerah serapan (cm ⁻¹)		Gugus fungsi	
FKA	FK	Antosianin	Kitosan
3622	3622	OH	OH
2916	2349	CH ₃	C-H alifatik
2355	1632	CH ₂	C=O
1670	1516	C=C aromatik	N-H bengkakan
1070	1063	C-O-C	C-O-C
746	669	C-H aromatik	C-H alkena

Massa film pada penelitian ini ditentukan untuk mengetahui perubahan massa film setelah penambahan antosianin dan gliserol, sedangkan kadar air ditentukan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung di dalam film yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar air maka waktu simpan film semakin pendek karena akan semakin cepat terkontaminasi mikroba. Sebaliknya semakin rendah kadar air maka waktu simpan film lebih bertahan lama. Hasil perhitungan massa film dan kadar air dapat dilihat pada **Tabel 3** di bawah.

Tabel 3. Masa film dan kadar air

Kode Film	Massa (gr)	Kadar air (%)
FK	0,65	0,085
FKA	0,67	0,077
FKAG	1,18	0,035

Hasil penimbangan massa film pada **Tabel 3** menunjukkan adanya peningkatan massa dari FK, FKA dan FKAG. Film kitosan mempunyai massa lebih kecil dibandingkan dengan film kitosan antosianin dan film kitosan antosianin gliserol. Hal ini disebabkan karena dalam pembuatan film kitosan tidak ditambahkan komponen antosianin dan gliserol. Film kitosan antosianin dan film kitosan antosianin gliserol memiliki massa lebih besar dari film kitosan hal ini disebabkan karena adanya penambahan komponen antosianin pada FKA dan penambahan antosianin dan gliserol pada FKAG yang terikat pada kitosan dan menambah berat molekul serta kerapatan pada film tersebut. Peningkatan massa film disebabkan karena adanya penambahan berat molekul yang menyusun film tersebut, sebaliknya semakin rendah massa film disebabkan karena tidak adanya penambahan berat molekul pada film yang dihasilkan¹⁹.

Dapat dilihat di **Tabel 3** bahwa kadar air dari ketiga film yang dihasilkan mengalami penurunan ketika ditambahkan antosianin dan gliserol. FK memiliki kadar air rata-rata 0,085%, FKA 0,077 % dan FKAG 0,035 %. FKA dan FKAG mengalami penurunan kadar air yang disebabkan karena bahan padatan yang terlarut dalam larutan pembuatan film menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen antar molekul pada film. Faktor lain yang berpengaruh terhadap perbedaan kadar air yaitu kelembaban udara sekitar yang berkaitan dengan tempat penyimpanan bahan, sifat, dan jenis bahan maupun perlakuan²⁰. Syarat mutu film yang baik menurut SNI 06-3735-1995 adalah memiliki kadar air maksimum sebesar 16%.

Hasil pengujian respon film terhadap perubahan pH ditampilkan pada **Tabel 4** berikut:

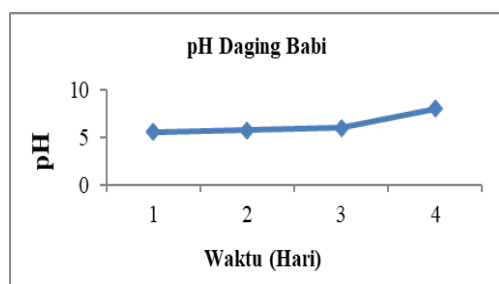
Tabel 4. Respon film terhadap pH

Kode film	pH		
	2	4	6
FK			
FKA			
FKAG			

Dari **Tabel 4** di atas dapat dilihat bahwa ketiga film tidak mengalami perubahan warna secara signifikan. FK tidak mengalami perubahan warna karena tidak mengandung zat pewarna. FKA dan FKAG mengalami perubahan warna menjadi merah pada pH 2 dan berubah warna menjadi orange pada pH 6 dan orange kekuningan pada pH 10. Hal ini berbeda

dengan penelitian sebelumnya²¹ dimana pada pH rendah antosianin ada sebagai kation *flavylium*, yang menunjukkan warna merah paling intens. Pada pH 4–5, hidrasi cepat kation *flavylium* menghasilkan spesies *karbinol pseudobase* dan *kalkon* yang tidak berwarna, akibatnya intensitas warna merah menurun. *Anhydrobase quinoidal* terbentuk karena deprotonasi lebih lanjut dari kation *flavylium*, yang menunjukkan rona ungu pada pH 7 dan *anhydrobase* yang terionisasi menjadi biru tua pada pH 8.

