

KARAKTERISASI DAN UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN KITOSAN CANGKANG UDANG WINDU (*Penaeus monodon*) DENGAN DEPROTEINASI METODE ENZIMATIS

Septina Eka Putri Mardiani¹, Nastiti Utami^{1*}, Prashinta Nita Damayanti²

¹Program Studi S1 Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, Sukoharjo, Jawa Tengah, 57552, Indonesia

²Program Studi DIII Farmasi, Universitas Tidar, Magelang, Jawa Tengah, 56116, Indonesia

*nastiti.utami@stikesnas.ac.id

ABSTRAK

Kitosan diperoleh dari senyawa kitin yang terdapat dalam cangkang udang windu (*Penaeus monodon*). Tujuan dari penelitian ini yaitu membandingkan kualitas kitosan antara hasil deproteinasi metode basa dengan metode enzimatik. Ekstraksi kitosan dari cangkang udang melalui proses demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Pengujian karakterisasi kitosan telah memenuhi syarat sesuai SNI No.7949-2013. Rendemen hasil ekstraksi KDK dan KDE berturut-turut sebesar 19,8% dan 24,8%. Kadar air KDK adalah 4,3% dan KDE 8,8%, kadar abu KDK sebesar 1,5% dan KDE 1,11%, kadar nitrogen KDK sebesar 1,11 % dan KDE sebesar 1,63%. Derajat deasetilasi KDK sebesar 81,61% dan KDE sebesar 78,63%. Spektrum infra merah KDK dan KDE menunjukkan pita serapan yang memiliki karakteristik seperti kitosan komersil. Nilai IC50 KDK sebesar 118,42±1,92 ppm dan KDE 107,12±1,26 ppm.

Kata kunci: antioksidan; deproteinasi; enzim; kitosan

CHARACTERIZATION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF CHITOSAN SHELL OF WINDU SHRIMP (*Penaeus monodon*) USING ENZYMATIC DEPROTEINIZATION METHOD

ABSTRACT

Chitosan is obtained from chitin compounds found in tiger prawn shells (Penaeus monodon). The purpose of this study was to compare the quality of chitosan between the results of deproteinization using the alkaline method and the enzymatic method. Chitosan extraction from shrimp shells through demineralization, deproteination, and deacetylation processes. The characterization test of chitosan has met the requirements according to SNI No. 7949-2013. The yield of KDK and KDE extraction results was 19.8% and 24.8%, respectively. The water content of KDK was 4.3% and KDE 8.8%, the ash content of KDK was 1.5% and KDE 1.11%, the nitrogen content of KDK was 1.11% and KDE was 1.63%. The degree of deacetylation of KDK was 81.61% and KDE was 78.63%. The infrared spectrum of KDK and KDE showed absorption bands that had characteristics like commercial chitosan. The IC50 value of KDK was 118.42±1.92 ppm and KDE was 107.12±1.26 ppm.

Keywords: antioxidant; chitosan; deproteination; enzyme

PENDAHULUAN

Industri pengolahan udang terus mengalami peningkatan secara global, namun cangkang udang sekitar 35% dari total produksi tidak dimanfaatkan secara optimal (Thornber et al., 2020). Cangkang udang dalam jumlah besar dapat menjadi salah satu masalah lingkungan karena laju degradasi yang lambat sehingga dapat menyebabkan dampak lingkungan yang signifikan (Rashmi et al., 2017). Pembuangan dan pembakaran cangkang udang merupakan metode yang tidak ramah lingkungan (Mathew et al., 2017). Cangkang udang yang dimanfaatkan sebagai pakan ternak masih memiliki nilai ekonomi yang rendah (Rofrio et al., 2021). Salah satu pemanfaatan cangkang udang menjadi bahan dengan nilai ekonomi yang tinggi yaitu mengekstrak kitin dari cangkang udang dan mengubahnya menjadi kitosan. Kitin merupakan polisakarida alami paling melimpah kedua, setelah selulosa, kitin dapat berasal dari rangka luar krustasea, kepiting, serangga, dan jamur (Varlamov et al., 2021). Kitosan adalah turunan kitin dari proses deasetilasi yang terdiri dari homopolimer N-asetil-D-glukosamin yang terhubung dengan β-(14). Kitosan memiliki berat molekul tinggi yang menyerupai selulosa (Shi et al., 2021). Perbedaan utama antara kitosan dan selulosa adalah kitosan memiliki gugus amina (-NH₂) pada posisi C2 (Utami et al., 2021), sedangkan pada selulosa terdapat gugus hidroksil (-OH). Kitosan dapat dimodifikasi untuk menghasilkan turunannya karena

memiliki gugus amino bebas yang berguna di berbagai aplikasi biomedis dan aplikasi dalam industri farmasi (Ahmad et al., 2020).

