

KARAKTERISASI KITOSAN CANGKANG LANDAK LAUT JENIS *Tripneustes Gratilla* DENGAN DEASETILASI KONSENTRASI NaOH YANG BERBEDA

Pratiwi Hadi¹, Syamsul Bahri², Hamidin Rasulu^{2,*}

¹Mahasiswa Program Studi Magister Ilmu Pertanian, Pascasarjana, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

²Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

*Corresponding author Email: hamidinrasulu@yahoo.com, hamidin@unkhair.ac.id; pratiwihadi29@gmail.com

Received: 30 November 2023

Accepted: 20 Desember 2023

Available online: 30 Desember 2023

Abstract

The population of sea urchin *Tripneustes gratilla* in Tidore City, North Maluku Province, is very abundant and rich in chitosan sources. This variety of sea urchin can be used as a food source. Waste from sea urchin shells has not been utilized properly and efficiently, so one effective alternative that can be used to handle piles of shell waste is to process the chitin content into chitosan. This research aims to determine the characteristics of sea urchin shell chitosan from the use of different NaOH concentrations in the deacetylation process. This research method used a one-factor Completely Randomized Design (CRD) with 5 different NaOH concentration treatments at a heating time of 90 minutes, a temperature of 105°C and 3 repetitions, so that 15 experimental units were obtained. The data obtained were analyzed using the ANOVA test and if the differences showed results that had a real effect then a Least Significant Difference (BNT) further test was carried out at the $\alpha = 5\%$ level. The results of the study showed that the effect of adding different concentrations of NaOH had a significant effect on the physical characteristics in the form of yield, color. (L a b), molecular weight, and degree of deacetylation. Chemical characteristics of water content, ash content, fat content and protein content. The characteristics of chitosan analyzed by FTIR showed a high deacetylation degree value of $> 80\%$, SEM morphology showed that each treatment had a mixed form, and the XRD results of chitosan had a crystalline structure with the main peak at an angle of $2\theta = 19^\circ - 24^\circ$ with the highest angle aimed at $2\theta = 24^\circ$. If seen from the ranking results of the best treatment, namely C5 (NaOH concentration 18%) with a physical properties yield value of 60.16%, L color 60.16, a value 90.23 and b value 5.91, molecular weight 197.00 kDa, and degree of deacetylation 97.80%, chemical properties include content water 10.19%, ash content 1.17%, fat content 0.48%, and protein content 2.58%.

Keywords: chitosan, NaOH, *Tripneustes gratilla*, deacetylation

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki banyak sumber kitosan karena iklimnya yang tropis, terutama dari hewan crustaceae sp seperti udang, kepiting, landak laut, dan bulu babi. Landak laut adalah hewan yang sering ditemukan di pantai Indonesia dan bahkan di seluruh dunia. Sekitar 316 spesies landak laut hidup di perairan Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Australia Utara. Sekitar 84 jenis ditemukan di Indonesia dari 21 famili dan 48 genus (Akerina, 2015). Landak laut biasanya banyak ditemukan di perairan dangkal dan biasanya banyak ditemukan di daerah terumbu karang dan padang lamun. Cangkangnya yang keras, bentuknya yang mirip bola berduri, dan tanpa tulang belakang membuat hewan ini mudah dikenali (Padang *et al.*, 2019).

Di Kota Tidore Kepulauan, Provinsi Maluku Utara, ada populasi landak laut *Tripneustes gratilla* yang sangat besar, yang menghasilkan banyak kitosan (Albaar *et al.*, 2022). Sangat aman untuk memegang landak laut jenis ini karena warnanya yang khas, kecenderungannya untuk hidup dalam kelompok, dan tidak memiliki duri yang beracun. Dengan memanfaatkan gonadnya, *tripneustes gratilla* dapat dijadikan sumber makanan; sebagian masyarakat lokal memanfaatkan gonadnya untuk dikonsumsi secara langsung, baik segar maupun dimasak (Masuku *at al.*, 2022). Hasil tambahan dari proses pengolahan gonad landak laut adalah limbah cangkangnya.

Limbah cangkang landak laut ini sebagian besar merupakan limbah yang tidak digunakan dengan benar dan mencemari lingkungan. Menurut Syankarlal (2011),

DOI: <https://doi.org/10.33387/jpk.v2i2.7425>

cangkang merupakan 85,99 hingga 88,04 persen dari tubuh landak laut. Diketahui bahwa cangkang ini mengandung banyak senyawa bioaktif, termasuk steroid, polihidraus, apolasterosida A & B, dan glikosida yang berfungsi sebagai antimikroba. Limbah cangkang landak laut ini mungkin sangat berharga jika dikembangkan. Pengolahan kandungan kitin menjadi kitosan adalah salah satu cara yang lebih efisien untuk menangani tumpukan limbah cangkang landak laut.

Kitin adalah biopolymer organik yang paling banyak ditemukan di alam setelah selulosa. Senyawa kitin biasanya ditemukan pada eksoskeleton atau kitikula serangga, crustasea, dan jamur. Kitosan adalah senyawa organik yang dihasilkan dari kitin; itu terbentuk menjadi polimer yang panjang melalui ikatan β (1,4) dari polisakarida D-glukosiamin yang telah mengalami deasetilasi dari senyawa kitin (Suryati, 2021). Kitosan banyak digunakan dalam industri farmasi, kosmetik, makanan, dan lingkungan, terutama sebagai adsorben. Selain itu, Kitosan memiliki sifat biodegradable dan biokompatibel, sifat antibakteri, antimikroba, antijamur, antitumor, permeselektivitas yang baik, dan ketahanan yang tinggi terhadap bahan kimia (Sulistiawaty *et al.*, 2022).

Tiga tahap terdiri dari deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi sebelum kitosan diekstraksi. Gugus asetamida (-NHCOCH) pada kitin dapat diubah menjadi gugus amina (-NH) untuk mengubah kitosan yang berhasil diekstrak (Cahyono, 2018). Setelah ekstraksi kitin menjadi kitosan, tahap deasetilasi biasanya dilakukan dengan menggunakan basa kuat KOH dan NaOH. Ini dapat terjadi dengan konsentrasi basa 33–39,5% dan suhu 60–80°C selama empat hingga enam hari, dan dianggap lebih ramah lingkungan. Tahap deasetilasi sangat memengaruhi mutu kitosan dan karakteristik yang dihasilkannya. Semakin tinggi derajat deasetilasi, semakin baik kitosan yang dihasilkan. Menurut Puspawati (2010), cangkang kepiting kelapa memiliki nilai DD 89% (Rasulu *et al.*, 2022), serta kulit udang dan cangkang kepiting memiliki derajat deasetilasi 74,66% dan 88,04%, masing-masing. Cangkang lobster memiliki derajat deasetilasi 92,51% (Safitri, 2016) dan cangkang bekicot 77,99% (Kusumaningsih, 2004). Sifat kimia dan kegunaan produk kitosan dapat dipengaruhi oleh karakteristiknya, termasuk kadar air, kadar abu, dan nilai kelarutan kitosan (Rasulu *at al.*, 2019).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini mencoba mengekstraksi kitosan dari limbah *Tripenustes gratilla* landak laut. Untuk mencapai hasil rendemen kitosan dengan kualitas fisikokimia terbaik, yang memiliki aplikasi dan kegunaan yang luas, berbagai perlakuan konsentrasi NaOH dilakukan selama proses deasetilasi.

