

## EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI GLUKOSAMIN DARI CANGKANG UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) DENGAN METODE HIDROLISIS BERTEKANAN

Muhammad Sujatmiko<sup>\*1</sup>, Mala Nurilmala<sup>1</sup>, Kustiariyah Tarman<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University

<sup>2</sup>Divisi Bioteknologi Kelautan, Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, LPPM, IPB University

Diterima: 9 November 2022/Disetujui: 7 April 2023

\*Korespondensi: [muhammad10sujatmiko@apps.ipb.ac.id](mailto:muhammad10sujatmiko@apps.ipb.ac.id)

**Cara sitasi (APA Style 7<sup>th</sup>):** Sujatmiko, M., Nurilmala, M., & Tarman, K. (2023). Ekstraksi dan karakterisasi glukosamin dari cangkang udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan metode hidrolisis bertekanan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(2), 326-339. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v26i2.45668>

### Abstrak

Glukosamin merupakan suatu senyawa yang termasuk ke dalam gula amino dan berperan sebagai prekursor biosintesis protein glikosilat dan lipid di dalam tubuh. Ekstraksi glukosamin secara kimia, biologi, dan fermentasi, belum mendapatkan hasil yang optimal. Perlakuan hidrolisis bertekanan diperlukan untuk meningkatkan hasil dalam pembuatan glukosamin. Penelitian ini bertujuan menentukan karakteristik glukosamin dari kitosan cangkang udang vaname yang diekstrak menggunakan perlakuan asam dengan tekanan. Kitosan cangkang udang vanamei diekstraksi menggunakan HCl 5% lalu diberi perlakuan dengan tekanan 0,45 atm dan tanpa tekanan pada suhu  $\pm 120^{\circ}\text{C}$ . Karakteristik yang diamati meliputi komposisi kimia, rendemen, derajat deasetilasi, spektrum gugus fungsi, dan ketampakan. Cangkang udang yang digunakan memiliki kadar air ( $25,49 \pm 0,34\%$ ), abu ( $14,05 \pm 0,26\%$ ), dan protein ( $20,63 \pm 0,08\%$ ). Kitosan udang vanamei memiliki kadar air (4,62%), abu (0,31%), protein (3,03%), derajat deasetilasi yaitu 78,44%, viskositas 222 cP, dan ketampakan berbentuk serpihan, warna putih kecokelatan dan tidak berbau. Glukosamin udang vanamei memiliki ketampakan berbentuk serbuk, dan warna putih kecokelatan. Persentase rendemen tertinggi pada glukosamin dengan tekanan 0,45 atm, yaitu 78,22%. Perlakuan pemberian tekanan dan tanpa tekanan pada ekstraksi glukosamin berpengaruh nyata terhadap rendemen, derajat deasetilasi, dan spektrum gugus fungsi glukosamin. Glukosamin terbaik diperoleh dari perlakuan ekstraksi kombinasi konsentrasi asam dan tekanan dengan hasil rendemen dan derajat deasetilasi yang telah sesuai dengan syarat mutu glukosamin.

Kata kunci: derajat deasetilasi, glukosamin, kitosan, tekanan, udang vaname

### Extraction and characterization of glucosamine from vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) shell using pressure hydrolysis method

#### Abstract

Glucosamines belong to the group of amino sugars and act as a precursor for the biosynthesis of glycosylated proteins and lipids in the body. The chemical, biological, and fermented extraction of glucosamine has not yet yielded optimal results. Pressurized hydrolysis treatment is needed to increase the yield of glucosamine. This study aimed to determine the characteristics of pressurized acid glucosamine extract from vannamei shrimp shell. The characteristics observed included the chemical composition, yield, degree of deacetylation, spectrum of functional groups, and appearance. The chemical and heavy metal composition indicate the quality of shrimp shell are of standard allowed. Chitosan had a moisture content of 4.62%, ash content of 0.31%, protein content of 3.03%, deacetylation degree of 78.44%, viscosity of 222 cPs, flaky appearance, brownish-white color, and odorless. Pressurized acid extraction yielded white brownish glucosamine powder. The highest glucosamine yield was found in the 5% HCl acid extraction treatment at a pressure of 0.45 atm. The best glucosamine was obtained from the combined treatment of acid and pressure with the yield and degree of deacetylation that complied with the quality requirements of glucosamine.

Keyword: chitosan, deacetylation degree, glucosamine, pressure, vannamei shrimp

## PENDAHULUAN

Total ekspor udang pada tahun 2022 mencapai 30% untuk semua jenis udang serta mengalami kenaikan yang signifikan dilihat dari tahun 2012-2021 (Kementerian Kelautan dan Perikanan [KKP], 2022). Food and Agriculture Organization (FAO, 2016) melaporkan bahwa sekitar 80-90% ekspor udang dunia juga dilakukan dalam kondisi beku, kupas, dan tanpa kepala. Peningkatan pengolahan udang tanpa kepala akan menghasilkan limbah cangkang, kepala dan ekor yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan. Volume ekspor udang (kupas dan tanpa kepala) sekitar 90 ribu ton setiap tahunnya, berdasarkan data tersebut maka secara umum tersedia cangkang udang (kering) sebanyak 12 ribu ton (KKP, 2015). Cangkang udang umumnya mengandung protein, kitin, air dan mineral lainnya. Limbah cangkang udang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kitin (Jhudawati & Dhamayanti, 2019) dan bahan baku ekstraksi senyawa glukosamin (Meata, 2018).

Limbah cangkang udang menjadi salah satu sumber produksi glukosamin yang memiliki potensi untuk dikembangkan. Hal ini didukung dengan senyawa kitin pada cangkang udang yang menjadi polimer penyusun senyawa glukosamin. Glukosamin adalah gula amino yang secara alami terdapat dalam tubuh manusia dan hewan bercangkang keras, misalnya kelompok krustasea. Kebutuhan glukosamin di dunia pada tahun 2014 mencapai 290.873,3 ton (Grand View Research [GVR], 2022) sehingga ke depan produksi glukosamin akan semakin meningkat. Glukosamin dapat diproduksi dari beberapa bahan baku di antaranya cangkang udang (Prabowo, 2018), cangkang rajungan (Nurbaeti, 2020), cangkang kepiting bakau (Mashuni *et al.*, 2021). Penelitian mengenai manfaat glukosamin dalam bidang kesehatan juga telah banyak dilakukan, misalnya glukosamin sebagai terapi kesehatan sendi (Cahyono, 2015), glukosamin untuk pasien penderita osteoarthritis (Ogata *et al.*, 2018) dan glukosamin sebagai tablet *dietary supplement* (Semiz *et al.*, 2020).

Glukosamin umumnya dihidrolisis dari kitin, namun beberapa penelitian juga memaparkan bahwa glukosamin dapat diproduksi dari kitosan dan dilaporkan memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan kitin (Syukron *et al.*, 2016). Beberapa penelitian terdahulu berhasil mengekstraksi senyawa glukosamin dari limbah cangkang udang, glukosamin cangkang udang dengan metode kimia menghasilkan rendemen 45,64% (Afridina, 2011), 51,04% (Rismawan, 2012), 68,91% (Sibi *et al.*, 2013), secara enzimatik menghasilkan rendemen 50% (Cui *et al.*, 2006), 91,1% (Pan *et al.*, 2011), dan 42% (Wu, 2011), secara fermentasi menghasilkan rendemen 5,48% (Chang *et al.*, 2011) dan 7,86% (Sitanggang *et al.*, 2012). Glukosamin komersial yang beredar saat ini adalah hasil impor dari negara lain dan memiliki harga yang relatif tinggi, sementara produksi glukosamin di Indonesia masih belum banyak dikembangkan karena terkendala pada proses ekstraksi dan mutu glukosamin yang belum optimal.