Ekstraksi dengan metode basa dan enzimatis dapat dilakukan untuk mendapatkan kitosan dari cangkang udang. Penggunaan metode ekstraksi basa kitosan dari cangkang udang memiliki kelemahan karena membutuhkan energi yang besar dan adanya produksi limbah asam dan basa. Namun penerapan ekstraksi basa dalam skala besar lebih dipilih karena efisiensinya yang tinggi dalam waktu yang lebih singkat untuk menghilangkan mineral, protein, dan gugus asetil dari cangkang udang. Metode enzimatis yang digunakan untuk mengekstrak kitosan dari cangkang udang lebih menjanjikan karena ramah lingkungan daripada metode basa. Penelitian ini mengembangkan salah satu tahap ekstraksi kitosan yaitu deproteinasi menggunakan enzim. Deproteinasi enzimatis menggunakan enzim protease seperti papain, tripsin, pepsin, devolvase, alcalase, dan pancreatin digunakan untuk menghilangkan kandungan protein. Papain merupakan salah satu protease sistein yang telah digunakan untuk hidrolisis protein cangkang krustasea. Enzim ini telah banyak digunakan dalam industri makanan dan dapat dengan mudah diperoleh dari getah daun dan buah pepaya hijau. Aktivitas enzimatis papain dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, cahaya, oksigen, kelembaban dan pengepakan. Enzim papain lebih stabil dan aktif pada pH 5,0-7,0 (Bradauskiene et al., 2020).

Penelitian ini melakukan studi perbedaan metode deproteinasi dengan hidrolisis basa dan enzimatis dengan papain. Variasi metode preparasi dapat mengakibatkan perbedaan karakteristik kitosan yang akan menentukan aplikasinya. Rendemen ekstraksi kitosan; kelarutan; karakterisasi kitosan berupa organoleptis, kadar air, kadar abu, derajat deasetilasi, dan kadar nitrogen; karakterisasi gugus fungsi; dan aktivitas antioksidan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kualitas kitosan antara hasil deproteinasi metode basa dengan metode enzimatis. Hal ini dilakukan untuk memberikan informasi adanya pengaruh perlakuan metode deproteinasi yang berbeda.

METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, ayakan 100 mesh, magnetic stirrer, termometer, timbangan analitik (Ohaus, PX85 0,00001g max 82g), oven, tanur, timbangan analitik, stop watch, pH universal, kertas saring, seperangkat alat Kjeldhal (Butchi), spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV mini-1280), kuvet, spektrofotometer FTIR (Perkin Elmer Version 10.03.06). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini cangkang udang windu diambil dari Pasar Gede Surakarta dengan usia panen 5-6 bulan, NaOH p.a (Merck), HCl p.a (Merck), larutan DPPH (purple black or green powder min 85.0 125-145), aquades, kitosan komersil (kitosan rantai pendek cangkang kepiting dengan viskositas >200 cps, BM 150 kDa, derajat deasetilasi >85%), asam asetat, enzim papain (Alfalab), etanol p.a (Merck).

Preparasi Sampel Cangkang Udang

Cangkang udang windu dibersihkan dan direbus selama 15 menit, selanjutnya dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan sinar matahari selama 2 hari. Cangkang udang kering diblender menjadi serbuk, kemudian di oven pada suhu 110°C selama 30 menit dan diayak dengan ayakan berukuran 100 mesh (Imtihani et al., 2020).

Demineralisasi

Serbuk cangkang udang sebanyak 50 gram dengan perbandingan 1:10 (b/v) dicampurkan larutan HCl 3M, selanjutnya dipanaskan dan diaduk pada suhu 90°C selama 2 jam. Residu dicuci dengan aquades hingga pH netral dan dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 6 jam (Nurhikmawati et al., 2014).

