

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/psnp.19993>

Produksi dan Karakterisasi Kitosan Larut Air dari Limbah Cangkang Udang

Production and Characterization of Water-Soluble Chitosan from Shrimp Shell Waste

Yuliati H. Sipahutar^{1*}, Adham Prayudi¹, Paulus PR Sitorus², Pinki N Samanta³, Muhammad Sayuti¹

¹Politeknik Ahli Usaha Perikanan Jakarta, Jl AUP Pasar Minggu, Jakarta Selatan 12520

²Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang Jl. Lingkar Tanjungpura, Karangpawitan, Karawang, Jawa Barat 41315

³Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana, Pengambengan, Kec. Negara, Kabupaten Jembrana, Bali 82218

*E-mail: yuliati.sipahutar@gmail.com

ABSTRAK

Industri pengolahan udang menghasilkan limbah padat berupa kepala dan kulit dalam jumlah besar yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dimanfaatkan dengan baik. Salah satu bentuk pemanfaatan limbah tersebut adalah mengonversinya menjadi kitosan, yaitu biopolimer bernilai ekonomis tinggi yang banyak digunakan dalam industri pangan, farmasi, dan kosmetik. Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi kitosan larut air dari kulit udang dan menganalisis karakteristik mutu produk yang dihasilkan, meliputi rendemen, warna dan bentuk, kadar air, kadar abu, derajat deasetilasi (DD), serta kelarutan. Metode penelitian dilakukan dengan eksperimen dengan 3 kali ulangan. Proses produksi kitosan dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu demineralisasi menggunakan HCl 1 N (1:10) pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam, deproteinasi menggunakan NaOH 3,5% (1:10) pada suhu $\pm 65^{\circ}\text{C}$ selama 2 jam, dan deasetilasi menggunakan NaOH 60% (1:20) pada suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$ selama 4 jam. Hasil analisis mutu bahan baku menunjukkan bahwa kulit udang kering memiliki kadar air $13,61 \pm 0,89\%$ dan kadar abu $24,91 \pm 0,75\%$. Rendemen kitosan yang diperoleh sebesar $21,69 \pm 0,91\%$, sedangkan kitosan larut air mencapai $23,80 \pm 0,72\%$. Kitosan yang dihasilkan berbentuk serbuk berwarna putih tulang, sedangkan kitosan larut air berwarna putih lebih cerah. Hasil karakterisasi menunjukkan kadar air $5,24 \pm 0,92\%$, kadar abu $0,32 \pm 0,24\%$, dan derajat deasetilasi $89,21 \pm 0,63\%$, sesuai SNI 7949:2013. Uji kelarutan menunjukkan kitosan lebih larut dalam asam asetat dibanding aquades; Kitosan Larut Air menunjukkan kelarutan yang jauh lebih tinggi baik di asam asetat maupun aquades. Keseluruhan karakteristik menunjukkan kitosan hasil penelitian memenuhi standar mutu SNI dan memiliki potensi aplikasi dalam bidang pangan, farmasi, dan kosmetik.

Kata kunci: kulit udang, kitosan larut air, deasetilasi, karakterisasi mutu, biopolimer

ABSTRACT

The shrimp processing industry produces large amounts of solid waste in the form of heads and shells, which have the potential to pollute the environment if not properly utilized. One way to utilize this waste is to convert it into chitosan, a high-value biopolymer widely used in the food, pharmaceutical, and cosmetics industries. This study aims to produce water-soluble chitosan from shrimp shells and analyze the quality characteristics of the resulting product, including yield, color and shape, moisture content, ash content, degree of deacetylation (DD), and solubility. The research method was carried out by experiment with 3 repetitions. The chitosan production process involves three main stages: demineralization using 1 N HCl (1:10) at $\pm 70^{\circ}\text{C}$

for 1 hour, deproteinization using 3.5% NaOH (1:10) at $\pm 65^{\circ}\text{C}$ for 2 hours, and deacetylation using 60% NaOH (1:20) at $\pm 100^{\circ}\text{C}$ for 4 hours. The results of the raw material quality analysis showed that dried shrimp shells had a water content of $13.61 \pm 0.89\%$ and an ash content of $24.91 \pm 0.75\%$. The yield of chitosan obtained was $21.69 \pm 0.91\%$, while water-soluble chitosan (WCC) reached $23.80 \pm 0.72\%$. The resulting chitosan was in the form of an off-white powder, while Water-soluble chitosan. was brighter white. The characterization results showed a water content of $5.24 \pm 0.92\%$, ash content of $0.32 \pm 0.24\%$, and a degree of deacetylation of $89.21 \pm 0.63\%$, in accordance with SNI 7949:2013. The solubility test showed that chitosan was more soluble in acetic acid than in distilled water; WCC showed much higher solubility in both acetic acid and distilled water. Overall characteristics indicate that the chitosan from the study meets SNI quality standards and has potential applications in the food, pharmaceutical, and cosmetic sectors.

