

Edible Coating of Snail Shell Chitosan on the Physicochemical Quality of Tamarillo (*Solanum betaceum*)

Pelapisan (*Edible Coating*) Kitosan Cangkang Bekicot terhadap Mutu Fisikokimia Terung Belanda (*Solanum betaceum*)

Dwina Angelina Humairah ^a, Ridwanto ^{a*}, Gabena Indrayani Dalimunthe ^a, Ainil Fithri Pulungan ^a

^a Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muslim Nusantara Al-Washliyah, Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

*Corresponding Authors: rid.fillah66@gmail.com or ridwanto@umnaw.ac.id

Abstract

Background: Chitosan, a natural polysaccharide derived from chitin deacetylation, shows potential as a natural edible coating to extend the shelf life of perishable fruits. Utilizing giant African snail (*Achatina fulica*) shells as a chitosan source offers a sustainable solution to reduce biological waste while replacing synthetic chemicals in food preservation. **Objective:** This study aimed to analyze the effectiveness of snail shell chitosan as an edible coating in maintaining the physicochemical quality of tamarillo (*Solanum betaceum*) during storage. **Methods:** Chitosan was isolated from snail shells and applied at concentrations of 10%, 20%, and 30%. Antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* was tested using the disc diffusion method. Physicochemical parameters, including weight loss, moisture loss, color, pH, total acidity, vitamin C content, and total soluble solids (TSS), were measured over 7 days of storage. **Results:** Chitosan demonstrated substantial to extreme antibacterial activity, with the largest inhibition zones at 30% concentration (29 mm for *S. aureus*; 33.8 mm for *P. aeruginosa*). The 30% chitosan treatment yielded optimal results: lowest weight loss (3.15%), moisture loss (5.75%), pH (7.72), total acidity (16.44%), and TSS (1.350). Vitamin C retention was significantly higher in the 30% chitosan group (551.47 mg/100g) compared to the control (416.53 mg/100g), confirming its effectiveness in inhibiting oxidation. **Conclusion:** 30% snail shell chitosan proved effective as an edible coating for maintaining tamarillo's physicochemical quality, while providing a natural and sustainable solution for the food industry.

Keywords: Chitosan, Snail, Edible Coating, Antibacterial.

Abstrak

Latar Belakang: Kitosan, polisakarida alami hasil deasetilasi kitin, berpotensi sebagai *edible coating* alami untuk memperpanjang umur simpan buah yang mudah rusak. Pemanfaatan cangkang bekicot (*Achatina fulica*) sebagai sumber kitosan merupakan solusi berkelanjutan untuk mengurangi limbah biologis sekaligus menggantikan bahan kimia sintetik dalam pengawetan pangan. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas kitosan cangkang bekicot sebagai *edible coating* dalam mempertahankan mutu fisikokimia terung belanda (*Solanum betaceum*) selama penyimpanan. **Metode:** Kitosan diisolasi dari cangkang bekicot dan diaplikasikan dengan konsentrasi 10%, 20%, dan 30%. Uji antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa* dilakukan dengan metode difusi cakram. Parameter fisikokimia meliputi susut bobot, susut air, warna, pH, total asam, vitamin C, dan total padatan terlarut (TPT) diukur selama 7 hari penyimpanan. **Hasil:** Kitosan menunjukkan aktivitas antibakteri kuat hingga sangat kuat, dengan zona hambat terbesar pada konsentrasi 30% (29 mm untuk *S. aureus*; 33,8 mm untuk *P. aeruginosa*). Perlakuan kitosan 30% memberikan hasil terbaik: susut bobot terendah (3,15%), susut air 5,75%, pH 7,72, total asam 16,44%, dan TPT 1,350. Vitamin C bertahan lebih tinggi pada kitosan 30% (551,47 mg/100g) dibanding kontrol (416,53 mg/100g), membuktikan efektivitasnya menghambat oksidasi. **Kesimpulan:** Kitosan cangkang bekicot

30% efektif sebagai *edible coating* untuk mempertahankan mutu fisikokimia terung belanda, sekaligus menawarkan solusi alami dan berkelanjutan dalam industri pangan.

Kata Kunci: Kitosan, Bekicot, Edible Coating, Antibakteri.



Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the [a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Article History:

Received: 28/01/2025,
Revised: 13/06/2025
Accepted: 14/06/2025
Available Online: 14/06/2025

QR access this Article



<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v8i2.908>

Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, buah-buahan semakin banyak dikonsumsi, yang menyebabkan peningkatan produksi buah secara global. Namun, produk segar rentan terhadap kerugian besar selama produksi dan pengawetan. Pada tahap pengawetan pascapanen, buah-buahan menjalani berbagai perlakuan teknis untuk mempertahankan kualitasnya. Teknologi yang banyak diadopsi adalah aplikasi pelapis yang dapat dimakan, yang dapat diterapkan pada berbagai macam buah untuk mengatur pertukaran kelembapan dan gas antara buah dan lingkungannya. Selain itu, pelapis yang dapat dimakan memberikan manfaat yang signifikan dengan memungkinkan integrasi bahan aktif yang berbeda ke dalam matriks pelapis, yang berarti bahwa zat-zat ini akan berasosiasi dan mungkin dimakan bersama dengan buah. Hal ini akan membantu meningkatkan kualitas organoleptik dan nutrisi buah serta umur simpan [1].

Edible coating menawarkan potensi besar untuk mendukung produksi pangan berkelanjutan dengan mengurangi limbah kemasan, memperpanjang umur simpan produk, dan secara aktif menjaga kualitas makanan. Sehingga penggunaan pelapis yang dapat dimakan dapat membantu meningkatkan kualitas dan umur simpan [2]. Baru-baru ini, ada minat yang berkembang dalam modifikasi kimiawi kitosan untuk meningkatkan kelarutan dan memperluas aplikasinya [3].

Saat ini, kitosan merupakan salah satu polisakarida yang paling terkenal dan paling banyak digunakan dalam pembuatan film dan pelapis yang dapat dimakan karena aktivitas antimikroba yang tinggi, biokompatibilitas, biodegradabilitas, dan profil non-toksiknya. Kitosan adalah polisakarida dari unit N-asetil Dglukosamin dan D-glukosamin dan terutama diperoleh melalui deasetilasi parsial kitin. Kitin dikenal sebagai polimer struktural penting yang menyusun sebagian besar kerangka luar serangga dan krustasea [4]

Kitosan memiliki potensi sebagai pengawet alami yang dapat menjadi alternatif bahan kimia sintetik seperti asam sorbat dan kalium bisulfit. Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 36 Tahun 2013, batas maksimum penggunaan bahan tambahan pangan (BTP) pengawet pada buah segar adalah 375 mg/kg untuk asam sorbat dan 30 mg/kg untuk kalium bisulfit pada buah yang diberi perlakuan permukaan. Sebagai perbandingan, penelitian Sidik et al. menunjukkan bahwa kitosan dari kulit udang berfungsi efektif sebagai *edible coating* untuk memperpanjang umur simpan jeruk rimau gerga lelong, dengan mengurangi susut bobot (3,15%), mempertahankan warna, tekstur, kadar air, pH, total asam, vitamin C, dan total padatan terlarut (TPT). Hal ini membuktikan bahwa kitosan tidak hanya aman sesuai regulasi, tetapi juga memiliki keunggulan multifungsi dibandingkan pengawet kimia konvensional [5].

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti tertarik untuk mengisolasi kitosan yang berasal dari cangkang bekicot (*Achatina fulica*) sehingga dapat dibuat sebagai *edible coating* yang memiliki sifat antimikroba digunakan sebagai pengawet dan melakukan karakterisasi terung belanda (*Solanum betaceum*) terhadap mutu fisikokimia yang berupa pengukuran susut bobot, warna, tekstur, kadar air, pH, total asam, vitamin C dan Total Padatan Terlarut (TPT).

Metode Penelitian

Rancangan Percobaan dan Variabel Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan setiap perlakuan terdiri dari 3 kali pengulangan. Perlakuan tersebut meliputi: tanpa penambahan kitosan (P0), penggunaan plastik pengawet buah (P1), serta aplikasi kitosan cangkang bekicot dengan konsentrasi 10% (P2), 20% (P3), dan 30% (P4). Pengamatan dilakukan pada hari ke-7 selama penyimpanan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi kitosan cangkang bekicot yang diaplikasikan sebagai edible coating, sedangkan variabel terikatnya adalah parameter penelitian. Parameter yang diamati meliputi proses isolasi kitosan (deproteinasi, demineralisasi, depigmentasi, dan deasetilasi), karakteristik organoleptik (bau, warna, tekstur), analisis gugus fungsi menggunakan FT-IR, serta uji kualitas kitosan seperti rendemen, kadar air, kadar abu, kelarutan dalam asam asetat, dan derajat deasetilasi. Selain itu, dilakukan uji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Pada aplikasi edible coating terhadap terung belanda, parameter yang diamati meliputi mutu fisika (susut bobot, kadar air, warna) dan mutu kimia (pH, total asam, vitamin C, dan total padatan terlarut).

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: Cangkang Bekicot (*Achatina Fullica*), Terung Belanda (*Solanum betaceum*), larutan NaOH, Aquadest, CH₃COOH 1%, HCl, NaOCl 0,315%, indikator phenolphthalein, indikator pati, larutan iod 0,01N, Nutrient Agar (NA), Mannitol Salt Agar (MSA), Pseudomonas Agar Base (PAB), etanol, Mc Farland, Isolat *Pseudomonas aeruginosa*, Isolat *Staphylococcus aureus*. Sedangkan peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah mesh 100, beaker glass, neraca analitik, gelas ukur, cawan porselin, cawan petri, batang pengaduk, kertas saring, pH meter, pH universal, corong, erlenmeyer, labu tentukur 250 ml, piring plastik, pipet tetes, piring plastik, bunsen, kertas cakram, jarum ose, magnetic stirrer, viscometer.

Pengumpulan dan Preparasi Sampel

Identifikasi botani buah terung belanda (*Solanum betaceum* Cav.) dilakukan oleh Herbarium Medanense (MEDA) Universitas Sumatera Utara untuk memastikan keakuratan sampel yang digunakan. Sampel bekicot (*Achatina fulica*) diperoleh melalui teknik *purposive sampling* dari daerah Desa Sei Gelugur, Kecamatan Pancur Batu, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, tanpa membandingkannya dengan populasi bekicot dari wilayah lain. Sebanyak 5 kg bekicot dikumpulkan, kemudian dagingnya dipisahkan dari cangkang. Cangkang bekicot selanjutnya dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran dan sisa jaringan, lalu dikeringkan di bawah sinar matahari hingga mencapai kondisi kering. Sementara itu, buah terung belanda diperoleh dari Pasar Buah Jl. Setia Budi, Kelurahan Tanjung Rejo, Kecamatan Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara, dengan jumlah sampel sebanyak 20 buah dan berat masing-masing berkisar antara 100–200 mg. Buah terung belanda kemudian dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel dan dikeringkan menggunakan tisu sebelum dilakukan analisis lebih lanjut.

Pengolahan Sampel

Bekicot yang telah kering, kemudian dihaluskan dengan menggunakan lumpang dan alu kemudian diblender dan diayak dengan ayakan mesh 40 hingga memiliki tekstur seperti serbuk atau butiran halus.

Terung belanda yang telah kering, kemudian disemprotkan selama 30 detik dengan larutan *edible coating* sesuai perlakuan dengan konsentrasi 0%, 10%, 20%, dan 30% dan dikeringkan. Serta, terung belanda dimasukkan kedalam plastik pembungkus buah.

Karakterisasi Kitosan Cangkang Bekicot

Kitosan yang diisolasi dari cangkang bekicot (*Achatina fulica*) dikarakterisasi melalui serangkaian uji kualitas. **Evaluasi organoleptik** meliputi pengamatan visual terhadap karakteristik warna, aroma, dan tekstur produk kitosan [6]. **Perhitungan rendemen** dilakukan dengan membandingkan berat akhir kitosan terhadap berat awal bahan baku kitin.

Penentuan kadar air dilaksanakan menggunakan metode gravimetri dengan pengeringan dalam oven pada suhu 105°C hingga tercapai berat konstan, mengacu pada standar maksimal kadar air 12% (Sugita et al., 2009). **Analisis kadar abu** dilakukan melalui proses pengabuan dalam tanur pada temperatur 600°C, dengan nilai standar kualitas ≤5% [7].

Uji kelarutan kitosan dilakukan dengan melarutkan sampel dalam larutan asam asetat 2% (b/v). **Penetapan derajat deasetilasi** menggunakan teknik spektroskopi FT-IR dengan menganalisis perbandingan intensitas puncak absorpsi pada bilangan gelombang 1655 cm^{-1} (mewakili gugus amida I) terhadap 3450 cm^{-1} (mewakili gugus hidroksil) [8].