Analisis pH daging babi dilakukan untuk mengetahui perubahan pH akibat perubahan kualitas daging selama penyimpanan. Daging babi disimpan selama 4 hari dan diukur pH setiap hari. Hasilnya ditunjukkan pada **Gambar 3** berikut:



















Gambar 3. Kurva pH daging babi

Umur simpan dan kualitas daging babi dapat diamati dengan adanya perubahan pH selama penyimpanan. Dapat dilihat pada **Gambar 3**, pH daging babi mengalami perubahan selama penyimpanan 4 hari. Pada hari pertama daging babi memiliki pH 5,59. Hari kedua pH daging babi meningkat menjadi 5,73. Hari ketiga daging babi mengalami peningkatan pH menjadi 6,00 dan hari keempat pH daging babi meningkat lagi menjadi 8,00. Kenaikan pH daging babi seiring dengan lama penyimpanan dan bertambahnya mikroba yang tumbuh². Daging babi yang disimpan beberapa hari dan membusuk akan menghasilkan enzim endogen dan mikroba. Enzim dan mikroba ini yang dapat mendegradasi protein dalam daging menjadi amonia dan amina serta senyawa basa lainnya seperti NH_3 dan H_2S yang dapat meningkatkan pH⁷.

Uji respon film terhadap daging dilakukan untuk mengetahui perubahan warna film akibat perubahan kesegaran daging babi. Perubahan warna film diamati setelah mengalami kontak dengan daging selama 4 hari penyimpanan. Hasil pengukuran dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Uji respon film terhadap daging babi

Kode Film	Lama Penyimpanan			
	1	2	3	4
				

FK				
FKA				
FKAG				

Tabel 5 menunjukkan penampakan visual dari daging dan perubahan warna film. FK tidak mengalami perubahan warna, meskipun daging mengalami perubahan kesegaran. FKA dan FKAG memiliki kecenderungan untuk berubah warna seiring dengan perubahan kesegaran daging babi selama penyimpanan walaupun warna yang dihasilkan tidak signifikan. Film kitosan antosianin ketika bersentuhan dengan irisan daging mengalami perubahan warna selama penyimpanan 12–24 jam²². Film yang awalnya berwarna hijau berubah menjadi merah muda dan berubah menjadi kuning-hijau pada waktu paparan 24 jam.

4. Kesimpulan

Karakteristik kimia dan fisika dari FKA yang dihasilkan menunjukkan adanya beberapa gugus fungsi yang khas seperti gugus OH, C=O, C-O-C, C=C dan gugus NH. FKA memiliki massa sebesar 0,67 gr dan kadar air sebesar 0,077 %. Indikator kesegaran berbasis antosianin limbah kulit bawang merah memiliki respon terhadap perubahan pH dan perubahan kesegaran daging babi tetapi perbedaan warna yang dihasilkan tidak signifikan.

Referensi

- (1) Syarifah, I., & Novarieta. (2015). Deteksi Salmonella Sp Pada Daging Sapi Dan Ayam (Detection of Salmonella Sp in Beef and Chicken Meats). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan Dan Veteriner, 29A, 675–680.
- (2) Rahardjo, K. K. E., & Widjanarko, S. B. (2015). Biosensor pH Berbasis Antosianin Stroberi Dan Klorofil Daun Suji Sebagai Pendeteksi Kebusukan Fillet Daging Ayam. Jurnal Pangan Dan Agroindustri, 3(2), 333–344.
- (3) Nurfawaidi, A., Kuswandi, B., & Wulandari, L. (2018). Pengembangan Label Pintar Untuk Indikator Kesegaran Daging Sapi Pada Kemasan. E-Jurnal Pustaka Kesehatan, 6(2), 199–204.
- (4) Fitriani, D. E., Kuswandi, B., & Wulandari, L. (2022). Penggunaan Indikator Film Edible Berbasis Antosianin Hibiscus Rosa-Sinensis L Untuk Monitoring Kesegaran Tomat Ceri. E-Jurnal Pustaka Kesehatan, 10(1), 26–32.
- (5) Rusdianto, A. S., Wiyono, A. E., & Tauvika, N. (2021). Penentuan Tingkat Kesegaran Daging Ayam Menggunakan Label Pintar Berbasis Ekstrak Ubi Jalar Ungu. Jurnal Agroindustri, 11(1), 11–22.