II. Metode Penelitian

a. Tempat dan Waktu Penelitian

Studi ini dilakukan dari Oktober 2023 hingga Desember 2023. Pantai Laho, di Kelurahan Mareku, Kota

Tidore, Provinsi Maluku Utara, adalah tempat sampel landak laut diambil. Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian melakukan ekstraksi kitosan dan pengujian sifat rendemen dan warna (L,a,b). analisis sifat kimia, termasuk kadar air, Laboratorium Sentral Universitas Padjajaran Bandung melakukan analisis kandungan mineral, kadar lemak, dan protein. Laboratorium Kedokteran Gigi Universitas Padjajaran Bandung melakukan analisis FTI-R, SEM, XRD, dan berat molekul.

b. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan landak laut dari perairan Tidore di Maluku Utara, tepatnya di pantai Laho Kelurahan Mareku. Bahan untuk ekstraksi kitosan adalah NaOH 1 M, HCl 2 M, aquadest, dan aseton. Bahan kimia untuk analisis proksimat juga termasuk aquades, H₂SO₄, indikator pp, dan HCl.

Penelitian ini menggunakan timbangan, gunting, sendok, keranjang, dan karung untuk mengambil sampel cangkang landak laut. Alat yang digunakan untuk utnuk ekstraksi kitosan termasuk seperangkat ball mill (alat pengerus), pengering kabinet, timbangan analitik ohaus, pH meter, jam stopper, oven, thermometer, belnder, dan ayakan 200 mesh.

c. Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), satu faktor yang terdiri dari berbagai konsentrasi NaOH selama 90 menit pada suhu 105°C. Konsentrasi NaOH yang berbeda diwakili oleh lima perlakuan, yaitu:

C1 = Konsentrasi NaOH 10%.

C2 = Konsentrasi NaOH 12%.

C3 = Konsentrasi NaOH 14%.

C4 = Konsentrasi NaOH 16%.

C5 = Konsentrasi NaOH 18%.

Dalam penelitian ini, terdapat lima perlakuan yang diulang sebanyak tiga (atau tiga) kali, sehingga diperoleh total lima belas kombinasi perlakuan, atau 5×5×5 unit percobaan.

d. Parameter Penelitian

Studi ini akan menguji sifat fisik rendemen, warna (L, a*, b*), berat molekul, dan derajat deasetilasi. Sifat kimianya termasuk kadar air, mineral, lemak, dan protein.

e. Analisis Data

Analisis varian satu arah (ANOVA) digunakan untuk menganalisis data penelitian, dengan taraf kepercayaan $\alpha = 5\%$. Jika ada perbedaan yang menunjukkan hasil yang signifikan ($p < 0,05$), maka uji DUNCAN digunakan. Alat statistik yang digunakan adalah SPSS dan Exel.

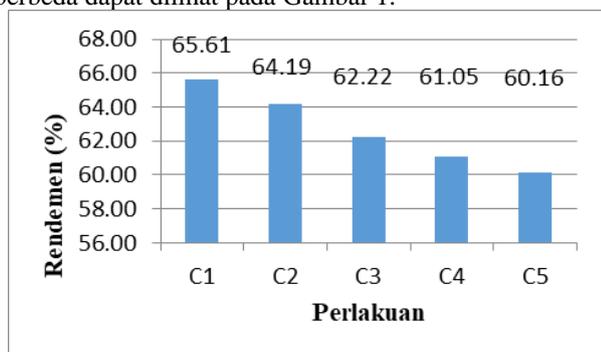
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. SIFAT FISIK

Parameter fisik yang dianalisis adalah rendemen, warna (L,a,b), berat molekul, dan derajat deasetilasi.

1. Rendemen

Berat bahan baku dan ekstrak dibandingkan. Rendemen bubuk kitosan cangkang landak laut dalam penelitian ini diperoleh dari tahap deasetilasi kitin cangkang, di mana gugus asetil dihilangkan. Ini dapat dihitung dengan membagi presentase berat awal cangkang dengan berat akhir kitosan (SNI, 2006). Dalam proses deasetilasi ini, natrium hidroksida (NaOH) digunakan dalam konsentrasi 10%, 12%, 14%, 16%, dan 18%. Selama 90 menit pemanasan pada suhu 105oC, ini menghasilkan nilai rendemen kitosan yang berbeda untuk setiap perlakuan. Nilai rendemen kitosan rata-rata untuk cangkang landak laut dengan konsentrasi NaOH yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik rata-rata nilai rendemen kitosan cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Gambar 1 menunjukkan nilai rendemen kitosan limbah cangkang landak laut rata-rata antara 60.16% dan 65.61% dengan perlakuan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda. Perlakuan C1 menunjukkan rendemen 10%, dengan nilai 65.61%, dan perlakuan C5 menunjukkan rendemen 18%, dengan nilai 65.61%. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan konsentrasi NaOH yang digunakan maka rendemen kitosan lebih tinggi. Selain itu, ada korelasi kuat antara nilai berat molekul (Mw) dan nilai rendemen (Lee et al., 2016). Ini sejalan dengan pernyataan Zahiruddin (2008) bahwa penggunaan NaOH yang lebih tinggi akan menyebabkan rendemen kitosan yang lebih rendah.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa, dengan p-value lebih dari 0.05, nilai rendemen kitosan yang dihasilkan benar-benar dipengaruhi oleh cara berbagai konsentrasi NaOH ditambahkan saat membuat kitosan cangkang landak laut. Beberapa faktor, seperti konsentrasi NaOH yang digunakan, suhu waktu reaksi, perbandingan antara kitin dengan larutan alkali, dan ukuran partikel, diduga berperan dalam hal ini. Jika ada banyak NaOH, rantai molekul kitosan akan depolimerisasi, yang berarti berat molekul kitosan turun. Pada tahap deasetilasi, penggunaan suhu tinggi dan waktu pemanasan yang lama mengurangi bobot molekul dan rendemen, tetapi juga dapat meningkatkan derajat deasetilasi (Nasution, 2017). Tabel 1 menunjukkan hasil

uji beda nyata terkecil (BNT) nilai rendemen kitosan cangkang landak laut.

Tabel 1. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) nilai rendemen kitosan cangkang landak laut.

Perlakuan	Rata-rata
C1	65.61 ^a
C2	64.19 ^b
C3	62.22 ^c
C4	61.05 ^d
C5	60.16 ^e

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan notasi yang sama berarti tidak berbeda nyata pada BNT $\alpha 0,05 = 0,75$

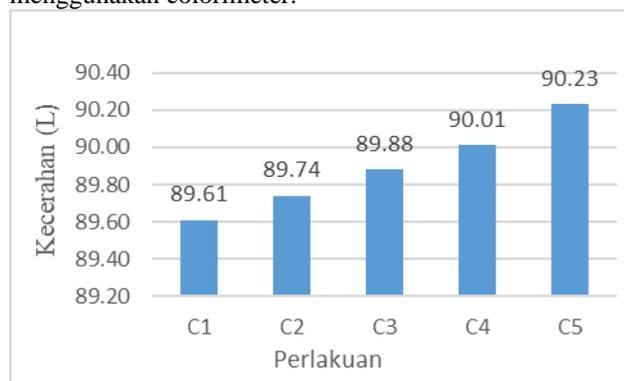
Nilai rendemen nyata yang berbeda antara setiap perlakuan ditunjukkan pada Tabel 1. Data di atas menunjukkan bahwa mengubah konsentrasi NaOH pada proses pembuatan kitosan cangkang landak laut dapat mengubah nilai rendemen kitosan yang dihasilkan.

2. Warna

Warna produk dapat memengaruhi daya terima pelanggan karena merupakan salah satu fitur penting. CR 310 Minolta Chroma Meter (Minolta Camera Co., Ltd.) digunakan untuk mengukur warna kitosan limbah gratilla *Tripneustes landak laut*.

a. Kecerahan (L)

Menurut Wahyuni dan Widjanarko (2015), nilai kecerahan, atau L, menunjukkan tingkat kecerahan sampel dari 0 hingga 100. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan sampel yang lebih terang atau tingkat kecerahan rendah. Gambar 2 menunjukkan hasil uji L (kecerahan) warna kitosan limbah cangkang landak laut menggunakan colorimeter.