Deproteinasi Metode Enzimatik

Sampel hasil demineralisasi dicampurkan enzim papain dengan perbandingan 1:10, diaduk dan dipanaskan pada suhu 50°C selama 2 jam. Residu dicuci dengan akuades sampai pH netral dan dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 6 jam.

Deproteinasi Metode Basa

Sampel hasil demineralisasi dengan perbandingan 1:10 (b/v) dicampurkan dengan larutan NaOH 2M selanjutnya dipanaskan dan diaduk dengan stirrer pada 100°C selama 2 jam, kemudian dinginkan dan saring dengan kertas saring. Residu dicuci dengan akuades hingga pH menjadi netral dan dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 6 jam.

Deasetilasi

Hasil masing-masing deproteinasi dicampurkan larutan NaOH 50% dengan perbandingan 1:10 (b/v). Campuran diaduk dan dipanaskan pada suhu 100°C selama 2 jam, kemudian dinginkan dan saring dengan kertas saring. Residu dicuci dengan akuades hingga pH menjadi netral dan dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 14 hari (Nurhikmawati et al., 2014).

Uji Kelarutan

Sampel kitosan komersil, kitosan deproteinasi basa (KDK), dan kitosan deproteinasi enzimatik (KDE) masing-masing sebanyak 0,1 gram dilarutkan dalam 10 mL asam asetat 1%.

Karakterisasi Kitosan

Uji Organoleptis

Serbuk KDK dan KDE dianalisis untuk mengetahui kualitasnya meliputi bentuk, warna, dan aroma.

Kadar Air

Sebanyak 0,5 gram KDK dan KDE masing-masing dimasukkan ke dalam cawan porselin yang diketahui berat kosongnya. Kitosan di oven pada suhu 105°C selama 2 jam, dimasukkan dalam desikator selama 30 menit lalu ditimbang. Perlakuan ini dilakukan hingga beratnya konstan.

Kadar Abu

Sebanyak 0,5 gram KDK dan KDE masing-masing dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui berat kosongnya. Kitosan dipijarkan dalam tanur hingga 500°C selama 45 menit kemudian dinaikkan menjadi 900°C selama 90 menit. Kitosan yang telah diabukan dimasukkan ke dalam desikator hingga suhu ruang lalu ditimbang beratnya.

Derajat Desaetilasi

Sebanyak 3 mg KDK dan KDE masing-masing dilarutkan dalam 0,1 M HCl sebanyak 50 mL, diukur absorbansinya pada panjang gelombang 201 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Derajat deasetilasi dihitung berdasarkan persamaan (Tanasale et al., 2019):

$$DA = \frac{161,1 AV - 0,0128M}{3,3615M - 41,1 AV}$$

$$DD = (1-DA)100\%$$

Keterangan: DD = Derajat Deasetilasi, DA= Derajat Asetilasi, A= Absorbansi, V= Volume larutan kitosan (L), M= Berat Kitosan (mg).

Kadar Nitrogen

Sebanyak 2 gram KDK dan KDE masing-masing didekstruksi dengan metode kjeldhal, kemudian

kadar nitrogen dianalisis dengan metode titrasi netralisasi. Perhitungan kadar N dapat digunakan persamaan

$$\%N = \frac{V \text{ NaOH sampel} - V \text{ NaOH blanko} \times N \text{ NaOH} \times 14}{\text{berat sampel (mg)}} \times 100 \%$$

Karakterisasi dengan Spektroskopi IR

Sebanyak 2 mg sampel kitosan komersil, KDK, dan KDE masing-masing ditambahkan 200 mg KBr (1:100) lalu digerus sampai halus. Campuran sampel dan KBr dimasukkan dalam alat pencetak pellet dan dipress. Film yang terbentuk kemudian dibaca dengan alat FTIR pada panjang gelombang 450-4000 cm^{-1}

Penentuan Aktivitas Antioksidan Kitosan

Larutan sampel kitosan komersil, KDK, dan KDE masing-masing dibuat seri konsentrasi sebesar 80 ppm, 100 ppm, 120 ppm, 140 ppm dan 160 ppm. Dipipet 0,4 mL; 0,5 mL; 0,6 mL; 0,7 mL, dan 0,8 mL dari larutan induk 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 5 ml dan ditambahkan etanol hingga tanda batas. Sebanyak 3 mL masing-masing larutan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, masing-masing ditambahkan dengan larutan DPPH 0,2 mM sebanyak 3 ml dan dikocok hingga homogen, diinkubasi selama 20 menit dalam ruangan gelap kemudian diukur serapan pada panjang gelombang maksimal yaitu 514 nm.

