

PENGARUH PEKTIN NANGKA DAN KITOSAN UDANG TERHADAP FISIKOKIMIA DAN ANTIBAKTERI JELLY

Victoria Diana Indah Lestari¹, Johan Sukweenadhi¹, Yayon Pamula Mukti¹

¹Program Studi Bioteknologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Surabaya, Jl. Raya Kalirungkut, Surabaya, 60293, Indonesia

Email : sukwee@staff.ubaya.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi pektin kulit nangka dan kitosan kulit udang terhadap karakteristik fisikokimia dan aktivitas antibakteri permen jelly. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok faktorial dengan dua faktor, yaitu konsentrasi pektin (1,5% dan 2,5%) serta konsentrasi kitosan (1,5% dan 2,5%). Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, warna (ΔE dan *hue*), tekstur (*Hardness*), aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, dan *Staphylococcus aureus*, serta uji organoleptik hedonik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi pektin dan kitosan menurunkan kadar air, dengan nilai terendah pada kombinasi D sebesar 20,127%. Nilai *chewability* dan *elasticity* tertinggi diperoleh pada kombinasi C. Aktivitas antibakteri menunjukkan adanya zona hambat pada seluruh perlakuan, dengan peningkatan diameter seiring kenaikan konsentrasi kitosan, meskipun tergolong dalam kategori lemah (<5 mm). Uji hedonik menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak menurunkan tingkat penerimaan panelis. Penelitian yang mengangkat pemanfaatan dan kombinasi pektin kulit nangka dan kitosan kulit udang pada satu matriks gel masih sedikit terutama pada permen jelly. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah kulit nangka dan kulit udang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku inovatif dalam pengembangan produk permen jelly.

Kata kunci: Antibakteri, Kitosan, Kulit Nangka, Kulit Udang, Pektin, Permen Jelly

Abstract

This study aims to analyze the effect of jackfruit peel pectin and shrimp shell chitosan concentrations on the physicochemical characteristics and antibacterial activity of jelly candy. The study employed a factorial randomized block design with two factors, namely pectin concentration (1.5% and 2.5%) and chitosan concentration (1.5% and 2.5%). The parameters analyzed included moisture content, ash content, color (ΔE and *hue*), texture (*Hardness*), antibacterial activity against *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, and *Staphylococcus aureus*, as well as hedonic organoleptic tests. The results showed that increasing the concentrations of pectin and chitosan reduced the moisture content, with the lowest value found in treatment D at 20.127%. The highest *chewability* and *elasticity* value was obtained in treatment C. Antibacterial activity showed inhibition zones in all treatments, with increasing diameters corresponding to higher chitosan concentrations, although still categorized as weak (<5 mm). The hedonic test indicated that increasing extract concentration decreased panelist acceptance. There is still limited research on the utilization and combination of jackfruit peel pectin and shrimp shell chitosan in a single gel matrix, particularly in jelly candies. The results of this study indicate that jackfruit peel and shrimp shell waste have the potential to be utilized as innovative raw materials in the development of jelly candy products.

Keywords: Antibacteri, Chitosan, Jackfruit Peel, Jelly Candy, Pectin, Shrimp Shell

1. Pendahuluan

Permen jelly merupakan produk *confectionery* semi-padat berbasis gula yang banyak dikonsumsi oleh berbagai kelompok usia, terutama anak-anak. Menurut beberapa penelitian, mengonsumsi produk *confectionary* yang tinggi gula dapat meningkatkan konsentrasi, kognisi, relaksasi, hingga suasana hati (Bernacka et al., 2023; Tominaga & Iwaki, 2022). Namun, konsumsi produk tinggi gula dapat

menimbulkan dampak kurang baik, seperti timbul kebiasaan mengonsumsi makanan tinggi gula, gangguan kesehatan gigi dan mulut hingga tumbuh plak gigi (Rizky, 2025). Oleh karena itu, pengembangan produk *confectionery* dengan nilai tambah menjadi salah satu pendekatan inovatif dalam bidang teknologi pangan. Inovasi tersebut tidak hanya berfokus pada tekstur dan cita rasa, tetapi juga pada pemanfaatan bahan baku alternatif yang memiliki potensi bioaktif.

Pektin merupakan hidrokoloid alami yang berperan sebagai agen pembentuk gel dalam berbagai produk pangan, sehingga menghasilkan tekstur kenyal, seperti pada selai, jelly, dan *confectionery*. Karakteristik gel pektin dipengaruhi oleh derajat esterifikasi, kadar metoksil, dan kandungan asam galakturonat (Grassino et al., 2022). Pektin komersial umumnya berasal dari kulit jeruk dan apel, namun buah tropis seperti kulit nangka juga memiliki potensi yang belum banyak dimanfaatkan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kulit nangka mengandung protein sebesar 1,30%, karbohidrat 15,87%, dan pektin sebesar 17,28% yang diekstraksi menggunakan metode berbasis asam (Syam'un et al., 2018; Windiarsih et al., 2015). Oleh karena itu, limbah kulit nangka berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber pektin alternatif dalam industri pangan.

Di sisi lain, limbah kulit udang merupakan hasil samping industri perikanan yang jumlahnya melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan. Kulit udang mengandung kitin yang melalui proses deasetilasi dapat diubah menjadi kitosan. Kitosan telah banyak dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri, terutama karena adanya gugus amina bermuatan positif yang dapat berinteraksi dengan membran sel bakteri bermuatan negatif dan mengganggu integritas sel (Hosseinejad & Jafari, 2016; Kumar et al., 2020). Dalam bidang pangan, kitosan umumnya diaplikasikan sebagai *edible coating* atau bahan pembentuk film aktif untuk memperpanjang umur simpan produk. Namun, pemanfaatannya dalam sistem *confectionery* semi-padat seperti permen jelly masih belum banyak dieksplorasi.

Beberapa penelitian sebelumnya umumnya mengevaluasi pektin atau kitosan secara terpisah dalam sistem pangan. Studi mengenai kombinasi kedua biopolimer dalam satu sistem produk *confectionery*, khususnya dengan pendekatan formulasi berbasis limbah agroindustri, masih jarang dilaporkan. Selain itu, interaksi antara pektin dan kitosan dalam matriks gel dapat membentuk kompleks polielektrolit yang berpotensi memengaruhi karakteristik tekstur dan pelepasan senyawa aktif (Liu et al., 2018). Oleh karena itu, diperlukan kajian yang mengintegrasikan evaluasi karakteristik fisikokimia, tekstur, aktivitas antibakteri, serta penerimaan sensoris.

Penelitian ini menawarkan pendekatan berbeda dengan memanfaatkan secara bersamaan limbah kulit nangka sebagai sumber pektin dan limbah kulit udang sebagai sumber kitosan dalam satu sistem formulasi permen jelly. Kombinasi kedua bahan ini tidak hanya bertujuan membentuk tekstur gel yang sesuai, tetapi juga mengevaluasi bagaimana variasi konsentrasi keduanya memengaruhi karakteristik fisikokimia serta potensi aktivitas antibakteri dalam matriks semi-padat. Beberapa penelitian sebelumnya mengkombinasi kedua bahan ini yang dimanfaatkan sebagai kemasan makanan *edible*, enkapsulasi bioaktif, lapisan pelindung, biokomposit,

dan hidrogel (Alsharbaty et al., Hiremath et al., 2021; 2023; Sato et al., 2020; Wei et al., 2025; Zarandona et al., 2021). Namun pemanfaatan dalam produk pangan terutama pada produk *confectionary* masih sedikit. Penelitian ini dilakukan tidak hanya menitikberatkan pada aspek fungsi teknologi pangan, tetapi juga pada keseimbangan antara performa produk.