Gambar 2. Grafik rata-rata nilai L (kecerahan) warna kitosan limbah cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Nilai kecerahan (L) rata-rata warna kitosan limbah cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda berkisar antara 89,61 dan 90,23. Nilai kecerahan tertinggi, C5 (L*= 90,23), terlihat lebih cerah pada konsentrasi 18% dan memiliki nilai kecerahan

yang hampir sama dengan C4 ($L^* = 90,01$) pada perlakuan penambahan konsentrasi NaOH 16%, sehingga C5 dan C4 lebih berwarna keputihan dibandingkan dengan C1 ($L^* = 89,61$), C2 ($L^* = 89,74$), dan C3 ($L^* = 89,88$). Nilai kecerahan terendah dicapai ketika konsentrasi NaOH ditambahkan 10%, dengan nilai $L^* = 89,61$.

Hasil pengujian alat colorimeter menunjukkan bahwa kitosan yang dibuat berwarna putih dan menyerupai serpihan halus. Dalam penelitian Suptijah (1992), kitosan diperoleh dalam bentuk serbuk halus atau serpihan berwarna putih kekuningan. Ketika kitosan dipanaskan lebih lama, warnanya menjadi lebih terang.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa nilai kecerahan (L^*) warna kitosan ($p > 0,05$) yang dihasilkan benar-benar dipengaruhi oleh cara berbagai konsentrasi NaOH ditambahkan saat membuat kitosan cangkang landak laut. Ini diduga karena pemanasan pada suhu 105°C mempercepat demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi, yang membuat kitosan menjadi putih setelah dikeringkan. Hasil penelitian Ploydee et al. (2014) menunjukkan bahwa kitosan yang dibuat secara biologis lebih gelap daripada kitosan yang dibuat secara kimia, yang menghasilkan bagian yang lebih terang atau putih. Menurut GRAS (2012), kitosan komersial yang tersedia berbentuk tepung, berwarna putih, dan tidak memiliki bau. Tabel 2 menunjukkan hasil uji beda nyata terkecil (BNT) kecerahan (L^*) warna kitosan cangkang landak laut.

Tabel 2. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) kecerahan (L^*) warna kitosan cangkang landak laut.

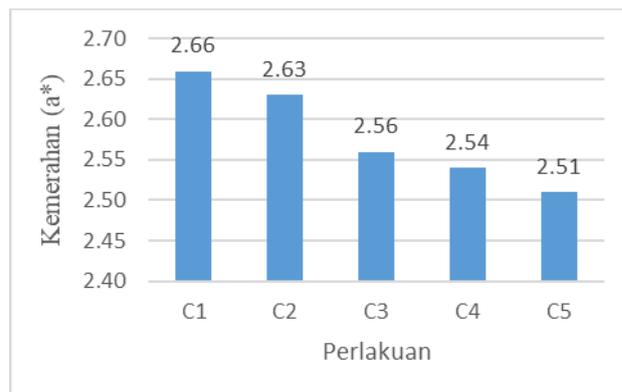
Perlakuan	Rata-rata
C1	89.61 ^e
C2	89.74 ^d
C3	89.88 ^c
C4	90.01 ^b
C5	90.23 ^a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan notasi yang sama berarti tidak berbeda nyata pada BNT $\alpha 0,05 = 0,12$

Tabel 6 menunjukkan bahwa setiap perlakuan menunjukkan nilai kecerahan nyata yang berbeda satu sama lain. Data di atas menunjukkan bahwa, selama proses pembuatan kitosan cangkang landak laut, penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda berdampak pada nilai kecerahan (L) warna kitosan yang dihasilkan.

b. Kemerahan (a^*)

Dalam skala kemerahan, $+a$ (0-100) menunjukkan warna merah dan $-a$ (0-80) menunjukkan warna hijau. Gambar 3 menunjukkan hasil uji a (kemerahan) warna kitosan limbah cangkang landak laut dengan alat colorimeter.



Gambar 3. Grafik rata-rata nilai a^* (kemerahan) warna kitosan limbah cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Dalam Gambar 3, nilai kemerahan rata-rata (a^*) kitosan limbah cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda berkisar antara 2,51-2,66. Nilai kemerahan tertinggi, C1, terlihat putih kemerahan pada perlakuan penambahan 10% konsentrasi NaOH dengan nilai 2,66, dan kemerahan menurun seiring dengan waktu pemanasan dan konsentrasi yang ditambahkan, sehingga nilai kemerahan yang dihasi.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa nilai kemerahan (a^*) warna kitosan ($p > 0,05$) yang dihasilkan benar-benar dipengaruhi oleh cara berbagai konsentrasi NaOH ditambahkan saat membuat kitosan cangkang landak laut. Ini diduga disebabkan oleh pemanasan jangka panjang kitosan pada 105°C , yang mengubah warnanya menjadi kemerahan. Perubahan warna pada kitosan disebabkan oleh proses yang tidak lengkap selama tahap demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Akibatnya, banyak zat organik lainnya tetap tertinggal, sehingga bahan hasil kitosan tidak benar-benar hilang. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Setga et al. (2019) menunjukkan bahwa tahap deasetilasi menyebabkan kitosan memiliki warna putih cream karena depigmentasi yang belum sempurna. Tabel 3 menunjukkan hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) kemerahan (a^*) warna kitosan cangkang landak laut. Tabel 3. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) nilai kemerahan (a^*) warna kitosan cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Perlakuan	Rata-rata
C1	2.66 ^a
C2	2.63 ^b
C3	2.56 ^b
C4	2.54 ^{bc}
C5	2.51 ^c

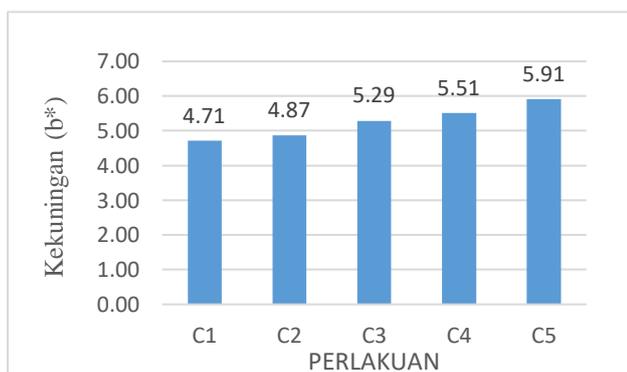
Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan notasi yang sama berarti tidak berbeda nyata pada BNT $\alpha 0,05 = 0,03$

Perlakuan C1 menunjukkan nilai kemerahan yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Perlakuan C2 tidak berbeda nyata dengan C3, C4, dan C5. Hal ini menunjukkan bahwa selama proses pembuatan kitosan cangkang landak laut, perlakuan dengan menambah konsentrasi NaOH yang berbeda memiliki dampak yang signifikan terhadap nilai kemerahan (a*) warna kitosan yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemanasan yang lama dan perubahan konsentrasi NaOH dapat berdampak pada nilai kemerahan kitosan.

c. Kekuningan (b*)

Menurut Englen (2017), nilai warna (b*) menunjukkan warna biru dan kuning, dengan +b (0-70) menunjukkan warna kuning dan -b (0-70) menunjukkan warna biru. Gambar 4 menunjukkan hasil uji b* (kekuningan) warna kitosan limbah cangkang landak laut dengan alat colorimeter.