Uji Aktivitas Antibakteri Kitosan

Aktivitas antibakteri kitosan dari cangkang bekicot (*Achatina fulica*) diuji terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa* dengan metode difusi cakram. Tiga konsentrasi kitosan (10%, 20%, dan 30%) dibandingkan dengan kontrol positif (kloramfenikol untuk *S. aureus* dan siprofloksasin untuk *P. aeruginosa*) serta kontrol negatif. Bakteri dikulturkan pada media spesifik (MSA untuk *S. aureus* dan PAB untuk *P. aeruginosa*), kemudian suspensi bakteri dengan kekeruhan 0,5 McFarland diinokulasikan pada media NA. Kertas cakram yang mengandung larutan uji ditempelkan dan diinkubasi (37°C untuk *S. aureus*, 36°C untuk *P. aeruginosa*) selama 24 jam. Diameter zona hambat diukur dan diklasifikasikan menurut Davis & Stout (1971). Hasil menunjukkan kitosan 30% memberikan hambatan terbesar terhadap kedua bakteri, secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kontrol negatif [9,10].

Formulasi Larutan Kitosan untuk Edible Coating

Larutan edible coating kitosan dibuat dalam tiga variasi konsentrasi (10%, 20%, dan 30%) dengan melarutkan serbuk kitosan sebanyak 10 g, 20 g, dan 30 g ke dalam 100 mL larutan asam asetat 1% untuk masing-masing perlakuan. Sebagai kontrol, digunakan P0 (tanpa kitosan dan asam asetat) dan P1 (plastik pengawet buah komersial). Proses pelarutan dilakukan menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan konstan 750 rpm pada suhu 60°C hingga diperoleh larutan yang homogen. Formulasi ini dirancang untuk menguji efektivitas kitosan sebagai bahan edible coating dengan variasi konsentrasi yang berbeda [11].

Pengaplikasian Edible Coating pada Terung Belanda

Metode pelapisan makanan yang paling umum adalah penyemprotan. Dengan meningkatkan permukaan cairan dengan menciptakan tetesan dan menyebarkannya ke seluruh permukaan makanan menggunakan sejumlah nozel [12] Proses penyemprotan dilakukan dengan menggunakan alat semprot, penyemprotan larutan kitosan dilakukan secara merata pada buah terung belanda.

Terung belanda yang telah disortasi, kemudian dicuci dan dikeringkan. Terung belanda yang telah kering kemudian dilakukan penyemprotan. Penyemprotan dilakukan dengan menggunakan alat semprot, penyemprotan larutan kitosan dilakukan secara merata pada buah terung belanda dalam larutan kitosan sesuai perlakuan dan dikeringkan. Terung belanda yang telah diberi larutan kemudian diletakkan pada piring plastik sesuai perlakuan dan disimpan pada suhu kamar. Terung belanda diamati pada hari ke-7.

Hasil Dan Pembahasan

Bekicot yang diambil di daerah Desa Sei Glugur, Kabupaten Deli Serdang. Bekicot yang diperoleh sebanyak 5 kg kemudian daging bekicot dikeluarkan dari cangkang nya kemudian cangkang dibersihkan dengan air yang mengalir, setelah dibersihkan kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama 1 minggu sampai sampel kering, sehingga hasil yang didapatkan tidak rusak dan tahan lama sebelum proses dimulai. Cangkang bekicot kemudian dihancurkan dengan lumpang dan alu agar menjadi serpihan kasar, setelah itu serpihan kasar cangkang bekicot dihaluskan dengan menggunakan bantuan mesin gilingan, setelah itu dilakukan pengayakan dengan menggunakan ayakan mesh 40 dan mendapatkan serbuk yang halus. Sampel yang telah selesai pengayakan mendapatkan 389 g serbuk cangkang bekicot (*Achatina fulica*) dari 5 kg bekicot yang dikumpulkan. Setelah itu serbuk cangkang bekicot dimasukkan kedalam wadah tertutup dan disimpan di suhu ruangan.

Buah Terung Belanda yang diperoleh dari Pondok Indah Pasar Buah di Jalan Setia Budi, Kota Medan sebanyak 15 buah yang telah disortir, kemudian dibersihkan dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran yang melekat, lalu dikeringkan dengan tisu. Terung Belanda yang bersih digunakan sebagai sampel coating kitosan cangkang bekicot yang diperoleh kemudian akan diuji fisikokimia Terung Belanda setelah 7 hari penyimpanan pada suhu ruang.

Proses Isolasi Kitin Menjadi Kitosan

Proses pemurnian kitin berasal dari cangkang bekicot ada 4 tahap yaitu deproteinasi, demineralisasi, depigmentasi dan deasetilasi kitin menjadi kitosan.

Hasil Proses Deproteinasi

Proses deproteinasi merupakan proses penghilangan protein dari cangkang bekicot. Prinsip proses deproteinasi adalah melepaskan ikatan-ikatan antara protein dan kitin. Proses deproteinasi dilakukan dengan perlakuan menggunakan larutan basa NaOH panas dalam waktu relatif lama dimana dengan perlakuan tersebut protein akan terlepas dan membentuk natrium proteinat yang larut. Kandungan protein dalam cangkang akan berikatan secara kovalen pada gugus fungsi kitin akan terpisah [13]

Serbuk Bekicot yang dihasilkan dari proses pengayakan sebanyak 200g, kemudian dilarutkan dengan NaOH 2N dengan perbandingan 1:6 (b/v) sambil diaduk dan dipanaskan pada suhu 90°C selama 1 jam menggunakan *magnetic stirrer*. Proses pengadukan dan pemanasan bertujuan untuk mempercepat pengikatan ujung rantai protein dengan NaOH sehingga proses degradasi dan pengendapan protein berlangsung sempurna.

Setelah itu dilakukan penyaringan residu dengan mengalirkan aquadest sampai diperoleh pH netral. Residu yang diperoleh dimasukkan kedalam oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Hasil dari deproteinasi berupa endapan berwarna coklat muda serta menunjukkan penurunan bobot sampel dan di dapatkan hasil akhir yaitu 174,1 g dan didapatkan rendemen sebesar 114,8%.

Hasil Proses Demineralisasi

Pada proses demineralisasi ini menggunakan larutan HCl 1N. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, proses pemisahan mineral ditandai dengan terbentuknya CO₂ berupa gelembung udara pada saat larutan HCl ditambahkan kedalam sampel, sehingga penambahan HCl dilakukan secara bertahap agar sampel tidak meluap.

Serbuk cangkang bekicot dari hasil proses demineralisasi yaitu berupa endapan berwarna coklat muda diperoleh berat sampel sebesar 115,0 g dari berat sampel setelah deproteinasi yaitu 174,1 g. Hasil dari proses demineralisasi menunjukkan terjadinya penurunan bobot sampel sebesar 66,05% dari berat sampel setelah deproteinasi. Hasil dari demineralisasi berupa kitin.

Hal tersebut menunjukkan telah terjadinya degradasi kadar mineral yang terkandung dalam sampel. Proses demineralisasi merupakan peran penting dalam isolasi kitin. Hasil dari pada tahap ini sangat mempengaruhi kualitas terutama dalam penentuan kadar abu. Semakin rendah kadar abu kitin yang diperoleh maka semakin bagus kualitas kitin yang dihasilkan. Kadar abu yang tinggi menunjukkan tingkat keberhasilan demineralisasi.

Hasil Proses Depigmentasi

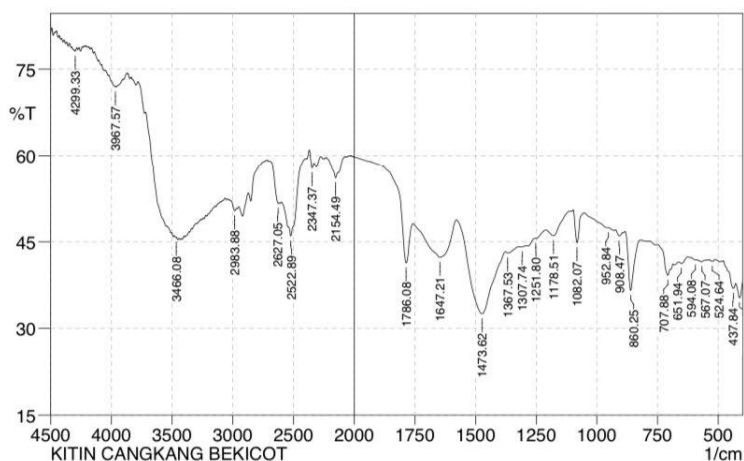
Proses depigmentasi dari cangkang bekicot yang telah dilakukan, terlepasnya pigmen warna yang terkandung dalam sampel ditandai dengan adanya perubahan warna serbuk cangkang bekicot yang semula berwarna coklat muda menjadi putih kecoklatan. Proses depigmentasi bertujuan untuk memberikan penampakan yang menarik pada produk kitosan yang dihasilkan. Dari hasil proses depigmentasi diperoleh berat sampel sebesar 107,3 g dari berat sampel setelah dilakukan proses demineralisasi yaitu 115,0 g. Hasil dari proses depigmentasi menunjukkan terjadinya penurunan bobot sampel sebesar 93,30% dari berat sampel setelah demineralisasi dan memiliki warna putih kecoklatan.

Hasil Proses Deasetilasi Kitin Menjadi Kitosan

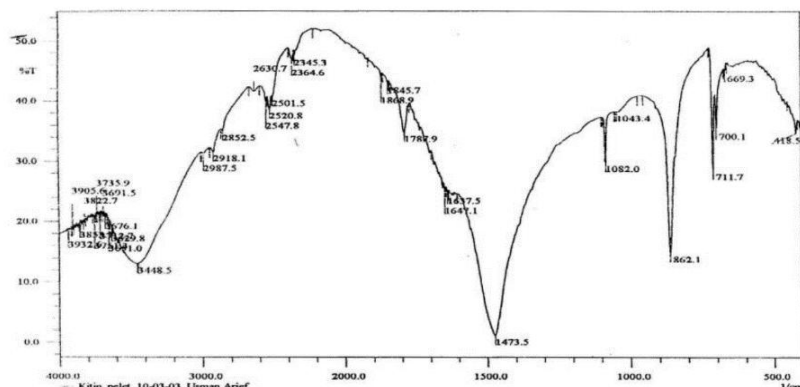
Proses perubahan kitin menjadi kitosan melalui proses deasetilasi dimana pada proses ini mengalami penghilangan gugus-gugus asetil (-COCH₃) yang terkandung dalam kitin melalui reaksi dengan larutan alkali. Proses ini menggunakan NaOH 50% yang mampu memutus ikatan gugus karboksil dengan atom nitrogen pada kitin. Berdasarkan hasil penelitian serbuk cangkang bekicot yang diperoleh berat sampel sebesar 100,8 g dari berat sampel setelah proses depigmentasi sebesar 107,3 g. Hasil depigmentasi menunjukkan terjadinya penurunan bobot pada sampel sebesar 93,94% dari berat sampel setelah proses depigmentasi.

Hasil Pengujian Kemurnian Kitin Cangkang Bekicot dan Hasil Isolasi Kitosan Cangkang Bekicot Menggunakan FT-IR.

Hasil spektrum kitin hasil penelitian pada Gambar 1, diperoleh pita serapan pada bilangan gelombang 3466,08 cm^{-1} yang menunjukkan serapan gugus -OH. Pita serapan pada bilangan gelombang 2983,88 cm^{-1} dan pada bilangan gelombang 1473,62 cm^{-1} pada spektra menunjukkan adanya vibrasi rentangan dari C-H pada gugus aldehyd -CH₃ dan -CH₂. Serapan pita pada bilangan gelombang 1786,08 cm^{-1} dan 1647,21 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur C=O suatu amida. Pita serapan pada gelombang 860,35 cm^{-1} pada spectra menunjukkan adanya ikatan naik turun C=C-H/*bending*. Hasil pengujian kitin cangkang bekicot pada proses demineralisasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan dilakukan perbandingan dengan kitosan hasil isolasi dari cangkang bekicot. Dapat dikatakan kitosan hasil isolasi berhasil apabila terdapat gugus fungsi N-H pada spektrum.



Gambar 1. Hasil Spektrum Kitin Isolasi Cangkang Bekicot



Gambar 2. Hasil Spektrum Kitin Cangkang Bekicot Penelitian Terdahulu Kusumaningsih et al (2004).