2. Bahan dan Metode Penelitian

A. Alat dan Bahan

Alat

Laminar air flow (Bone), blender, *microwave* (Sharp), neraca analitik (Vibra), oven (Memmert), pisau, *waterbath*, botol bening besar, botol bening kecil, buret (Pyrex) cawan petri, tabung ulir, tabung reaksi + rak, beaker glass (Iwaki), gelas ukur (Pyrex), *magnetic bar*, botol semprot alkohol, botol akuades, ose, bunsen, sendok besi, pengaduk kaca, kaca arloji, erlenmeyer (Iwaki), *spreader*, krusibel + tutup, pipet ukur (Iwaki), kain saring, *color reader* (Konika Minolta Sensing CR-20), *texture analyzer* (*Agrosta Texture Analyzer*), kapas, autoklaf (GEA), spektrofotometer (Uvikon 922), Mikropipet (D-Lab), Klem, dan *Hotplate Stirrer*.

Bahan

Limbah kulit nangka (*Artocarpus heterophyllus*), limbah kulit udang (*Litopenaeus vannamei*), air, HCl, NaOH, asam sitrat, gula xylitol (Soho), etanol teknis, etanol 96% food grade (Laksana KR), indikator PP, NaCl, fenol merah, asam oksalat, mueller hinton agar, kertas saring, kain saring, *paper disk* Ø6 mm, stok kultur bakteri yang diuji, aquades, H₂SO₄.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor, yaitu konsentrasi ekstrak pektin kulit nangka (PN) dan konsentrasi kitosan kulit udang (KU). Masing-masing faktor terdiri atas dua taraf, yaitu 1,5% dan 2,5%, sehingga diperoleh empat kombinasi perlakuan: kombinasi A (PN 1,5% : KU 1,5%); kombinasi B (PN 1,5% : KU 2,5%); kombinasi C (PN 2,5% : KU 1,5%); dan kombinasi D (PN 2,5% : KU 2,5%). Selama pengujian, permen jelly juga dikontrol dengan kontrol positif yaitu permen jelly tanpa ekstrak. Kontrol positif ini dibuat dengan kombinasi konsentrasi paling tinggi yaitu ekstrak pektin 2,5% dan ekstrak kitosan 2,5%. Kedua ekstrak ini merupakan ekstrak komersial.

Ekstraksi Pektin Kulit Nangka

Ekstrak pektin diperoleh dari kulit nangka yang telah dikeringkan dan dihaluskan, kemudian diekstraksi menggunakan larutan HCl 1,5% dengan perbandingan 1:10 (b/v) menggunakan metode *microwave assisted extraction* pada daya 450 W selama 8 menit. Filtrat hasil ekstraksi diendapkan dengan etanol 96% (1:2) selama 2 jam sehingga didapatkan ekstrak pektin basah. Ekstrak pektin basah kemudian dicuci dengan etanol 70% 2 kali dan 96% 1 kali. Kemudian dikeringkan pada suhu 30 °C selama 3-6 jam atau hingga kering. Pektin kering

kemudian dihaluskan dan diayak. (Windarsih et al., 2015).

Ekstraksi Kitosan Kulit Udang

Kulit Udang yang sudah bersih, dikeringkan pada oven dengan suhu 110-120°C selama ± 1 jam. Kemudian dihaluskan dan diayak. Kitosan diperoleh dari melalui tahapan deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi (Setha et al., 2019).

1. **Deproteinasi** dilakukan dengan mencampurkan serbuk kulit udang dan NaOH 3,5% perbandingan 1:5 (b/v). Larutan dipanaskan dengan suhu 65°C selama 2 jam. Lalu didinginkan dan disaring menggunakan kertas saring untuk mendapat residu basah. Residu dicuci dengan akuades hingga netral. Residu deproteinasi basah kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 4 jam.
2. **Demineralisasi** dilakukan dengan mencampurkan residu deproteinasi dan HCl 15% perbandingan 1:5 (b/v). Larutan dipanaskan sambil diaduk selama 2 jam pada suhu 65°C. Kemudian didinginkan dan disaring untuk mendapat residu demineralisasi basah. Residu dicuci dengan akuades hingga netral. Residu demineralisasi basah kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 4 jam.
3. **Deasetilasi** dilakukan dengan mencampurkan residu demineralisasi dan NaOH 60% perbandingan 1:1 (b/v). Larutan dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 100°C selama 2 jam. Kemudian didinginkan dan disaring untuk mendapat ekstrak kitosan. Ekstrak kitosan basah dicuci dengan akuades hingga netral. Kitosan basah kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 4 jam.

Karakterisasi Produk

Masing-masing ekstrak yang didapat akan diuji karakteristiknya, dengan parameter kadar air dan kadar abu. Ekstrak pektin diuji kadar metoksil dan kadar galakturonat, sedangkan ekstrak kitosan diuji derajat deasetilasi. Masing-masing perlakuan pada produk permen jelly akan dianalisis karakteristiknya yaitu kadar air, kadar abu, warna (L, a^* , b^*), tekstur melalui pengukuran *peak compression force (hardness)*, uji zona hambat, serta uji organoleptik hedonik yang meliputi warna, aroma, rasa, dan tekstur. Setiap pengujian dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali kemudian dianalisis. Data dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey pada taraf signifikansi 5%.

Uji Warna

Produk diujikan warna menggunakan *color reader* untuk diperoleh data L, a^* , b^* . Dari data tersebut, akan dihitung ΔE dan hue sehingga didapatkan interpretasi warna. ΔE dapat dihitung dengan cara Mahmuda, Heribertus, dan Yuda, (2025) dibawah ini:

$$\Delta L = L^* \text{ Sampel} - L^* \text{ Standar}$$

$$\Delta a = a^* \text{ Sampel} - a^* \text{ Standar}$$

$$\Delta b = b^* \text{ Sampel} - b^* \text{ Standar}$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Sedangkan nilai hue dapat diperoleh dengan cara Fadhlurrohmah, Triana, dan Juni (2023) dibawah ini:

$$\text{Hue} = \arctan \frac{b^*}{a^*}$$

Uji Zona hambat

Uji dilakukan dengan metode difusi *paper disk* Ø 6 mm terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* serovar *typhi*, dan *Staphylococcus aureus*. Uji ini dilakukan dengan cara pembuatan media agar, suspensi kultur bakteri, sterilisasi alat dan *paper disk* serta menentukan aktivitas antibakteri. Media agar yang digunakan adalah *Mueller Hinton Agar* (MHA).

1. **Pembuatan media MHA.** Media dibuat dengan cara melarutkan 19 g bubuk agar kedalam 500 ml akuades kedalam Erlenmeyer. Larutan media dipanaskan sambil diaduk hingga larut sempurna. Kemudian disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Larutan media dituangkan ke dalam cawan petri sebanyak 7 ml dan dibiarkan hingga memadat.
2. **Suspensi kultur bakteri kedalam NaCl 0,9%.** Larutan NaCl dibuat dengan melarutkan 0,18 g NaCl kedalam 20 ml akuades. Kemudian dituang ke tabung reaksi sebanyak 2 ml dan disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. 1 ose bakteri dari stok kultur disuspensikan ke NaCl steril. Tingkat kekeruhan suspensi bakteri pada NaCl sesuai standar kekeruhan larutan konsentrasi 0,5 *Mc. Farland*
3. **Sterilisasi alat dan paper disk** diperlukan untuk menghindari adanya kontaminasi.
4. **Penentuan aktivitas antibakteri** dilakukan dengan cara mencelupkan *paper disk* kedalam sampel permen sesuai kombinasi dan sampel ekstrak kitosan. Kontrol positif yang digunakan adalah antibiotik *ampicillin* 10 µg sedangkan kontrol negatif digunakan akuades. 1 pipet bakteri dituangkan ke permukaan media MHA pada cawan petri kemudian di *spread* menggunakan *spreader* secara merata. Paper disk yang sudah dicelupkan pada sampel diletakkan pada permukaan media yang sudah diinokulasikan bakteri. Media diinkubasi selama 24 jam dan dihitung diameter zona hambat.