Nilai rata-rata kekuningan (b*) warna kitosan limbah cangkang landak laut dengan penambahan berbagai konsentrasi NaOH dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai tertinggi, C5, menunjukkan warna putih krem terang pada perlakuan penambahan konsentrasi NaOH 18%, memiliki nilai 5.91, dan nilai terendah, C1, menunjukkan warna putih krem agak gelap, memiliki nilai 4.71. Hal ini menunjukkan bahwa proses deasetilasi dipercepat ketika bahan dipanaskan selama waktu yang lama pada suhu 90oC. Akibatnya, warna kitosan menjadi putih dan menjadi krem yang cerah setelah kering.



Gambar 4. Grafik rata-rata nilai b* (kekuningan) warna kitosan limbah cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Warna putih yang sangat terang yang dihasilkan oleh depigmentasi yang belum sempurna pada bahan yang tahan terhadap deasetilasi Nilai kekuningan (b*) pada kitosan berkorelasi negatif dengan nilai kecerahan (L*) dan kemerahan (a*). Artinya, semakin rendah nilai kemerahan (a*) yang dihasilkan, semakin tinggi nilai kecerahan (L*) dan kekuningan (b*) pada kitosan cangkang landak laut. Hasil uji beda nyata terkecil (BNT)

untuk nilai kekuningan (b*) pada kitosan cangkang landak laut. Tabel 4 menunjukkan hasil uji ini.

Tabel 4. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) kekuningan (b*) warna kitosan cangkang landak laut.

Perlakuan	Rata-rata
C1	4.71 ^c
C2	4.87 ^c
C3	5.29 ^b
C4	5.51 ^b
C5	5.91 ^a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan notasi yang sama berarti tidak berbeda nyata pada BNT $\alpha 0,05 = 0,31$

Hasil analisis sidik ragam (lampiran 5) menunjukkan bahwa nilai kekuningan (b*) warna kitosan ($p > 0.05$) yang dihasilkan benar-benar dipengaruhi oleh cara berbagai konsentrasi NaOH ditambahkan saat membuat kitosan cangkang landak laut. Semakin lama dipanaskan, konsentrasi NaOH yang ditambahkan pada setiap perlakuan meningkat, yang berdampak pada warna kekuningan yang dihasilkan.

Nilai kekuningan (b*) yang ditunjukkan oleh perlakuan C1 dan C3 tidak berbeda nyata dengan perlakuan C2 dan C4, sementara perlakuan C1 dan C3 menunjukkan nilai yang berbeda nyata. Dari data di atas, terlihat bahwa selama proses pembuatan kitosan cangkang landak laut, penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda memiliki dampak yang signifikan terhadap nilai kekuningan (b*) kitosan yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemanasan yang lama dan variasi konsentrasi NaOH dapat berdampak pada nilai kekuningan kitosan cangkang landak laut.

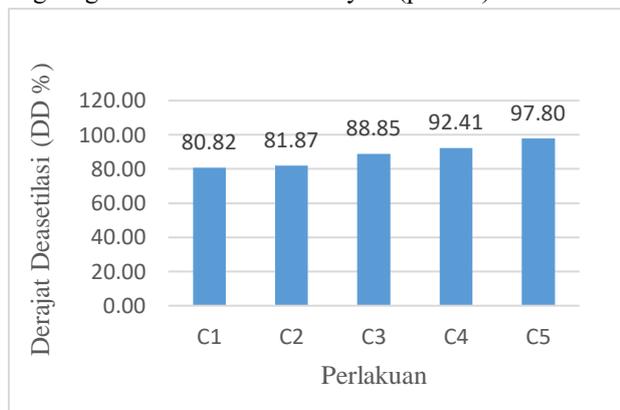
3. Berat Molekul

Menurut Yoshie (2014), berat molekul kitosan adalah jumlah massa atom yang membentuk molekulnya. Berat ini dinyatakan dalam satuan Dalton (Da). Salah satu parameter yang dapat digunakan sebagai standar kualitas adalah berat molekul kitosan; kitosan dengan berat molekul rendah berkisar antara 50.000 dan 190.000, berat molekul medium berkisar antara 190.00 dan 300.00, dan berat molekul tinggi berkisar antara 310.000 dan 375.000. Kitosan dengan berat molekul rendah memiliki sifat antibakteri, antioksidan, dan antitumor yang lebih rendah daripada kitosan dengan berat molekul tinggi. Gambar 5 menunjukkan berat molekul rata-rata kitosan cangkang landak laut dengan berbagai konsentrasi NaOH yang ditambahkan.

Hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 11. Nilai berat molekul rata-rata kitosan dengan penambahan berbagai perlakuan konsentrasi NaOH berkisar antara 197.00 dan 278.00 kDa. Perlakuan C1, yang menambah konsentrasi NaOH sebesar 12%, memiliki nilai paling tinggi 278.00 kDa, dan perlakuan C5, yang menambah

konsentrasi NaOH sebesar 18%) memiliki nilai paling rendah 197 kDa. Berat molekul kitosan dalam penelitian ini lebih rendah daripada berat molekul kitosan cangkang kepiting dalam penelitian Rasulu (2022), yang 280–368 kDa. Ini mendukung pernyataan Lee et al. (2016) bahwa kitosan dengan berat molekul (Mw) medium ternyata memiliki aktivitas kolesterol yang cukup tinggi.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan terhadap nilai berat molekul kitosan yang dihasilkan ketika berbagai cara untuk menambah konsentrasi NaOH pada pembuatan kitosan cangkang landak laut. Nilai ini nyata ($p > 0.05$).



Gambar 5. Grafik rata-rata nilai berat molekul kitosan limbah cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Ini menunjukkan bahwa viskositas intrinsik molekul turun seiring dengan konsentrasi dan iradiasi, yang berarti berat molekul turun. Ini mungkin disebabkan oleh rantai molekul kitosan yang diputuskan dari ikatan 1,4- β -glikosida, yang menghasilkan rantai molekul kitosan yang lebih pendek, yang pada gilirannya menghasilkan berat molekul yang lebih kecil (Wahyuni, 2016). Tabel 5 menunjukkan hasil dari uji beda nyata terkecil (BNT) berat molekul kitosan cangkang landak laut.

Tabel 5. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) berat molekul kitosan cangkang landak laut.

Perlakuan	Rata-rata
C1	278.00 ^a
C2	250.00 ^{ab}
C3	221.00 ^{bc}
C4	210.67 ^c
C5	197.00 ^c

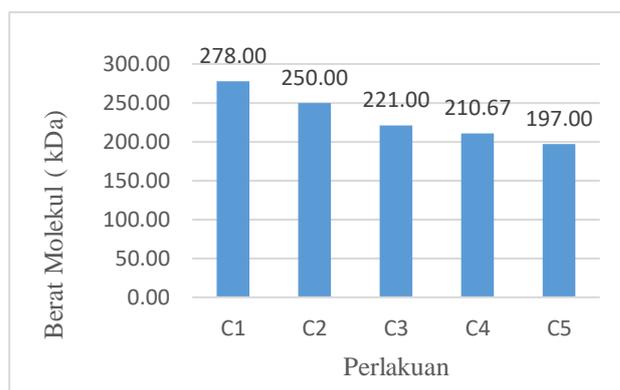
Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan notasi yang sama berarti tidak berbeda nyata pada BNT $\alpha, 05 = 36.82$

Pada Tabel 5, kita dapat melihat bahwa perlakuan C1 menunjukkan berat molekul yang tidak berbeda dengan perlakuan C2, tetapi perlakuan C2 tidak berbeda dengan perlakuan C3, dan perlakuan C3, C4, dan

C5 sama sekali tidak berbeda satu sama lain. Dari data di atas, terlihat bahwa penggunaan berbagai konsentrasi NaOH selama proses pembuatan kitosan cangkang landak laut mengubah nilai berat molekul kitosan yang dihasilkan. Tahap deasetilasi dilakukan dengan larutan NaOH dan dilakukan secara enzimatik.