Analisis Data

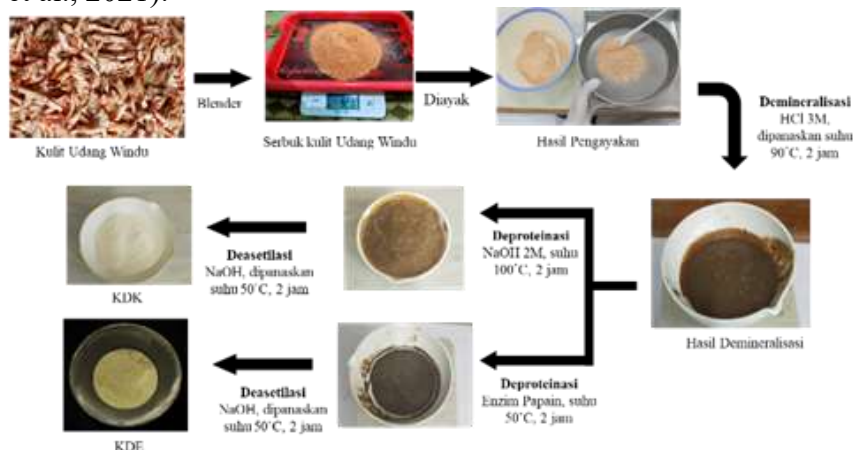
Data yang diperoleh dari karakterisasi kitosan, meliputi rendemen, kelarutan, organoleptis, kadar air, kadar abu, kadar nitrogen, dan derajat deasetilasi dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan dengan standar SNI. Analisis gugus fungsi menggunakan spektroskopi FTIR dibandingkan antara KDK, KDE, dan kitosan komersil. Data pengukuran aktivitas antioksidan dianalisis berdasarkan hasil pengukuran absorbansi sampel dan menggunakan rumus persen inhibisi. Data dianalisis dengan cara membuat kurva kalibrasi kemudian memasukan kedalam persamaan regresi linier dari konsentrasi larutan dengan persen inhibisi dan selanjutnya dihitung nilai IC_{50} .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi kitosan dari cangkang udang windu melalui tiga proses utama: demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Proses dan hasil ekstraksi kitosan dari cangkang udang dapat dilihat pada Gambar 1. Demineralisasi merupakan proses menghilangkan mineral, terutama kalsium karbonat. Demineralisasi dapat dilakukan dengan asam anorganik atau asam organik, namun yang paling sering digunakan yaitu asam anorganik seperti asam klorida. Kalsium karbonat dan kalsium fosfat merupakan mineral utama pada cangkang udang yang harus dihilangkan dalam proses demineralisasi. Asam klorida encer dapat mengubah garam karbonat menjadi garam klorida dan karbon dioksida (Pohling et al., 2021). Derajat demineralisasi cangkang udang, konsentrasi asam, suhu ekstraksi, dan waktu demineralisasi merupakan parameter utama yang mempengaruhi efisiensi demineralisasi. Netralisasi pH setelah tahap demineralisasi sangat penting untuk menghentikan reaksi demineralisasi. Kualitas produksi kitin dipengaruhi pada efisiensi proses demineralisasi, semakin rendah kandungan mineralnya maka semakin tinggi kualitas kitosan (Younes dan Rinaud, 2015).

Deproteinasi akan memutus ikatan antara kitin dan protein. Natrium hidroksida adalah larutan basa yang paling efektif digunakan untuk mengganggu ikatan antara kitin dan protein melalui hidrolisis biopolimer. Hasil deproteinasi pada Gambar 1 dengan metode basa memberikan warna coklat, sedangkan deproteinasi dengan enzim papain menghasilkan kitin yang memiliki warna yang lebih gelap. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas kitin yang diperoleh (Younes dan Rinaudo et al., 2015).