Proses ekstraksi yang umum dilakukan pada produksi glukosamin adalah proses hidrolisis kimiawi dengan HCl pada konsentrasi tertentu. Beberapa jenis asam misalnya HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan berbagai konsentrasi telah digunakan untuk mengekstraksi glukosamin dari cangkang udang. Ekstraksi glukosamin yang telah dilakukan sebelumnya memiliki karakteristik yang belum optimal, dilihat dari total rendemen dan nilai derajat keasaman (pH) yang cenderung asam yaitu pada kisaran 3 hingga 4, sehingga perlu dilakukan perbaikan dan modifikasi dengan perbedaan perlakuan yang diyakini dapat meningkatkan mutu glukosamin. Alam (2017) melaporkan bahwa ekstraksi glukosamin dengan menerapkan perlakuan fisik yaitu tekanan menggunakan autoklaf menghasilkan glukosamin dengan mutu yang lebih baik, dilihat dari rendemen sebesar 96,32% dan kelarutan dalam air suhu 20°C sebesar 98,67%. Metode ekstraksi glukosamin dengan penambahan tekanan merupakan suatu proses produksi glukosamin dengan menggabungkan beberapa metode di

antaranya penggunaan pelarut asam, suhu panas, lama pemanasan dan pemberian tekanan. Penggunaan perlakuan tekanan perlu dilakukan untuk mengoptimalkan konsentrasi asam HCl dan lama pemanasan.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menentukan karakteristik glukosamin yang diekstraksi dari kitosan cangkang udang vaname menggunakan perlakuan ekstraksi asam dengan tekanan 0,45 atm. Penerapan tekanan pada ekstraksi glukosamin diharapkan mampu meningkatkan mutu glukosamin dan menjadi metode alternatif yang potensial untuk digunakan.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Metode Penelitian**

Tahapan penelitian ini terdiri atas preparasi dan karakterisasi cangkang udang, pembuatan dan karakterisasi kitosan cangkang udang, ekstraksi dan karakterisasi glukosamin dari kitosan cangkang udang dengan tekanan serta analisis data statistika.

### **Preparasi dan karakterisasi cangkang udang**

Limbah cangkang udang yang diperoleh terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran yang masih menempel, kemudian dijemur dibawah sinar matahari (suhu 37-40°C) selama  $\pm 3$  hari. Cangkang udang yang telah kering dilakukan pengecilan ukuran menggunakan blender dan ditimbang sampai didapat berat konstan. Karakterisasi cangkang udang bertujuan untuk melihat sifat fisik dan kimia bahan baku. Cangkang udang dianalisis komposisi kimia, yaitu kadar air (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2006), kadar abu (BSN, 2010), dan kadar protein (BSN, 2006). Cangkang udang ditimbang sebanyak 200 g sebagai berat awal dari bahan baku sebelum masuk ke tahap pembuatan kitosan.

### **Pembuatan dan karakterisasi kitosan cangkang udang**

Tahap pembuatan kitosan mengacu pada prosedur Standar Nasional Indonesia 7949 (SNI, 2022) yang dimodifikasi. Pembuatan dari limbah cangkang udang meliputi proses demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi.

Serbuk cangkang udang sebanyak 200 g ditambahkan larutan HCl 7%, perbandingan 1:7 b/v, suhu 100°C, dan lama pemanasan 1 jam. Proses pencampuran dipercepat dengan pengadukan agar terjadi reaksi antara mineral dengan HCl. Tahap demineralisasi dilanjutkan dengan proses netralisasi menggunakan air mengalir. Netralisasi dilakukan untuk menghilangkan sifat asam yang ada pada cangkang udang sampai pH netral.

Sampel hasil demineralisasi dicampur dengan larutan NaOH 8%, perbandingan 1:10 b/v, suhu 100°C, dan lama pemanasan 1 jam. Proses pencampuran dipercepat dengan pengadukan. Tahap deproteinasi dilanjutkan dengan proses netralisasi menggunakan air mengalir. Netralisasi dilakukan untuk menghilangkan sifat basa yang ada pada cangkang udang dengan cara mengukur pH air cucian hingga netral menggunakan kertas pH universal dan dilanjutkan pengeringan menggunakan sinar matahari (suhu 37-40 °C) selama 24 jam. Cangkang udang yang telah kering kemudian ditimbang agar diketahui rendemen kitin yang dihasilkan. Cangkang udang yang telah melewati proses demineralisasi dan deproteinasi disebut kitin.

Sampel kitin yang didapat selanjutnya masuk ke tahap deasetilasi. Kitin direndam dalam larutan NaOH 50%, perbandingan 1:10 b/v, suhu 140°C, dan waktu pemanasan 1 jam. Proses pencampuran dipercepat dengan pengadukan dan dilakukan netralisasi menggunakan air mengalir sampai pH netral. Kitosan kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu 50°C dan dihitung kembali rendemen hasil proses deasetilasi. Kitosan dikarakterisasi berdasarkan nilai rendemen, kandungan proksimat, viskositas, kemurnian kitosan derajat deasetilasi kitosan, ketampakan kitosan dilihat dari warna dan bentuknya.

### **Ekstraksi glukosamin dengan tekanan**

Tahap pembuatan glukosamin dengan mengacu pada prosedur yang dilakukan Cahyono (2015) dengan modifikasi. Tahap ini bertujuan untuk menentukan pengaruh hidrolisis bertekanan dan tanpa tekanan

terhadap nilai rendemen serta gugus fungsi glukosamin. Prosedur hidrolisis glukosamin dengan perlakuan tekanan ini diawali dengan melihat pengaruh tekanan (0,45 atm) selama 60 menit dan tanpa perlakuan tekanan terhadap produksi glukosamin. Prosedur dilakukan dengan cara melarutkan kitosan cangkang udang sebanyak 5 g dengan larutan HCl 5% 50 mL (perbandingan kitosan dan larutan HCl 1:10 (b/v)). Sampel diberi perlakuan dengan tekanan dan tanpa tekanan pada suhu  $\pm 120^{\circ}\text{C}$  selama 60 menit. Larutan glukosamin dinetralsasi dan dibersihkan dari pengotor dengan isopropil alkohol (IPA) hingga pH 5 hingga 6. Glukosamin dikeringkan dengan oven suhu  $50^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam sehingga diperoleh glukosamin yang siap untuk diuji rendemen dan gugus fungsinya.

### Analisis rendemen

Rendemen dihitung berdasarkan metode Meata (2018). Rendemen diperoleh dengan rumus di bawah ini:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{berat bobot akhir (g)}}{\text{berat bobot awal (g)}} \times 100\%$$

### Analisis proksimat

Kadar air dihitung berdasarkan SNI 01-2354.2 (2006), kadar abu SNI-2354.1 (2010), dan kadar protein SNI-01-2354.4 (2006).