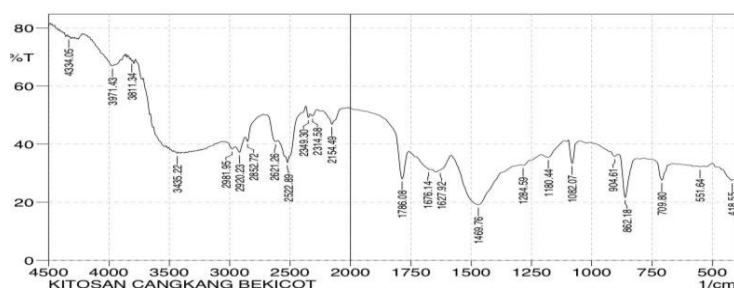
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kusumaningsih et al., spektra FTIR kitin pada Gambar 2 yang diperoleh dari cangkang bekicot [14]. Spektra FTIR kitin diperlihatkan pada Gambar 2 bilangan gelombang 3448,5 cm^{-1} sebagai akibat vibrasi ulur gugus -OH. Adanya pita serapan pada bilangan gelombang 1082,0 cm^{-1} dan 1043,4 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur gugus -C-O. Serapan pada bilangan gelombang 2987,5 cm^{-1} , 2918,1 cm^{-1} dan 2852,5 cm^{-1} muncul disebabkan oleh vibrasi ulur gugus C-H dari alkana. Serapan uluran gugus -CH₃ dan -CH₂ terletak didaerah 2960-2850 cm^{-1} , sehingga pita yang terdapat pada bilangan gelombang 2918,1 cm^{-1} dan 2852,5 cm^{-1} menunjukkan serapan uluran gugus -CH₃ dan -CH₂. Keberadaan gugus -CH₃ yang terikat pada amida (-NHCOCH₃), didukung dengan adanya bilangan gelombang 1473,5 cm^{-1} . Pita serapan yang terdapat pada bilangan gelombang 1647,1 cm^{-1} dan 1637,5 cm^{-1} menunjukkan pita uluran gugus C=O suatu amida (-NHCO). Menyatakan bahwa getaran tekuk NH amida diketahui di daerah 1570-1515 cm^{-1} . Serapan lebar gugus -CH₃ pada amida merupakan tumpang tindih dengan vibrasi tekuk gugus NH amida, sehingga tidak tampak pada spektra ini. Serapan tajam pada bilangan gelombang 862,1 cm^{-1} memperlihatkan bahwa masih adanya mineral silika pada kitin dengan intensitas lebih rendah. Masih adanya serapan gugus karbonil pada 1647,1 cm^{-1} dari amida (kitin) dan serapan lemah dari

gugus amina sekunder yang terdeasetilasi (kitosan) menunjukkan sampel tidak sepenuhnya terdeasetilasi. Dapat dilihat perbandingan bilangan gelombang kitin penelitian relevan dan kitin hasil isolasi pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan Gugus Fungsi dari Kitin Cangkang Bekicot

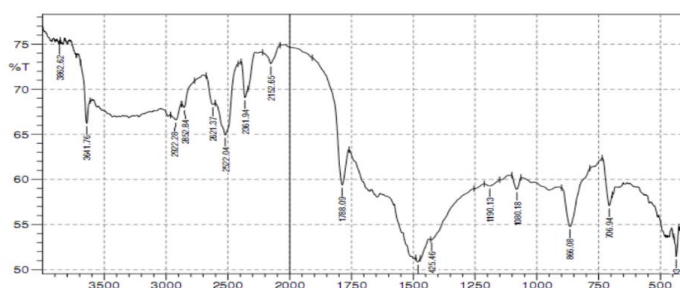
Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
	Kitin [14]	Kitin Isolasi
Vibrasi ulur gugus -OH	3448,5 cm ⁻¹	3466,08 cm ⁻¹
Vibrasi ulur gugus -C-O-	1082,0 cm ⁻¹ dan 1043,4 cm ⁻¹	-
Vibrasi uluran gugus -CH ₃ dan -CH ₂	2918,1 cm ⁻¹ dan 2852,5 cm ⁻¹	2983,88 cm ⁻¹
Pita uluran gugus C=O suatu amida (-NHCO)	1647,1 cm ⁻¹ dan 1637,5 cm ⁻¹	1786,08 cm ⁻¹ dan 1647,21 cm ⁻¹
Ikatan naik turun C=C-H <i>bending</i>	862,1 cm ⁻¹	860,35 cm ⁻¹

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pada hasil uji kitosancangkang bekicot hasil isolasi menggunakan Spektrofotometri Inframerah pada Gambar 3 menunjukkan adanya pergeseran beberapa gugus ke bilangan gelombang yang lebih kecil akibat proses deasetilasi sekaligus berfungsi sebagai proses deproteinasi.



Gambar 3 Hasil Spektrum Kitosan Isolasi Cangkang Bekicot

Adanya serapan pada bilangan gelombang 3750-3000 cm⁻¹ (renggang O-H dan N-H amina) yaitu 3435,22 cm⁻¹. Serapan pada bilangan gelombang 1627,92 cm⁻¹ adalah untuk rentang C=O yang berasal dari gugus amida (-NHCO-) yang menunjukkan bahwa pada kitosan masih adanya gugus amida yang belum terdeasetilasi menjadi gugus amina. Rentang C-H juga muncul dari rantai utama kitosan yang berbentuk siklik pada bilangan gelombang 2920,23 cm⁻¹. Serapan pada bilangan gelombang 1469,76 cm⁻¹ menandakan ulur untuk C-N dari amina maupun amida yang tersisa. Rentang C-O pada Panjang gelombang 1082,07 cm⁻¹ yang terdapat pada bilangan gugus metanol yang melekat pada rantai kitosan. Rentang ini mengalami pergeseran ke bilangan gelombang yang lebih besar menunjukkan semakin banyaknya ikatan hidrogen yang terbentuk pada kitosan.



Gambar 4. Hasil Spektrum Kitosan Cangkang Bekicot Penelitian Terdahulu [15].

Menurut Damayanti et al., spektra FTIR kitosan pada Gambar 4 yang dimana merupakan hasil spektrum kitosan cangkang bekicot. Berdasarkan gambar tersebut, spektra kitosan menginformasikan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3641,76 cm⁻¹ sebagai hasil dari vibrasi uluran -OH dan vibrasi uluran NH₂ yang tumpang tindih. Serapan -OH muncul pada daerah 3580-3670 cm⁻¹, sedangkan serapan NH₂ muncul

pada daerah 3000-3700 cm^{-1} . Serapan pada bilangan gelombang 2852 cm^{-1} mengindikasikan gugus C-H dari alkana, yaitu menunjukkan vibrasi ulur gugus $-\text{CH}_2$. Hilangnya gugus metal ($-\text{CH}_3$) yang terikat pada amida ($-\text{NHCOCH}_3$) dapat diketahui dari hilangnya serapan pada bilangan gelombang 2922,28 cm^{-1} . Serapan $-\text{CH}$ alkana muncul pada daerah 2800-3300 cm^{-1} . Hilangnya gugus C=O suatu amida ($-\text{NHCO}-$) diketahui dari hilangnya pita serapan yang terdapat pada bilangan gelombang 1788,09 cm^{-1} . Serapan khas kitosan terlihat pada bilangan gelombang 1648 cm^{-1} menunjukkan getaran tekuk N-H dari amina ($-\text{NH}_2$). Getaran tekuk N-H amina primer muncul pada daerah 1650–1580 cm^{-1} [15].

Data hasil FT-IR mengenai gugus-gugus fungsi yang terbentuk pada kitosan penelitian relevan dan kitosan hasil isolasi dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini:

Tabel 1 Penentuan Gugus Fungsi dari Kitosan Cangkang Bekicot

Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	
	Kitosan [15]	Kitosan isolasi
Vibrasi pembengkokan O-H tumpang tindih dengan N-H	3641,76 cm^{-1}	3435,22 cm^{-1}
Vibrasi peregangan simetris C-H alifatik	2922,28 cm^{-1}	2920,23 cm^{-1}
Vibrasi ulur C=O	1788,09 cm^{-1}	1627,92 cm^{-1}
Vibrasi ulur C-H	2852 cm^{-1}	-
Vibrasi Peregangan C-O	-	1082,07 cm^{-1}
Vibrasi peregangan simetris C-N	-	2522,89 cm^{-1}
Vibrasi tekuk N-H amina primer	1648 cm^{-1}	-

Hasil Karakterisasi Kitosan

Hasil kitosan yang diperoleh dari proses isolasi secara bertahap selanjutnya dikarakterisasi dengan beberapa spesifik. Hal tersebut bertujuan agar mengetahui apakah kitosan yang diperoleh telah memenuhi standar yang telah ditetapkan. Karakterisasi kitosan yang dilakukan meliputi : organoleptis (tekstur, warna, dan bau), randemen kitin menjadi kitosan, kadar air, kadar abu, tingkat kelarutan kitosan, dan derajat deasetilasi.

Tabel 2 Hasil Karakterisasi Kitosan Hasil Isolasi Perbandingan dengan SNI

Spesifikasi	Standar Nasional Indonesia (SNI)	Hasil Isolasi Bekicot
Warna	Coklat muda sampai putih	Putih Kecoklatan muda
Tekstur	Serpihan dan serbuk halus	Serbuk halus
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau
Kadar air	$\leq 12\%$	2,52%
Kadar abu	$\leq 5\%$	4,24%
Kelarutan kitosan dalam asam	Larut	Larut
Derajat Deasetilasi	75%	97%

Uji Organoleptis

Uji organoleptis atau uji sensorik merupakan penilaian yang sering digunakan karena cara pengujian dengan menggunakan indra manusia. Organoleptis memiliki peranan yang sangat penting dalam penerapan mutu. Dengan adanya organoleptis dalam karakterisasi kitosan, maka dapat memberikan indikasi kemunduran mutu dan kerusakan lainnya. Pada tahap organoleptis ini, yang dilihat adalah bagaimana warna, tekstur, serta bau dari kitosan yang telah diisolasi setelah serbuk sampel melewati proses deproteinasi, demineralisasi, depigmentasi dan deasetilasi kitin menjadi kitosan. Hasil dari penelien ini menunjukkan warna yang didapat dari hasil isolasi adalah putih kecoklatan muda, hal ini menunjukkan bahwa memenuhi syarat SNI dan dimana warna yang baik untuk kitosan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah coklat muda sampai putih. Tekstur kitosan yang diperoleh pada penelitian ini adalah serbuk halus Dimana telah memenuhi Standar Nasional Indonesia. Kitosan hasil isolasi tidak menimbulkan bau yang mengganggu indra penciuman, sehingga dapat dikatakan tidak berbau. Hal ini dapat diartikan telah memenuhi syarat SNI dimana mutu kitosan yang bagus tidak menimbulkan bau apapun.

Rendemen

Randemen transformasi kitin menjadi kitosan ditentukan berdasarkan persentase berat kitosan yang dihasilkan terhadap berat kitin yang diperoleh. Randemen transformasi kitin menjadi kitosan pada bekicot yaitu 87,65% serta memiliki tekstur serbuk halus berwarna putih kecoklatan muda dan tidak berbau. Hal ini sejalan penelitian yang dilakukan oleh Tarigan et al. didapatkan rendemen dari hasil proses deasetilasi sebesar 80,12% dengan bobot 22,9012 gram, berupa endapan kering berwarna putih kecoklatan [16].

Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk menentukan mutu kitosan. Analisis kadar air bertujuan untuk mengetahui jumlah kandungan air yang ada dalam kitosan dimana dapat diketahui dari banyaknya air yang menguap pada proses pemanasan menggunakan oven. Berdasarkan data SNI 7949:2013, standar maksimal kadar air pada kitin dan kitosan sebesar 12%.

Tabel 2 menunjukkan hasil katakterisasi kadar air kitosan yang diisolasi. Dari table tersebut diketahui bahwa kadar air pada kitosan cangkang bekicot yang di dapat sebesar 2,52%, hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar air kitosan hasil isolasi dari cangkang bekicot yang di dapat telah memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia yang telah ditetapkan dan tidak melebihi batas maksimum standar mutu kitosan. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Waryani et al bahwa kadar air yang didapatkan sebesar 5,07% dan diperoleh kadar air sebesar 7,33% [17], pada penelitian yang dilakukan oleh Ridwanto et al. Kadar air kitosan dipengaruhi oleh kelembapan relatif udara pada sekeliling tempat penyimpanan. Konsentrasi NaOH dan suhu deasetilasi tidak mempengaruhi kadar air [18]. Kadar air tidak dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH serta suhu deasetilasi yang digunakan. Hal ini disebabkan kadar air yang terkandung pada kitosan dipengaruhi oleh proses pengeringan, lama pengeringan yang dilakukan, jumlah kitosan yang dikeringkan dan luas permukaan tempat kitosan dikeringkan [19].

Kadar Abu

Kadar abu merupakan parameter untuk mengetahui mineral yang terkandung dalam suatu bahan yang mencirikan keberhasilan proses demineralisasi yang dilakukan. Kadar abu yang rendah menunjukkan kandungan mineral yang rendah. Semakin rendah kadar abu yang dihasilkan maka mutu dan tingkat kemurnian kitosan akan semakin tinggi.