Keywords: shrimp shell, water-soluble chitosan, deacetylation, quality characterization, biopolymer

PENDAHULUAN

Industri pengolahan udang menghasilkan limbah padat berupa kepala dan kulit dalam jumlah besar, yaitu sekitar 45–55% dari berat bahan baku, yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Fransischa et al., 2024). Sebagian besar ekspor udang (80–90%) dilakukan tanpa kepala, sehingga kulit dan kepala mencapai $\pm 75\%$ dari berat total udang (Sipahutar et al., 2024). Limbah cangkang udang mengandung protein 25–40%, kalsium karbonat 40–50%, dan kitin 15–20% (Azhari et al., 2024), namun pemanfaatannya masih terbatas, terutama hanya sebagai petis, terasi, atau pakan ternak (Saman & Lapamona, 2024). Jika dibuang tanpa pengolahan, cangkang udang dapat menurunkan kualitas lingkungan melalui peningkatan BOD dan COD (Widiyanti & Hamidah, 2021). Oleh karena itu, pengembangan pemanfaatan limbah cangkang udang sebagai bahan baku kitin dan kitosan merupakan alternatif strategis untuk meningkatkan nilai tambah sekaligus mengurangi dampak pencemaran (Cahyono, 2018; Azizati, 2019). Kandungan kitin pada limbah cangkang udang sekitar 20%–50% berat kering (Dompeipen, 2017).

Kitin merupakan polisakarida struktural alami yang tersusun atas unit N-asetil-D-glukosamin dan mengandung nitrogen, sehingga memiliki struktur yang menyerupai selulosa namun dengan sifat kimia yang berbeda. Senyawa ini berperan sebagai komponen utama penyusun eksoskeleton hewan artropoda, seperti udang, kepiting, dan serangga, serta terdapat pada dinding sel jamur dan bakteri, menjadikannya biopolimer alami terbanyak kedua setelah selulosa. Kitin bersifat keras dan tidak larut dalam air, namun dapat dikonversi menjadi kitosan yang lebih mudah larut dan memiliki sifat biodegradable serta bioaktif. Oleh karena itu, kitin dan turunannya memiliki potensi luas untuk dimanfaatkan dalam berbagai sektor, termasuk farmasi, pertanian, dan pengolahan limbah.

Kitosan merupakan produk hasil N-deasetilasi kitin, yaitu polisakarida asetilamina yang banyak terdapat pada cangkang udang, kerang, dan kepiting (Younes & Rinaudo, 2015). Kitin dan kitosan bersifat biodegradable serta tidak toksik, sehingga aman untuk berbagai aplikasi (Komi & Hamblin, 2016). Proses deasetilasi menggantikan gugus asetil amida pada kitin menjadi gugus amina, yang meningkatkan reaktivitas kimia dan kelarutan kitosan. Senyawa ini banyak dimanfaatkan dalam industri pangan, farmasi, kosmetik, kesehatan, agrokimia, dan pengolahan air, serta umumnya diproduksi menggunakan alkali kuat seperti NaOH (Sinardi et al., 2017). Kitosan larut dalam pelarut asam organik pada pH 4–6,5 dan berfungsi sebagai pengawet pangan, pengikat logam, antioksidan, adsorben zat warna, serta agen antibakteri (Wardaniati & Setyaningsih, 2009). Namun, keterbatasan utama kitosan konvensional adalah rendahnya kelarutan dalam air, yang membatasi penerapannya pada sistem berair.

Kitosan larut air (KLA) merupakan bentuk kitosan termodifikasi yang memiliki kemampuan larut dalam air, berbeda dengan kitosan konvensional yang hanya larut dalam asam encer atau pada kondisi pH alkali tinggi. Sifat ini diperoleh melalui proses modifikasi kimia, seperti depolimerisasi atau hidrolisis terkontrol, yang memendekkan rantai polimer sehingga menghasilkan serbuk berwarna putih dengan kelarutan tinggi dan fungsionalitas yang lebih luas. Peningkatan kelarutan tersebut memperluas pemanfaatan KLA pada berbagai bidang, antara lain pengolahan air, kosmetik, farmasi, dan sebagai inhibitor korosi. Pengembangan KLA dari limbah cangkang udang merupakan strategi bernilai tambah yang tidak hanya meningkatkan pemanfaatan senyawa bioaktif, tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dan pengelolaan lingkungan berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan memproduksi KLA dari limbah cangkang udang melalui tahapan demineralisasi, deproteinasi, deasetilasi, dan depolimerisasi, serta mengevaluasi karakteristik mutu produk meliputi rendemen, warna dan bentuk, kadar air, kadar abu, derajat deasetilasi, dan kelarutan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli–November 2024 di Workshop Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan dan Laboratorium Kimia Pangan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan Jakarta. Penelitian bersifat eksperimental dengan tujuan mengisolasi kitosan dari limbah cangkang udang

Alat dan Bahan

Bahan baku penelitian berupa limbah cangkang udang diperoleh dari PT Red Ribbon yang

berlokasi di Muara Baru, Jakarta Utara. Bahan kimia yang digunakan meliputi asam klorida (HCl 1 M), natrium hidroksida (NaOH 3,5% dan 60%), hidrogen peroksida, asam asetat, etanol 96%, indikator fenolftalein, natrium boraks, asam borat, katalis, indikator protein, heksana, dan akuades, dengan pelarut utama berupa air suling (Onemed, Indonesia), HCl, NaOH teknis, asam asetat, dan etanol yang masing-masing diproduksi oleh Merck (Jerman), serta H₂O₂ dari Onemed (Indonesia).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik, hot plate dengan pengaduk magnetik, pH meter, oven, tanur, desikator, lemari asam, cawan porselin, buret, corong, tabung reaksi, gelas ukur, beaker glass, spatula, viskometer digital, serta perangkat analisis pendukung seperti Kjeldahl dan Soxhlet. Seluruh peralatan tersebut digunakan untuk menunjang tahapan preparasi, proses, dan analisis mutu selama penelitian.