### Analisis derajat deasetilasi (DD)

Derajat deasetilasi ditentukan berdasarkan pada hasil spektrum gugus fungsi (FTIR) kitosan dan glukosamin serta dihitung berdasarkan rumus Bexter (Swann & Patwardhan, 2011) sebagai berikut:

$$\text{DD (\%)} = [100 - (\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \times 115)]$$

Keterangan:

DD = derajat deasetilasi (%)

$A_{1655}$  = absorban pada bilangan gelombang gugus amida (O-H) sekitar  $1.655 \text{ cm}^{-1}$

$A_{3450}$  = absorban pada bilangan gelombang gugus hidroksil (N-H) sekitar  $3.450 \text{ cm}^{-1}$

115 = rasio gugus amida ( $A_{1655}$ )/gugus hidroksil ( $A_{3450}$ ) untuk sampel yang terdeasetilasi 100%

### Viskositas kitosan

Viskositas larutan kitosan diukur menurut Nurafida *et al.* (2017), dengan sedikit modifikasi pada proses pelarutan kitosan dalam asam asetat sebelum diukur viskositasnya. Larutan kitosan yang telah dilarutkan dalam asam asetat sebanyak 500 mL dimasukkan ke dalam gelas piala. *Spindle* pada viskometer Brookfield dicelupkan pada larutan kitosan yang telah disiapkan, kemudian nilai kekentalan diamati pada layar monitor setelah menunjukkan angka yang stabil. Layar digital akan menunjukkan suatu angka (hasil pengukuran laju air sediaan). Angka tersebut merupakan nilai viskositas dari sediaan. Pengukuran dilakukan dengan dua kali ulangan untuk menghindari bias pada hasil pengukuran.

### Spektrum gugus fungsi

Penentuan spektrum glukosamin hasil penelitian ditentukan melalui pembacaan spektrofotometer FTIR. Serbuk glukosamin hidroklorida ditempatkan dalam alat pengepresan dan dilakukan pengepresan pada tekanan beban 800 kg. Kepingan hasil pengepresan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer FTIR. Kisaran pemindaian yang digunakan antara  $450\text{-}4.000 \text{ cm}^{-1}$ . Sampel glukosamin yang diuji adalah glukosamin terbaik hasil penelitian. Absorbansi grafik spektrum glukosamin hasil hidrolisis kemudian dibandingkan dengan absorbansi spektrum glukosamin komersial. Glukosamin hasil uji dianggap baik (murni) jika kisaran absorbansi spektrumnya tidak jauh berbeda dengan kisaran absorbansi glukosamin pada penelitian sebelumnya.

### Analisis Data

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental laboratorium dengan membandingkan pengaruh perlakuan tekanan pada ekstraksi glukosamin menggunakan Uji T (*Independent t-test*) yaitu ekstraksi menggunakan HCl 5% dengan pemberian perlakuan tekanan dan tanpa tekanan, setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Kimia Cangkang Udang Vaname

Bahan baku cangkang udang vaname pada penelitian ini didapat dari Jakarta Utara. Cangkang udang yang telah dibersihkan kemudian dijemur sampai kering dan dianalisis terlebih dahulu untuk mengetahui komposisi kimianya. Hasil uji komposisi kimia cangkang udang disajikan pada *Table 1*.

Table 1 Chemical composition of shrimp shells

Tabel 1 Komposisi kimia cangkang udang

Composition	Result (%) (wb)
Moisture	25.49±0.34
Ash	14.05±0.26
Protein	20.63±0.08

Cangkang udang mengandung komponen yaitu pigmen, mineral, protein, dan kitin. Berdasarkan hasil analisis cangkang udang diketahui kadar air, abu, dan protein tergolong masih cukup tinggi, hal ini disebabkan karena proses pengeringan di bawah sinar matahari yang kurang sempurna. Sudjarwo *et al.* (2017) menunjukkan bahwa cangkang udang vaname mengandung kadar air (12,09±0,08%), kadar abu (24,42±0,04%), dan kadar protein (32,03±0,49%). Cahyono (2015) melaporkan limbah cangkang udang windu mengandung kadar air (12,09±0,008%), kadar abu (24,42±0,004%), dan protein (20,27±0,006%). Komponen dari cangkang udang dapat diekstraksi dengan menerapkan sistem *zero waste*

sehingga cangkang udang tersebut memiliki nilai tambah dan tidak menjadi limbah.

### Karakteristik Kitosan

Karakterisasi kitosan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi aroma, warna, bentuk, kadar air, kadar abu, total nitrogen, viskositas dan derajat deasetilasi. Hasil analisis karakteristik kitosan dari cangkang udang dapat dilihat pada *Table 2*.

### Aroma dan warna

Kitosan yang diperoleh dari penelitian ini berwarna putih kecokelatan dan berbentuk serpihan. Warna putih kecokelatan pada kitosan disebabkan karena reaksi non enzimatis yaitu Maillard di mana bahan pangan terpapar dengan panas dalam waktu yang relatif lama akan mengalami perubahan warna (Hustiany, 2016). Warna kecokelatan juga dapat disebabkan oleh pigmen pada cangkang udang yang belum hilang dan memengaruhi warna kitosan. Hasil penelitian Cahyono (2018) menunjukkan kitosan berwarna putih kecokelatan dan berbentuk serpihan. Hasil penelitian Ploydee & Chaiyana (2014) menyatakan bahwa kitosan yang diproduksi dengan cara biologis memiliki warna lebih gelap dibandingkan dengan kitosan yang diproduksi secara kimia. Hal ini diduga masih terdapatnya kandungan protein yang mencapai 0,4±0,3% dan kalsium 1,6±0,6% selama proses produksi. Berdasarkan GRAS (2012) kitosan komersial berbentuk serbuk, berwarna putih, dan tidak berbau.

Table 2 Characteristics of chitosan from shrimp shells

Tabel 2 Karakteristik kitosan dari cangkang udang

Composition	Result	SNI (2022)	General Recognition of Safety [GRAS] (2012)
Aroma	No scent	Netral	Netral
Color	Brownish white	Light brown until white	Powder white
Shape	Flakes	-	18-120 mesh
Moisture (%)	4.62	≤12	≤10
Ash (%)	0.31	≤5	≤0.5
Protein (%)	3.03	≤5	0.02
Viscosity (cP)	222.00	≥15	25-5,000
Deacetylation degree (%)	78.44	≥75	79-95



## Kadar Air

Kadar air yang dihasilkan merupakan perbedaan antara berat bahan sebelum dan sesudah dilakukan pemanasan. Kadar air kitosan penelitian ini adalah 4,62% (Table 2). Kadar air kitosan hasil penelitian Isa *et al.* (2012) 1,40%; Abdulkarim *et al.* (2013) 8,70%; Walke *et al.* (2014) 1,8%. Kadar air yang tinggi dari hasil penelitian ini diduga diakibatkan terjadinya penyerapan uap air ketika kitosan dalam keadaan terbuka. Hal ini dikarenakan kitosan mengandung gugus amino yang memiliki kemampuan untuk mengikat molekul air. Walke *et al.* (2014) menyatakan bahwa kitosan merupakan senyawa yang bersifat higroskopis di alam oleh karena itu sampel kitosan memiliki kemampuan menyerap air selama penyimpanan. Kadar air kitosan berdasarkan SNI (2022) yaitu  $\leq 12\%$ ; GRAS (2012) yaitu  $\leq 10\%$ .