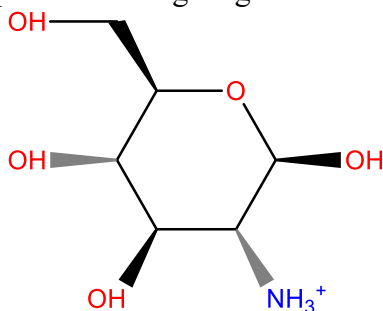
Kitosan diperoleh dari proses deasetilasi kitin melalui tahap penggantian gugus asetil glukosamin C2 dengan gugus -NH₂. Derajat deasetilasi merupakan faktor pembeda antara kitin dan kitosan. Deasetilasi kitin dapat dilakukan dengan menggunakan larutan asam atau basa. Deasetilasi menggunakan basa lebih dipilih karena deasetilasi dengan larutan asam dapat merusak ikatan glikosidik dan memutus rantai polimer. Kualitas kitosan dipengaruhi dengan derajat deasetilasi, selain itu juga dipengaruhi konsentrasi larutan basa, sumber kitin, suhu, dan waktu deasetilasi (Younes dan Rinaudo et al., 2015). Hasil ekstraksi kitosan dari udang windu dengan metode deproteinasi basa dan enzimatis masing-masing adalah 19,8% dan 24,8%, rendemen yang diperoleh mendekati dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu hasil kitosan dari limbah cangkang krustasea laut seperti udang dan kepiting yang berbeda bergantung pada spesiesnya berkisar antara 17,50% - 23,75% (Mohan et al., 2021).



Gambar 1. Ekstraksi kitosan dari cangkang udang

Karakterisasi Kitosan

Sifat fisikokimia kitosan dianalisis dengan menggunakan berbagai teknik analisis untuk memastikan kualitas kitosan dengan penentuan parameter berupa uji kelarutan, organoleptis, kadar air, kadar abu, kadar nitrogen, derajat deasetilasi, dan analisis gugus fungsi. Kelarutan kitosan sebagai salah satu parameter untuk menentukan kualitas kitosan, semakin tinggi kelarutan menunjukkan kemurnian dan kualitas kitosan yang lebih tinggi. Kelarutan kitosan dapat dipengaruhi oleh kondisi reaksi deasetilasi kitin (suhu, waktu, dan konsentrasi alkali). Selain itu, kelarutan dipengaruhi oleh konsentrasi basa dan kondisi pra-perlakuan cangkang untuk mendapatkan kitin (Aldila et al., 2020).



Gambar 2. Kationik glukosamin

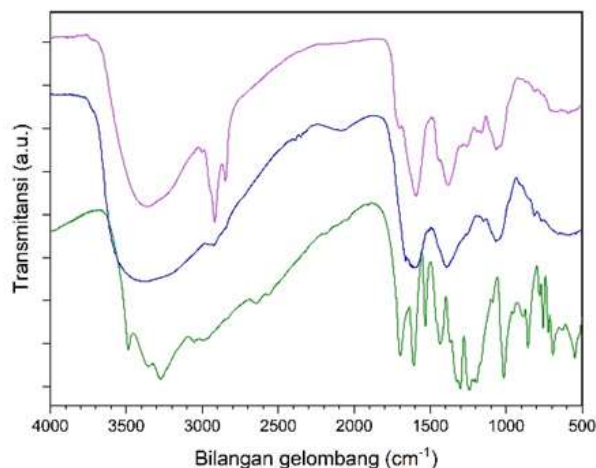
Kitosan merupakan basa lemah yang tidak larut dalam air dan pelarut organik, namun dapat larut dalam asam asetat encer. Asam asetat encer mengubah unit glukosamin tidak larut dari kitosan menjadi bentuk larut kationik (Ardean et al., 2021) seperti Gambar 2. Pemeriksaan organoleptik hasil kitosan menunjukkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.
Karakterisasi Kitosan