Metode Penelitian

Sintesis Kitosan Larut Air

Pembuatan Kitosan Larut Air (KLA) dari limbah cangkang udang dilakukan melalui proses demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi dan depolimerisasi (Saleh et al., (2017); Permadi et al., (2022) ; Sipahutar et al., (2024).

Preparasi sampel

Limbah cangkang udang dibersihkan menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran dan sisa daging, kemudian dipisahkan antara bagian kepala, kulit badan, kaki, dan ekor. Kulit udang dicuci berulang dengan air mengalir hingga bebas dari sisa jaringan, selanjutnya disusun pada rak pengering dan dikeringkan melalui penjemuran di bawah sinar matahari selama dengan pembalikan berkala untuk memperoleh pengeringan yang merata (Fransischa et al., 2024). Setelah kering, kulit udang digiling dan diayak menggunakan saringan 100 mesh hingga diperoleh serbuk halus yang siap digunakan pada tahap proses selanjutnya (Azhari et al., 2024).

Demineralisasi

Tahap demineralisasi dilakukan menggunakan larutan HCl 1 M dengan perbandingan sampel terhadap larutan sebesar 1:10 (g/mL) melalui pengadukan suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam. Setelah proses berlangsung, campuran disaring untuk memperoleh endapan, kemudian dicuci dengan air bersih hingga netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.

Deproteinasi

Residu hasil demineralisasi ditimbang dan direaksikan dengan larutan NaOH 3,5% pada rasio 1:10 (g/mL), kemudian diaduk pada kecepatan 100 rpm selama 2 jam pada suhu $\pm 65^{\circ}\text{C}$. Setelah reaksi selesai, residu didinginkan, dicuci dengan akuades mengalir hingga pH netral,

selanjutnya disaring dan dikeringkan pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Produk yang diperoleh pada tahap deproteinasi ini berupa kitin, yang digunakan sebagai bahan baku pada proses deasetilasi untuk menghasilkan kitosan.

Deasetilasi

Residu hasil deproteinasi ditimbang, kemudian direaksikan dengan larutan NaOH 60% pada perbandingan 1:20 (b/v), diaduk menggunakan magnetic stirrer pada kecepatan 100 rpm pada suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$ selama 4 jam. Setelah reaksi selesai, campuran didinginkan dan dicuci dengan akuades hingga mencapai pH netral. Endapan yang diperoleh selanjutnya disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu $\pm 65^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.

Depolimerisasi

Kitosan kasar kering dilarutkan dalam larutan asam asetat 2% dengan perbandingan bobot kitosan terhadap volume pelarut 1:20, kemudian ditambahkan H_2O_2 30% dengan perbandingan bobot kitosan terhadap volume H_2O_2 sebesar 1:4 dan direaksikan pada suhu 40°C . Larutan kitosan larut air yang terbentuk selanjutnya disaring, kemudian filtrat ditambahkan etanol 96% sebanyak dua kali volume filtrat untuk mengendapkan produk. Etanol diuapkan menggunakan oven pada suhu 50°C . Padatan kitosan larut air (KLA) yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi.

Metode Pengambilan data

Karakterisasi Kulit Udang dan Kitosan Larut Air

Pengambilan data cangkang udang dilakukan dengan analisis organoleptik bahan baku dilakukan dengan *scoresheet* bahan baku (SNI 01 2728.1-2006) (BSN, 2006), pengujian kadar air (SNI 2354.2: 2015), kadar abu (SNI 2354.1: 2010), kadar lemak SNI 01-2354.3-2006, kadar protein (SNI 01-2354.4: 2006) dan karbohidrat (*by difference*).

Pengujian Kitosan Larut Air (KLA) dilakukan dengan pengujian rendemen Rendemen (Hossain & Iqbal, 2014), warna, bau, bentuk, kadar air (SNI 2354.2: 2015), kadar abu SNI 2354.1: 2010), kadar lemak SNI 01-2354.3-2006, total nitrogen (SNI 01-2354.4: 2006), viskositas (Agusnar & Ilyas, 2022), derajat deasetilasi (Biskup et al., 2012), dan kelarutan (Tungtong et al., 2012).

HASIL DAN BAHASAN

Hasil

Kitosan larut air (KLA) dari cangkang udang dilakukan melalui empat tahapan yaitu demineralisasi, deproteinasi, deasetilasi dan polimerisasi.

Karakterisasi Kulit Udang Vaname

Uji mutu kulit udang untuk mengetahui mutu yang dihasilkan dari kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein, karbohidrat (*by difference*).