Pembuatan Permen Jelly

Tabel 1. Formulasi Permen

Bahan	Kombinasi			
	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
Ekstrak Pektin	1,5	1,5	2,5	2,5
Kulit Nangka (PN)				
Ekstrak Kitosan	1,5	2,5	1,5	2,5
Kulit Udang (KU)				
Asam Sitrat	0,3	0,3	0,3	0,3
Sirup Glukosa	13,2	13,2	13,2	13,2
Xylitol	25,0	25,0	25,0	25,0
Air (%)	ad 100			

Pembuatan permen jelly dilakukan dengan berat total adonan 100 g. Pektin dilarutkan dalam air panas sambil diaduk hingga homogen. Selanjutnya ditambahkan xylitol dan sirup glukosa, kemudian diaduk hingga larut sempurna. Kitosan ditambahkan secara bertahap ke dalam adonan sambil terus diaduk hingga

homogen. Campuran dipanaskan pada suhu 90°C selama 10–15 menit. Setelah itu, asam sitrat ditambahkan dan diaduk hingga homogen. Adonan kemudian didinginkan sesaat dan dituangkan ke dalam cetakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Ekstrak Pektin

Data hasil karakterisasi ekstrak pektin kulit nangka ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 2. Karakteristik Ekstrak Pektin Kulit Nangka

Parameter	Pektin Kulit Nangka
Rendemen (%)	16,849
Kadar air (%)	8,247 ± 0,523
Kadar abu (%)	0,233 ± 0,139
Kadar metoksil (%)	8,413 ± 0,021
Kadar galakturonat (%)	73,943 ± 0,281

Pektin diperoleh dari kulit nangka melalui proses ekstraksi asam yang bertujuan untuk memisahkan pektin dari jaringan tanaman dan senyawa penyusunnya lainnya. Proses ekstraksi pektin umumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti suhu, pH, konsentrasi pelarut, rasio bahan terhadap pelarut, serta waktu ekstraksi (Khotima & Santoso, 2020; Windiarsih et al., 2015). Karakteristik ekstrak pektin kulit nangka yang diperoleh pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Rendemen pektin yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 16,849%, yang menunjukkan bahwa proses ekstraksi mampu menghidrolisis protopektin yang tidak larut air menjadi pektin yang larut air melalui penggunaan pelarut asam. Pelarut asam berperan dalam memutuskan ikatan protopektin pada dinding sel tanaman sehingga pektin dapat terlarut dan terpisah dari matriks jaringan (Febriyanti et al., 2018). Nilai rendemen yang diperoleh pada penelitian ini sebanding dengan beberapa penelitian sebelumnya. Misalnya, penelitian oleh Leong et al. (2016) melaporkan rendemen pektin dari kulit nangka sebesar 14,81–17,62%, yang menunjukkan bahwa kulit nangka merupakan sumber pektin yang potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pektin alami. Selain itu, penelitian lain juga melaporkan bahwa ekstraksi pektin dari limbah kulit nangka dapat menghasilkan rendemen sekitar 15,8%, tergantung pada kondisi ekstraksi yang digunakan (K. R. Kumar et al., 2025).

Kadar air ekstrak pektin yang diperoleh pada penelitian ini relatif rendah. Hal ini diduga dipengaruhi oleh penggunaan etanol sebagai pelarut pengendap yang bersifat hidrofobik sehingga mampu mendehidrasi matriks pektin dan mengurangi kandungan air pada ekstrak. Kadar air yang rendah sangat penting dalam menjaga stabilitas pektin selama penyimpanan, karena kadar air yang tinggi dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan menurunkan kualitas pektin (Lumbantoruan et al., 2014). Berdasarkan standar *International Pectin Producers Association* (IPPA), kadar air pektin yang baik berada di bawah 12%,

sehingga kadar air yang diperoleh pada penelitian ini masih memenuhi standar mutu pektin.

Selain kadar air, kadar abu juga merupakan parameter penting yang menunjukkan kandungan mineral anorganik dalam ekstrak pektin. Nilai kadar abu yang rendah menunjukkan bahwa proses pemurnian pektin berlangsung cukup efektif. Kadar abu pada penelitian ini masih berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh IPPA, yaitu <10%, sehingga menunjukkan bahwa pektin yang diperoleh memiliki tingkat kemurnian yang cukup baik.

Sifat fungsional pektin dalam pembentukan gel sangat dipengaruhi oleh kadar metoksil dan kadar galakturonat. Kadar metoksil menunjukkan jumlah gugus karboksil yang teresterifikasi oleh gugus metil pada rantai pektin. Berdasarkan hasil penelitian, kadar metoksil yang diperoleh lebih dari 7% sehingga termasuk dalam kategori *high methoxyl pectin* (HMP). Pektin dengan kadar metoksil tinggi diketahui memiliki kemampuan membentuk gel yang lebih cepat dalam kondisi adanya gula dan asam, sehingga banyak digunakan dalam produk pangan seperti selai, jelly, dan permen (Nurhaeni, Hidayat dan Fitriani., 2018). Hasil ini sejalan dengan penelitian Windiarsih et al. (2015) yang melaporkan bahwa pektin yang diekstraksi dari kulit nangka juga tergolong dalam kategori HMP.

Kadar galakturonat yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan nilai yang tinggi. Galakturonat merupakan komponen utama penyusun struktur pektin dan menjadi indikator penting dalam menentukan kualitas pektin. Beberapa penelitian melaporkan bahwa kandungan galakturonat pada pektin kulit nangka berkisar antara 52–75%, tergantung pada metode dan kondisi ekstraksi yang digunakan (Li et al., 2019). Tingginya kandungan galakturonat pada penelitian ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi asam mampu menghidrolisis protopektin secara efektif sehingga menghasilkan pektin dengan kualitas yang baik. Selain itu, kandungan galakturonat yang tinggi juga berperan dalam meningkatkan kemampuan pembentukan gel pada pektin.

Secara keseluruhan, karakteristik ekstrak pektin yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan kualitas yang baik karena nilai kadar air, kadar abu, kadar metoksil, dan kadar galakturonat telah memenuhi standar mutu pektin berdasarkan SNI 01-2238-1991. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah kulit nangka berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber pektin alami yang dapat diaplikasikan dalam produk pangan, khususnya sebagai bahan pembentuk gel pada produk permen jelly.

Karakteristik Ekstrak Kitosan

Data hasil karakterisasi ekstrak kitosan kulit udang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 3. Karakteristik Ekstrak Kitosan Kulit Udang

Parameter	Kitosan Kulit Udang
Rendemen (%)	26,868
Kadar air (%)	1,953 ± 0,031

Kadar abu (%)	3,533 ± 0,045
Derajat deasetilasi (%)	82,391 ± 2,100

Kitosan dari kulit udang diperoleh melalui beberapa tahapan proses, yaitu demineralisasi, deproteinasi, depigmentasi, dan deasetilasi. Kitosan merupakan polisakarida yang dihasilkan melalui proses deasetilasi kitin, yaitu penghilangan gugus asetil dari kitin sehingga terbentuk gugus amina bebas pada rantai polimer kitosan. Proses ekstraksi kitosan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis bahan baku, konsentrasi larutan, suhu proses, serta lama waktu reaksi (Cahyono, 2018; Ma'mun *et al.*, 2016). Karakteristik kitosan hasil ekstraksi pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Rendemen kitosan kulit udang yang diperoleh sebesar 26,87%. Nilai ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi mampu mengubah kitin menjadi kitosan secara efektif melalui hidrolisis gugus asetamida menggunakan larutan basa kuat. Proses deasetilasi menyebabkan gugus asetil pada kitin terlepas dan digantikan oleh gugus amina sehingga terbentuk kitosan (Yuliasara *et al.*, 2019). Nilai rendemen tersebut sebanding dengan beberapa penelitian sebelumnya. Misalnya, penelitian oleh Hosseinnejad & Jafari (2016) serta Yuliati *et al.*, (2024) melaporkan bahwa rendemen kitosan dari limbah kulit udang berkisar antara 20–30%, tergantung pada kondisi ekstraksi yang digunakan. Penelitian yang lebih baru juga menunjukkan bahwa rendemen kitosan dari limbah udang dapat mencapai sekitar 24–28%, yang menandakan bahwa limbah kulit udang merupakan sumber bahan baku yang potensial untuk produksi kitosan (Kumari *et al.*, 2017).