Spesifikasi	Bahan		
	SNI No.7949-2013	KDK	KDE
Warna	Putih kecoklatan sampai putih	Putih	Putih kecoklatan
Aroma	Netral	Netral	Netral
Bentuk	Serpihan sampai serbuk (18-120 mesh)	Serbuk	Serbuk
Kadar air (%)	< 12	4,3	8,8
Kadar abu (%)	< 5	1,5	1,11
Kadar nitrogen (%)	< 5	1,11	1,63
Derajat deasetilasi (%)	>75	81,61	78,63
Rendemen (%)	-	19,8	24,8

Uji organoleptis menunjukkan bahwa KDK berbentuk serbuk dan berwarna putih, sedangkan KDE berbentuk serbuk dan berwarna putih sedikit kecoklatan. Hasil uji organoleptis KDK dan KDE masuk dalam kategori SNI No.7949-2013. Warna kitosan dipengaruhi oleh pigmen karotenoid astaxanthin, yang terikat pada protein dan kitin. Warna kitosan dapat ditingkatkan menjadi lebih putih dengan suhu deproteinasi dinaikkan $\geq 100^{\circ}\text{C}$. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa perlakuan alkali dengan suhu $\geq 100^{\circ}\text{C}$ meningkatkan warna putih kitosan sebanding dengan kitosan komersial (Rasweefali et al., 2021). Deproteinasi menggunakan enzim memiliki keterbatasan penggunaan suhu karena suhu tinggi dapat merusak enzim yang digunakan, sehingga hal ini menjadi salah satu faktor yang membuat warna kitosan menjadi lebih gelap dibandingkan metode deproteinasi basa. Kadar air setelah pembuatan kitosan dari cangkang udang dapat ditentukan dengan menggunakan metode gravimetri. Kadar air direkomendasikan kurang dari 10% untuk kitosan komersial. Dalam studi ini, peneliti melaporkan persentase kadar air dalam KDK dan KDE masing-masing sebesar 4,3% dan 8,8%. Keberadaan air memiliki dampak yang signifikan terhadap flowabilitas, umur simpan, dan kompresibilitas kitosan. Persentase kadar abu kitosan merupakan indikator penting dalam proses demineralisasi untuk penghilangan mineral dan karbonat. Kadar abu cangkang udang dengan demineralisasi dapat digunakan sebagai penentu kualitas kemurnian kitosan. Semakin kecil kadar abu maka semakin tinggi pula kemurnian kitosan. Penentuan kadar nitrogen mewakili jumlah gugus amino bebas (-NH₂) dalam kitosan yang dapat digunakan untuk menunjukkan perbedaan antara kitin dan kitosan melalui jumlah gugus asetil yang dihilangkan dari kitin untuk membentuk kitosan. Kadar nitrogen KDK sebesar 1,11% dan kadar nitrogen KDE sebesar 1,63%. Kadar nitrogen keduanya memenuhi nilai standar SNI No.7949-2013. Presentase kadar nitrogen pada KDE lebih besar dibandingkan KDK, hal ini dapat disebabkan adanya enzim papain yang ikut masuk dalam sampel setelah proses deproteinasi sehingga dapat menambah kandungan nitrogen dalam sampel. Derajat deasetilasi (DD) KDK sebesar 81,61% dan KDE sebesar 78,63%.

Analisis FTIR (*Fourier transform infrared spectroscopy*) didasarkan pada molekul yang dapat menyerap cahaya inframerah di wilayah spektrum elektromagnetik, hal ini menjadi dasar bahwa analisis FTIR merupakan teknik analitik yang sensitif untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada senyawa organik dalam rentang spektra 4000–400 cm⁻¹ (Pratiwi et al., 2022).



Gambar 3. Spektrum kitosan komersil (pita hijau); KDK (pita biru); KDE (pita pink)

Spektra FTIR pada Gambar 3 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa KDE dan KDK memiliki gugus fungsi yang mirip dengan kitosan komersil, hal ini menjadi salah satu indikasi juga bahwa kitosan dapat diekstraksi dari cangkang udang windu.