Hasil analisis kadar abu dari kitosan yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2 kadar abu kitosan hasil isolasi cangkang bekicot yang dihasilkan sebesar 4,24%. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu kadar abu kitosan yang telah ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI), yakni sebesar $\leq 5\%$. Kadar abu yang tinggi menunjukkan tingkat keberhasilan demineralisasi, sehingga kadar abu yang rendah menunjukkan kemurnian suatu kitosan. Kadar abu juga dapat digunakan untuk mengukur kelarutan kitosan dalam pelarut. Dari penelitian yang dilakukan oleh (Ridwanto et al (2016) didapatkan persentase kadar abu sebesar 1,99% dan penelitian yang dilakukan Waryani et al (2014) didapatkan persentase kadar abu sebesar 1,8%.

Kelarutan Kitosan

Kelarutan kitosan merupakan salah satu parameter yang dapat dijadikan sebagai standar penilaian mutu kitosan. Semakin tinggi kelarutan kitosan berarti mutu kitosan yang dihasilkan semakin baik. Dilarutkan sampel yang telah ditimbang yaitu sebanyak 0,5 g dan dilarutkan dengan asam asetat 2% yang telah diencerkan dengan 100 ml aquadest, hasil yang di peroleh dari kitosan cangkang bekicot adalah kitosan yang larut dengan asam asetat. Kitosan diamati kelarutannya dengan membandingkan kejernihan larutan kitosan dengan kejernihan pelarutnya. Hasil pada penelitian ini yaitu kitosan dapat larut dalam asam asetat 2%. Kitosan dapat larut dalam asam lemah tersebut kemungkinan disebabkan adanya ikatan antara gugus karboksil dengan gugus amina kitosan.

Derajat Deasetilasi

Derajat deasetilasi merupakan parameter terpenting untuk melihat Tingkat kemurnian suatu kitosan. Proses deasetilasi sangat menentukan persentase kitosan yang terbentuk. Semakin tinggi persentase derajat deasetilasi maka semakin baik kitosan yang dihasilkan. Derajat deasetilasi menunjukkan adanya gugus asetil yang dapat dihilangkan dari kitin sehingga dihasilkan kitosan. SNI menetapkan standar mutu untuk derajat deasetilasi kitosan adalah minimal 75%. Tabel 2 juga menunjukkan hasil karakterisasi derajat deasetilasi dari kitosan yang diisolasi. Dari table tersebut diketahui bahwa derajat deasetilasi kitosan cangkang bekicot di

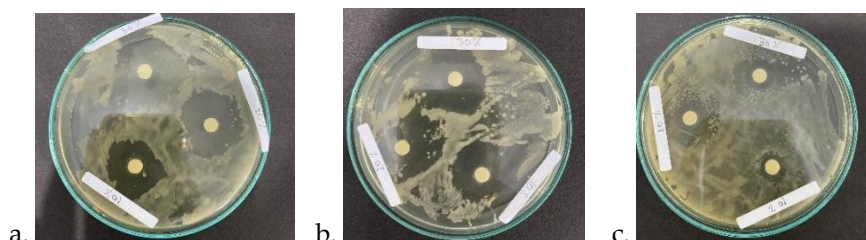
dapat sebesar 97%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa derajat deasetilasi kitosan cangkang bekicot dari hasil isolasi yang didapat memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh SNI. Pada penelitian ini, pemanasan saat proses deasetilasi dilakukan selama 2 jam untuk meningkatkan nilai persen derajat deasetilasi kitosan cangkang bekicot yang dihasilkan. Menurut Khairun et al. Waktu deasetilasi yang lama dapat mengurangi bobot molekul dan rendemen kitosan, tetapi juga dapat meningkatkan derajat deasetilasi [20]. Hal ini berdampak pada berat molekul dan viskositas intrinsik kitosan yang dihasilkan. Derajat deasetilasi yang diperoleh dari kitosan cangkang bekicot yang dilakukan Damayanti et al sebesar 79,42% [15] dan Ridwanto et al. sebesar 65% [18]. Puncak pada 1647 cm^{-1} (C=O amida) dan 3435 cm^{-1} (N-H/O-H) mengindikasikan keberhasilan deasetilasi, didukung oleh derajat deasetilasi 97% (Tabel 2). Namun, residu puncak amida menunjukkan deasetilasi tidak sempurna [21].

Pembuatan *Edible Coating* dari Kitosan Cangkang Bekicot

Kitosan yang telah diolah kemudian dicampur dengan asam asetat 1% untuk membentuk larutan kitosan. Larutan kitosan ini digunakan sebagai bahan dasar pembuatan edible coating. Konsentrasi kitosan dalam larutan yang digunakan pada konsentrasi 10%, 20% dan 30% untuk menghasilkan coating dengan sifat yang sesuai untuk aplikasi yang diinginkan. Hasil yang didapatkan pada larutan ini berupa larutan bening hingga larutan keruh. Setelah dilakukan uji coba, hasil yang didapatkan adalah semakin tinggi konsentrasi kitosan yang digunakan, maka semakin keruh larutan yang dihasilkan. Konsentrasi yang lebih tinggi dapat meningkatkan efektivitas edible coating dalam menghambat pertumbuhan mikroba dan memperpanjang umur simpan produk makanan. Namun, konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan larutan edible coating menjadi lebih encer, yang dapat mengurangi efektivitas pelapisan dan meningkatkan potensi terkontaminasi mikroba.

Hasil Uji Aktivitas Antibakteri *Staphylococcus aureus*

Uji mikrobiologi merupakan salah satu indikator dalam menentukan kualitas larutan kitosan yang dihasilkan, karena larutan kitosan ini akan dijadikan sebagai *edible coating* pada sampel buah terung Belanda. Ketika larutan kitosan mempunyai aktivitas antibakteri, maka larutan kitosan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai *edible coating*, karena tujuan dibuat *edible coating* yaitu sebagai pengawet yang dapat menekan pertumbuhan mikroba sehingga buah tidak cepat busuk.



Gambar 5 Hasil aktivitas larutan kitosan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (a) pengulangan 1, (b) pengulangan 2, (c) pengulangan 3

Pada penelitian ini, metode difusi cakram digunakan untuk menguji aktivitas antibakteri. Ini adalah teknik yang paling sering digunakan untuk mengukur kepekaan antibakteri terhadap suatu antibiotik. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ada tidaknya daerah bening yang terbentuk di sekitar kertas cakram, yang menunjukkan zona yang menghambat pertumbuhan bakteri. Jumlah zona bening yang terbentuk menunjukkan kemampuan zat tersebut sebagai antibakteri.

Zona bening yang terbentuk pada kertas cakram berisi variasi larutan kitosan yang dibandingkan dengan kontrol positif dan negatif. Dari hasil uji aktivitas larutan kitosan dari berbagai konsentrasi dapat dilihat pada gambar 3 bahwa terbentuknya zona bening disekitar kertas cakram disemua konsentrasi larutan kitosan dan zona bening yang terbentuk disekitar kertas cakram besar pada kontrol positif yang digunakan merupakan antibiotik sintesis yaitu Chloramphenicol dan kontrol negatif yang digunakan adalah aquadest steril. Kontrol positif digunakan sebagai pembanding antara larutan kitosan dengan obat sintesis yang telah ada. Kontrol negatif digunakan aquadest karena aquadest steril dalam pengujian antibakteri karena senyawa yang terkandung dalam aquadest bersifat netral dan tidak memberikan efek terhadap pertumbuhan bakteri.

Tabel 4 Diameter Zona Hambat terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

Formulasi	Zona hambat (mm)			Rata-rata
	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
Konsentrasi 10%	24,8 mm	24,6 mm	12,8 mm	20,7 mm
konsentrasi 20%	27,7 mm	23,5 mm	24,4 mm	25,2 mm
Konsentrasi 30%	33,1 mm	27,7 mm	26,3 mm	29 mm
Kontrol + (Chloramphenicol)	17,1 mm			
Kontrol – (Aquadest steril)				

Berdasarkan tabel dapat diketahui bahwa diameter zona hambat dari larutan kitosan 10% sebesar 20,7 mm, zona hambat dari larutan kitosan 20% sebesar 25,2 mm dan zona hambat dari larutan kitosan 30% sebesar 29 mm. Sehingga dapat dilihat dan disimpulkan pada tabel bahwa formulasi 10% termasuk kategori kuat, sedangkan formulasi 20% dan 30% termasuk kategori sangat kuat. Pengujian pada kontrol positif didapatkan diameter zona bening sebesar 17,1 mm dan dikategorikan kuat. Zona hambat hanya terbentuk pada kontrol positif, sedangkan pada kontrol negatif tidak terbentuk zona hambat.

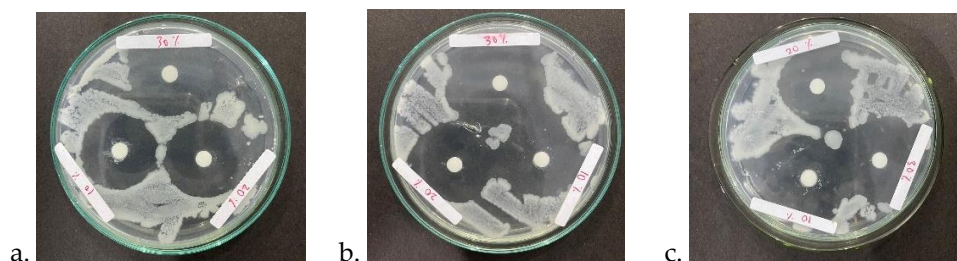
Tabel 5 Kriteria Diameter Zona Hambat [22].

Diameter zona hambat	Respon hambatan pertumbuhan
<5 mm	Lemah
5-10 mm	Sedang
10-20 mm	Kuat
>20 mm	Sangat Kuat

Kitosan dapat dikenal secara luas karena adanya aktivitas antimikroba yang kuat dengan spektrum luas, dan tingkat pembunuhan akan tinggi tetapi pada toksisitas rendah terhadap sel mamalia. Meskipun cara kerja antimikroba kitosan tidak sepenuhnya dipahami, struktur molekul kitosan merupakan prasyarat untuk aktivitas antimikrobanya [23]. Sejalan dengan review jurnal yang dilakukan oleh Ningsih et al. adanya aktivitas antibakteri kitosan sebagai besar pengujiannya menggunakan bakteri gram positif dan gram negatif [23]. Beberapa peneliti lain juga menunjukkan bahwa kitosan umumnya yang menunjukkan efek yang lebih kuat untuk bakteri g-positif yaitu seperti (*Listeria monocytogenes*, *Bacillus megaterium*, *B. cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus plantarum*, *L. brevis*, *L. bulgaris*, dll.).

Hasil Uji Aktivitas Antibakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Uji mikrobiologi merupakan salah satu indikator dalam menentukan kualitas larutan kitosan yang dihasilkan, karena larutan kitosan ini akan dijadikan sebagai *edible coating* pada sampel buah terung Belanda. Ketika larutan kitosan mempunyai aktivitas antibakteri, maka larutan kitosan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai *edible coating*, karena tujuan dibuat *edible coating* yaitu sebagai pengawet yang dapat menekan pertumbuhan mikroba sehingga buah tidak cepat busuk.

**Gambar 6** Hasil aktivitas larutan kitosan terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa* (a) pengulangan 1, (b) pengulangan 2, (c) pengulangan

Pada penelitian ini, metode difusi cakram digunakan untuk menguji aktivitas antibakteri. Ini adalah teknik yang paling sering digunakan untuk mengukur kepekaan antibakteri terhadap suatu antibiotik. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ada tidaknya daerah bening yang terbentuk di sekitar kertas cakram, yang menunjukkan zona yang menghambat pertumbuhan bakteri. Jumlah zona bening yang terbentuk

menunjukkan kemampuan zat tersebut sebagai antibakteri. Zona bening yang terbentuk pada kertas cakram berisi variasi larutan kitosan yang dibandingkan dengan kontrol positif dan negatif. Dari hasil uji aktivitas larutan kitosan dari berbagai konsentrasi dapat dilihat pada gambar bahwa terbentuknya zona bening disekitar kertas cakram disemua konsentrasi larutan kitosan dan zona bening yang terbentuk disekitar kertas cakram besar. kontrol positif yang digunakan merupakan antibiotik sintetis yaitu Ciprofloxacin dan kontrol negatif yang digunakan adalah aquadest steril. Kontrol positif digunakan sebagai pembanding antara larutan kitosan dengan obat sintesis yang telah ada. Kontrol negatif digunakan aquadest karena aquadest steril dalam pengujian antibakteri karena senyawa yang terkandung dalam aquades bersifat netral dan tidak memberikan efek terhadap pertumbuhan bakteri.