Tabel 1 Mutu Cangkang Udang Vaname

Spesifikasi	Hasil Penelitian (%)	(Elu et al., 2023) (%)	(Cahyono, 2018) %	(Sujatmiko et al., 2023)%
Kadar air	13,61 ± 0,89	9,82	12,09±0,008	25.49±0.34
Kadar abu	24,91 ± 0,75	22,79	24,42±0,004	14.05±0.26
Kadar lemak	1,09 ± 0,38	2,89	-	-
Kadar protein	32,24 ± 1,26	42,23	20,27±0,006	20.63±0.08
Karbohidrat	37,37 ± 0,68	7,27	-	-

Rendemen

Tabel 2. Rendemen

Bahan	Rendemen Hasil Uji (%)	Nilai
Tepung kulit udang	15,42 ±0,34	27,18% a
Kitosan	21,69 ± 0,91%,	23,6% b
Kitosan larut air	23,80 ± 0,72%.	15% %c

Keterangan: a) Hardoko *et al.* (2018).,
b) Agustina *et al.* (2015).,
c) Sudianto *et al.* (2020)

Karakterisasi Kitosan

Tabel 3 Karakterisasi Kitosan

Spesifikasi	Hasil Uji	Kitosan Komersial (Cahyono, 2018)	SNI 7949:2013
Warna	Putih kecokelatan	Putih kecokelatan	Coklat muda sampai putih
Bentuk	Serbuk	Serpihan sampai serbuk	Serpihan (<i>flake</i>), serbuk
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau	-
Kadar air (%)	5,24 ± 0,92%,	12,29	Maks 12
Kadar abu (%)	0,32 ± 0,41%,	0,99	Maks 5
Kadar lemak (%)	1,34	3,13	-
Total nitrogen (%)	1,01	2,20	Maks 5
Viskositas (%)	215,24 ± 0,96	210 b	Min 5
Derajat deasetilasi	89,21 ± 0,63%,	98,65	Min 75
Kelarutan (%)	Terlarut sempurna	Terlarut sempurna c	Min 99
Antioksidan (µmol Fe ² /g)	6.295,39		

Keterangan: a) Dompeipen *et al.* (2016)
b) Nadia *et al.* (2014)
c) Imtihani &Permatasari (2020)

Kitosan dan Kitosan Larut Air (KLA) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Serbuk Kitosan dan Kitosan Larut Air (KLA)

Tabel 4 Nilai kelarutan kitosan dan KLA

Pelarut	Jenis Kitosan	Nilai pada Suhu 25 °C	Nilai pada Suhu 40 °C
Asam Asetat	Kitosan	51,5 % ± 0,71	49,5% ± 0,71
	KLA	92,5 % ± 0,71	88,5 % ± 0,71
Aquades	Kitosan	6 % ± 1,41	5,5 % ± 0,71
	KLA	85 % ± 0,41	84,5 % ± 0,71

Pembahasan

Isolasi Kitosan Larut Air (KLA)

Demineralisasi

Tahap demineralisasi bertujuan menghilangkan mineral anorganik pada kulit udang, terutama kalsium karbonat (CaCO_3) dan sejumlah kecil kalsium fosfat [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$], melalui reaksi pelarutan menggunakan asam. Asam klorida (HCl) dipilih karena bersifat asam kuat dan efektif melarutkan CaCO_3 dalam waktu relatif singkat dibandingkan asam lainnya (Wibowo & Prasetyo, 2015). Proses ini ditandai dengan terbentuknya gelembung gas CO_2 dan H_2O yang menyebabkan buih serta perubahan warna larutan. Setelah reaksi selesai, campuran didinginkan, disaring, dan residu dicuci dengan akuades hingga pH netral, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $\pm 70^\circ\text{C}$ selama 24 jam untuk memperoleh residu dengan kandungan mineral yang lebih rendah.

Deproteinasi

Tahap deproteinasi bertujuan menghilangkan protein yang terikat pada matriks kitin melalui pelarutan menggunakan basa kuat. Protein pada kulit udang bereaksi dengan NaOH membentuk natrium proteinat, yang ditandai dengan peningkatan viskositas larutan selama proses berlangsung (Prastiwi et al., 2020). Pengadukan dan pemanasan diterapkan untuk mempercepat interaksi antara rantai protein dan ion Na^+ sehingga proses degradasi dan pelarutan protein berlangsung lebih efektif (Agustina et al., 2015). Residu kering yang dihasilkan merupakan kitin yang siap digunakan pada tahap deasetilasi selanjutnya (Imtihani & Permatasari, 2020).

Deasetilasi

Pada penelitian ini, kitosan yang dihasilkan memiliki derajat deasetilasi sebesar 76,65%, telah memenuhi ketentuan SNI 7949:2013 ($\geq 75\%$), sehingga menunjukkan efektivitas kondisi proses yang diterapkan. Proses deasetilasi merupakan tahap konversi kitin menjadi kitosan melalui pelepasan gugus asetil ($-\text{COCH}_3$) dan pembentukan gugus amina ($-\text{NH}_2$), sehingga menentukan sifat fungsional kitosan yang dihasilkan. Tahap ini memerlukan konsentrasi alkali dan suhu tinggi karena struktur kitin yang kompak dengan ikatan hidrogen kuat antara atom nitrogen dan gugus karbonil, serta ditandai oleh terbentuknya natrium asetat sebagai produk samping yang menyebabkan larutan menjadi keruh (Matheis et al., 2016). Keberhasilan proses dievaluasi melalui derajat deasetilasi, yang merefleksikan tingkat konversi kitin menjadi kitosan dan berpengaruh langsung terhadap kelarutan, reaktivitas kimia, serta kemampuan biodegradasinya (Wisuda et al., 2014). Nilai derajat deasetilasi dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH, suhu, dan lama reaksi, di mana peningkatan waktu dan intensitas reaksi memperbesar penetrasi NaOH ke dalam matriks kitin dan mempercepat pelepasan gugus asetil (Imtihani & Permatasari, 2020). Produk akhir berupa serbuk putih kecokelatan kitosan mencerminkan keberhasilan deasetilasi, yang secara optimal dicapai melalui penggunaan alkali berkonsentrasi tinggi pada suhu reaksi yang tinggi.