Tabel 2.
Hasil FTIR untuk KDK, KDE, dan Kitosan Komersil

KDK (cm ¹)	KDE (cm ¹)	Kitosan Komersil (cm ¹)	Rentang Frekuensi (cm ¹)	Gugus fungsi kitosan
3457,55	3500	3500	3500-3200	O-H <i>stretching</i> dan N-N (-NH ₂) Amina
2926,14	2926,14	2929,03	3000-2840	C-H <i>stretching</i> (C-H ring, -CH ₃ dan -CH ₂ -)
1628,95	1632,81	1642,46	1690-1630	C=O <i>stretching</i> (NHCOCH ₃) amida I
1571,09	1556,62	1559,45	1655-1620	N-H dan C-N (NHCOCH ₃) amida II dan III
1450	1449,57	1315,51	1419,39-1380,14	C-H <i>bending</i> (C-H ring, -CH ₂ , CH ₃) dan C-C
1152,52	1157,34	1151,55	1300-1000	Bridge-O- <i>stretching</i> (C-O-C)
1066,68	1024,25	1029,07	1078,35-1028,43	C-O _{asym} & C-O _{sym} <i>stretching</i>
865,11	866,08	876,68	860-968	Ring <i>stretching</i> (C-H ring)

Hasil uji aktivitas antioksidan pada Tabel 3 menunjukkan nilai IC₅₀ KDK sebesar 118,42±1,92 ppm dan IC₅₀ KDE sebesar 107,12±1,26 ppm. Gugus NH₂ pada kitosan bertanggungjawab pada aktivitas penangkalan radikal bebas. Nilai IC₅₀ ini dikategorikan masuk dalam kategori antioksidan sedang (Utami & Damayanti et al., 2023). Aktivitas antioksidan yang sedang ini disebabkan tersebut oleh kurangnya donor atom H. Kapasitas penangkalan radikal bebas terkait dengan energi disosiasi ikatan O–H atau N–H dan stabilitas radikal yang terbentuk. Karena adanya ikatan hidrogen intramolekul dan intermolekul yang kuat dalam molekul kitosan, gugus OH dan NH₂ sulit untuk terdisosiasi dan bereaksi dengan radikal (Muthu et al., 2021).

Tabel 3.
Aktivitas Antioksidan KDK, KDE, dan Kitosan Komersil

Sampel	IC ₅₀ (ppm)
KDE	107,12±1,26
KDK	118,42±1,92

SIMPULAN

Kualitas kitosan yang diekstraksi dari cangkang udang windu meliputi kadar abu, kadar air, derajat deasetilasi, kadar nitrogen dengan deproteinasi metode basa dan enzimatis memenuhi kriteria Standar Nasional Indonesia (SNI) Kitosan 7949-2013. Selain itu uji kelarutan dan analisis gugus dengan FTIR juga menunjang hasil karakterisasi kitosan yang diperoleh. Pengujian aktivitas antioksidan KDK menunjukkan nilai IC₅₀ sebesar 118,42±1,92 ppm dan KDE memiliki nilai IC₅₀ sebesar 107,12±1,26 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S.I., Ahmad, R., Khan, M.S., Kant, R.; Shahid, S., Gautam, L., Hasan, G.M., Hassan, I. (2020). Chitin and its derivatives: Structural properties and biomedical applications. *Int. J. Biol. Macromol.* 164, 526–539.
- Aldila, H., Asmar, Fabiani, V.A., Dalimunthe, D.Y., Irwanto, R. (2020). The effect of deproteinization temperature and NaOH concentration on deacetylation step in optimizing extraction of chitosan from shrimp shells waste. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 599, 012003
- Ardean, C., Davidescu, C. M., Nemeş, N. S., Negrea, A., Ciopec, M., Duteanu, N., Negrea, P., Duda-Seiman, D., & Musta, V. (2021). Factors Influencing the Antibacterial Activity of Chitosan and Chitosan Modified by Functionalization. *International journal of molecular sciences*, 22(14), 7449. <https://doi.org/10.3390/ijms22147449>
- Bradauskiene, V., Vaiciulyte-Funk, L., Cernauskas, D., Dzingeleveciene, R., Lima, J.P.M., Bradauskaite, A., Tita, M.A. (2022). The Efficacy of Plant Enzymes Bromelain and Papain as a Tool for Reducing Gluten Immunogenicity from Wheat Bran. *Processes*, 10, 1948
- Imtihani, H. N., & Permatasari, S. N. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Kitosan dari Limbah Cangkang Udang Kaki Putih (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal SIMBIOSA*, 2(9).
- Mathew, G.M., Sukumaran, R.K., Sindhu, R., Binod, P., Pandey, A. (2022). Microbes for the Synthesis of Chitin from Shrimp Shell Wastes. In *Application of Microbes in Environmental and Microbial Biotechnology*. Environmental and Microbial Biotechnology. Springer: Singapore. pp. 445–471
- Mohan K, Muralisankar T, Jayakumar R, Gandhi CR. (2021) A study on structural comparisons of α -chitin extracted from marine crustacean shell waste. *Carbohydr Polym Technol Appl.* 2:100037
- Muthu, M., Gopal, J., Chun, S., Devadoss, A. J. P., Hasan, N., & Sivanesan, I. (2021). Crustacean Waste-Derived Chitosan: Antioxidant Properties and Future Perspective. *Antioxidants*, 10(2), 228. <https://doi.org/10.3390/antiox10020228>
- Pohling, J., Dave, D., Liu, Y., Murphy, W., Trenholm, S. 2021. Two-step demineralization of shrimp (*Pandalus borealis*) shells using citric acid: An environmentally friendly, safe and cost-effective alternative to the traditional approach. *Green Chem.* 24, 1141–1151