4. Derajat Deasetilasi

Parameter penting yang mempengaruhi sifat kitosan seperti kelarutan, reaktivitas kimia, dan biodegradasi adalah derajat deasetilasi. Persentase gugus asetil yang harus dihilangkan dari kitin disebut sebagai derajat deasetilasi. Derajat deasetilasi kitosan dihitung dengan menggunakan metode dasar atau garis dasar yang diperoleh dari spectra IR kitosan. Ini merujuk pada metode yang digunakan oleh Khan et al. (2002). Ketika derajat deasetilasi lebih tinggi, konversi kitin ke kitosan lebih baik dan kitin yang dihasilkan lebih baik. Gambar 6 menunjukkan nilai rata-rata derajat deasetilasi kitosan cangkang landak laut dengan penambahan berbagai konsentrasi NaOH.



Gambar 6. Grafik rata-rata nilai derajat deasetilasi kitosan cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Gambar 12 menunjukkan hasil analisis derajat deasetilasi kitosan yang dihasilkan dengan penambahan berbagai konsentrasi NaOH. Nilai terendah tercatat pada perlakuan C1, yang menambah konsentrasi NaOH 10%, dengan 80.82%, dan nilai tertinggi tercatat pada perlakuan C5, yang menambah konsentrasi 18%, dengan 97.80%. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH sangat mempengaruhi proses deasetilasi. Penambahan konsentrasi NaOH sebesar 18% dan pemanasan selama 90 menit pada suhu 105°C dapat meningkatkan derajat deasetilasi (perlakuan C5), sehingga derajat deasetilasi yang tinggi menunjukkan kandungan kitosan yang tinggi dan gugus asetil yang lebih rendah pada kitosan. Semakin sedikit gugus asetil pada kitosan, semakin kuat interaksi antara ion dan ikatan hidrogennya. Dalam proses demineralisasi dan deproteinasi, konsentrasi NaOH yang tinggi dapat membantu pemutusan dan menurunkan gugus asetil pada cangkang landak laut. Akibatnya, saat produksi kitosan, pelepasan gugus asetil dapat menyebabkan kandungan

kitosan bermuatan positif meningkatkan senyawa bermuatan negatif seperti anion polisakarida dan protein, yang menghasilkan ion netral (Suhartono, 2006 dikutip dari Sartika, 2016).

Menurut SNI (2013), derajat deasetilasi biopolimer Protan harus lebih dari 70 persen, dan EFSA (2010) harus kurang dari 90 persen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa derajat deasetilasi kitosan pada semua perlakuan memenuhi standar kualitas yang baik sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Menurut hasil penelitian Subtjah et al. (1992), derajat deasetilasi kitosan berkisar antara 80 dan 90 persen, Trung dan Phuong (2012) 82,3 ± 05%, Walke et al. (2014) 75 hingga 85 persen, dan Hossain (2013) 81,24 persen.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa nilai derajat deasetilasi kitosan yang dihasilkan benar-benar dipengaruhi oleh seberapa banyak konsentrasi NaOH yang ditambahkan ketika membuat kitosan cangkang landak laut. Nilai p lebih besar daripada 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa derajat deasetilasi yang lebih tinggi mengarah pada kualitas kitosan yang dihasilkan. Suhu proses dan penggunaan konsentrasi NaOH adalah beberapa faktor yang memengaruhi kandungan kitosan cangkang landak laut yang diperoleh. Sumber kitin dan morfologi bahan baku awal, yang terdiri dari ikatan hydrogen, menentukan nilai derajat deasetilasi (Hajji et al., 2014). Tabel 6 menunjukkan hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) derajat deasetilasi kitosan cangkang landak laut.

Tabel 6. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) derajat deasetilasi cangkang landak laut.

Perlakuan	Rata-rata
C1	80.82 ^e
C2	81.87 ^d
C3	88.85 ^c
C4	92.41 ^b
C5	97.80 ^a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan notasi yang sama berarti tidak berbeda nyata pada BNT α 0,05 = 0.99.

Kadang-kadang deasetilasi bertingkat atau berulang dilakukan untuk mendapatkan kitosan dengan kualitas yang baik. Ini berdampak pada berat molekul dan viskositas intrinsik dari kitosan yang dihasilkan.

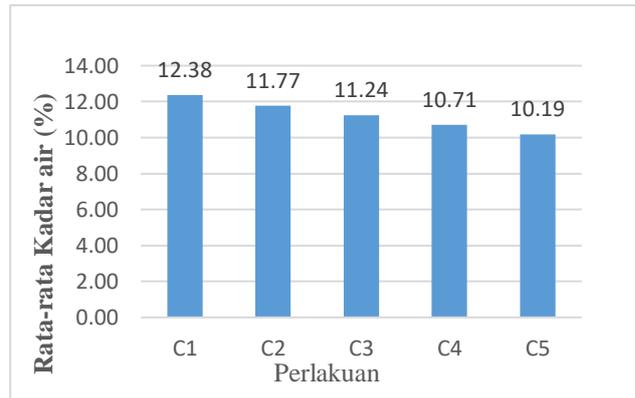
Tabel 6 menunjukkan derajat deasetilasi nyata yang berbeda antara masing-masing perlakuan. Dari data di atas, dapat disimpulkan bahwa perubahan konsentrasi NaOH selama proses pembuatan kitosan cangkang landak laut memiliki dampak yang signifikan pada nilai derajat deasetilasi kitosan yang dihasilkan. Semakin tinggi mutu kitosan, semakin tinggi kemurniaannya. Selain derajat deasetilasi yang tinggi, kadar air dan abu yang rendah menunjukkan kemurnian kitosan (Fadli et al., 2018).

SIFAT KIMIA

Parameter kimia yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, kadar lemak, dan kadar protein.

1. Kadar Air

Kadar air adalah persen dari jumlah air dalam suatu bahan. Ini dinyatakan berdasarkan berat basah (wet basis) atau berat kering (dry basis). Kadar air merupakan salah satu faktor penting yang menentukan mutu kitosan dan juga menentukan daya awet bahan pangan. Kadar air yang rendah dapat menekan atau mengurangi kerusakan kitosan. Ini dapat mencegah aktivitas mikroorganisme yang disebabkan oleh kelembapan dan mencegah kitosan berubah kualitasnya (Yanti et al., 2018). Gambar 7 menunjukkan nilai rata-rata kadar air kitosan cangkang landak laut dengan penambahan berbagai konsentrasi NaOH.



Gambar 7. Grafik rata-rata nilai kadar air kitosan cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Gambar 7 menunjukkan analisis kadar air kitosan menggunakan metode oven (AOAC, 2005). Perlakuan dengan penambahan konsentrasi NaOH 10% memiliki nilai 12.38%, sedangkan perlakuan dengan penambahan konsentrasi 18% memiliki nilai 10.19%. Menurut protan biopolimer, kadar air kitosan yang dihasilkan pada setiap perlakuan belum memenuhi standar kualitas kitosan yang baik. Standar ini menetapkan kadar air kitosan kurang dari 10% (EFSA, 2010). Namun, kecuali untuk perlakuan C1 (12,38%), nilainya masih memenuhi standar SNI, yaitu \leq 12%. Hasilnya melebihi standar SNI (2013). Baik konsentrasi NaOH maupun suhu deasetilasi yang digunakan tidak mempengaruhi kadar air yang dihasilkan dalam penelitian ini. Kadar air yang dihasilkan dalam penelitian ini masih lebih tinggi daripada kadar air yang dihasilkan dalam penelitian Subtjah et al (1992) yang tidak lebih dari 10% dan Cahyono (2018) yang 8,70%. Keberhasilan proses pengeringan, lamanya proses pengeringan, jumlah kitosan yang dikeringkan, dan luas permukaan kitosan yang dikeringkan semua memengaruhi kadar air pada kitosan (Agustina dan Kurniasih, 2013).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi NaOH pada pembuatan kitosan cangkang landak laut benar-benar berdampak pada nilai kadar air yang dihasilkan ($p>0.05$). Selain waktu yang dibutuhkan untuk kitosan mengering, keberhasilan proses deasetilasi juga memengaruhi hal ini.