Tahap Polimerisasi

Pembentukan kitosan larut air (KLA) dilakukan melalui depolimerisasi terkontrol untuk memendekkan rantai polimer kitosan sehingga menurunkan massa molekul serta meningkatkan kelarutan dan stabilitas dalam media berair. Proses diawali dengan pelarutan kitosan dalam asam asetat yang memfasilitasi protonasi gugus amina menjadi $-\text{NH}_3^+$ melalui pembentukan ikatan hidrogen antara gugus karboksil ($-\text{COOH}$) dan amina kitosan, sehingga struktur polimer menjadi lebih terbuka dan reaktif. Selanjutnya, penambahan H_2O_2 berperan sebagai agen oksidatif yang memicu pemutusan rantai polimer melalui depolimerisasi dan mempercepat deaminasi kitosan (Matheis et al., 2016). Perlakuan ini menghasilkan KLA bermassa molekul lebih rendah dengan kelarutan yang lebih baik dibandingkan kitosan awal. Produk akhir berupa serbuk berwarna putih hingga putih tulang, yang selanjutnya dikarakterisasi untuk memastikan kesesuaian sifat fisikokimia yang dihasilkan dan potensi aplikasinya.

Karakteristik Kimia Cangkang Udang Vannamei

Cangkang udang dibersihkan, dikeringkan hingga mencapai kondisi kering, kemudian dianalisis untuk mengetahui komposisi kimianya. Penentuan komposisi kimia yang meliputi kadar air, abu, lemak, protein, dan karbohidrat dilakukan melalui analisis proksimat, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil penelitian, analisis proksimat cangkang udang menunjukkan kadar air $13,61 \pm 0,89\%$, abu $24,91 \pm 0,75\%$, lemak $1,09 \pm 0,80\%$, protein $32,24 \pm 1,26\%$, dan karbohidrat $37,37 \pm 0,68\%$. Kadar air yang relatif tinggi diduga berkaitan dengan proses pengeringan menggunakan sinar matahari yang belum optimal. Komposisi kimia cangkang udang dilaporkan bervariasi pada penelitian lain, sebagaimana dilaporkan (Elu et al., 2023) dengan kadar air 9,82%, abu 22,79%, lemak 2,89%, protein 42,23%, dan karbohidrat 7,27%, serta Cahyono, (2018) yang melaporkan kadar air 12,09%, abu 24,42%, dan protein 20,27% pada cangkang udang windu. (Sujatmiko et al., 2023) juga melaporkan kadar air 25,49%, abu 14,05%, dan protein 20,63%. Variasi tersebut dipengaruhi oleh perbedaan spesies, umur, kondisi lingkungan, serta metode penanganan bahan baku. Tingginya kandungan protein dan mineral mencerminkan dominasi matriks organik dan anorganik penyusun eksoskeleton udang, sedangkan fraksi karbohidrat mengindikasikan keberadaan kitin sebagai komponen struktural utama. Komposisi ini menunjukkan bahwa cangkang udang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan melalui pendekatan zero waste dalam menghasilkan produk bernilai tambah, seperti kitin, kitosan, hidrolisat protein, dan mineral, sekaligus mendukung pengelolaan limbah industri perikanan yang berkelanjutan.

Rendemen

Rendemen pengolahan kulit udang basah menjadi tepung kulit udang kering pada penelitian ini sebesar $15,42 \pm 0,34\%$. Nilai tersebut sejalan dengan hasil (Sipahutar et al., 2024) sebesar 13,32%, meskipun lebih rendah dibandingkan (Hardoko et al., 2018) melaporkan rendemen 27,18%. Perbedaan rendemen tepung kulit udang dipengaruhi oleh metode pengeringan, kondisi cuaca, kelembapan lingkungan, serta mutu bahan baku. Pengeringan menggunakan sinar matahari sangat bergantung pada kondisi cuaca dan umumnya membutuhkan waktu relatif lama, sekitar 3–5 hari pada paparan matahari penuh tanpa gangguan mendung, sehingga berpotensi menurunkan efisiensi rendemen (Winanti et al., 2013). Selain itu, kualitas limbah udang, khususnya tekstur yang telah melunak akibat penanganan pascapanen yang kurang baik, turut berkontribusi terhadap rendahnya rendemen yang dihasilkan.