- (6) Amongsari, L., Kuswandi, B., & Kristiningrum, N. (2020). Pengembangan Sensor Kesegaran Edible Untuk Fillet Ikan Tuna (*Thunnus Albacares*) Berbasis Antosianin Kulit Buah Juwet (*Syzygium Cumini*) Dengan Membran Selulosa Bakterial E-Journal Pustaka Kesehatan, 8(2), 66–71.
- (7) Golasz, L. B., Silva, J. Da, & Silva, S. B. Da. (2013). Film with Anthocyanins as an Indicator of Chilled Pork Deterioration. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 2012, 155–162.
- (8) Warsiki, E., & Putri, C. D. W. (2012). Pembuatan Label / Film Indikator Warna Dengan Pewarna Alami Dan Sintetis. *E-Jurnal Agroindustri Indonesia*, 1(2), 82–88.
- (9) Fitriana, R., Imawan, C., Listyarini, A., & Sholihah, W. (2017). A Green Label for Acetic Acid Detection Based on Chitosan and Purple Sweet Potatoes Extract. *International Seminar on Sensor, Instrumentation, Measurement and Metrology (ISSIMM)*, 17, 129–132.
- (10) Vojdani, F., & Torres, J. A. (1989). Potassium Sorbate Permeability of Polysaccharide Films: *Journal of Food Process Engineering*, 12(8586), 33–48.
- (11) Mardiah, N., Mulyanto, C., Amelia, A., Anggraeni, D., & Rahmawanty, D. (2017). Penentuan Aktivitas Antioksidan Dari Ekstrak Kulit Bawang Merah (*Allium Ascalonicum* L.) Dengan Metode DPPH. *Jurnal Pharmascience*, 04(02), 147–154.
- (12) Badriyah, L.; Fariyah, D. A. Optimalisasi Ekstraksi Kulit Bawang Merah (*Allium Cepa* L) Menggunakan Metode Maserasi. *J. Sint. Penelit. Sains Terap. Dan Anal.* **2023**, 3 (1), 30–37. <https://doi.org/10.56399/jst.v3i1.32>.
- (13) Rifqi, M. Ekstraksi Antosianin pada Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.). *Pasundan Food Technol. J. PFTJ* **2021**, 8 (2), 45–50.
- (14) Priyadarshi, R., Ezati, P., & Rhim, J. (2021). Recent Advances in Intelligent Food Packaging Applications Using Natural Recent Advances in Intelligent Food Packaging Applications Using Natural Food Colorants. *ACS Food Science and Technology*, February.
- (15) Afif, M., Wijayati, N., & Mursiti, S. (2018). Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Dari Pati Biji Alpukat-Kitosan Dengan Plasticizer Sorbitol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2).
- (16) Rosida, D. F.; Hapsari, N.; Dewati, R. *Edible Coating Dan Film Dari Biopolimer Bahan Alami Terbaru*, Cetakan Pe.; Marzudi Tjiptimoer, Ed.; Uwais Inspirasi Indonesia: Sidoarjo, 2018.
- (17) Natalia, E. V., & Muryeti. (2020). Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Singkong Dan Kitosan. *Journal Printing and Packaging Technology*, 1, 57–68.
- (18) Handayani, L., Syahputra, F., & Astuti, Y. (2018). Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi Utilization and Characterization of Oyster Shell as Chitosan and. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 21(4), 224–231.
- (19) Kusumawati, D. H.; Dwi, W.; Putri, R. Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film Pati Jagung yang Diinkorporasi dengan Perasan Temu Hitam. *Physical and Chemical Characteristic of Corn Starch Edible Film That Incorporated with Pink and Blue Ginger Extract. J. Pangan Dan Agroindustri* **2013**, 1 (1), 90–100.
- (20) Setiani, W., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2013). Preparasi Dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati. 3(2), 100–109.
- (21) Priyadarshi, R.; Ezati, P.; Rhim, J. Recent Advances in Intelligent Food Packaging Applications Using Natural Recent Advances in Intelligent Food Packaging Applications Using Natural Food Colorants. *ACS Food Sci. Technol.* **2021**, No. February. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.0c00039>.
- (22) Vo, T.; Dang, T.; Chen, B.-H. Synthesis of Intelligent pH Indicative Films from Chitosan/Poly (Vinyl Alcohol)/Anthocyanin Extracted from Red Cabbage. *polymers* **2019**, 11, 1–12.