Ketika bubuk kitosan hasil deasetilasi dibiarkan terbuka, ada kemungkinan bahwa penyerapan uap air adalah penyebab kadar air yang tinggi dari hasil penelitian ini. Ini karena kandungan gugus amino kitosan memiliki kemampuan untuk mengikat molekul air. Menurut Walke et al. (2014), karena sifat hidroskopis kitosan di alam, sampel kitosan dapat menyerap air selama penyimpanan. Tabel 7 menunjukkan hasil uji beda nyata terkecil (BNT) kadar air kitosan cangkang landak laut.

Tabel 11. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) kadar air cangkang landak laut

Perlakuan	Rata-rata
C1	12.38 ^a
C2	11.77 ^{ab}
C3	11.24 ^{bc}
C4	10.71 ^{cd}
C5	10.19 ^d

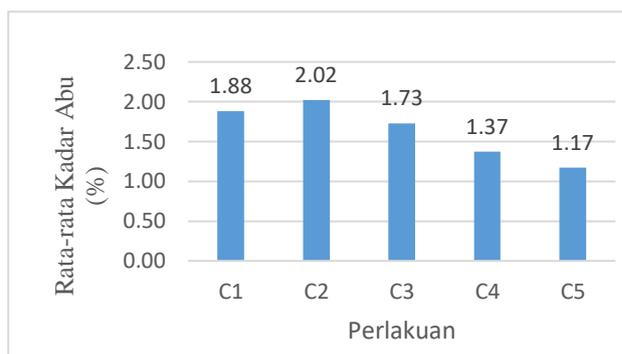
Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan notasi yang sama berarti tidak berbeda nyata pada BNT $\alpha 0,05 = 0,62$

Dari Tabel 7, kita dapat melihat bahwa perlakuan C1 memiliki nilai kadar air yang berbeda nyata dengan perlakuan lain; perlakuan C2 tidak berbeda dengan C3, perlakuan C3 tidak berbeda dengan C4, dan perlakuan C4 tidak berbeda dengan C5. Hal ini menunjukkan bahwa selama proses pembuatan kitosan cangkang landak laut, penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda dapat mengubah secara signifikan nilai kadar air kitosan yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemanasan yang lama dan variasi dalam konsentrasi NaOH dapat berdampak pada nilai kadar air kitosan.

2. Kadar Abu

Kadar abu adalah zat organik yang terdiri dari mineral. Karena beberapa residu abu dari kitosan dapat mempengaruhi karakteristik lainnya dari produk akhir, kadar abu dari kitosan adalah salah satu parameter yang paling penting untuk menentukan mutu kitosan. Sebagai tolak ukur keberhasilan proses demineralisasi, kadar abu digunakan untuk menentukan mineral yang terkandung dalam suatu bahan. Semakin rendah kadar abu yang dihasilkan, semakin rendah mutu dan kemurnian kitosan. Gambar 8 menunjukkan kadar abu kitosan rata-rata

cangkang landak laut dengan penambahan berbagai konsentrasi NaOH.



Gambar 8. Grafik rata-rata nilai kadar abu kitosan cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Dalam analisis kadar abu kitosan, nilai rata-rata berkisar antara 1.17% dan 2.02%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Perlakuan C2 dengan penambahan konsentrasi NaOH 12% memiliki nilai 2.02%, dan perlakuan C5 dengan penambahan konsentrasi 18% memiliki nilai 1.17%. Pada semua perlakuan, kadar abu kitosan mencapai 2.02%, yang menunjukkan bahwa ada sedikit kadunga mineral yang tersisa. Hal ini menunjukkan bahwa proses demineralisasi telah berjalan dengan baik selama pembuatan kitosan, sehingga tidak ada mineral yang tersisa. Standar mutu kitosan protan biopolymer, kadar abu <2%, dan SNI kadar abu <5%, telah dipenuhi oleh kitosan yang dihasilkan. Konsentrasi asam klorida dan suhu pemanasan mempengaruhi kadar abu yang rendah. Hasil penelitian ini masih lebih rendah daripada kadar abu dari penelitian Subtjah et al. (1992) 2.5% dan Cahyono (2018) 5.60%.

Salah satu fungsi asam klorida dalam proses demineralisasi adalah melarutkan garam kalsium. Ini ditunjukkan oleh terbentuknya CO₂ dan H₂O di permukaan larutan. Proses agitasi, atau pengadukan, yang dilakukan secara terus menerus sehingga homogen selama 90 menit memengaruhi penurunan kandungan mineral. Proses pengadukan harus dilakukan secara konstan sehingga panas didistribusikan secara merata, yang memungkinkan pelarut HCl untuk mengikat mineral secara sempurna. Jika pengadukan tidak konstan, panas yang dihasilkan juga tidak merata, sehingga reaksi pengikat mineral oleh pelarut juga tidak akan sempurna (Hartati et al., 2002).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan terhadap nilai kadar abu kitosan yang dihasilkan ketika berbagai cara penambahan konsentrasi NaOH digunakan untuk membuat kitosan cangkang landak laut. Nilai ini nyata ($p>0.05$). Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa pencucian yang diperlukan untuk menetralkan pH kitosan diperpanjang karena

semakin banyak mineral yang larut dalam larutan NaOH dan semakin banyak kitosan yang digunakan. Kadar abu yang rendah menunjukkan tingkat kemurnian kitosan yang lebih tinggi, sedangkan kadar abu yang tinggi dapat mempengaruhi tingkat kelarutan dan viskositas. Kadar abu juga dapat dipengaruhi oleh proses pencucian yang baik hingga pH netral diperoleh. Mineral akan terlepas dari bahan saat pencucian dan berikatan dengan pelarut yang dapat terbuang dan larut bersama air. Mineral yang telah terlepas dapat melekat kembali pada permukaan molekul kitin karena pencucian amn yang tidak sempurna (Angka dan Suhartono, 2000). Tabel 8 menunjukkan hasil uji beda nyata terkecil (BNT) kadar abu kitosan cangkang landak laut.

Tabel 8. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) nilai kadar abu cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Perlakuan	Rata-rata
C1	1.88 ^a
C2	2.02 ^a
C3	1.73 ^{ab}
C4	1.37 ^b
C5	1.17 ^b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan notasi yang sama berarti tidak berbeda nyata pada BNT $\alpha 0,05 = 0,60$.

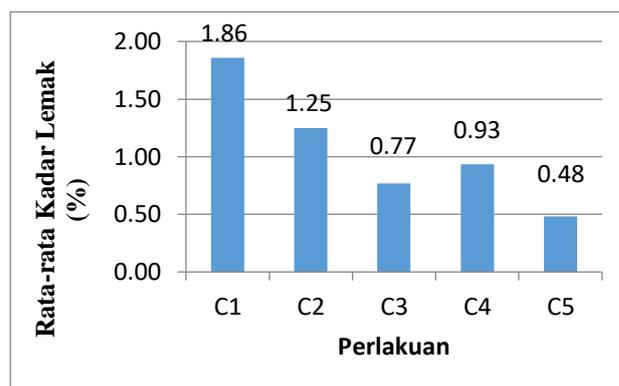
Dalam Tabel 8, dapat dilihat bahwa perlakuan dengan menambah konsentrasi NaOH yang berbeda selama proses pembuatan kitosan cangkang landak laut berdampak yang berbeda pada nilai kadar abu kitosan yang dihasilkan. Selain itu, perlakuan C1 menunjukkan nilai kadar abu yang sama dengan perlakuan C2 dan C3, dan perlakuan C4 menunjukkan nilai kadar abu yang sama dengan perlakuan C5 dan C3.