Kadar air kitosan yang diperoleh pada penelitian ini relatif rendah, yaitu ≤12%. Kadar air merupakan parameter penting karena memengaruhi stabilitas dan daya simpan kitosan selama penyimpanan. Kitosan bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap air dari lingkungan. Kandungan air yang tinggi dapat menyebabkan proses *swelling* serta mempercepat pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menurunkan kualitas kitosan. Selain itu, kemampuan kitosan dalam menyerap kelembapan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan nilai derajat deasetilasi (Amin dan Isnaini, 2021; Arifin *et al.*, 2020). Nilai kadar air yang diperoleh pada penelitian ini telah memenuhi standar mutu kitosan berdasarkan SNI 7949:2013, yaitu maksimum sebesar 12%. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Younes & Rinaudo (2015) yang melaporkan bahwa kadar air kitosan komersial umumnya berada pada kisaran 5–12%.

Selain kadar air, kadar abu juga merupakan parameter penting yang menunjukkan kandungan mineral anorganik yang masih tersisa setelah proses demineralisasi. Pada penelitian ini, kadar abu kitosan diperoleh sebesar ≤5%, yang menunjukkan bahwa proses demineralisasi menggunakan larutan asam mampu menghilangkan sebagian besar mineral, terutama kalsium karbonat yang terdapat pada limbah kulit udang. Kadar abu yang rendah menunjukkan tingkat kemurnian kitosan

yang lebih baik karena sebagian besar komponen mineral telah berhasil dihilangkan (Stefunni *et al.*, 2016). Nilai kadar abu tersebut juga telah memenuhi standar mutu kitosan berdasarkan SNI 7949:2013, yaitu maksimum sebesar 5%.

Kualitas kitosan juga dapat ditentukan berdasarkan derajat deasetilasi (DD). Derajat deasetilasi menunjukkan persentase gugus asetil yang telah dihilangkan dari kitin selama proses deasetilasi. Derajat deasetilasi memiliki kategori dalam kelarutan. Nilai DD pada rentang 55–70% dikategorikan sebagai DD kitosan rendah yang hampir sepenuhnya tidak larut dalam air namun larut baik dalam asam asetat 1%, DD pada rentang 70–85% adalah DD kitosan menengah yang sebagian dapat larut dalam air. Kemudian DD pada rentang 85–95% merupakan DD kitosan tinggi yang mana dapat larut lebih baik dalam air (Arifin *et al.*, 2020; Gintu, Soetjipto, dan Cahyanti, 2017; Pravritri, Muhammad dan Arbi, 2025). Pada penelitian ini diperoleh nilai derajat deasetilasi sebesar 82,39%, yang menunjukkan bahwa DD termasuk dalam kitosan menengah. Nilai DD yang diperoleh menandakan kitin telah berhasil terkonversi menjadi kitosan dengan baik dan berlangsung secara optimal. Beberapa penelitian melaporkan bahwa kitosan dengan DD berkisar 75–90% memiliki sifat fungsional yang lebih baik, terutama dalam aktivitas antibakteri dan kemampuan adsorpsi (Kumari *et al.*, 2017; Younes & Rinaudo, 2015). Selain itu, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa nilai DD juga dipengaruhi oleh konsentrasi larutan basa, suhu reaksi, serta lama waktu proses deasetilasi (Ardianto & Amalia, 2023; Siregar *et al.*, 2016).

Secara keseluruhan, karakteristik kitosan yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan kualitas yang baik karena nilai kadar air, kadar abu, dan derajat deasetilasi telah memenuhi standar mutu kitosan berdasarkan SNI 7949:2013. Hal ini menunjukkan bahwa limbah kulit udang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku kitosan yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, termasuk sebagai bahan antibakteri dalam produk pangan.

Hasil Produk Permen Jelly

Tabel 4. Karakteristik Proksimat Permen Jelly

Parameter	Perbandingan Konsentrasi Pektin (PN) dan Kitosan (KU) (%)				
	Kombi nasi A	Kombi nasi B	Kombi nasi C	Kombi nasi D	Kontrol
Kadar air (%)	34,853 ± 0,883 ^c	25,210 ± 0,246 ^b	24,250 ± 0,295 ^b	20,127 ± 0,957 ^a	20,027 ± 0,481 ^a
Kadar abu (%)	0,463 ± 0,121 ^a	1,040 ± 0,046 ^b	0,633 ± 0,108 ^a	1,017 ± 0,421 ^b	1,617 ± 0,055 ^c

Kadar air dan kadar abu merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas produk permen jelly sesuai dengan standar SNI 3547.2:2008 tentang kembang gula. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air permen jelly berada pada kisaran lebih dari 20%. Nilai

ini relatif tinggi dan dapat memengaruhi stabilitas produk selama penyimpanan karena kadar air yang tinggi dapat meningkatkan aktivitas air dan mempercepat kerusakan produk (Dhaneswari et al., 2015; Elfiyanti et al., 2016). Tingginya kadar air diduga dipengaruhi oleh sifat pektin yang hidrofilik serta kandungan gula yang mampu mengikat air dalam sistem gel. Sedangkan permen jelly kombinasi D memiliki kadar air yang hampir sama dengan kontrol. Kemiripan nilai ini dapat disebabkan karena perbandingan jumlah pektin dan kitosan yang digunakan membentuk dimensi gel matriks yang lebih stabil sehingga air akan lebih banyak terperangkap dan terimobilisasi didalam struktur gel. Jaringan gel yang rapat dapat meningkatkan kemampuan pengikatan air (*water holding capacity*) (Isnanda et al., 2016; Rubio-Martin et al., 2025). Hasil ini sejalan dengan penelitian Yusuf et al. (2019) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi pektin pada produk jelly dapat menurunkan kadar air bebas akibat terbentuknya struktur gel yang lebih padat.

Kadar abu pada semua perlakuan relatif rendah dan masih memenuhi standar mutu SNI 3547.2:2008, yaitu maksimum 3%. Kadar abu menunjukkan jumlah residu senyawa anorganik atau mineral yang tersisa setelah proses pembakaran bahan pangan. Semakin tinggi kadar abu, semakin besar kandungan mineral yang terdapat dalam produk (Jumri et al., 2015). Berdasarkan tabel 4 menunjukkan bahwa kombinasi B dan D memiliki kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan kombinasi lainnya. Jika ditinjau dari formulasi yang digunakan, kedua kombinasi tersebut mengandung ekstrak kitosan sebanyak 2,5%. Hasil karakterisasi bahan baku menunjukkan bahwa kadar abu ekstrak kitosan lebih tinggi dibandingkan dengan kadar abu ekstrak pektin, sehingga peningkatan proporsi kitosan diduga memberikan kontribusi mineral lebih besar pada produk akhir. Dengan demikian, perbandingan pektin dan kitosan yang digunakan dapat memengaruhi tinggi rendahnya kadar abu permen jelly.