Rendemen kitosan hasil proses deasetilasi pada penelitian ini sebesar $21,69 \pm 0,91\%$. Nilai tersebut relatif sejalan dengan laporan penelitian sebelumnya, antara lain (Hossain & Iqbal, 2014) sebesar 15,14%, (Cahyono, 2018) sebesar 14%, (Imtihani & Permatasari, 2020) sebesar 16,21%, serta (Fransisca et al., 2024) sebesar 20,78%. (Dompeipen, 2017) melaporkan rendemen kitin dan kitosan yang lebih tinggi, masing-masing 60,5% dan 63,0%, yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan akibat variasi metode dan kondisi proses. Perbedaan rendemen kitosan

dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku serta parameter deasetilasi, meliputi jenis dan konsentrasi alkali, suhu, dan lama reaksi. Proses deasetilasi memicu pelepasan gugus asetil dari struktur kitin sehingga meningkatkan fraksi kitosan yang terbentuk, sementara perpanjangan waktu reaksi memungkinkan penghilangan gugus asetil berlangsung lebih optimal. Namun, penggunaan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi struktur kitosan menjadi fragmen bermassa molekul lebih kecil yang mudah terlarut dan berpotensi hilang selama tahap penetralan dan pencucian berulang dengan akuades, sehingga memengaruhi nilai rendemen akhir.

Rendemen kitosan larut air (KLA) pada penelitian ini mencapai $23,80 \pm 0,72\%$. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan rendemen KLA yang dilaporkan Sudianto et al. (2020) sebesar $15,00 \pm 0,00\%$, serta sebanding dengan hasil Sipahutar et al. (2024) sebesar $23,96\%$ dan Sipahutar et al. (2025) sebesar $21,69 \pm 0,91\%$. Perbedaan rendemen antara kitosan dan KLA berkaitan dengan tahapan proses yang diterapkan. Kitosan diperoleh melalui serangkaian tahapan ekstraksi dari bubuk kulit udang yang menghilangkan fraksi non-kitinnya, sedangkan KLA diproduksi dari kitosan yang telah terbentuk melalui proses depolimerisasi atau modifikasi struktur, sehingga ikatan rantai kitosan menjadi lebih sederhana dan mudah larut dalam air.

Menurut Imtihani & Permatasari (2020), nilai rendemen kitosan yang tinggi mengindikasikan kemudahan ekstraksi kitosan dari sumber daya hayati yang digunakan. Dengan demikian, variasi rendemen pada setiap tahap pengolahan—mulai dari tepung kulit udang, kitosan, hingga kitosan larut air—mencerminkan pengaruh kompleks dari karakteristik bahan baku, metode ekstraksi, serta parameter proses yang diterapkan, sekaligus menunjukkan potensi optimalisasi proses untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah cangkang udang.

Karakterisasi Kitosan

Warna, Bau, dan Bentuk

Kitosan yang dihasilkan pada penelitian ini berbentuk serbuk berwarna putih kecoklatan dan tidak berbau, menunjukkan keberhasilan proses netralisasi dan pencucian dalam menghilangkan sisa pereaksi secara optimal. Secara visual, karakteristik tersebut memenuhi persyaratan SNI 7949:2013, yakni serbuk dengan warna putih hingga kecoklatan. Warna akhir kitosan dipengaruhi oleh reaksi Maillard yang terjadi selama proses depolimerisasi dan deproteinasi (Tian et al., 2004) Cahyono, 2018), sementara paparan oksigen dalam kondisi terbuka dapat memperlambat atau menghambat reaksi tersebut (Katsuno et al., 2013).

Kitosan larut air (KLA) yang dihasilkan berbentuk serbuk dengan warna putih hingga putih tulang, mencerminkan keberhasilan modifikasi kitosan serta kemurnian produk yang tinggi. Serbuk KLA berkualitas memiliki ukuran partikel halus dan tekstur lembut, sehingga dapat larut

secara cepat dan homogen dalam media berair (Sipahutar et al., 2025). Warna kitosan larut air relatif cerah pada setiap perlakuan, sementara penampakan lebih gelap menunjukkan adanya sisa bahan organik yang belum tereliminasi sepenuhnya. Karakteristik fisik ini menunjukkan bahwa KLA yang diperoleh memenuhi standar kualitas untuk aplikasi berair dan memudahkan proses distribusi dalam larutan.

Kadar Air

Kadar air kitosan yang dihasilkan sebesar $5,24 \pm 0,92\%$, lebih rendah dibandingkan kitosan komersial (12,29%) dan telah memenuhi batas SNI 7949:2013 ($\leq 12\%$), serta sejalan dengan laporan (Abdulkarim et al., 2013) sebesar 8,70% dan (Sudianto et al., 2020) 11,93%. Nilai kadar air dipengaruhi oleh metode pengeringan, lokasi, durasi, suhu, jumlah bahan, dan luas permukaan wadah (Agustina et al., 2015). Kadar air ditentukan dari selisih bobot sampel sebelum dan sesudah pemanasan, yang mencerminkan jumlah air yang menguap. Pengeringan optimal dengan durasi memadai dan wadah berpermukaan luas dapat menurunkan kadar air, sehingga menjaga stabilitas, kesegaran, dan memperpanjang daya simpan kitosan, karena kadar air tinggi berpotensi mempercepat penurunan mutu produk.