## Kadar Abu

Kadar abu dalam kitosan merupakan parameter yang sangat penting karena memengaruhi tingkat kelarutan dan viskositas (Cahyono, 2015). Kadar abu yang rendah dari kitosan hasil penelitian dipengaruhi oleh konsentrasi asam klorida dan suhu pemanasan. Asam klorida dalam proses demineralisasi berperan dalam melarutkan garam kalsium dengan terbentuknya gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O di permukaan larutan.

Kadar abu kitosan yaitu 0,3% (Table 2) yang berarti kandungan mineral yang tersisa sangat sedikit. Kadar abu kitosan sesuai dengan standar SNI (2022) dan GRAS (2012) yaitu 5 dan 0,5%. Hasil penelitian Walke *et al.* (2014) menyatakan bahwa proses demineralisasi akan berjalan dengan baik pada konsentrasi HCl 1 N dengan suhu 110°C dan lama pemanasan 30 menit menghasilkan kadar abu 0,48%. Kandungan abu dari kitosan merupakan parameter yang penting. Kadar abu yang besar dapat memengaruhi tingkat kelarutan dan dapat menurunkan viskositas. Cahyono (2018) melaporkan bahwa kadar abu kitosan cangkang udang windu (*Penaeus monodon*) yaitu 0,99% dan hal ini dipengaruhi oleh konsentrasi asam klorida dan suhu pemanasan. Asam klorida dalam proses demineralisasi berperan melarutkan garam kalsium dengan

indikator terbentuknya gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dipermukaan larutan. Penentuan kadar abu merupakan indikator keefektifan dari tahap demineralisasi untuk menghilangkan mineral pada cangkang udang. Besarnya kadar abu yang terkandung pada bahan menunjukkan proses demineralisasi yang kurang sempurna.

## Kadar Protein

Protein merupakan komponen utama penyusun jaringan cangkang udang setelah kitin dan beberapa mineral sehingga perlu adanya proses deproteinasi yang baik untuk menghasilkan kitosan sesuai dengan standar. Protein juga dikenal sebagai komponen dasar dari jaringan hewan (Mandel *et al.*, 2012). Kadar protein setelah menjadi kitosan dalam penelitian ini yaitu 3,03% (Table 2). Kadar protein kitosan berdasarkan SNI (2022) dan GRAS (2012) yaitu 5% dan 0,02 g/100 g. Kadar protein dari hasil penelitian diduga diakibatkan proses deproteinasi yang tidak sempurna sehingga menyebabkan rantai asam amino tidak dapat dirombak sehingga denaturasi protein tidak berlangsung dengan baik dan kadar protein pada kitosan masih cenderung tinggi. Abdulkarim *et al.* (2013) menyatakan bahwa kadar protein kitosan yang tinggi dapat dikaitkan dengan waktu perendaman dan metode yang digunakan selama proses pembuatan kitosan. Kadar protein kitosan berdasarkan hasil penelitian Trung & Phuong (2012) 0,93%. Kadar protein yang tinggi dari hasil penelitian diduga karena proses deproteinasi yang tidak sempurna sehingga menyebabkan rantai asam amino tidak dapat dirombak sehingga denaturasi protein tidak berlangsung dengan baik dan kadar protein pada kitosan masih cenderung tinggi.

## Viskositas

Viskositas merupakan salah satu sifat fisik kitosan yang cukup penting. Viskositas adalah daya aliran molekul dalam suatu larutan. Pengujian viskositas dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan kitosan sebagai larutan pada konsentrasi dan suhu tertentu. Viskositas kitosan yang diperoleh dari penelitian ini adalah 222 cP (Table 2), sedangkan hasil penelitian Trung &

Phuong (2012) 1.214 cP; Walke *et al.* (2014) 602 cP. Kisaran nilai ini telah memenuhi standar viskositas kitosan antara 25-5.000 cP (GRAS, 2012). Nilai viskositas yang tinggi dari penelitian ini dipengaruhi oleh distribusi molekul kitosan dalam larutan serta berat molekul dari kitosan, sedangkan berat molekul kitosan berhubungan langsung dengan panjang rantai polimernya. Nurafida *et al.* (2017) melaporkan bahwa kitosan dengan konsentrasi larutan 1% menghasilkan viskositas tertinggi 15,30 cP dan bobot molekul sebesar 20,6 kDa. Semakin tinggi nilai viskositas maka bobot molekul juga akan meningkat. Sementara semakin besar nilai viskositas suatu fluida maka semakin sulit fluida tersebut untuk mengalir dan bergerak. Nilai viskositas dipengaruhi oleh konsentrasi larutan, sehingga secara bersama viskositas dan konsentrasi larutan berkorelasi (Yuliana, 2011).

**Derajat deasetilasi dan spektrum gugus fungsi kitosan**

Derajat deasetilasi (DD) merupakan suatu parameter lepasnya gugus asetil dari kitin. Derajat deasetilasi diketahui dengan perhitungan berdasarkan ikatan amida dan adanya gugus amina dari spektrum FTIR. Derajat deasetilasi kitosan penelitian ini adalah 78,44%, sudah memenuhi standar mutu kitosan yang telah ditetapkan SNI (2013) yaitu  $\geq 75\%$  dan mendekati hasil yang diperoleh GRAS (2012) yaitu 75-95%. Berdasarkan hasil penelitian Mohanasrinivasan *et al.* (2013) derajat deasetilasi kitosan berkisar 74,82%;

Wahyuni *et al.* (2016) mengungkapkan hal yang serupa dimana nilai DD dapat dipengaruhi oleh konsentrasi basa, temperatur, waktu reaksi, perbandingan antara kitin dengan larutan alkali, serta ukuran partikel. Spektrum gugus fungsi kitosan dapat dilihat pada *Figure 1*.

Derajat deasetilasi yang tinggi diduga dipengaruhi oleh proses deasetilasi kitin menjadi kitosan meliputi jumlah larutan alkali yang digunakan, waktu, dan suhu reaksi. Penelitian ini mengacu metode SNI (2013) konsentrasi NaOH 50% pada suhu 100°C selama 1 jam. Hal ini erat kaitanya dengan laju reaksi di mana konsentrasi NaOH yang tinggi menghasilkan gugus O-H yang tinggi sehingga gugus  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang terlepas semakin tinggi dan 34 menghasilkan gugus amida yang semakin banyak. Peningkatan suhu pada proses deasetilasi akan meningkatkan kecepatan reaksi dalam deasetilasi molekul kitin menjadi kitosan. Semakin lama waktu proses maka reaksi akan berlangsung semakin lama sehingga molekul NaOH yang teradisi ke molekul kitin semakin banyak dan menyebabkan gugus asetil yang terlepas semakin banyak. Suharjo & Harini, (2005) melaporkan bahwa semakin lama waktu yang digunakan dalam proses deasetilasi, maka semakin lama proses reaksi NaOH, yang menyebabkan semakin banyak gugus asetil pada kitin yang tereduksi, sehingga kualitas kitosan menjadi lebih baik (murni).