3. Kadar Lemak

Makanan yang mengandung lemak sangat penting untuk kesehatan tubuh manusia. Menurut Winarno (2002), lemak dan minyak hamper dapat ditemukan di semua bahan pangan, dengan kandungan yang berbeda-beda. Salah satu parameter yang sangat penting untuk menentukan kualitas kitosan adalah kadar lemaknya. Diukur untuk mengetahui sisa lemak yang tersisa setelah proses deproteinasi. Gambar 9 menunjukkan kadar lemak kitosan rata-rata cangkang landak laut dengan penambahan berbagai konsentrasi NaOH.

Gambar 9 menunjukkan analisis kadar lemak yang dilakukan dengan metode Soxhlet. Dalam perlakuan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda, kadar lemak dalam kitosan yang dihasilkan dari sintesis berkisar antara 0,48% dan 1,86%. Perlakuan C1 menghasilkan kadar lemak tertinggi dengan 1,86%, sedangkan

perlakuan C5 menghasilkan kadar lemak terendah dengan 0,48%.



Gambar 9. Grafik rata-rata nilai kadar lemak kitosan cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Hasil penelitian Sulistiawaty *et al* (2022) menunjukkan bahwa kadar lemak yang dihasilkan adalah 1,30%. Di sisi lain, EFSA (2010) menetapkan kadar lemak kitosan tidak lebih dari 1%. Dengan demikian, kadar lemak pada perlakuan C3, C4, dan C5 masih memenuhi standar yang telah ditentukan, sementara kadar lemak kitosan pada perlakuan C1 dan C2 telah melebihi standar. Ini mungkin karena kondisi yang tidak ideal selama tahap deproteinasi, seperti konsentrasi NaOH, suhu, dan waktu pemanasan. Semakin tinggi konsentrasi larutan NaOH diharapkan dapat mendenaturasi protein, lemak, pigmen, dan beberapa bahan organik serta melepaskan mineral dari bahan (Cahyono, 2018).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa ada pengaruh nyata pada nilai kadar lemak kitosan yang dihasilkan jika berbagai cara untuk menambah konsentrasi NaOH pada pembuatan kitosan cangkang landak laut ($p > 0.05$).

Tabel 13. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) nilai kadar lemak cangkang landak laut.

Perlakuan	Rata-rata
C1	1.86 ^a
C2	1.25 ^b
C3	0.77 ^{cd}
C4	0.93 ^c
C5	0.48 ^d

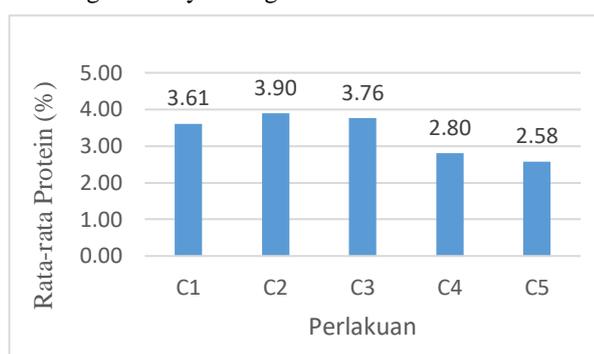
Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan notasi yang sama berarti tidak berbeda nyata pada BNT $\alpha 0,05 = 0,28$.

Hal ini karena kadar lemak kitosan yang tinggi memengaruhi konsentrasi asam selama proses demineralisasi dan basa selama proses deproteinasi. Terlalu banyak lemak dapat menyebabkan koagulasi dan denaturasi protein, yang menghambat proses deasetilasi (Sulistiawaty *et al.*, 2022). Tabel 9 menunjukkan hasil uji beda nyata terkecil (BNT) kadar lemak kitosan cangkang landak laut.

Nilai kadar lemak perlakuan C1 dan C2 berbeda secara nyata satu sama lain pada Tabel 9. Nilai perlakuan C3 tidak berbeda secara nyata dengan perlakuan C4 dan tidak berbeda secara nyata dengan perlakuan C5. Dari data di atas, dapat dilihat bahwa mengubah konsentrasi NaOH pada proses pembuatan kitosan cangkang landak laut dapat mengubah nilai kadar lemak kitosan yang dihasilkan.

4. Kadar Protein

Satu parameter yang sangat penting untuk menentukan mutu kitosan adalah kadar protein, yang menunjukkan seberapa murni kitosan dan seberapa baik tahapan deproteinasi berhasil dilakukan pada kitin. Kadar nitrogen juga menunjukkan sifat kitosan terhadap gugus lain, seperti bentuk gugus amina (NH₂), yang menyebabkan kitosan memiliki banyak reaksi kimia, yang memungkinkannya mengikat air dan larut dalam air.



Gambar 10. Grafik rata-rata nilai kadar protein kitosan cangkang landak laut dengan penambahan konsentrasi NaOH yang berbeda.

Gambar 10 menunjukkan hasil analisis kadar protein kitosan, dengan berbagai tingkat penambahan konsentrasi NaOH. Nilai tertinggi ditemukan pada C2 dengan penambahan konsentrasi NaOH 12%, mencapai 3,90%, dan nilai terendah ditemukan pada C5 dengan penambahan konsentrasi NaOH 18%, mencapai 2,58%. Standar mutu kadar protein Protan Biopolimer adalah kurang dari 5%, dan EFSA (2010) menetapkan kurang dari 6%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar protein kitosan yang dihasilkan pada setiap perlakuan memenuhi standar yang ditetapkan. Hasil penelitian ini lebih tinggi dari 2.2% dari penelitian Cahyono (2018). Hal ini menunjukkan bahwa cara-cara berbeda untuk menambah konsentrasi NaOH mempengaruhi kandungan protein kitosan. Semakin tinggi konsentrasi NaOH dan semakin tinggi suhu deasetilasi, semakin kecil kadar protein. Ini mendukung pernyataan Laili (2019) bahwa, selama proses pembuatan kitin, penambahan konsentrasi NaOH, suhu ekstraksi, dan waktu ekstraksi sangat memengaruhi kadar protein total yang dapat dihilangkan.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa nilai kadar protein kitosan yang dihasilkan benar-benar dipengaruhi oleh bagaimana berbagai cara menambah konsentrasi NaOH pada pembuatan kitosan cangkang

landak laut ($p > 0.05$). Menurut temuan penelitian ini, kadar protein yang tinggi disebabkan oleh proses deproteinasi yang tidak sempurna. Proses ini menghentikan rantai asam amino untuk diubah, yang menghambat proses denaturasi protein. Penghilangan protein dari cangkang juga lebih mudah dengan pengadukan dan pencucian yang sempurna. Tabel 10 menunjukkan hasil uji beda nyata terkecil (BNT) kadar protein kitosan cangkang landak laut.

Tabel 10. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) kadar protein cangkang landak.

Perlakuan	Rata-rata
C1	3.61 ^a
C2	3.90 ^a
C3	3.76 ^a
C4	2.80 ^b
C5	2.58 ^b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan notasi yang sama berarti tidak berbeda nyata pada BNT $\alpha 0,05 = 0,33$.