Kadar abu

Hasil pengujian menunjukkan kadar abu kitosan sebesar $0,32 \pm 0,41\%$, sejalan dengan laporan sebelumnya, yaitu (Cahyono, 2018) 0,99%, (Kusmiati & Hayati, 2020) 0,645%, (Sudianto et al., 2020) 2,07%, (Azhari et al., 2024) 3,57%, dan (Sipahutar et al., 2024) 0,38%. Nilai ini berada di bawah batas maksimal Standar Nasional Indonesia ($\leq 5\%$), menandakan bahwa kandungan mineral tersisa sangat minimal dan kitosan memiliki kemurnian tinggi. Rendahnya kadar abu mencerminkan keberhasilan proses demineralisasi, yang dipengaruhi oleh penggunaan HCl untuk melarutkan garam kalsium melalui pembentukan CO_2 dan H_2O (Cahyono, 2015) serta pencucian residu hingga mencapai pH netral. Kadar abu yang rendah juga penting untuk mempertahankan kelarutan, viskositas, dan sifat fungsional kitosan, karena kandungan mineral yang tinggi dapat menurunkan karakteristik fisikokimia produk (Mardiana, 2021).

Kadar Lemak

Hasil analisis menunjukkan kadar lemak kitosan sebesar $1,34 \pm 0,72\%$, tergolong rendah dan berada di bawah nilai yang dilaporkan oleh Natalia et al. (2021) sebesar 0,25–0,49% serta Cahyono (2018) sebesar 3,13%. Rendahnya kadar lemak ini menunjukkan efektivitas proses deproteinasi menggunakan larutan basa dan demineralisasi dengan larutan asam dalam mereduksi lemak, protein, mineral, pigmen, dan senyawa organik lainnya. Peningkatan konsentrasi larutan selama proses tersebut berperan penting dalam mendenaturasi komponen non-kitosan dan

melepaskan mineral dari matriks bahan, sehingga menghasilkan kitosan dengan kemurnian yang lebih tinggi.

Total Nitrogen

Kadar nitrogen kitosan pada penelitian ini sebesar $1,01 \pm 1,21\%$, lebih rendah dibandingkan laporan sebelumnya, yaitu (Suptijah et al., 2011) 4,73%, Sudianto et al., (2020) 5,58%, dan (Cahyono, 2018) 2,20%, dengan standar mutu $\leq 5\%$. Rendahnya kadar nitrogen menunjukkan bahwa perombakan rantai asam amino dan denaturasi protein berlangsung efektif, yang didukung oleh konsentrasi alkali dan suhu deasetilasi optimal (Suptijah et al., 2011). Kandungan nitrogen menjadi indikator penting reaktivitas kitosan karena memengaruhi interaksi dengan gugus amina ($-\text{NH}_2$), kemampuan mengikat air, dan kelarutan dalam asam asetat. Nilai nitrogen mencerminkan keberhasilan proses deproteinasi, di mana kadar rendah menandakan pelepasan protein dari matriks kitin berlangsung maksimal (Natalia et al., 2021). Faktor yang memengaruhi kadar nitrogen meliputi metode ekstraksi, lama perendaman, dan konsentrasi NaOH, karena peningkatan alkali mempercepat pembentukan natrium proteinat serta denaturasi protein (Cahyono, 2018; Abdulkarim et al., 2013)

Viskositas

Nilai rata-rata viskositas kitosan yang diperoleh sebesar $215,24 \pm 0,96$ cPs, masih memenuhi standar SNI 7949:2013 (<200 cPs) (BSN, 2013). Viskositas ini lebih rendah dibandingkan hasil Cahyono (2018) sebesar 1.713,04 cPs. Penurunan viskositas terutama dipengaruhi kondisi deasetilasi, khususnya penggunaan NaOH berkonsentrasi tinggi dan waktu reaksi yang lama, yang dapat menurunkan berat molekul kitosan (Nadia et al., 2018). Selain itu, kitosan larut air (KLA) memiliki viskositas lebih rendah dibandingkan kitosan konvensional akibat depolimerisasi rantai molekul selama perlakuan asam asetat dan H_2O_2 , di mana asam asetat memfasilitasi protonasi gugus amina dan H_2O_2 memicu pemutusan rantai polimer, sehingga secara sinergis menurunkan viskositas larutan kitosan.

Derajat Deasetilasi

Hasil analisis menunjukkan derajat deasetilasi kitosan sebesar $89,21 \pm 0,63\%$, melebihi batas minimum SNI 7949:2013 ($\geq 75\%$) dan sejalan dengan laporan sebelumnya, yaitu seperti (Cahyono, 2018) sebesar 98,65%, (Sudianto et al., 2020) 79,1%, (Azhari et al., 2024) 76,65%, (Fransisca et al., 2024) 76,75%, dan (Sipahutar et al., 2024) 80,09%. Sebaliknya, (Dompeipen, 2017) melaporkan derajat deasetilasi lebih rendah, yaitu 37,88% pada kitin dan 53,25% pada kitosan dari kulit udang windu, menegaskan pengaruh signifikan kondisi proses terhadap hasil deasetilasi. Tingginya derajat deasetilasi pada penelitian ini menunjukkan

efektivitas penggunaan NaOH berkonsentrasi tinggi yang meningkatkan aktivitas gugus amina (NH_3^+) dalam menggantikan gugus asetil kitin (Natalia et al., 2021). Peningkatan suhu dan durasi reaksi turut mempercepat pelepasan gugus asetil sehingga derajat deasetilasi meningkat (Fadli et al., 2015). Nilai deasetilasi yang tinggi mencerminkan kemurnian kitosan yang baik dan meningkatnya reaktivitas kimia akibat dominasi gugus amina dibandingkan gugus asetil (Nadia et al., 2014). Semakin tinggi derajat deasetilasi, semakin sedikit gugus asetil yang tersisa, menunjukkan proses deasetilasi berlangsung efektif (Wisuda et al., 2014).