Spektrum gugus fungsi kitosan (*Figure 1*) menunjukkan bahwa terdapat serapan pita yang lebar pada daerah  $3.446 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan pita serapan  $\text{OH}^-$ . Kitosan hasil penelitian memiliki pita vibrasi ulur  $\text{C=O}$  yang ditunjukkan dengan munculnya pita

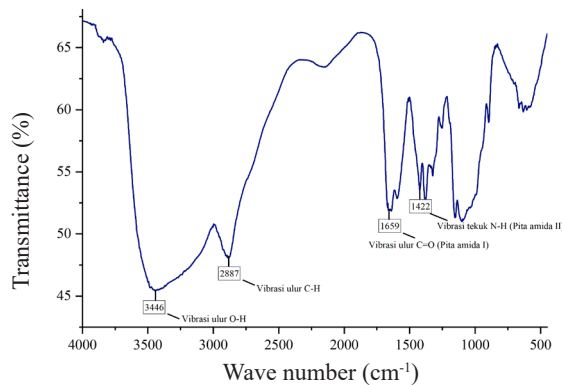


Figure 1 Graph of the chitosan functional group spectrum  
 Gambar 1 Spektrum gugus fungsi kitosan

serapan di daerah  $2.887\text{ cm}^{-1}$ . Kitosan juga memiliki pita serapan pada daerah  $1.659\text{ cm}^{-1}$  (amida I),  $1.422\text{ cm}^{-1}$  (vibrasi tekuk  $\text{NH}_2$  yang kemungkinan tumpang tindih dengan amida II). Zam *et al.* (2021) melaporkan adanya pita serapan pada daerah  $3.448,72\text{ cm}^{-1}$  yang juga merupakan pita serapan  $\text{OH}^-$ , namun terdapat pita serapan lemah antara  $3.748,82\text{--}3.873,06\text{ cm}^{-1}$  pada kitosan yang diyakini sebagai pita serapan N-H yang berasal dari gugus amida. Pada spektra FTIR kitosan, terdapat puncak serapan pada daerah  $3.448\text{ cm}^{-1}$  (vibrasi ulur N-H dan  $\text{OH}^-$  dari kitosan)  $2.877$  dan  $1.381\text{ cm}^{-1}$  (vibrasi ulur C-H),  $1.658$  dan  $1.324\text{ cm}^{-1}$  (amida I dan amida III),  $1.597\text{ cm}^{-1}$  (vibrasi tekuk  $\text{NH}_2$  yang kemungkinan overlap dengan amida II) (Azizati, 2019).

### Karakteristik Glukosamin

Glukosamin merupakan monomer dari kitosan yang memiliki karakteristik khusus. Glukosamin memiliki ketampakan berbentuk serbuk, warna putih dan memiliki gugus hidroksil (O-H) dan ( $\text{NH}_3\text{Cl}$ ) pada unit karbon terkecil yang menyebabkan glukosamin bersifat larut dalam air. Karakterisasi glukosamin yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi ketampakan, warna, rendemen, dan derajat deasetilasi. Hasil analisis karakteristik glukosamin dapat dilihat pada *Table 3*.

### Ketampakan dan Warna Glukosamin

Ketampakan dan warna merupakan suatu ciri fisik yang dapat langsung dilihat oleh mengenai karakteristik suatu produk. Ketampakan yang dihasilkan penelitian ini yaitu berbentuk serbuk dan warna yang dihasilkan perlakuan dengan tekanan yaitu putih kekuningan, berbeda dengan

perlakuan tanpa tekanan yaitu tampak putih kecokelatan. Perubahan warna glukosamin menjadi putih kecokelatan ini disebabkan adanya reaksi Maillard dimana bahan pangan terpapar dengan panas dalam waktu yang relatif lama akan mengalami perubahan warna (Hustiany, 2016). Ketampakan dan warna glukosamin dapat dilihat pada *Figure 2*.

*Figure 2* menunjukkan bahwa penggunaan perlakuan tekanan dan tanpa tekanan pada ekstraksi glukosamin menghasilkan warna yang sedikit kecokelatan. Hal ini berkaitan dengan gula pereduksi dan asam amino yang masih terdapat pada glukosamin yang saling bereaksi dan mengalami pembentukan warna coklat. Hal ini menyebabkan perlakuan hidrolisis asam menggunakan tekanan dan tanpa tekanan akan langsung terpapar panas dan mudah mengalami reaksi Maillard atau pencokelatan. Reaksi Maillard terdiri atas tiga tahap. Tahap awal adalah pembentukan glikosilamin. Tahap kedua adalah senyawa glikosilamin mengalami dehidrasi menjadi turunan furan, reduktan, dan senyawa karbonil yang lainnya. Tahap akhir adalah pengubahan dari furan dan karbonil menjadi senyawa citarasa dan warna (Hustiany, 2016). Ketampakan dan warna telah sesuai standar menurut CARGIL (2004), dan EFSA (2009) yaitu serbuk dan warna putih.

Glukosamin pada hasil penelitian ini memiliki tekstur serbuk kasar. Hal ini diduga dapat terjadi karena ikatan monomer pada kitosan telah terurai sempurna selama proses hidrolisis menjadi glukosamin. Kitosan telah terurai menjadi molekul-molekul glukosamin yang lebih pendek dan bersifat polar karena terdapat gugus  $\text{OH}^-$  dan  $\text{NH}_3\text{Cl}$ . Zat molekular yang memiliki molekul polar mudah dilarutkan dalam air. Gugus hidroksil  $\text{OH}^-$  yang terikat pada atom karbon suatu molekul

Table 3 Yield and physical characteristics of glucosamine  
Tabel 3 Rendemen dan karakteristik fisik glukosamin

Treatment	Appearance	Color	Yield (%)	Deacetylation degree (%)
Acid extraction	Powder	Brownish white	$72.68 \pm 2.77^a$	$67.60^a$
Acid extraction + Pressure	Powder	Yellowish white	$78.22 \pm 2.00^b$	$76.51^b$

Numbers followed by different superscript letters in the same column show a significant difference ( $p < 0.05$ )



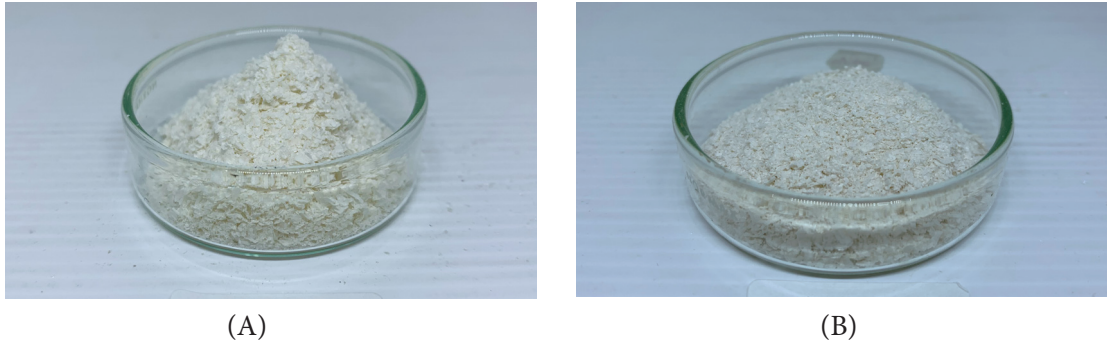


Figure 2 (A) Glucosamine treatment without pressure and (B) Glucosamine with pressure  
Gambar 2 (A) Glukosamin perlakuan tanpa tekanan (B) Glukosamin dengan tekanan

merupakan tapak untuk interaksi dwikutub dengan molekul air. Tarikan ini menggantikan interaksi zat-zat terlarut sehingga setiap molekul glukosamin yang berair akan bergerak menuju larutan (Silverstein & Webster, 1999).