Selain itu, kadar abu paling tinggi diperoleh pada perlakuan kontrol yang menggunakan pektin dan kitosan komersial. Kondisi ini mengindikasikan bahwa bahan komersial yang digunakan kemungkinan memiliki kandungan mineral atau residu anorganik yang lebih tinggi dibandingkan ekstrak hasil penelitian. Menurut Dambua et al. (2024), kadar abu pektin dapat bervariasi bergantung pada sumber bahan baku, metode ekstraksi, serta tingkat pemurnian yang dilakukan. Proses pencucian dan pemurnian selama ekstraksi juga dapat mengurangi sebagian mineral yang larut sehingga menghasilkan kadar abu yang lebih rendah pada ekstrak yang diperoleh (Riyamol, et al., 2023). Oleh karena itu, perbedaan sumber bahan baku serta proporsi pektin dan kitosan yang digunakan diduga menjadi faktor yang memengaruhi kadar abu permen jelly pada penelitian ini.

Tabel 5. Nilai L, a*, b*, dan Delta ΔE Permen Jelly

Para-meter	Perbandingan Konsentrasi Pektin (PN) dan Kitosan (KU) (%)				
	Kombi-nasi A	Kombi-nasi B	Kombi-nasi C	Kombi-nasi D	Kon-trol
Rerata L	45,533	52,700	54,933	55,733	84,900
Rerata a*	6,200	5,867	10,533	11,200	-3,667
Rerata b*	14,200	14,267	22,100	22,233	29,967
ΔL	-39,367	-32,200	-29,967	-29,167	0,000
Δa^*	9,867	9,533	14,200	14,867	0,000
Δb^*	-15,767	-15,700	-7867	-7,733	0,000
ΔE	43,539	37,070	34,081	33,638	0,000

Tabel 6. Derajat Hue dan Interpretasi Warna Permen jelly

Para-meter	Perbandingan Konsentrasi Pektin (PN) dan Kitosan (KU) (%)				
	Kombi-nasi A	Kombi-nasi B	Kombi-nasi C	Kombi-nasi D	Kon-trol
Hue (°)	66,412 ± 0,490 ^b	67,647 ± 0,061 ^b	64,517 ± 0,061 ^a	63,243 ± 1,076 ^a	96,977 ± 0,157 ^c
Interpretasi warna	Kuning keme- rahan	Kuning keme- rahan	Kuning keme- rahan	Kuning keme- rahan	Kuning kehi- jauan

Warna merupakan atribut sensori penting yang memengaruhi daya tarik konsumen terhadap produk pangan. Berdasarkan sistem CIELAB, nilai L* (kecerahan) seluruh perlakuan permen jelly lebih rendah dibandingkan dengan kontrol yang mengindikasikan permen jelly lebih gelap. Pada nilai a* (kemarahan-kehijauan) seluruh perlakuan permen jelly bernilai positif sedangkan kontrol bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa adanya peningkatan komponen warna merah yaitu berasal dari ekstrak pektin kulit nangka. Hasil ekstrak pektin memunculkan komponen warna merah dapat diakibatkan karena keberadaan senyawa fenolik, reaksi maillard selama proses pengeringan hingga adanya komponen bahan selain pektin yang terikut selama proses ekstraksi berlangsung (Chairunisya et al., 2023; Mukti, et al., 2023). Nilai b* (kekuningan-kebiruan) semua perlakuan dan kontrol memiliki nilai positif yang menandakan bahwa permen jelly didominasi warna kuning. Kombinasi nilai a* dan b* menunjukkan bahwa permen yang dihasilkan berwarna kuning kemerahan.

Analisis warna selanjutnya yaitu parameter ΔE (*total color difference*) dan nilai *hue* untuk mengetahui warna dominan serta tingkat perbedaan warna antarperlakuan. Perbedaan warna terhadap kontrol ditunjukkan oleh nilai ΔE berkisar antara 33,638-43,539. Nilai ΔE pada penelitian ini mempresentasikan jarak warna antara sampel dengan kontrol. Semakin tinggi nilai ΔE semakin besar perbedaan warna yang terjadi. Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh variasi konsentrasi pektin yang berperan sebagai pembentuk jaringan gel sehingga dapat memengaruhi distribusi pigmen dan intensitas warna pada produk. Selain itu, proses pemanasan selama pembuatan permen jelly juga berpotensi menyebabkan perubahan warna melalui reaksi

pencoklatan non-enzimatis yang melibatkan gula dalam formulasi (Pathare et al., 2018).

Hue menunjukkan perubahan arah warna dalam ruang warna CIELAB. Berdasarkan hasil penelitian, nilai *hue* permen jelly berada pada kisaran 63,240°–67,650°, yang termasuk dalam kategori kuning kemerahan, sedangkan kontrol memiliki warna 96,980 yang dapat dikategorikan kuning kehijauan. Perbedaan nilai *hue* antara setiap perlakuan dengan kontrol menunjukkan bahwa terjadi pergeseran warna akibat penambahan ekstrak pektin kulit Nangka dan kitosan kulit udang.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Wahyuni et al. (2021) yang melaporkan bahwa konsentrasi bahan pembentuk gel dapat memengaruhi karakteristik warna produk jelly. Penelitian lain oleh Putri, Hidayat, dan Wahyuni (2018) juga menunjukkan bahwa perubahan komposisi bahan dalam formulasi jelly dapat menyebabkan variasi nilai ΔE yang mencerminkan perbedaan intensitas warna produk. Dengan demikian, variasi konsentrasi pektin dan kitosan pada penelitian ini memengaruhi karakteristik warna permen jelly dari segi perbedaan warna (ΔE) maupun arah warna (*hue*).

Table 7 Nilai Tekstur Hardness Permen Jelly

Perlakuan	Hardness (N)
Kombinasi A	17,00 ± 1,00 ^a
Kombinasi B	35,00 ± 2,00 ^c
Kombinasi C	25,33 ± 2,52 ^b
Kombinasi D	52,00 ± 3,61 ^d
Kontrol	112,33 ± 3,06 ^c

Tekstur merupakan parameter penting pada jelly karena berkaitan dalam menentukan kekenyalan dan kenyamanan saat dikonsumsi. Analisis tekstur pada penelitian ini didapatkan parameter *hardness* (*peak compression force*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *hardness* berbeda pada setiap perlakuan, yang menunjukkan bahwa variasi konsentrasi pektin dan kitosan memengaruhi tekstur permen jelly.

Hasil penelitian menunjukkan kontrol memiliki nilai *hardness* paling tinggi, lalu diikuti kombinasi D, kombinasi B, kombinasi C, dan *hardness* paling rendah adalah kombinasi A. Nilai *hardness* kontrol yang paling tinggi pada formulasi penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan pektin dan kitosan komersial menghasilkan jaringan gel yang lebih kuat dibandingkan ekstrak hasil isolasi. Perbedaan ini diduga berkaitan dengan karakteristik fisikokimia ekstrak isolasi yang berbeda dengan bahan komersial yang dapat memengaruhi kemampuan pembentukan jaringan gel, sehingga menghasilkan struktur gel yang berbeda.

Ditinjau dari formulasi penyusunnya, hanya kombinasi A yang menggunakan ekstrak pektin dan ekstrak kitosan paling sedikit yaitu masing-masing 1,5%. Kombinasi B-C-D memiliki jumlah ekstrak pektin-kitosan yang lebih banyak. Hal ini menunjukkan bahwa

kombinasi konsentrasi pektin dan kitosan memengaruhi pembentukan matriks gel yang semakin rapat dan kokoh. Dalam strukturnya, pektin memiliki gugus aktif yaitu karboksil, metoksil, dan hidroksil (OH), sedangkan kitosan memiliki gugus amina (–NH₂) dan hidroksil (OH). Interaksi elektrostatik antara gugus karboksilat pektin dan gugus amina kitosan membentuk jaringan polielektrolit yang lebih kompak sehingga meningkatkan ketahanan gel terhadap gaya kompresi. (Hastati et al., 2017; Hastuti dan Saptono 2019). Dengan demikian, perbedaan *hardness* pada setiap perlakuan menunjukkan bahwa formulasi pektin dan kitosan berperan penting dalam menentukan kekuatan mekanik gel permen jelly.