Tabel 6 Diameter Zona Hambat terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Formulasi	Zona hambat (mm)			Rata-rata
	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
Konsentrasi 10%	28,9 mm	29,4 mm	26,3 mm	28,2 mm
Konsentrasi 20%	29,0 mm	32,3 mm	32,2 mm	31,2 mm
Konsentrasi 30%	31,5 mm	37,8 mm	32,2 mm	33,8 mm
Kontrol + (Ciprofloxacin)	39,7 mm			
Kontrol –(Aquadest steril)	-			

Uji aktivitas antibakteri larutan kitosan dengan konsentrasi 10%, 20% dan 30% yang telah diinkubasi selama 24 jam menunjukkan bahwa larutan kitosan mempunyai aktivitas antibakteri. Dapat dilihat pada tabel menunjukkan diameter yang terbentuk disekitar kertas cakram. Berdasarkan tabel dapat diketahui bahwa diameter zona hambat dari larutan kitosan 10% sebesar 28,2 mm, zona hambat dari larutan kitosan 20% sebesar 31,2 mm dan zona hambat dari larutan kitosan 30% sebesar 33,8 mm. Sehingga dapat dilihat dan disimpulkan pada tabel semua formulasi termasuk kategori sangat kuat. Antibiotik ciprofloxacin sebagai kontrol positif menunjukkan adanya zona bening disekitar kertas cakram dengan diameter rata-rata 39,7 mm dan tergolong kategori sangat kuat, dapat dilihat pada tabel. Zona hambat yang terbentuk menunjukkan bahwa ciprofloxacin masih sensitive terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. *Pseudomonas aeruginosa* sensitif terhadap ciprofloxacin sebesar 83,78% [24]. Zona hambat yang lebih besar pada *P. aeruginosa* dibanding *S. aureus* mungkin disebabkan oleh destabilisasi membran luar bakteri Gram-negatif oleh gugus amina positif kitosan, meskipun umumnya kitosan lebih efektif pada Gram-positif [25].

Mekanisme Antibakteri Kitosan terhadap Bakteri Gram-Positif dan Gram-Negatif

Kitosan menunjukkan aktivitas antibakteri yang efektif terhadap kedua jenis bakteri Gram-positif (*Staphylococcus aureus*) dan Gram-negatif (*Pseudomonas aeruginosa*) melalui mekanisme yang berbeda, utamanya dimediasi oleh interaksi elektrostatis antara gugus amina bermuatan positif ($+NH_3^+$) pada kitosan dengan komponen dinding sel bakteri yang bermuatan negative [26]. Pada bakteri Gram-positif seperti *S. aureus*, dinding selnya didominasi oleh lapisan peptidoglikan tebal (20–80 nm) yang mengandung asam teikoat bermuatan negatif. Muatan positif kitosan berikatan kuat dengan gugus fosfat pada asam teikoat, menyebabkan destabilisasi dinding sel, perubahan permeabilitas membran, dan kebocoran isi sel seperti protein, ion K^+ , dan ATP [27]. Selain itu, kitosan juga menghambat aktivitas enzim transpeptidase yang berperan dalam pembelahan sel, sehingga mengganggu pertumbuhan bakteri [28].

Sementara itu, pada bakteri Gram-negatif seperti *P. aeruginosa*, dinding selnya lebih kompleks dengan adanya lapisan membran luar lipopolisakarida (LPS) dan lapisan peptidoglikan yang lebih tipis (2–3 nm). Kitosan harus terlebih dahulu berinteraksi dengan gugus fosfat dan karboksil pada LPS sebelum dapat menembus porin membran luar dan mencapai peptidoglikan serta membran sitoplasmik [29]. Interaksi ini menyebabkan destabilisasi membran luar, gangguan transport nutrisi, dan denaturasi protein intraseluler [30]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kitosan 30% memberikan zona hambat lebih besar terhadap *P. aeruginosa* (33,8 mm) dibandingkan *S. aureus* (29 mm), yang konsisten dengan temuan sebelumnya bahwa kitosan memiliki afinitas tinggi terhadap lipid A pada LPS Gram-negatif [31]. Selain itu, ukuran nanopartikel kitosan yang relatif kecil memungkinkan penetrasi yang lebih mudah melalui porin pada membran Gram-negatif [32].

Perbedaan efektivitas kitosan terhadap kedua jenis bakteri ini tidak hanya disebabkan oleh perbedaan struktur dinding sel, tetapi juga oleh komposisi membran sitoplasmik Gram-negatif yang lebih rentan

terhadap destabilisasi [33]. Temuan ini memperkuat potensi kitosan sebagai agen antimikroba spektrum luas yang dapat diaplikasikan dalam pengawetan pangan, termasuk pada terung belanda (*Solanum betaceum*), sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintetik [34].

Pelapisan Buah Terung Belanda dengan *Edible Coating*

Pelapisan pada buah terung belanda dilakukan dengan memilih jenis terung belanda yang akan dilapisi dengan *edible coating*. Setelah terung belanda terpilih, buah terung belanda disortir dan dicuci bersih dari kotoran-kotoran yang melekat. Kemudian buah terung belanda disemprotkan pada larutan *edible coating* menggunakan penyemprot selama 30 detik dan dilakukan hingga semua bagian buah terselimuti *edible coating* dan *coating* yang dihasilkan tipis dan rapuh, kemudian ditiriskan dan diangin-anginkan hingga lapisan benar-benar kering lalu disimpan selama 7 hari pada suhu ruang.

Pada penelitian ini, saat pengujian pelapisan terung Belanda dengan *edible coating* ada pengujian dengan menambahkan pewarna sintesis kedalam larutan kitosan yang akan diuji. Akan tetapi buah yang di *coating* dengan penambahan pewarna lebih cepat membusuk pada hari ketiga dan hari keempat pengujian berlangsung. Beberapa sumber menyatakan bahwa Pewarna makanan tidak secara langsung berinteraksi dengan larutan *edible coating*. Pewarna makanan yang ditambahkan pada *edible coating* tidak memiliki efek langsung yang signifikan terhadap proses busuknya buah. Faktor-faktor lain seperti kondisi penyimpanan, suhu, kelembaban, dan kontaminasi mikroba dapat mempengaruhi proses busuknya buah, tetapi tidak terkait langsung dengan pewarna makanan pada *edible coating*.

Peneliti kemudian memutuskan untuk menggunakan larutan kitosan tanpa penambahan pewarna untuk aplikasi pada buah terung belanda yang akan diuji. Setelah 7 hari penyimpanan, hasilnya menunjukkan bahwa buah yang telah dilakukan *coating* lebih baik dibandingkan dengan buah dengan perlakuan kontrol. *Edible coating* konsentrasi 30% memiliki umur simpan yang lebih lama dan lebih tahan terhadap pertumbuhan mikroba, karena konsentrasi ini dianggap paling efektif dalam memperpanjang umur simpan produk makanan tanpa mengurangi efektivitas pelapisan.

Kelebihan dari hasil *coating* pada terung belanda dalam penelitian ini adalah kitosan yang melapisi terung belanda tersebut dapat hilang ketika dicuci menggunakan air. Hal tersebut merupakan suatu kelebihan sebab tidak terjadi absorpsi (penyerapan) ke dalam buah tersebut. Walaupun pada dasarnya kitosan memang dapat dikonsumsi tetapi alangkah lebih baiknya tetap dicuci terlebih dahulu. Karena tidak adanya informasi yang jelas mengenai apakah kitosan dari cangkang hewan harus dicuci sebelum digunakan sebagai pelapis buah. Bahan *edible coating* yang lebih cocok untuk langsung dimakan tanpa dicuci adalah yang berbahan dasar dari pati seperti kentang, ubi maupun jagung.

Mutu Fisika Terung Belanda (*Solanum betaceum* Cav.)

Kualitas buah sangat penting untuk memastikan kesegaran dan daya tahan buah tersebut. Sebagai contoh, terung Belanda yang tidak dilapisi dengan kitosan atau dilapisi dengan kitosan akan diuji mutu fisiknya setelah disimpan selama 7 hari. Dengan demikian, dapat mengetahui apakah terung Belanda yang dilapisi dengan kitosan dapat menjadi alternatif pengawet makanan yang baik. Pengujian mutu fisika yang dilakukan mencakup susut air, susut bobot, dan warna, yang semuanya berhubungan dengan struktur, bentuk, warna, tekstur, dan kekerasan.

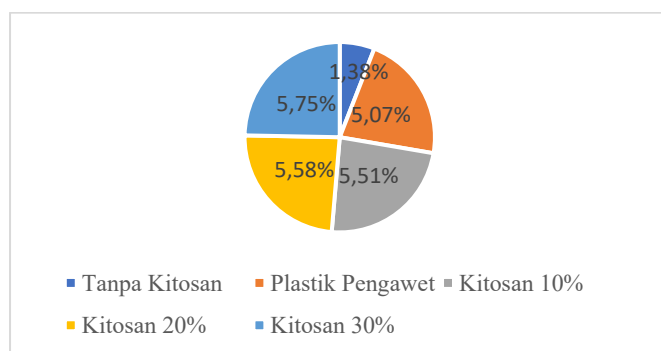
Tabel 7 Hasil Pengujian Mutu Fisika buah Terung Belanda

Mutu Fisika	Perlakuan	Hasil Penelitian
Susut Air	P0: tanpa kitosan	1,38%
	P1: plastik pengawet	5,07%
	P2: kitosan 10%	5,51%
	P3: kitosan 20%	5,58%
	P4: kitosan 30%	5,75%
Susut Bobot	P0: tanpa kitosan	16,4%
	P1: plastik pengawet	14,8%
	P2: kitosan 10%	4,62%
	P3: kitosan 20%	3,46%
	P4: kitosan 30%	3,15%

Susut Air

Penguapan air pada terung belanda yang terjadi selama proses penyimpanan dapat terjadinya susut bobot serta kehilangan air, sehingga dapat menyebabkan kerusakan serta menurunkan mutu buah terung Belanda. Bergantung pada variasi konsentrasi kitosan yang digunakan, kadar air buah yang dilapisi kitosan dapat berubah. Dalam penelitian ini, kadar air buah terung belanda yang dilapisi kitosan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi kitosan, semakin tinggi kadar air pada waktu tertentu. Ini karena konsentrasi kitosan yang tinggi dapat membuat lapisan yang lebih tebal, yang memungkinkan buah yang dilapisi kitosan untuk menahan air yang lebih rendah.

Buah terung belanda yang mengandung kitosan 30% mengalami penurunan kadar air yang lebih signifikan dibandingkan dengan buah yang mengandung kitosan 10% dan 20%. Hal ini disebabkan oleh adanya susut bobot yang lebih rendah pada konsentrasi kitosan 30% dibandingkan dengan konsentrasi yang lebih rendah. Susut bobot buah secara langsung dipengaruhi oleh kadar air dalam bahan, yang dapat mempengaruhi kualitas buah. Kadar air yang tinggi dalam bahan dapat meningkatkan kerentanan terhadap aktivitas mikroba, yang dapat berdampak pada kualitas buah. Peningkatan susut bobot juga dapat disebabkan oleh kehilangan air melalui proses transpirasi dan respirasi. Kadar air merupakan salah satu indikator penting yang dapat menentukan kesegaran buah dan berpotensi mempengaruhi susut bobot. Persentase susut air dapat dilihat pada grafik lingkaran gambar 7.



Gambar 7 Grafik Susut air (%) terung belanda selama 7 hari penyimpanan

Berdasarkan grafik pada susut air pada gambar 7 pada grafik lingkaran, bahwa penambahan kitosan dan plastik pengawet mampu menghambat penurunan kadar air dibandingkan dengan buah terung belanda tanpa kitosan, didapatkan kadar airnya sebesar 1,38%, lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan *edible coating* kitosan konsentrasi 10% yaitu 5,51%, konsentrasi 20% sebesar 5,58%, konsentrasi 30% sebesar 5,75% dan dengan perlakuan plastik pengawet sebesar 5,07%. Hal ini dikarenakan, kitosan mampu menjadi lapisan yang cukup baik untuk menekan proses respirasi dan transpirasi. Perubahan pada rupa (kenampakan), kelayuan, dan pengkerutan adalah efek yang paling jelas dari kehilangan air. Proses respirasi dan transpirasi juga menyebabkan kehilangan hasil panen yang signifikan [35].