### Rendemen Glukosamin

Proses hidrolisis dikategorikan efisien dengan melihat rendemen yang diperoleh. Data rata-rata rendemen glukosamin hidroklorida disajikan pada *Table 3*. Rendemen merupakan persentase bagian tertentu yang diinginkan terhadap bagian utuh dari suatu bahan. Glukosamin yang diproduksi dengan perlakuan hidrolisis asam menggunakan tekanan dan tanpa tekanan dapat memotong rantai polimer pada kitosan menjadi monomer glukosamin. Hasil uji t tidak berpasangan menunjukkan bahwa metode hidrolisis asam selama 60 menit dan menggunakan tekanan 0,45 atm pada suhu pemanasan 120°C memberikan pengaruh yang nyata terhadap rendemen ( $p < 0,05$ ). Penggunaan konsentrasi asam 5% dan tekanan ini dapat meningkatkan rendemen 5,54%.

Penerapan metode hidrolisis asam dengan tekanan menghasilkan rendemen tertinggi, yaitu 78,22%. Prinsip dari metode hidrolisis bertekanan yang menggabungkan sistem kerja antara konsentrasi asam, tekanan, dan suhu memengaruhi hidrolisis kitosan menjadi glukosamin. Hal ini erat kaitannya dengan laju reaksi suatu senyawa yang dipengaruhi oleh luas permukaan, konsentrasi, suhu, tekanan, dan waktu reaksi. Laju reaksi menunjukkan perubahan konsentrasi suatu zat. Konsentrasi pereaksi

dalam suatu reaksi kimia semakin lama semakin berkurang, sedangkan hasil reaksi semakin lama semakin bertambah. Tekanan dalam pembuatan glukosamin berperan penting dalam pemotongan ikatan polimer menjadi unit-unit yang lebih kecil (monomer). Teknik ekstraksi dengan pelarut dan menggunakan tekanan bertujuan untuk menjaga agar pelarut tetap berupa cairan meskipun berada pada suhu tinggi. Tekanan yang diberikan saat proses ekstraksi maka proses ekstraksi dapat berlangsung dengan cepat (Prasetya & Handini, 2021).

Ekstraksi glukosamin menggunakan perlakuan tekanan dapat mempercepat proses reaksi, karena pada mekanismenya terjadi proses *puffing*. Pamungkas *et al.* (2008) menjelaskan *puffing* dapat diartikan sebagai suatu proses pemasukan gas ke dalam sampel yang kemudian terjadi ekspansi selanjutnya dilepaskan dan mengakibatkan pemutusan terhadap struktur luar dari struktur seluler sebuah sampel. Proses pemutusan polimer kitosan menjadi glukosamin akan cenderung lebih cepat dengan bantuan asam. Asam klorida berperan dalam proses pemotongan ikatan  $\beta$ -1,4-2 acetamido-2-deoksi-D-glukosa dari kitosan. Kitosan merupakan polimer yang mengandung gugus hidroksil (O-H) dan gugus amina (N-H<sub>2</sub>) pada rantai karbonnya. Gugus Cl<sup>-</sup> dari asam HCl berikatan dengan gugus (NH<sub>3</sub>) sehingga membentuk ikatan baru yaitu glukosamin (NH<sub>3</sub>Cl). Hal ini didukung oleh Nurjannah *et al.* (2016) dimana senyawa glukosamin memiliki ikatan NH<sub>3</sub>Cl yang merupakan hasil reaksi asam klorida dengan kitosan.

### Derajat Deasetilasi Glukosamin

Derajat deasetilasi glukosamin tertinggi pada perlakuan ekstraksi asam ditambah tekanan adalah 76,51% (*Table 3*) lebih tinggi dibandingkan dengan glukosamin tanpa penambahan tekanan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tingkat kemurnian glukosamin yang diproduksi dengan menggunakan metode hidrolisis asam dan penambahan tekanan sesuai dengan standar mutu glukosamin komersial dan yang telah ditetapkan CARGIL (2004) berkisar antara 75-95%. Berbeda dengan hasil yang didapatkan pada perlakuan tanpa tekanan menunjukkan bahwa tingkat kemurnian glukosamin berada di bawah standar mutu glukosamin komersial. Hasil ini dapat disebabkan oleh proses ekstraksi yang kurang baik dan hanya bergantung pada proses pemanasan saja.

### Spektrum Gugus Fungsi Glukosamin

Spektrum glukosamin merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan hidrolisis kitin dengan analisis gugus fungsi FTIR.

Glukosamin memiliki pita serapan spektrum gugus fungsi yang khas pada gugus fungsi O-H dan N-H amina. Spektrum gugus fungsi glukosamin dapat dilihat pada *Figure 3*. Hasil gugus fungsi O-H dan N-H amina dari serapan spektrum FTIR pada perlakuan tanpa tekanan dan tekanan menunjukkan rentang bilangan yang memiliki perbedaan. Pita serapan pada masing-masing perlakuan juga menunjukkan hasil yang berbeda. Spektrum gugus fungsi glukosamin dapat dilihat pada *Figure 3*.

Analisis gugus fungsi pada perlakuan tanpa tekanan menunjukkan bilangan gelombang 3.293  $\text{cm}^{-1}$  (*Figure 3*). Hasil ini mirip dengan penelitian Mojarrad *et al.* (2007) yaitu gugus  $\text{OH}^-$  memiliki bilangan gelombang 3.333-3.380  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil gugus fungsi N-H amina pada perlakuan tanpa tekanan menunjukkan bilangan gelombang 1.617  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil penelitian ini mendekati pada beberapa penelitian sebelumnya.

Hasil gugus fungsi  $\text{OH}^-$  dari serapan spektrum FTIR pada perlakuan dengan tekanan menunjukkan bilangan gelombang 3.402  $\text{cm}^{-1}$  (*Figure 3*). Hasil ini memiliki kemiripan dengan hasil penelitian

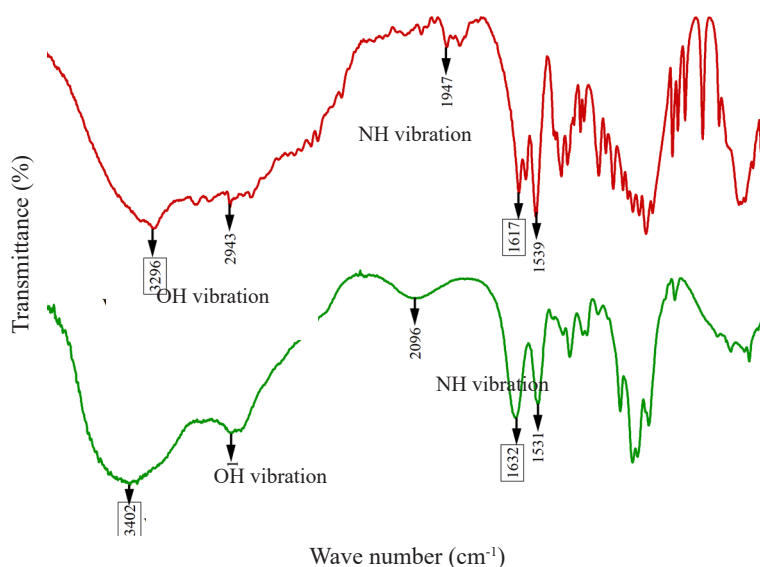


Figure 3 functional group spectrum of glucosamine without pressure (red line) and with pressure (green line)

Gambar 3 Spektrum gugus fungsi glukosamin tanpa tekanan (garis merah) dan dengan tekanan (garis hijau)

Mojarrad *et al.* (2007) yaitu gugus OH<sup>-</sup> memiliki bilangan gelombang 3.333-3.380 cm<sup>-1</sup>. Hasil gugus fungsi N-H amina menunjukkan bilangan gelombang 1.632 cm<sup>-1</sup>. Pita N-H amina berdasarkan penelitian Islam *et al.* (2011) berada di daerah bilangan 1.616,12 cm<sup>-1</sup>.