Nilai kadar protein dari perlakuan C1, C2, dan C3 tidak berbeda secara signifikan satu sama lain, tetapi nilai dari perlakuan C4 dan C5 tidak berbeda secara signifikan. Data di atas menunjukkan bahwa perubahan dalam jumlah konsentrasi NaOH yang ditambahkan selama proses pembuatan kitosan cangkang landak laut memiliki dampak signifikan terhadap nilai kadar protein kitosan yang dihasilkan. Fadli et al. (2018) menyatakan bahwa ada hubungan antara kadar protein kitosan dan waktu perendaman dan teknik yang digunakan selama proses pembuatan kitosan.

IV. PENUTUP

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap perlakuan yang menggunakan berbagai konsentrasi NaOH dalam proses deasetilasi kitosan cangkang landak laut benar-benar mempengaruhi semua parameter fisik dan kimia. Perlakuan C5, dengan konsentrasi NaOH 18%, dilakukan selama 90 menit dan pada suhu 105 derajat Celcius.

REFERENSI

- (EFSA), E. F. S. A. (2010). Scientific Opinion on the safety of 'Chitin, glucan' as a Novel Food. EFSA Journal, 8 (7), 1-17. <https://doi.org/10.2903/j/efsa.2010.1687>. Availabel
- Agustina, S., Swantara, I. M. D., & Suartha, I. N. (2015). Isolasi kitin, karakterisasi, dan sintesis kitosan dari kulit udang. *Jurnal Kimia*, 9(2), 271-278.
- Akerina, Febrin. O., 2015. Eksplorasi Senyawa Antimikroba Dan Antioksidan Dari Bulu Babi (*Diadema Setosum*), [Skripsi], Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Albaar N, Popa R. F, Wulansari A, and Rasulu H., 2022. Characterization of Chitosan Waste Shells of Sea Urchins Type *Diadema Cetosum* from the Waters of Ternate City. Proceeding IOP, International Conference Marine and Fisheries. Khairun University. Ternate. Indonesia.
- Angka SL, Suhartono MT. 2000. Bioteknologi Hasil Laut. Bogor:PKSPL, Institut Pertanian Bogor.
- Aprilia, D. (2015). Potensi Kitosan sebagai Agen Antioksidatif pada Hepar yang Diinduksi Plumbum. *Jurnal Majority*, 4(8), 85-88.
- Br Silaban, B., & Srimariana, E. S. 2013. Kandungan nutrisi dan pemanfaatan gonad bulu babi (*Echinothrix calamaris*) dalam pembuatan kue bluder. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 16 (2).
- Cahyono, E. (2018). Karakteristik kitosan dari limbah cangkang udang windu (*Panaeus monodon*). *Akuatika Indonesia*, 3(2), 96-102.
- Cahyono, E., Jonas, J.F., Lalenoh, B.A., Kota, N. 2019. Karakteristik Kalsium Karbonat (CaCO_3) Dari Cangkang Landak Laut (*Diadema setosum*). *Jurnal Fishtech*. 8(1): 27-33.
- Cahyono, E., Wodi, S. I. M., & Kota, N. K. (2018). Aplikasi kitosan kulit udang windu (*panaeus monodon*) sebagai pengawet alami pada tahu. *Jurnal Ilmiah Tindalung*, 4(1), 41-44.
- Chasana E, Andamari R. 2011. Komposisi Kimia, Profil Asam Aemak dan Asam Amino gonad Bulu Babi *Tripneustes gratilla* dan *Salmanicsp* dan Potensi Pengembangannya. Di dalam prosiding seminar kelautan LIPI-UNHAS ke 1. Bali sumber daya Laut, puslitbang Oseanologi-LIPI. 269-274.
- Fadli, A., Drastinawati, D., Alexander, O., & Huda, F. (2018). Pengaruh rasio massa kitin/naoh dan waktu reaksi terhadap karakteristik kitosan yang disintesis dari limbah industri udang kering. *Jurnal sains materi Indonesia*, 18(2), 61..
- Fajri, F., Thaib, A., & Handayani, L. (2019). Penambahan mineral kalsium dari cangkang kepiting bakau (*Scylla serrata*) pada pakan terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*). *Depik*, 8(3), 185-192.
- Fajri, R., & Amri, Y. (2018). Uji Kandungan kitosan dari limbah cangkang tiram (*Crassostrea* sp.). *Jurnal Jeumpa*, 5(2), 101-105.
- G. Hao, Y. Hu, L. Shi, J. Chen, A. Cui, W. Weng, dan K. Osako, "Karakteristik fisikokimia kitosan dari cangkang rajungan (*Portunustritu bericulatus*) yang dibuat dengan pretreatment air subkritis". *Laporan Ilmiah*, 11(1), 1-9. 2021.
- Gaspersz, 1991. Metode Perancangan Percobaan. Armico, Bandung.
- GRAS. 2012. Chitoclear® shrimp-derived chitosan: food usage conditions for general recognition of safety. Iceland (IL): GRAS.
- Hadinoto, S., Sukaryono, I. D. Siahay, Y. 2017. Kandungan Gizi Gonad Dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Cangkang Bulu Babi (*Diadema setosum*). *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 12(1): 71-78.
- Hardani, P. T., Sari, D. P., & Rahayu, A. (2021). Isolasi dan Identifikasi Kitosan dari Cangkang Kreca (*Bellamyia javanica*) dengan Spektroskopi Inframerah. *FARMASIS: Jurnal Sains Farmasi*, 2(2), 36-40
- Instruction Manual. 2002. Chroma Mater CR-400/410. Konica Minolta Optics Inc., Japan.
- Kumari, S., Rath, P., & Kumar, A. S. H. 2016. Chitosan from shrimp shell (*Crangoncrangon*) and fish scales (*Labeorohita*): Extraction and characterization Suneeta. *African Journal of Biotechnology*, 15(24), 1258-1268.
- Kurnia, G. S., Anggraeni, M., Ningsih, M. A. L., Lianastuti, M., Suciyaniti, Q. P., & Yuniarsih, N. (2022). Review Artikel: Perbandingan Berbagai Polimer Dan Pengaruhnya Terhadap Penghantaran Sediaan Patch Bukal. *Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK)*, 4(6), 12056-12065.
- Kurniawan, M. F., Fitriilia, T., Nacing, N., & Chosida, H. N. (2023). Pembuatan Label Indikator Ekstrak Secang (*Caelsapinia sappan* L.) Menggunakan Carrier Jenis Kitosan, Pati, dan Kertas. *Jambura Journal of Chemistry*, 5(1).
- Kusumaningsih, T., Suryanti, V., & Permana, W. (2004). Karakterisasi Kitosan Hasil Deasetilasi Kitin Dari Cangkang Kerang Hijau (*Mytilus viridis linneaus*). *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*, 3(1).
- Masuku, M. A., Rasulu, H., & Sangaji, S. (2022). Study of Chemical And Organoleptic of Sea Urchin Nugget Gonad By Filled of Sago Flour compound. *JURNAL AGRIKAN (Agribisnis Perikanan)*, 15(1), 334-342.
- Rasulu, H., Praseptiangga, D., Joni, I. M., & Ramelan, A. H. (2022, January). Characterization of Physicochemical Properties of Powder Coconut Crab Shells (*Birgus latro* L.) from North Maluku. In *6th International Conference of Food, Agriculture, and Natural Resource (IC-FANRES 2021)* (pp. 357-360). Atlantis Press.
- Rasulu, H., Praseptiangga, D., Joni, I. M., & Ramelan, A. H. (2019). Preparation and characterization of biopolymer chitosan nanofiber from coconut crab shell. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 9(3).
- Rasulu, H., Praseptiangga, D., Joni, I. M., & Ramelan, A. H. (2019, October). Preparation and preliminary characterization of sago flour and semi refined kappa carrageenan-based biocomposite film incorporated with coconut crabs chitosan nanoparticles. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 633, No. 1, p. 012044). IOP Publishing.