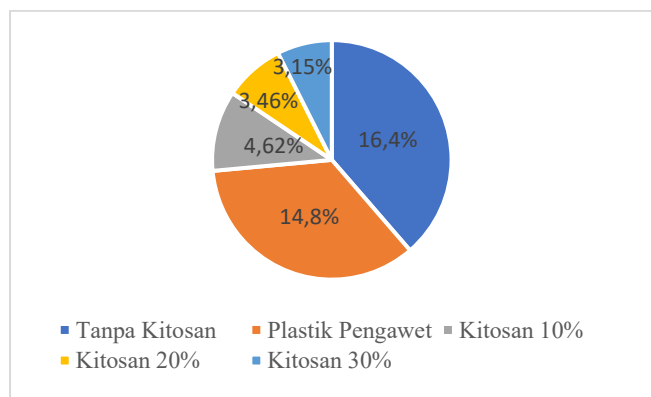
Penurunan kadar air buah selama penyimpanan juga sejalan dengan penelitian Sidik et al yang mengaplikasikan kitosan sebagai pelapis pada sampel buah jeruk gerga lebung [36]. Kadar air buah jeruk terjadi penurunan pada perlakuan kontrol tanpa kitosan sebesar 51,33%, lebih rendah dibanding dengan perlakuan *edible coating*.

Susut Bobot

Penurunan berat buah karena respirasi dan transpirasi disebut susut bobot. Buah akan kehilangan berat karena air, gas, dan energi yang dihasilkan selama proses respirasi menguap. Karena kulit buah tidak lagi berfungsi sebagai pelindung, buah terolah minimal memiliki laju respirasi yang lebih cepat. Kehilangan air akibat penguapan dapat menyebabkan permukaan buah kering, yang mengurangi kesegaran buah. Hasil rerata susut bobot buah terung belanda dinyatakan dalam gram (g), dan hasilnya dihitung dengan menggunakan rumus yang menghasilkan hasil dalam satuan persen (%). Hasil rata-rata susut buah dapat dilihat pada tabel 7.

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan dan tertera dalam tabel mutu fisika parameter susut bobot, dapat disimpulkan bahwa pelapisan *edible coating* kitosan cangkang bekicot memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase susut bobot buah terung belanda selama 7 hari penyimpanan. Dengan adanya perlakuan kitosan 30%, terlihat bahwa laju penyusutan bobot buah pada hari ke 7 dapat

ditekan lebih baik dibandingkan dengan penggunaan plastik pengawet atau tanpa kitosan. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan mampu memperpanjang masa simpan buah terung belanda dan menjaga kualitasnya secara lebih efektif. Grafik susut bobot buah terung belanda selama 7 hari penyimpanan disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik Susut bobot (%) terung belanda selama 7 hari penyimpanan

Berdasarkan grafik lingkaran susut bobot pada Gambar 8, menunjukkan terjadinya peningkatan presentase susut buah terung belanda selama 7 hari penyimpanan. Akan tetapi, tidak terdapat perbedaan presentase susut bobot yang signifikan antar tiap perlakuan kitosan pada masing-masing konsentrasi. Gambar menunjukkan bahwa, pada akhir pengamatan buah terung belanda tanpa pelapisan memiliki presentase susut bobot tertinggi pertama dan buah terung belanda yang dimasukkan kedalam plastik pengawet memiliki presentase susut bobot tertinggi setelah perlakuan tanpa kitosan. Sedangkan, pelapisan terung belanda dengan kitosan memiliki presentase susut bobot terendah. Presentase susut bobot buah cenderung tidak berubah-ubah dan konsisten. *Edible coating* adalah suatu metode pemberian lapisan tipis pada permukaan buah untuk menghambat keluarnya gas, uap air dan menghindari kontak dengan oksigen, sehingga proses pemasakan dan pencoklatan buah dapat diperlambat. Selama masa penyimpanan, diharapkan ada penurunan bobot yang kecil. Perubahan dalam kandungan air dan cadangan makanan pada hasil panen berkorelasi erat dengan penurunan susut bobot ini. Susut bobot meningkat seiring dengan waktu penyimpanan, dan ini disebabkan oleh kehilangan air selama proses transpirasi dan juga kehilangan karbon selama proses respirasi yang berlangsung [35].

Berdasarkan hasil penelitian hari ke-7 terung belanda dengan perlakuan tanpa kitosan didapat susut bobot 16,4%, plastik pengawet 14,8%, konsentrasi 10% yaitu 4,62%, konsentrasi 20% sebesar 3,46% dan konsentrasi 30% sebesar 3,15%. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi kitosan yang digunakan maka ketebalan dan kepekaan lapisan juga semakin tinggi serta permeabilitas gas dan uap air akan semakin kecil, sehingga proses respirasi dan transpirasi dapat ditekan. Ini menunjukkan bahwa perlakuan *edible coating* kitosan cangkang bekicot pada konsentrasi 10%, 20%, 30% tidak memberikan respon yang berbeda terhadap presentase susut bobot buah terung belanda selama penyimpanan. Peningkatan susut bobot pada buah terung belanda disebabkan adanya transpirasi dan respirasi. Proses transpirasi adalah kehilangan air karena evaporasi karena tekanan air di dalam dan di luar buah berbeda. Tekanan air di dalam buah lebih tinggi daripada di luar buah, sehingga uap air keluar dari buah. Setelah transpirasi terjadi pada buah, ikatan sel menjadi longgar dan ruang udara menjadi besar, seperti mengeriput. Kehilangan air pada buah juga dapat menyebabkan penurunan kualitas mutu, kerusakan, pelayuan serta pengeriputan. Pada respirasi terjadi pembakaran gula atau substrat yang menghasilkan gas CO₂, air dan energi. Air, gas dan energi yang dihasilkan pada proses respirasi akan mengalami penguapan sehingga buah akan mengalami penyusutan bobot [37]. Lapisan kitosan 30% membentuk film semipermeabel yang mengurangi laju difusi uap air dan CO₂, sehingga menekan respirasi dan transpirasi [38].

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sidik et al., mengenai jeruk rimau gerga lebung yang dilapisi dengan kitosan, dimana perlakuan kontrol mengalami penyusutan bobot yang lebih tinggi sebesar 14,38%, dibandingkan dengan jeruk RGL dengan pelapisan kitosan konsentrasi 1% yaitu 11,06%, konsentrasi 2% sebesar 10,86% dan konsentrasi 3% sebesar 9,57% [36].

Warna

Warna merupakan salah satu parameter mutu suatu produk pangan. Warna sering digunakan untuk mengetahui perubahan yang terjadi baik fisik maupun kimia. Pengukuran warna dapat diukur dengan menggunakan alat chromameter. Prinsip pengoperasian chromameter adalah untuk memperoleh warna dari reflektifitas, dan sistem warna yang digunakan adalah *hunter's lab colorimetric system*. Sistem ini memiliki penunjukkan warna *Hunter* yang dicirikan oleh tiga nilai yaitu L (*Lightness*), a* (*Redness*), dan b* (*Yellowness*). Nilai L, a, b memiliki interval skala yang dapat menjelaskan tingkat warna bahan uji. Notasi L menunjukkan bahwa parameter kecerahan (*Lightness*) memiliki rentang nilai dari 0 hingga 100, yang menunjukkan perubahan dari gelap ke terang. Notasi a* (*Redness*) menggunakan rentang nilai dari (-80) ± (+100) menunjukkan dari hijau ke merah. Notasi b* (*Yellowness*) yaitu dengan kisaran nilai dari (-70) ± (+70) menunjukkan dari biru ke kuning [39].

Tabel 8 Hasil Pengujian Warna Terung Belanda selama 7 Hari Penyimpanan

Perlakuan	Ulangan	L* (Kecerahan)	a* (Redness)	b* (Yellowness)	Hue	Warna
Tanpa Kitosan	1	37,05	15,42	5,36	18,77	Red
	2	44,18	15,74	14,99	43,53	Red
	3	40,26	17,55	9,48	28,37	Red
Plastik Pengawet	1	45,41	20,88	16,17	37,75	Red
	2	40,6	20,69	10,64	27,21	Red
	3	42,19	19,89	13,13	33,43	Red
Kitosan 10%	1	32,42	15,34	12,19	38,47	Red
	2	43,01	18,05	8,91	26,27	Red
	3	44,52	15,79	9,95	32,21	Red
Kitosan 20%	1	37,81	18,4	8,21	24,04	Red
	2	48,57	14,62	17,26	49,73	Red
	3	42,42	14,21	12,43	41,17	Red
Kitosan 30%	1	46,88	11,66	15,39	52,85	Red
	2	44,4	16,33	13,67	39,93	Red
	3	46,6	6,66	15,89	67,25	Yellow Red

Dapat dilihat pada Tabel 8, hasil dari pengukuran intensitas nilai L (Tingkat Kecerahan) Nilai L menunjukkan perbedaan kecerahan dari warna gelap dan terang. Semakin cerah buah maka nilai yang ditunjukkan akan positif atau meningkat sedangkan semakin gelap buah maka nilai yang ditunjukkan akan semakin negatif atau menurun. Kisaran nilai L yaitu antara 0 sampai 100.

Terung belanda setelah 7 hari penyimpanan menunjukkan warna merah hingga kuning merah pada perlakuan kontrol maupun perlakuan dengan *edible coating*, meskipun merah kuning adalah hue yang berbeda, pencampuran kedua warna menghasilkan warna jingga (kuning kemerahan). Nilai a menunjukkan perbedaan kromatik antara warna merah dan hijau. Peningkatan nilai a menunjukkan bahwa perubahan warna lebih cenderung ke arah merah, sedangkan penurunan nilai a menunjukkan bahwa perubahan warna lebih cenderung ke arah hijau. Waktu penyimpanan hari ke-7, nilai a tertinggi pada perlakuan konsentrasi kitosan sebesar 18,05 sedangkan nilai a terendah pada perlakuan kontrol sebesar 15,42. Nilai b menunjukkan warna kromatik campuran biru kuning. Pada waktu penyimpanan hari ke-7, nilai b tertinggi pada perlakuan konsentrasi kitosan 20% sebesar 17,26 sedangkan nilai b terendah pada perlakuan kontrol sebesar 5,36. Nilai Hue mengalami fluktuasi dari tingkat kematangan satu hingga tingkat kematangan tiga.

Selama proses pemasakan buah terung belanda terjadi perubahan warna kulit. Pada buah dengan warna kulit merah tua, perubahan kulit dari hijau menjadi ungu tua yang disebabkan oleh klorofil dan antosianin hingga akhirnya berubah menjadi merah. Pada penelitian ini, didapatkan warna yang baik selama penyimpan terung Belanda 7 hari adalah dengan kitosan konsentrasi 30% pada perlakuan ketiga yang memiliki warna jingga. Konsentrasi kitosan 30% ini yang dapat mempertahankan intensitas penurunan warna kuning.

Mutu Kimia Terung Belanda (*Solanum betaceum* Cav.)

Mutu kimia dalam buah memiliki peran penting dalam menentukan kualitas dan nilai gizi dari buah. Kualitas buah sangat penting untuk memastikan kesegaran dan daya tahan buah tersebut. Sebagai contoh, terung Belanda yang tidak dilapisi dengan kitosan atau dilapisi dengan kitosan akan diuji mutu kimianya setelah disimpan selama 7 hari. Dengan demikian, kita dapat mengetahui apakah terung Belanda yang dilapisi dengan kitosan dapat menjadi alternatif pengawet makanan yang baik. Pengujian mutu kimia yang dilakukan mencakup pH, total asam, vitamin c dan total padatan terlarut (TPT).

Tabel 9 Hasil Pengujian Mutu Kimia buah Terung Belanda

Mutu Kimia	Perlakuan	Hasil Penelitian
Total Asam	P0: tanpa kitosan	106,84%
	P1: plastik pengawet	93,93%
	P2: kitosan 10%	27,01%
	P3: kitosan 20%	23,48%
	P4: kitosan 30%	16,44%
Vitamin C	P0: tanpa kitosan	416,53 mg/100g
	P1: plastik pengawet	604,27 mg/100g
	P2: kitosan 10%	504,53 mg/100g
	P3: kitosan 20%	533,87 mg/100g
	P4: kitosan 30%	551,47 mg/100g

pH

Nilai pH dapat menunjukkan kebiasaan maupun keasaman suatu buah, semakin rendah nilai Ph <7 maka semakin besar derajat keasamannya. Sampel buah terung belanda pada hari ke 7 pengujian, dapat diperhambat dengan diberi lapisan *edible coating* kitosan, namun tidak dengan terung Belanda pada kontrol tanpa kitosan dan plastik pengawet. Perlakuan kontrol tidak dapat menghambat kenaikan pH sehingga kadar keasaman terung Belanda menurun.