Secara keseluruhan pita serapan gugus fungsi pada glukosamin hasil penelitian menunjukkan kesamaan dengan beberapa penelitian sebelumnya dan terdapat sedikit selisih pada bilangan gelombang yang ditampilkan. Hal ini terjadi karena adanya kisaran nilai serapan gelombang pada setiap gugus fungsi. Perbedaan serapan gelombang pada sampel pembandingan dan sampel hasil memenuhi kriteria gugus fungsi pada bilangan gelombang.

## KESIMPULAN

Bahan baku cangkang udang memiliki kadar air (25,49±0,34%), abu (14,05±0,26%), dan protein (20,63±0,08%). Karakteristik kitosan cangkang udang telah sesuai dengan standar dilihat dari ketampakan, kandungan proksimat serta derajat deasetilasinya. Perlakuan tekanan menghasilkan glukosamin berbentuk serbuk, warna putih kecokelatan serta berpengaruh nyata terhadap rendemen, derajat deasetilasi, dan spektrum gugus fungsi glukosamin. Glukosamin terbaik diperoleh dari perlakuan kombinasi konsentrasi HCl 5% dan tekanan 0,45 atm dengan hasil rendemen serta derajat deasetilasi yang telah sesuai dengan syarat mutu glukosamin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkarim, A., Isa, A. T., Abdulsalam, S., Muhammad, A. J., & Ameh, A. O. (2013). Extraction and characterisation of chitin and chitosan from mussel shell. *Journal Civil and Environmental Research*, 3(2), 2-6.
- Afridiana, N. (2011). Recovery glukosamin hidroklorida (HCl GlcN) dari cangkang udang melalui hidrolisis kimiawi sebagai bahan sediaan suplemen osteoarthritis. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Alam, S. F. (2017). Produksi glukosamin hidroklorida dengan metode autoklaf dan pengaruhnya terhadap aktivitas antioksidan. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- American Society for Testing and Materials. (2002). Test methods for water solubility. ASTM International.
- Association of Official Analytical and Chemist. (2005). Officials methods of analysis. 18th edition.
- Azizati, Z. (2019). Pembuatan dan karakterisasi kitosan kulit udang galah. *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(1), 10-16. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.3578>.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006a). Cara uji kimia bagian 2 penentuan kadar air pada produk perikanan. SNI-01-2354.2-2006.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006b). Cara uji kimia bagian 4 penentuan kadar protein dengan total nitrogen pada produk perikanan. SNI-01-2354.4-2006.
- Badan Standardisasi Nasional. (2010). Cara uji kimia bagian 1 penentuan kadar abu dan abu tak larut pada produk perikanan. SNI-2354.1-2010.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). Udang segar. SNI-2728-2018.
- Badan Standardisasi Nasional. (2022). Kitosan syarat mutu dan pengolahan. SNI 7949:2022.
- CARGIL. (2004). Notification of gras determination for regensasure glucosamine hydrochloride. Product Applications Chemist.
- Cahyono, E. (2015). Produksi glukosamin dengan metode hidrolisis bertekanan sebagai bahan penunjang kesehatan sendi. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Cahyono, E. (2018). Karakteristik kitosan dari limbah cangkang udang windu (*Penaeus monodon*). *Jurnal Akuatika Indonesia*, 3(2), 96-102. <http://dx.doi.org/10.24198/jaki.v3i2.23395>.
- Chang, Y. F., Sitanggang, A. B., & Wu, H. S. (2011). Optimizing

- biotechnological production of glucosamine as food ingredient from (*Aspergillus sp.*) BCRC 31742. *Journal of food biotechnology*, 9(2), 75-82. <https://dx.doi.org/10.3923/jftech.2011.75.82>.
- Cui, J., Yang, Y., Du, Y., Fan, F., Qiu, Y., Li, Y., John, F., & Kennedy. (2006). Enzymatic preparation of chitosan from the waste (*Aspergillus niger*) mycelium of citric acid production plant. *Journal Carbohydrate Polymers*, 238(64), 151-157. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.11.004>.
- European Food Safety Authority. (2009). Scientific opinion on the substantiation of a health claim related to glucosamine hydrochloride and reduced rate of cartilage degeneration and reduced risk of development of osteoarthritis pursuant. *Journal of European Food Safety Authority*, 10(5), 1-20. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2691>.
- Food and Agriculture Organization. (2016). Cultured aquatic species fact sheet (*Penaeus vannamei*). [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Litopenaeus\\_vannamei/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Litopenaeus_vannamei/en).
- Grand View Research. (2022). Glucosamine market analysis by application and segment forecasts to 2022.
- GRAS. (2012). Chitoclear® shrimp-derived chitosan: food usage conditions for general recognition of safety.
- Hossain, M. S. (2013). Extraction and characterization of chitosan from shrimp shell and its utilization to increase shelf life of banana. [Tesis]. Bangladesh Agricultural University.
- Hustiany, R. (2016). Reaksi maillard pembentuk citarasa dan warna pada produk pangan. Lambung Mangkurat University Press
- Isa, M. T., Ameh, A. O., Gabriel, J. O., & Adama, K. K. (2012). Extraction and characterization of chitin from nigerian sources. Nigeria. *Journal of Practices and Technologies*, 5(4), 73-81.
- Islam, M., Masum, S., Rahmana, M. M., Mollab, A. I., Shaikh, A. A., & Roy, S. K. (2011). Preparation of chitosan from shrimp shell and investigation of its properties. *Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(1), 77-80.
- Judhaswati, R. D., & Damayanti, H. O. (2019). Potensi ekonomi industri pengolahan limbah udang di kabupaten pati. *Jurnal Litbang*, 15(1), 1-12.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan. (2015). News KKP limbah kitin yang bernilai tambah. <https://news.kkp.go.id/index.php/limbah-kitin-yang-bernilai-tambah/>.
- Mandel, S. A., Fishman, J. T., & Youdim, M. B. (2009). Modeling sporadic parkinson's disease by silencing the ubiquitin E3 ligase component SKPIA. *Journal of Parkinsonism Relat Disord*, 15(3), 48-51.
- Mashuni, M., Natsira, M., Lestaria, W. M., Hamida, F. H., & Jahiding, M. (2021). Pemanfaatan kitosan dari cangkang kepiting bakau (*Scylla serrata*) dengan metode microwave sebagai bahan dasar kapsul obat. *Jurnal Penelitian Kimia*, 17(1), 74-82.
- Meata, B. A. (2018). Akselerasi produksi nano glukosamin dari kitosan cangkang udang dengan hidrolisis asam dan ultrasonikasi. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Mohanasrinivasan, V., Mishra, M., Paliwal, J. S., Singh, S. K., Selvarajan, E., Suganthi, V., & Devi, C. S. (2013). Studies on heavy metal removal efficiency and antibacterial activity of chitosan prepared from shrimp shell waste. *Journal of Biotechnology*, 1(3), 01-09.
- Mojarrad, J. S., Nemati, M., Valizadeh, H., Ansarin, M., & Bourbour, S. (2007). Preparation of glucosamine from exoskeleton of shrimp and predicting production yield by response surface methodology.