- Pratiwi, S. N., Utami, N., Damayanti, N. (2022). Karakterisasi Kitosan Dan Pembuatan Nanopartikel Kitosan Dari Cangkang Pupa Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Extraction Chitosan And Characterization Nanoparticle Chitosan From Pupae Sheels Of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Medical Sains : Jurnal Ilmiah Kefarmasian* (Vol. 7, Issue 4).
- Rashmi, S.H., Biradar, B., Maladkar, K., Kittur, A.A. (2016). Extraction of Chitin from Prawn Shell and Preparation of Chitosan. *Res. J. Chem. Environ. Sci.* 4, 70–73. A
- Rasweefali M., Sabu S, Sunooj KV, Sasidharan A, Xavier KAM. (2021). Consequences of chemical deacetylation on physicochemical, structural and functional characteristics of chitosan extracted from deep-sea mud shrimp. *Carbohydr Polym Technol Appl.* 2:100032
- Shi, W., Ching, Y.C., Chuah, C.H. (2021). Preparation of aerogel beads and microspheres based on chitosan and cellulose for drug delivery: A review. *Int. J. Biol. Macromol.* 170, 751–767.
- Tanasale, M. F. J. D. P., Bijang, C. M., & Rumpakwara, E. (2019). Preparation of Chitosan with Various Molecular Weight and Its Effect on Depolymerization of Chitosan with Hydrogen Peroxide using Conventional Technique. *International Journal of ChemTech Research*, 12(01), 112–120. <https://doi.org/10.20902/ijctr.2019.120113>
- Thornber, K., Verner-Jeffreys, D., Hinchliffe, S., Rahman, M.M., Bass, D. and Tyler, C.R. (2020), Evaluating antimicrobial resistance in the global shrimp industry. *Rev Aquacult*, 12: 966-986.
- Utami, N., & Damayanti, P. N. (2023). Phytochemical Analysis, Antioxidant Activity and Ftir Spectroscopic Analysis of Red Leaf Lettuce and Green Leaf Lettuce (*Lactuca Sativa L.*). *Indian Drugs*, 60(5), 50–56. <https://doi.org/10.53879/id.60.05.13378>
- Utami, N., Istiningrum, R. B., Rusdiarso, B., & Nuryono, N. (2021). Recovery of Au(III) from Gold Mining Rock with Silica/Chitosan Coated on Iron Sand Magnetic Material. *Key Engineering Materials*, 884, 90–97.
- Varlamov, V.P., Il'Ina, A.V., Shagdarova, B.T., Lunkov, A.P., Mysyakina, I.S. (2020). Chitin/Chitosan and Its Derivatives: Fundamental Problems and Practical Approaches. *Biochemistry* 85, 154–176.
- Younes, I., Rinaudo, M. (2015). Chitin and Chitosan Preparation from Marine Sources. Structure, Properties and Applications. *Mar. Drugs*. 13, 1133–1174