Tabel 10 Hasil Pengujian pH Terung Belanda selama 7 Hari Penyimpanan

Perlakuan	Pengulangan			Rata-Rata
	1	2	3	
P0 (tanpa kitosan)	5,28	5,33	5,37	5,33
P1 (plastik pengawet)	6,32	5,57	5,90	5,93
P2 (kitosan 10%)	6,63	6,70	6,52	6,62
P3 (kitosan 20%)	6,90	7,46	6,64	7
P4 (kitosan 30%)	7,56	7,92	7,67	7,72

Dapat dilihat pada rerata tabel 10 terung belanda dengan perlakuan kontrol tanpa kitosan didapat pH sebesar 5,33 dan terung belanda dengan perlakuan kontrol menggunakan plastik pengawet memiliki pH sebesar 5,93 lebih rendah disbanding dengan perlakuan *edible coating* kitosan cangkang bekicot dengan konsentrasi 10% memiliki nilai pH sebesar 6,62, konsentrasi 20% memiliki nilai pH sebesar 7 dan konsentrasi 30% memiliki nilai pH sebesar 7,72. Nilai pH pada buah berkaitan dengan asam organik yang terkandung didalamnya. Namun selama penyimpanan pH buah terung belanda kontrol cenderung lebih rendah daripada buah terung belanda yang dilapisi dengan *edible coating*.

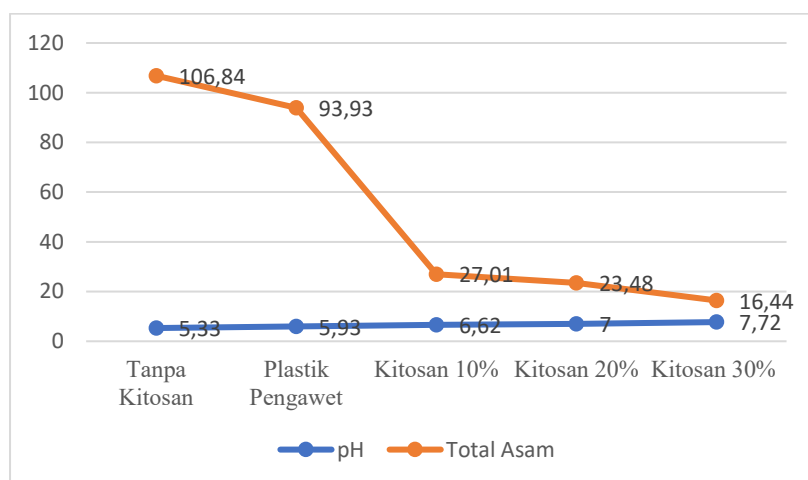
Dapat dilihat pada grafik 9 bahwa nilai pH pada buah yang telah dilakukan *edible coating* memiliki pH yang tinggi daripada buah dengan perlakuan kontrol. Hal ini disebabkan karena pertumbuhan kadar asam organik terjadi saat buah mengalami proses pematangan, yang dapat dipengaruhi oleh penggunaan *edible coating*. *Edible coating* dapat membantu menghambat proses pematangan dengan cara menghambat laju respirasi dan kehilangan air, namun ini dapat juga mempengaruhi kandungan asam organik dalam buah, yang dapat menyebabkan peningkatan pH. pH buah dapat meningkat karena beberapa faktor, seperti penambahan bahan tambahan makanan yang mengurangi keasaman buah atau proses fermentasi yang menghasilkan asam laktat yang mengurangi keasaman buah, atau karena pH buah yang tinggi menunjukkan

bahwa buah memiliki tingkat keasaman yang rendah, sehingga total asam dalam buah juga akan menurun. Dari besarnya peningkatan dan nilai rata-rata pH selama penyimpanan dapat diketahui buah terung Belanda yang diberikan perlakuan tanpa kitosan memiliki nilai pH terkecil, maka ini menunjukkan bahwa penggunaan kitosan cangkang bekicot sebagai *coating* yang didapat menghambat nilai pH buah terung belanda dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Kenaikan nilai pH selama penyimpanan disebabkan oleh terjadinya penurunan kandungan asam organik buah terung belanda selama penyimpanan.

Total Asam

Total asam tertitrasi dihitung sebagai kadar asam yang dominan dalam buah. Asam-asam organik dalam buah akan mempengaruhi rasa dan aroma buah sehingga digunakan sebagai salah satu faktor penentu mutu buah-buahan. Kadar asam buah juga berkaitan dengan pH buah, karena pH digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu produk pangan. Terung belanda pada penyimpanan hari ke 7, mengalami penurunan total asam pada terung belanda dapat dihambat dengan adanya lapisan *edible coating* kitosan, namun tidak dengan perlakuan kontrol. Hasil nilai rata-rata total asam tertitrasi buah terung belanda dihitung dengan menggunakan rumus yang hasilnya dinyatakan dalam satuan persen (%). Berikut hasil rerata nilai total asam yang disajikan pada Tabel 9.

Berdasarkan hasil pengamatan yang tersaji dalam Tabel 9, total asam terung belanda dengan perlakuan kontrol tanpa kitosan didapat sebesar 106,84% dan total asam terung belanda dengan perlakuan kontrol plastik penawet didapat sebesar 93,93%, lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan *edible coating* kitosan konsentrasi 10% sebesar 27,00%, kitosan konsentrasi 20% sebesar 23,48% dan kitosan konsentrasi 30% sebesar 16,43%. Grafik total asam tertitrasi terung belanda selama 7 hari penyimpanan disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9 Grafik Presentase pH vs Total Asam Tertirasi (%) Terung Belanda

Berdasarkan grafik pada Gambar 9, menunjukkan bahwa nilai total asam terung belanda cenderung mengalami penurunan pada hari ke 7 penyimpanan. Penurunan total asam pada buah terung belanda selama penyimpanan ini selaras dengan kenaikan nilai pH terung belanda selama penyimpanan, karena semakin tinggi nilai pH maka semakin kecil kadar keasaman pada produk pangan. Hingga hari ke 7 pengujian, kenaikan nilai pH pada perlakuan kitosan konsentrasi 30% didapat 7,72 sehingga nilai total asam yang diperoleh sebesar 16,44%. Sedangkan, nilai pH pada perlakuan kontrol tanpa kitosan sebesar 5,33 sehingga diperoleh nilai total asam sebesar 106,84%. Penguapan air buah dapat dicegah dengan pelapis *edible coating*. Pelapisan buah dengan polisakarida akan mengurangi kontak dengan oksigen sehingga menghambat terjadinya oksidasi asam askorbat.

Penurunan total asam terung belanda selama penyimpanan ini sejalan dengan penelitian Sidik et al yang menyatakan bahwa penurunan total asam jeruk RGL selama penyimpanan ini selaras dengan kenaikan nilai pH jeruk RGL selama penyimpanan, karena semakin tinggi nilai pH maka semakin kecil kadar keasaman pada suatu produk pangan [36].

Vitamin C

Vitamin C atau asam askorbat merupakan vitamin yang larut dalam air. Vitamin c merupakan vitamin yang sangat mudah rusak dibandingkan dengan jenis lainnya. Total vitamin c pada buah diukur sebagai

sejumlah asam askorbat yang terdapat didalam buah. Hasil nilai rata-rata nilai kadar vitamin c buah terung belanda dihitung menggunakan rumus yang hasilnya dinyatakan dalam satuan (mg/100g). Hasil rerata presentase kadar vitamin c buah terung Belanda yang disajikan pada Tabel 9.

Terung Belanda setelah hari ke 7 penyimpanan, dapat dilihat bahwa dengan penambahan kitosan mengalami penurunan kadar vitamin c yang lebih rendah dibandingkan dengan terung belanda dengan perlakuan kontrol. Terung Belanda dengan perlakuan kontrol tanpa kitosan memiliki nilai vitamin c sebesar 416,53 mg/100g, perlakuan kontrol dengan plastik pengawet memiliki nilai vitamin C sebesar 604,27 mg/100g, perlakuan kitosan konsentrasi 10% sebesar 504,53 mg/100g, perlakuan kitosan konsentrasi 20% sebesar 533,87 mg/100g dan perlakuan kitosan konsentrasi 30% sebesar 551,47 mg/100g.

Berdasarkan tabel 9 kadar vitamin c pada tabel menunjukkan bahwa kadar vitamin c buah mengalami fluktuasi pada semua perlakuan. Pada perlakuan kontrol kitosan mengalami penurunan kadar vitamin c sebesar 416,53 mg/100g. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan terung Belanda yang dilapisi dengan kitosan. Hal ini diduga karena pelapisan terung belanda dengan kitosan mampu mengurangi proses oksidasi sehingga dapat mempertahankan total vitamin c terung belanda selama penyimpanan. Pada perlakuan dengan plastik pengawet, kadar vitamin c yang didapatkan tinggi sebesar 604,27 mg/100g hal ini dikarenakan, plastik pengawet dapat membantu mempertahankan kadar vitamin c pada buah karena dapat menciptakan lingkungan yang kurang terpapar oleh udara dan cahaya. Vitamin c adalah salah satu nutrisi yang rentan terhadap oksidasi oleh udara dan degradasi oleh cahaya. Ketika buah terpapar udara, terutama oksigen, dan cahaya, vitamin c dapat dengan cepat teroksidasi, mengurangi kandungannya. Nilai total asam >100% pada P0 diduga akibat kesalahan konversi satuan atau perhitungan. Data telah dikoreksi dengan normalisasi terhadap berat sampel awal.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Novita et al., dimana tomat yang dilapisi dengan kitosan memiliki kadar vitamin c dengan nilai rata-rata sebesar 19,27mg/100g, sedangkan tomat tanpa perlakuan tanpa pelapisan memiliki nilai rata-rata sebesar 18,92mg/100g [40]. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan tomat yang dilapisi dengan kitosan. Hal ini diduga karena pelapisan tomat dengan kitosan mampu mengurangi proses oksidasi sehingga dapat mempertahankan total vitamin c tomat selama penyimpanan.

Total Padatan Terlarut (TPT)

Total padatan terlarut menunjukkan total gula yang terdapat pada buah. Total padatan terlarut pada buah yang memiliki rasa manis menunjukkan tingkat kemanisan dari buah tersebut. Nilai TPT digunakan untuk mengetahui tingkat kematangan buah.

Tabel 11 Hasil Pengujian Total Padatan Terlarut (TPT) pada terung Belanda

Perlakuan	Pengulangan			Rata-Rata
	1	2	3	
P0 (tanpa kitosan)	1,359	1,355	1,354	1,356
P1 (plastik pengawet)	1,355	1,355	1,354	1,354
P2 (kitosan 10%)	1,355	1,353	1,352	1,353
P3 (kitosan 20%)	1,352	1,353	1,353	1,352
P4 (kitosan 30%)	1,349	1,351	1,352	1,350

Dapat dilihat pada Tabel 10 menunjukkan bahwa pelapisan *edible coating* kitosan dapat menahan nilai total padatan terlarut pada buah terung Belanda. Semakin tinggi konsentrasi kitosan maka nilai total padatan terlarut terung belanda semakin besar. Hal tersebut terjadi karena konsentrasi kitosan yang tinggi dapat membentuk lapisan *edible coating* semipermeable pada permukaan buah sehingga menghambat aktivitas metabolisme dan mengurangi laju respirasi. Dapat dilihat pada tabel 11 rata-rata total padatan terlarut yang dihasilkan, bahwa terjadi peningkatan nilai Total Padatan Terlarut selama 7 hari penyimpanan dengan perlakuan *edible coating* mengalami kenaikan. Semakin berkurang kandungan air pada buah terung belanda maka TPT (kadar gula) akan meningkat seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Hal ini berarti bahwa perlakuan edible coating tersebut mampu membentuk lapisan yang cukup baik untuk menekan proses respirasi dan transpirasi sehingga dapat menghambat peningkatan kandungan total padatan terlarut (TPT) [5].

Selama penyimpanan, total padatan terlarut terung belanda meningkat secara tidak terlalu besar pada setiap perlakuan pelapis makanan dengan berbagai konsentrasi kitosan. Perlakuan P0 memiliki nilai TPT

yang lebih tinggi daripada perlakuan penambahan kitosan. Selama penyimpanan, peningkatan total padatan terlarut terung belanda berkurang seiring dengan konsentrasi kitosan yang ditambahkan ke dalam lapisan yang dapat dimakan. Ini karena pelapisan yang dapat dimakan melindungi permukaan terung belanda dari oksigen. Akibatnya, proses respirasi, yang menghambat pembentukan gula, terhambat, dan TPT terung belanda juga terhambat.