Tabel 8. Hasil Uji Zona hambat Ekstrak Kitosan

Bakteri	Zona hambat Konsentrasi Kitosan (mm)			
	1,5%	2,5%	Ampicillin	Negatif
<i>Escherichia coli</i>	0 ^c	0,333 ^{bc} ± 0,577	20 ^a ± 0,00	0 ^c
<i>Salmonella typhi</i>	1 ^b ± 0,00	1,5 ^b ± 0,00	19,333 ^a ± 0,577	0 ^b
<i>Staphylococcus aureus</i>	1,333 ^b ± 0,289	2,333 ^b ± 0,289	22,667 ^a ± 2,309	0 ^b

Tabel 9. Hasil Uji Zona hambat Variasi Konsentrasi Permen Jelly Antibakteri

Bakteri	Zona hambat Konsentrasi Kitosan (mm)					
	Kom binas i A	Kom binas i B	Kom binas i C	Kom binas i D	Amp icilli n	Aku ade s
<i>E. coli</i>	0,333 ^c ± 0,577	0,667 ^{bc} ± 0,289	1,167 ^b ± 0,289	1,333 ^b ± 0,577	20 ^a	0 ^c
<i>Salmonella typhi</i>	0,167 ^b ± 0,289	0,667 ^b ± 0,289	1,167 ^b ± 0,289	2,833 ^b ± 3,175	19,33 ± 0,577	0 ^b
<i>Staphylococcus aureus</i>	1,333 ^b ± 0,577	1 ^b ± 0,00	0,833 ^b ± 0,289	1 ^b ± 0,00	22,66 ± 2,309	0 ^b

Aktivitas antibakteri permen jelly ditunjukkan melalui terbentuknya zona hambat terhadap *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, dan *Staphylococcus aureus*. Berdasarkan hasil penelitian, seluruh perlakuan menghasilkan zona hambat terhadap bakteri uji dengan diameter yang berbeda antarperlakuan, sedangkan kontrol negatif tidak menunjukkan adanya hambatan. Diameter zona hambat yang dihasilkan berbeda antarperlakuan namun seluruhnya berada pada kategori aktivitas antibakteri lemah (<5 mm) berdasarkan klasifikasi Davis dan Stout (1971). Meskipun demikian, terbentuknya zona hambat menunjukkan bahwa formulasi masih memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri.

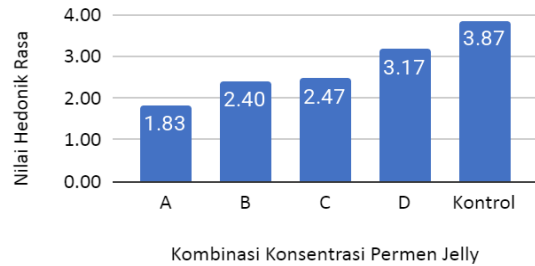
Pada pengujian terhadap *Salmonella typhi*, kombinasi D menunjukkan nilai rata-rata zona hambat 2,833 ± 3,175 mm. Variasi yang relatif besar hanya dijumpai pada kombinasi D terhadap *Salmonella typhi*,

sedangkan perlakuan lain menunjukkan simpangan baku yang relatif kecil. Variasi tersebut diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain homogenitas suspensi bakteri, ketebalan media agar, kemampuan senyawa aktif berdifusi ke dalam media dan distribusi senyawa antibakteri dalam matriks permen jelly serta pelepasannya dari paper disk menuju media agar. Faktor-faktor diatas dapat menyebabkan laju difusi senyawa aktif tidak seragam sehingga menghasilkan variasi diameter zona hambat antarulangan. (Benkov et al., 2020; Bubonja-Šonje, et al., 2020).

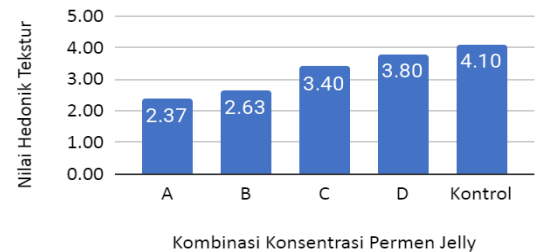
Peningkatan diameter zona hambat seiring dengan peningkatan konsentrasi kitosan menunjukkan bahwa kitosan berperan sebagai agen antibakteri utama dalam formulasi. Kitosan memiliki gugus amina bermuatan positif yang dapat berinteraksi dengan membran sel bakteri bermuatan negatif, sehingga menyebabkan kerusakan membran, peningkatan permeabilitas, dan kebocoran komponen intraseluler (Younes & Rinaudo, 2015). Perbedaan daya hambat antar bakteri diduga berkaitan dengan perbedaan struktur dinding sel sehingga memengaruhi interaksi kitosan dengan permukaan sel bakteri. Selain itu, perbedaan zona hambat pada ekstrak kitosan saja dan ekstrak kitosan pada permen jelly dapat disebabkan adanya interaksi elektrostatis antara gugus amina kitosan ($-NH_3^+$) dan gugus karboksilat pektin ($-COO^-$) membentuk polyelectrolyte complex (PEC) yang membentuk jaringan polimer yang lebih rapat dan kompak sehingga menghambat mobilitas molekul kitosan serta memperlambat pelepasan senyawa aktif menuju media agar (Flores-Espinoza et al., 2023; Popa et al., 2025). Oleh karena itu, pada metode difusi pada penelitian ini, diameter zona hambat tidak hanya mencerminkan potensi antibakteri kitosan, namun juga kemampuan senyawa aktif tersebut berdifusi keluar dari matriks gel menuju media agar.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Kong et al. (2019) yang melaporkan bahwa aktivitas antibakteri kitosan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi dan efektif terhadap berbagai bakteri patogen. Namun, diameter zona hambat yang dihasilkan pada penelitian ini masih lebih kecil dibandingkan kontrol positif (*ampicillin*), yang menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri permen jelly masih tergolong lemah menurut klasifikasi Davis dan Stout. Meskipun demikian, hasil menunjukkan bahwa penambahan kitosan dalam formulasi permen jelly memberikan potensi aktivitas antibakteri alami meskipun efektivitasnya masih memerlukan optimasi lebih lanjut.

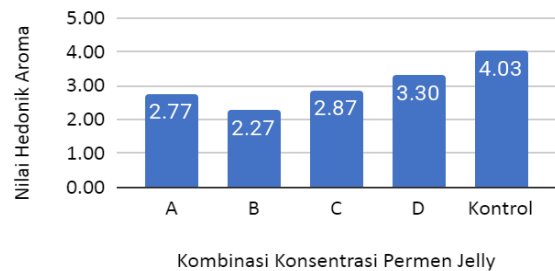
Nilai Hedonik Rasa Permen Jelly



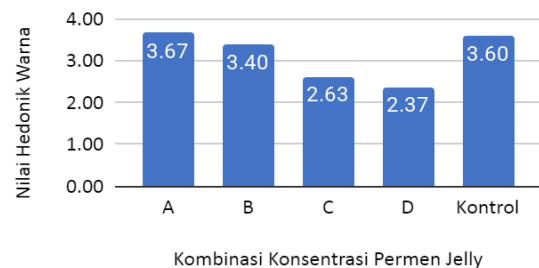
Nilai Hedonik Tekstur Permen Jelly



Nilai Hedonik Aroma Permen Jelly



Nilai Hedonik Warna Permen Jelly



Gambar 3. Grafik Nilai Hedonik Permen Jelly

Uji organoleptik dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan panelis terhadap permen jelly berdasarkan parameter warna, aroma, rasa, dan tekstur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesukaan panelis terhadap produk masih berada pada kategori tidak suka hingga netral, dengan nilai tertinggi diperoleh pada formulasi dengan konsentrasi pektin dan kitosan yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi bahan dalam formulasi berpengaruh terhadap karakteristik sensori produk.