- Journal of Pharmacognosy and Food Science, and Pharmaceutics*, 1(1), 1-5. <https://doi.org/10.1021/jf062983a>.
- Nurbaeti, F. (2020). Pemanfaatan limbah cangkang rajungan dalam pembuatan glukosamin hcl dengan metode hidrolisis kimiawi. [Skripsi]. Politeknik Kesehatan Bandung.
- Nurafida, D., Achmad., & Falah, S. (2017). Keefektifan kitosan dalam mengendalikan *Botryodiplodia theobromae* pat. Penyebab mati pucuk pada bibit jabon (*Anthocephalus cadamba* (roxb.) Miq). *Jurnal Silvikultur Tropika*, 8(3), 170-176. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.8.3.170-176>.
- Nurjannah, A., Darmanto., & Wijayanti. (2016). Optimasi pembuatan glukosamin hidroklorida (glcn hcl) dari limbah cangkang rajungan melalui hidrolisis kimiawi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(1), 26-35. <https://doi.org/26-35>. 10.17844/jphpi.2016.19.1.26.
- Ogata, T., Deno, Y., Akai, M., Seichi, A., Hagino, H., Iwaya, T., Doi, T., Yamada, K., Chen, A., Li, Y., & Hayashi, K. (2018). Effects of glucosamine in patients with osteoarthritis of the knee: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Rheumatology*, 37(9), 2479-2487. <https://doi.org/10.1007/s10067-018-4106-2>.
- Pamungkas, W. H., Bintoro, N., Rahayu, S., & Rahardjo, B. (2008, November 18-19). Perubahan laju pengeringan pasta dengan perlakuan awal puffing udara [Conference session]. Seminar Nasional Teknik Pertanian, Yogyakarta, Indonesia.
- Pan, S. K., Wu, S. J., & Kim, J. M., (2011). Preparation of glucosamine by hydrolysis of chitosan with commercial  $\alpha$ -amylase and glucoamylase. *Journal of Zhejiang*, 12(11), 931-934.
- Prabowo, Y. R. D. (2018). Pengaruh pH dan lama fermentasi dengan trichoderma viride terhadap produksi glukosamin berbahan dasar tepung cangkang udang terdeproteinasi. [Skripsi]. Universitas Brawijaya.
- Prasetya, H.N., & Handini. (2021, Agustus 12). Pengaruh tekanan autoklaf dan waktu ekstraksi daun kelor sebagai sumber antioksidan dalam pembuatan minuman fungsional madulor (madu kelor). [Conference session] Prosiding Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (RITEKTRA) 2021, Bandung, Indonesia.
- Ploydee, E., & Chaiyanan, S. (2014). Production of high viscosity chitosan from biologically purified chitin isolated by microbial fermentation and deproteinization. *International Journal of Polymer Science*, 10(1), 01-08.
- Rismawan. (2012). Rendemen glukosamin dari kitin udang [Skripsi]. Sekolah Tinggi Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Semiz, A. E., Duman, O., & Tunç., S. (2020). Development of a reversed phase-high performance liquid chromatographic method for the analysis of glucosamine sulphate in dietary supplement tablets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 93, 103607. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103607>.
- Sibi, G., Dhananjaya, K., Ravikumar, K. R., Mallesha, H., Venkatesha, R.T., Trivedi, D., Bhusal, K. P., Neeraj., & Gowda, K. (2013). Preparation of glucosamine hydrochloride from crustacean shell waste and it's quantitation by RP-HPLC. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 8(2), 63-67. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejsr.2013.8.2.7381>.
- Silverstein, R. M., & Webster, F. X. (1999). Spectrometric identification of organic compounds. John Wiley and Sons.



- Sitanggang, A. B., Sophia, L., & Wu, H. S. (2012). Aspects of glucosamine production using microorganisms. *International Food Research Journal*, 19(2), 393-404.
- Statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2022). Data ekspor-impor komoditas kelautan dan perikanan. <https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=eksim&i=211#panel-footer>.
- Suharjo., & Harini, N. (2005). Ekstraksi chitosan dari cangkang udang windu (*Penaeus monodon* sp.) secara fisika-kimia (kajian berdasarkan ukuran partikel tepung khitin dan konsentrasi NaOH). *Jurnal GAMMA*, 1(1), 7-15.
- Sudjarwo, G. W., Mahmiah., Afrida. W. M., & Insani, H. C. (2017, Juli 20). Analisis proksimat dan optimasi pembuatan kitosan dari limbah kulit dan kepala udang *whiteleg shrimp* (*Litopenaeus vannamei*) [Conference session]. Inovasi Hasil Riset dan Teknologi dalam Rangka Penguatan Kemandirian Pengelolaan Sumber Daya Laut dan Pesisir. Seminar Nasional Ke XII.
- Syukron, F., Karnila R., & Hasan, B. (2016). Karakteristik glukosamin hidroklorida (HCl GlcN) dari kitin dan kepiting chitosan biru kolam (*Portunus pelagicus*). *Berkala Perikanan Terubuk*, 44(2), 22-35.
- Swann, G. E. A., & Patwardhan, S. V. (2011). Application of fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) for assessing biogenic silica sample purity in geochemical analyses and palaeoenvironmental research. *Journal Climate of the Past*, 10(7), 65-74. <http://dx.doi.org/10.5194/cpd-6-1629-2010>
- Trung, T. S., & Phuong, P. T. D. (2012). Bioactive compounds from by-products of shrimp processing industry in vietnam. *Journal of Food and Drug Analysis*, 20(1), 194-197. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2130>
- Wu, S. (2011). Preparation of water soluble chitosan by hydrolysis with commercial  $\alpha$ -amylase containing chitosanase activity. *Jurnal Food Chemistry*, 10(128), 769-772. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.111>
- Wahyuni., Ridhay, A., & Nurakhirawati. (2016). Pengaruh waktu proses deasetilasi kitin dari cangkang bekicot (*Achatina fulica*) terhadap derajat deasetilasi. *Jurnal Kovalen*, 2(1), 1-7.
- Walke, S., Srivastava, G., Nikalje, M., Doshi, J., Kumar, R., Ravetkar, S., & Doshi, P. (2014). Physicochemical and functional characterization of chitosan prepared from shrimp shells and investigation of its antibacterial, antioxidant and tetanus toxoid entrapment efficiency. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 26(2), 215-225.
- Yuliana, I.K. (2011). Aktivitas antibakteri kitosan berdasarkan perbedaan derajat deasetilasi dan bobot molekul [Tesis]. Institut Pertanian Bogor
- Zam, Z.Z., Muin, F., Fataruba, A. (2021, 8-9 Agustus 2020). Identification of chitosan beads from coconut crab patani variety using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) [Conference session]. The 2nd International Conference on Physics and Mathematics for Biological Science (2nd ICOPAMBS), Jawa Timu. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1832. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1832/1/012014>.