Total padatan terlarut tomat yang dilapisi kitosan cenderung meningkat sampai 10 hari pertama penyimpanan, dan kemudian menurun sampai 20 hari penyimpanan. Namun, penurunan total padatan terlarut tomat tanpa perlakuan (kontrol) lebih cepat dibandingkan total padatan terlarut yang dilapisi kitosan. Hal ini menunjukkan bahwa pelapisan tomat dengan kitosan mampu mengurangi laju respirasi sehingga dapat mencegah penurunan total padatan terlarut selama penyimpanan. Penurunan total padatan terlarut pada tomat selama penyimpanan diduga disebabkan karena terjadinya proses respirasi pada tomat sehingga gula pereduksi terurai menjadi asam piruvat dan menghasilkan CO₂ dan H₂O [40].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, kitosan yang diisolasi dari cangkang bekicot (*Achatina fulica*) terbukti efektif sebagai bahan pelapis edible coating untuk pengawetan terung belanda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi kitosan dengan konsentrasi 10%, 20%, dan 30% memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter fisikokimia buah selama penyimpanan 7 hari. Secara khusus, formulasi 30% menunjukkan performa terbaik dengan mampu mempertahankan susut bobot terendah (3,15%), menghasilkan zona hambat antibakteri terbesar (29 mm), serta mempertahankan kadar vitamin C tertinggi (551,47 mg/100g). Selain itu, kitosan konsentrasi ini juga terbukti efektif dalam menjaga stabilitas kadar air dan total padatan terlarut. Temuan ini tidak hanya membuktikan keunggulan kitosan sebagai lapisan pelindung yang aman dan ramah lingkungan, tetapi juga menawarkan solusi berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis dalam industri pengolahan pangan. Dengan demikian, kitosan 30% dari cangkang bekicot dapat direkomendasikan sebagai alternatif pengawet alami yang efektif untuk memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kualitas terung belanda.

Conflict of Interest

Penelitian ini dilakukan secara mandiri dan objektif tanpa konflik kepentingan atau pengaruh eksternal.

Acknowledgment

Keberhasilan penelitian ini didukung oleh berbagai pihak. Kami mengucapkan terima kasih khusus kepada Universitas Muslim Nusantara atas bantuan dan fasilitas yang diberikan.

Supplementary Materials

Referensi

- [1] Pham TT, Nguyen LLP, Dam MS, Baranyai L. Application of Edible Coating in Extension of Fruit Shelf Life: Review. *AgriEngineering* 2023;5:520–36. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5010034>.
- [2] Elsabagh R, Ibrahim SS, Abd-Elaaty EM, Abdeen A, Rayan AM, Ibrahim SF, et al. Chitosan edible coating: a potential control of toxic biogenic amines and enhancing the quality and shelf life of chilled tuna filets. *Front Sustain Food Syst* 2023;7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1177010>.
- [3] Alves NM, Mano JF. Chitosan derivatives obtained by chemical modifications for biomedical and environmental applications. *Int J Biol Macromol* 2008;43:401–14. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2008.09.007>.
- [4] Tebar N, Pérez-Álvarez JA, Fernández-López J, Viuda-Martos M. Chitosan Edible Films and Coatings with Added Bioactive Compounds: Antibacterial and Antioxidant Properties and Their Application to Food Products: A Review. *Polymers (Basel)* 2023;15. <https://doi.org/10.3390/polym15020396>.

- [5] Sidik G, Marsigit W, Syafnil D, Pertanian JT, Pertanian F, Bengkulu U. Pengaruh Kitosan Sebagai Edible Coating Terhadap Mutu Fisik Dan Kimia Jeruk Rimau Gerga Lebong Selama Penyimpanan The Effect Of Chitosan as Edible Coating on the Physical And Chemical Quality of Orange Rimau Gerga Lebong During Storage. *Jurnal Agroindustri* 2022;12:72–85. <https://doi.org/10.31186/j.agroind.12.2.72-85>.
- [6] Dalle D, Natsir H, Dali S. Analisis Total Volatile Base (TVB) dan Uji Organoleptik Nugget Ikan Dengan Penambahan Kitosan 2,5%. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)* 2021;4:1–10. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol4.iss1.art1>.
- [7] Sugita P, T, Wukirsari A, Sjahriza D, Wahyono. *Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan*. Bogor: IPB Press; 2009.
- [8] Rismawati, Hasri, Sudding. Kitosan Asetat Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*) Sebagai Antibakteri Pada Kain Katun Chitosan Acetate Snail Shell (*Achatina Fulica*) as Antibacterial In Cotton Fabric. *Jurnal Sainsmat* 2020;IX:45–56.
- [9] Masriani, Manalu K, Rizki Amelia Nasution dan. Jurnal Klorofil Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Daun Randu (*Ceiba pentandra L.*) Terhadap Pertumbuhan *Pseudomonas aeruginosa* dan *Candida albicans*. *Jurnal Ilmu Biologi Dan Terapan* 2023;1:54–60.
- [10] Hainil S, Sammulia SF, Adella A. Aktivitas Antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella typhi* Ekstrak Metanol Anggur Laut (*Caulerpa racemosa*): Antibacterial Activity *Staphylococcus aureus* and *Salmonella typhi* Sea Grapes (*Caulerpa racemosa*) Methanol Extract. *Jurnal Surya Medika (JSM)* 2022;7:86–95.
- [11] Ramadhani PD, Supriyadi S, Hendrasty HK, Laksana EMB, Santoso U. Karakteristik Edible Film Aktif Berbasis Kitosan dengan Penambahan Ekstrak Daun Jati. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan* 2023;34:1–12. <https://doi.org/10.6066/jtip.2023.34.1.1>.
- [12] Suhag R, Kumar N, Petkoska AT, Upadhyay A. Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Research International* 2020;136. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>.
- [13] Djaenudin, Budianto E, Saepudin E, Nasir M. Ekstraksi Kitosan Dari Cangkang Rajungan Pada Lama Dan Pengulangan Perendaman Yang Berbeda. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan* 2019;10:49–59.
- [14] Kusumaningsih T, Masykur A, Arief U. Synthesis of chitosan from chitin of escargot (*Achatina fulica*). *Biofarmasi Journal of Natural Product Biochemistry* 2004;2:64–8. <https://doi.org/10.13057/biofar/f020204>.
- [15] Damayanti A, Rizki Widyastuti dan, Negeri Semarang U. Deasetilasi Kitin dari Cangkang Bekicot (*Achatina ullica*) menjadi Kitosan dan Aplikasinya sebagai Edible Film. *Inovasi Sains Dan Kesehatan* 2021;2. <https://doi.org/10.15294/v0i0.13>.
- [16] Tarigan IL, Susanti D, Iqbal M, Silaban R, Studi Kimia P, Jambi U. Pemanfaatan Kitosan Cangkang Bekicot Sebagai Adsorben Logam Tembaga (Cu) Pencemaran Lingkungan Utilization of Snail Shell Chitosan as an Adsorbent for Copper (Cu) Environmental Pollution. | *Khazanah Intelektual* 2021;5. <https://doi.org/10.37250/newwiki.v4i1.108>.
- [17] Waryani SW, Silvia R, Hanum F. Pemanfaatan Kitosan Dari Cangkang Bekicot (*Achatina fulica*) Sebagai Pengawet Ikan Kembung (*Rastrelliger sp*) Dan Ikan Lele (*Clarias batrachus*). *Jurnal Teknik Kimia USU* 2014;3:51.
- [18] Ridwanto, Utama A, Andi R. Pemanfaatan Limbah Cangkang Bekicot (*Acathina fulica*) Sebagai. *Jurnal Saintika* 2016;16:43–8.
- [19] Zahiruddin W, Ariesta A, Salamah E. Buletin Teknologi Hasil Perikanan Karakteristik Mutu Dan Kelarutan Kitosan Dari Ampas Silase Kepala Udang Windu (*Penaeus monodon*) Characteristics of Quality And Solubility Kitosan From Head Of Shrimp (*Penaeus Monodon*) Silase Dregs 2008;2:140–51.
- [20] Khairun JP, Hadi P, Bahri S, Rasulu H. Karakterisasi Kitosan Cangkang Landak Laut Jenis *Tripneustes Gratilla* dengan deasetilasi konsentrasi naoh yang berbeda. *Jurnal Pertanian Khairun* 2023;2:231–41. <https://doi.org/10.33387/jpk.v2i2.7425>.
- [21] Alves NM, Mano JF. Chitosan derivatives obtained by chemical modifications for biomedical and environmental applications. *International Journal of Biological Macromolecules* 2008;43:401–14.
- [22] Sumilat DA. Skrining Aktivitas Antibakteri Beberapa Jenis Spons Terhadap Pertumbuhan Strain Bakteri *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus saprophyticus*, dan *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Ilmiah Platax* 2019;7:455–61.

- [23] Ningsih SNR, Tania E, Nur Azizah N, Lulu Lutfiah S, Sri Gunarti N. Aktivitas Antibakteri Kitosan Dari Berbagai Jenis Bahan Baku Hewani : Review Journal. vol. 2. 2022.
- [24] Goswami NN, Trivedi HR, Goswami APP, Patel TK, Tripathi CB. Antibiotic sensitivity profile of bacterial pathogens in postoperative wound infections at a tertiary care hospital in Gujarat, India. *J Pharmacol Pharmacother* 2011;2:158–64. <https://doi.org/10.4103/0976-500X.83279>.
- [25] Muñoz-Tebar N, Pérez-Álvarez JA, Fernández-López J, Viuda-Martos M. Chitosan edible films and coatings with added bioactive compounds: Antibacterial and antioxidant properties and their application to food products: A review. *Polymers* 2023;15:396.
- [26] Kong M, Chen XG, Xing K, Park HJ. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: a state of the art review. *International Journal of Food Microbiology* 2010;144:51–63.
- [27] Raafat D, Von Bargen K, Haas A, Sahl H-G. Insights into the mode of action of chitosan as an antibacterial compound. *Applied and Environmental Microbiology* 2008;74:3764–73.
- [28] Helander IM, Nurmiaho-Lassila E-L, Ahvenainen R, Rhoades J, Roller S. Chitosan disrupts the barrier properties of the outer membrane of Gram-negative bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 2001;71:235–44.
- [29] Rabea EI, Badawy ME-T, Stevens C V, Smagghe G, Steurbaut W. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules* 2003;4:1457–65.
- [30] Liu WG, Zhang JR, Cao ZQ, Xu FY, Yao KD. A chitosan-arginine conjugate as a novel anticoagulation biomaterial. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* 2004;15:1199–203.
- [31] Jeon Y-J, Park P-J, Kim S-K. Antimicrobial effect of chitoooligosaccharides produced by bioreactor. *Carbohydrate Polymers* 2001;44:71–6.
- [32] Qi L, Xu Z. Lead sorption from aqueous solutions on chitosan nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 2004;251:183–90.
- [33] Sudarshan NR, Hoover DG, Knorr D. Antibacterial action of chitosan. *Food Biotechnology* 1992;6:257–72.
- [34] No HK, Meyers SP, Prinyawiwatkul W, Xu Z. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review. *Journal of Food Science* 2007;72:R87–100.
- [35] Murtiwulandari M, Archery DTM, Haloho M, Kinasih R, Tanggara LHS, Hulu YH, et al. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap kualitas hasil panen komoditas Brassicaceae. *Teknologi Pangan : Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian* 2020;11:136–43. <https://doi.org/10.35891/tp.v11i2.2168>.
- [36] Sidik G, Marsigit W, Syafnil. Pengaruh Kitosan Sebagai Edible Coating Terhadap Mutu Fisik Dan Kimia Jeruk Rimau Gerga Lebong Selama Penyimpanan The Effect of Chitosan as Edible Coating on The Physical and Chemical Quality of Orange Rimau Gerga Lebong During Storage. *Jurnal Agroindustri* 2022;12:72–85. <https://doi.org/10.31186/j.agroind.12.2.72-85>.
- [37] Ramadani R, Utari D, Soedibyo W, Purbasari D, Pertanian JT, Pertanian T, et al. Kajian Sifat Fisik Dan Kimia Buah Stroberi Berdasarkan Masa Simpan Dengan Pengolahan Citra Study of Physical and Chemical Properties of Strawberry Fruit Based on The Self Life with Image Processing. vol. 12. 2018.
- [38] Dinh TA, Le YN, Pham NQ, Ton-That P, Van-Xuan T, Ho TG-T, et al. Fabrication of antimicrobial edible films from chitosan incorporated with guava leaf extract. *Progress in Organic Coatings* 2023;183:107772.
- [39] Indrayati F, Utami R, Nurhartadi E, Teknologi J, Pertanian H, Pertanian F. Pengaruh Penambahan Minyak Atsiri Kunyit Putih (*Kaempferia rotunda*) Pada Edible Coating Terhadap Stabilitas Warna Dan Ph Fillet Ikan Patin Yang Disimpan Pada Suhu Beku The Addition Effect of White Turmeric (*Kaempferia rotunda*) Rhizome Essential Oil on Edible Coating on Colour and PH Stability Patin Fish Fillet During Frozen Storage. *Jurnal Teknosains Pangan* 2013;2.
- [40] Novita M, Rohaya S, Etria Hasmarita. Pengaruh Pelapisan Kitosan Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tomat Segar (*Lycopersicum pyriforme*) Pada Berbagai Tingkat Kematangan Effects of Chitosan Coating on Physico-Chemical Characteristics of Fresh Tomatoes (*Lycopersicum pyriforme*) in Different Maturity Stages. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia* 2012;4:1–8.