Pada parameter rasa, nilai hedonik yang relatif rendah diduga dipengaruhi oleh penambahan kitosan yang dapat mempengaruhi karakteristik sensori,

sehingga menurunkan tingkat penerimaan panelis. Beberapa penelitian melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan dalam produk pangan dapat memengaruhi persepsi rasa dan penerimaan konsumen sehingga konsentrasinya perlu dioptimalkan agar tetap mempertahankan kualitas sensori produk (Kabanov dan Novinyuk, 2020)

Sementara itu, parameter tekstur menunjukkan kecenderungan peningkatan penerimaan pada konsentrasi pektin yang lebih tinggi, yang berkaitan dengan kemampuan pektin dalam membentuk struktur gel yang lebih kenyal dan stabil. Hal ini sesuai dengan laporan bahwa tekstur dan rasa merupakan faktor utama yang menentukan penerimaan konsumen terhadap produk jelly candy (Rivero et al., 2023).

Parameter warna dan aroma juga berperan dalam persepsi awal panelis terhadap produk. Perubahan komposisi bahan dalam formulasi diketahui dapat memengaruhi atribut sensori seperti warna, aroma, dan tekstur pada permen jelly (Melati et al., 2024). Hasil penelitian ini juga sejalan dengan studi lain yang menunjukkan bahwa penambahan bahan tambahan berbasis biopolymer pada produk jelly dapat memengaruhi tingkat penerimaan sensori, sehingga optimasi formulasi masih diperlukan untuk memperoleh karakteristik sensori yang lebih baik dan meningkatkan penerimaan konsumen.

4. Kesimpulan

Konsentrasi ekstrak pektin kulit nangka dan kitosan kulit udang memengaruhi karakteristik permen jelly yang dihasilkan meliputi sifat fisikokimia, *hardness*, aktivitas antibakteri, dan sifat organoleptik permen jelly. Kedua biopolimer tersebut menunjukkan potensi sebagai bahan baku alternatif dalam pengembangan permen jelly berbasis limbah agroindustri dengan potensi aktivitas antibakteri. Namun, penelitian selanjutnya perlu melakukan optimasi konsentrasi ekstrak pektin dan ekstrak kitosan untuk memperoleh keseimbangan antara karakteristik fisik, aktivitas antibakteri, dan tingkat penerimaan, serta mengevaluasi stabilitas produk selama masa penyimpanan.

5. Daftar Pustaka

Amin, Idi dan Isnaini Nurjihad. (2021). Pengaruh Kitosan Limbah Kulit Udang Sebagai Adsorben Dalam Menurunkan Kadar Chrom Heksavalent (Cr^{6+}) Limbah Cair Di PT. Kawasan Industri Makassar. *e-Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri VIII 2021*

Ardianto, R., & Amalia, R. (2023). Optimasi proses deasetilasi kitin menjadi kitosan dari selongsong maggot menggunakan RSM. *Metana*, 19(1), 1–12.

Arifin, Zainal, Dedy Irawan, Muhammad Satrio Fattahillah, Mirnawat. (2020). Produksi Kitosan Dari Kitin Kulit Udang Dalam Reaktor Bertekanan. *Prosiding 4th Seminar Nasional*

Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat

Benkova, M., Soukup, O. and Marek, J. (2020), Antimicrobial susceptibility testing: currently used methods and devices and the near future in clinical practice. *J. Appl. Microbiol.*, 129: 806-822. <https://doi.org/10.1111/jam.14704>

Bubonja-Šonje M, Knežević S, Abram M. (2020). Challenges to antimicrobial susceptibility testing of plant-derived polyphenolic compounds. *Arh Hig Rada Toksikol.* 71(4):300-311. doi: 10.2478/aiht-2020-71-3396. PMID: 33410777; PMCID: PMC7968511.

Chahyono, E. (2018). Karakteristik kitosan dari limbah cangkang udang windu (*Penaeus monodon*). *Akuatika Indonesia*, 3(2), 96. <https://doi.org/10.24198/jaki.v3i2.23395>

Chairunisya, Rahmilla Aulia, Gatot Siswo Hutomo, Amalia Noviyanty (2023). Ekstraksi pektin kulit buah nangka (*Artocarpus heterophyllus*) menggunakan asam klorida pada berbagai konsentrasi. *Agrotekbis*, 11(1), 1–10.

Dambuza, Anathi, Pamela Rungqu, Adebola Omowunmi Oyediji, Gugulethu M. Miya, Simon K. Kuria, Sunday Yiseyon Hosu, and Opeoluwa Oyehan Oyediji. 2023. Extraction, Characterization, and Antioxidant Activity of Pectin from Lemon Peels. *Molecules* 2024, 29(16), 3878

Davis WW, Stout TR.(1971).Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay. *Applied Microbiology* 22(4):659-665. <https://doi.org/10.1128/am.22.4.659-665.1971>

Dhaneswari, P., Sula, C. G., Ulina, Z., & Andriana, P. (2015). Pemanfaatan pektin yang diisolasi dari kulit dan buah salak (*Salacca edulis Reinw*) dalam uji in vivo penurunan kadar kolesterol dan glukosa darah pada tikus jantan galur Wistar. *Khazanah*, 7(2), 39–60.

Elfiyanti, R., Widayanti, A., & Rahayu, B. (2016). Pengaruh peningkatan konsentrasi pektin sebagai gelling agent terhadap sifat fisik marshmallow antisariawan ekstrak kental daun saga (*Abrus precatorius L.*). *Farmasains*, 3(2), 65–71.

Febriyanti, Y., Razak, A. R., & Sumarni, N. K. (2018). Ekstraksi dan karakterisasi pektin dari kulit buah kluwih (*Artocarpus camansi Blanco*). *Kovalen*, 4(1).

Fadhlurrohman, Irfan, Triana Setyawardani, Juni Sumarmono. (2023). Karakteristik Warna (*Hue, Chroma, Whiteness Index*), Rendemen, dan Persentase Whey Keju dengan Penambahan Teh Hitam *Orthodox (Camellia sinensis var. assamica. JITIPARI*, 8(1):10-19.

Flores-Espinoza AI, Garcia-Contreras R, Guzman-Rocha DA, Aranda-Herrera B, Chavez-Granados PA, Jurado CA, Alfawaz YF, Alshabib A. (2023). Gelatin-Chitosan Hydrogel Biological, Antimicrobial and Mechanical Properties for Dental Applications. *Biomimetics* (Basel).

- 8(8):575. doi: 10.3390/biomimetics8080575. PMID: 38132514; PMCID: PMC10742194.
- Gintu AR, Soetjipto H, Cahyanti MN. (2017). Karakterisasi dan sifat fisikokimia kitosan dari kulit udang. *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia IX*.
- Grassino, A. N., Brnčić, M., & Vikić-Topić, D. (2022). Pectin gels: Structure, properties and food applications. *Food Hydrocolloids*, 124, 107267.
- Hastuti, B. & Siswanta, Dwi & Mudasir, Mudasir & Triyono, Triyono. (2017). KINETICS AND ISOTHERM STUDIES OF Pb(II) IMPRINTED CARBOXYMETHYL CHITOSAN-PECTIN-PEGDE. *Jurnal Teknologi*. 79. 10.11113/jt.v79.10718.
- Hastuti, Budi dan Saptono Hadi. (2019). Synthesis and Characterization of Pectin-Chitosan as Candidate Materials for Slow Release System. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 617 doi:10.1088/1757-899X/617/1/012002
- Hosseinnejad, M., & Jafari, S. M. (2016). Evaluation of different factors affecting antimicrobial properties of chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85, 467–475. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.022>
- Isnanda, A., Mardiah, M., & Wibowo, S. (2016). Pengaruh konsentrasi pektin terhadap karakteristik fisik dan kimia produk jelly. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 9(2), 67–74.
- Jumri, Yusmarini, & Herawati, N. (2015). Mutu permen jelly buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dengan penambahan karagenan dan gum arab. *JOM Faperta*, 2(1).
- Kabanov V.L., Novinyuk L.V. CHITOSAN APPLICATION IN FOOD TECHNOLOGY: A REVIEW OF RECENT ADVANCES. *Food systems*. 2020;3(1):10-15. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-1-10-15>
- Khotima, K., & Santoso, T. (2020). Pemanfaatan pektin kulit nangka (*Artocarpus heterophyllus*) sebagai adsorben logam Cu(II). *Media Eksakta*, 16(2), 105–112.
- Kong, M., Chen, X. G., Xing, K., & Park, H. J. (2019). Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: A review. *International Journal of Food Microbiology*, 144(1), 51–63.
- Krauter, E. (2021). *The psychological and physical benefits of eating candy*. <https://www.silverliningsclinic.com/blog/the-psychological-and-physical-benefits-of-eating-candy>
- Kumar, K. R., Singh, P., & Uppuluri, K. B. (2025). Sustainable fabrication and evaluation of jackfruit peel-based pectin nanofibers for biomedical applications. *Carbohydrate Polymers*, 369, 124313. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2025.124313>
- Kumar, M., Brar, S. K., & Goyal, S. (2020). Chitosan-based antimicrobial systems in food applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 139–149.
- Kumari, S., Rath, P., Kumar, A. S. H., & Tiwari, T. N. (2017). Extraction and characterization of chitin and chitosan from fishery waste by chemical method. *Environmental Technology & Innovation*, 3, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2015.01.002>
- Leong, C. M., Chua, B. L., Figiel, A., Chong, C. H., Wojdyło, A., & Oey, I. (2016). Physicochemical properties of pectin extracted from jackfruit rind using different extraction conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 186–195. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2025-2>
- Li, W.-J., Fan, Z.-G., Wu, Y.-Y., Jiang, Z.-G., & Shi, R.-C. (2019). Eco-friendly extraction and physicochemical properties of pectin from jackfruit peel waste with subcritical water. *Food Chemistry*, 299, 5283–5292.
- Liu, J., Pu, H., & Liu, S. (2018). Polyelectrolyte complexes of pectin and chitosan: Formation and functional properties. *Carbohydrate Polymers*, 181, 569–575.
- Lumbantoruan, D. I. P., Ginting, S., & Suhaidi, I. (2014). Pengaruh konsentrasi bahan pengendap dan lama pengendapan terhadap mutu pektin hasil ekstraksi dari kulit durian. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 2(2), 58–64.
- Ma'mun, S., Theresa, M., & Alfimona, S. (2016). Penggunaan membran kitosan untuk menurunkan kadar logam krom pada limbah industri penyamakan kulit. *Teknoin*, 22(5), 367–371. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol22.iss5.art6>
- Mahmuda, Zain Sultan, Heribertus Rudi Kusumantoro, Yoga Putra Pratama. (2025). Analisis Perubahan Nilai Delta E Pada Tinta Organik Cetak Saring Dari Pigmen Batang Kayu Ecang Terhadap Pengaruh Uji Lightfastness. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL TETAMEKRAF* Vol. 4
- Melati, D., Sukha, A. R., Anggara, J. H. D. A. B., Purwitasari, N., Maharani, P., & Zahroh, U. (2024). Sensory characteristics of jelly candy with the addition of tamarind turmeric. *Journal of Tropical Food and Agroindustrial Technology*, 5(2), 74–80. <https://doi.org/10.21070/jtfat.v5i02.1616>
- Mukti, Yayon Pamula, Bima Prasetyo W.E.M, Christina Mumpuni Erawati. (2023). Pemanfaatan pektin limbah kulit nangka (*Artocarpus heterophyllus*) sebagai edible coating pada apel potong. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 12(2), 85–96.
- Nurhaeni, N., Hidayat, T., & Fitriani, S. (2018). Karakterisasi pektin dari berbagai sumber bahan alam dan potensinya sebagai pembentuk gel. *Jurnal Kimia dan Pangan*, 12(1), 15–22.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2018). Colour measurement and analysis in fresh and

- processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Popa, L., Violeta Ghica, M., Dinu-Pîrvu, C.-E., & Dumitrescu, I.-A. (2025). Chitosan-Pectin Composite Biomaterials: Types, Interactions, Formulations, and Biomedical Applications. In *Chitosan and Alginate Frontiers - Innovations and Applications in Life Sciences, Food, and Industry*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1012073>
- Putri, R., Hidayat, T., & Wahyuni, S. (2018). Effect of gelling agents on sensory and physicochemical properties of jelly products. *Food Research*, 2(5), 410–416.
- Rivero, R., Archaina, D., Sosa, N., & Schebor, C. (2023). Sensory characterization, acceptance, and stability studies on low-calorie fruit jelly candies. *Journal of Food Science and Technology*, 60(8), 2204–2212. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05747-7>
- Riyamol, Jeevitha Gada Chengaiyan, Sandeep Singh Rana, Faraz Ahmad, Shafiul Haque, and Esra Capanoglu. (2023). Recent Advances in the Extraction of Pectin from Various Sources and Industrial Application. *ACS Omega*, 8(49): 46309–46324
- Rubio-Martin del Campo, Karla Nohemi, María Fernanda Rivas-Gastelum, Luis Eduardo Garcia-Amezquit, Maricruz Sepulveda-Villegas, Edgar R. López-Mena, Jorge L. Mejía-Méndez and Angélica Lizeth Sánchez-López. (2025). From Nature to Science: A Review of the Applications of Pectin-Based Hydrogels. *Macromol* 2025, 5(4), 58
- Setha, B., Rumata, F., & Silaban, B. br. (2019). Karakteristik kitosan dari kulit udang vaname dengan menggunakan suhu dan waktu yang berbeda dalam proses deasetilasi. *JPHPI*, 22(3), 498–507.
- Siregar, Y., Fitriani, N., & Sari, D. (2016). Pengaruh kondisi deasetilasi terhadap karakteristik kitosan dari limbah udang. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(3), 89–95.
- Stefunni, F., Rachmawati, D., & Nurhidayati, S. (2016). Karakterisasi kitosan dari limbah kulit udang hasil proses demineralisasi dan deasetilasi. *Jurnal Teknologi Kimia*, 10(2), 45–52.
- Syam'un, A. A., Muhammad, A., Endang, A., Armila, A., & Nur, A. (2018). *Pemanfaatan limbah kulit buah nangka sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan papan partikel untuk mengurangi penggunaan kayu dari hutan alam*. Fakultas Kehutanan Universitas Makassar.
- Wahyuni, S., Putri, R., & Hidayat, T. (2021). Effect of gelling agents on physicochemical properties of jelly products. *Food Research*, 5(3), 214–220.
- Windiarso, C., Nugroho, W. A., & Argo, B. D. (2015). Optimasi pektin dari kulit buah nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dengan microwave assisted extraction (MAE). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 3(1), 39–49.
- Younes, I., & Rinaudo, M. (2015). Chitin and chitosan preparation from marine sources. *Marine Drugs*, 13(3), 1133–1174. <https://doi.org/10.3390/md13031133>
- Yuliasara, F., Sari, M. N., Choriah, M. N., & Mahmiah. (2019). Pembuatan kitin dan kitosan dari kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Prosiding Seminar Nasional Kelautan XIV*.
- Yuliati H. Sipahutar, Natasya S. Hutapea, Rufnia A Affifah, Paulus PR Sitorus. (2024). Isolasi Kitosan dari Limbah Kulit Udang Vaname. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Indonesia ke-25*
- Yusuf, M., Sari, D., & Fitriani, F. (2019). Influence of pectin concentration on moisture content and texture of jelly candy. *International Journal of Food Studies*, 8(1), 45–52.
- Zhang, Y., Zhang, Y., & Wang, L. (2020). Effects of pectin structure on gel properties and texture characteristics. *Food Hydrocolloids*, 105, 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105112>