Kelarutan

Hasil analisis menunjukkan kelarutan kitosan dalam larutan asam asetat 2% sebesar $51,5 \pm 0,71\%$. Kelarutan kitosan, termasuk Kitosan Larut Air (KLA), dipengaruhi oleh derajat deasetilasi, berat molekul, dan struktur kristalin. Kitosan dengan derajat deasetilasi (DD) $>70\%$ dapat larut sebagian dalam pH netral, sedangkan kitosan yang larut baik dalam air memiliki DD $>85\%$ (Torgal et al., 2019). Hasil uji menunjukkan kitosan memenuhi persyaratan SNI 7949:2013 dan setara dengan kitosan komersial. Faktor lain yang memengaruhi kelarutan meliputi berat molekul dan struktur kristalin kitosan; semakin tinggi kelarutan dalam asam asetat, semakin baik mutu kitosan yang dihasilkan (Agustina et al., 2015)

Kitosan larut air (KLA) menunjukkan kelarutan lebih tinggi dalam asam asetat dibandingkan air, dengan tingkat kelarutan 92,5% dalam asam asetat dan 85% dalam aquades pada derajat deasetilasi (DD) $>85\%$ (Torgal et al., 2019), sejalan dengan temuan (Zhang et al., 2009) yang menyatakan kitosan lebih mudah larut dalam asam asetat. Proses deasetilasi dan depolimerisasi yang optimal meningkatkan kelarutan dengan menurunkan berat molekul dan memperpendek rantai polimer sehingga memudahkan disosiasi (Santoso et al., 2020; Tanasale et al., 2019). Sifat ini menjadikan KLA berpotensi untuk berbagai aplikasi bioaktif, termasuk sebagai penghantar obat, gen, dan peptida.

SIMPULAN

Limbah cangkang udang memiliki potensi tinggi sebagai sumber kitin yang dapat dikonversi menjadi kitosan dan kitosan larut air (KLA) melalui proses demineralisasi, deproteinasi, deasetilasi, dan depolimerisasi. Kitosan yang dihasilkan memenuhi standar mutu, sedangkan KLA menunjukkan rendemen dan kelarutan yang lebih baik akibat penurunan berat molekul dan modifikasi struktur. Pemanfaatan ini meningkatkan nilai tambah limbah perikanan, mendukung konsep zero waste, dan berpotensi luas untuk aplikasi pangan, farmasi, kosmetik, dan biomedis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkarim, A., Isa, N. T., & Abdulsalam, S. (2013). Extraction and characterisation of chitin and chitosan from Mussel shell. *Civil and Enviroment Research*, 3(2), 108–114.
- Agusnar, H., & Ilyas, S. (2022). Provision of Oligomer Chitosan from Square Rawan Bonds (Squilla mantis) as Effectanti Microba. *ABDIMAS TALENTA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(1), 156–169. <https://doi.org/10.32734/abdimastalenta.v7i1.4195>
- 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.
- Azhari, L. P., Sipahutar, Y. H., & Masengi, S. (2024). Karakterisasi Kimia dan Optimalisasi Pembuatan Kitosan dari Kulit Udang Vaname (Penaeus vannamei). *In Prosiding Seminar Nasional Ikan XII, 8 Juni 2024*, 369–377.
- Azizati, Z. (2019). Pembuatan dan Karakterisasi Kitosan Kulit Udang Galah. *Walisongo Journal Od Chemistry*, 2(1), 10–16.
- Biskup, R. C.-, Jarosińska, D., Rokita, B., Ulański, P., & Rosiak, J. M. (2012). Determination of degree of deacetylation of chitosan - Comparision of methods. *Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives*, 2012(January 2016), 5–20.
- Cahyono, E. (2018). Karakteristik Kitosan dari Limbah Cangkang Udang Windu (Panaeus monodon). *Akuatika Indonesia*, 3(2), 96. <https://doi.org/10.24198/jaki.v3i2.23395>
- Dompeipen, E. J. (2017). Isolasi dan Identifikasi Kitin dan Kitosan dari Kulit Udang Windu (Penaeus monodon) dengan spektroskopi Inframerah. *Ejournal of Industrial System Portal*, 13(01), 31–41.
- Elieh-Ali-Komi, D., & Hamblin, M. R. (2016). Chitin and Chitosan: Production and Application of Versatile Biomedical Nanomaterials. *Int J Adv Res (Indore).*, 4(3), 411–427. <https://doi.org/10.2307/4145104>
- Elu, M., Husain, R., & Suherman, S. P. (2023). Karakteristik Organoleptik dan Kimia Pukis Tepung Talas (Xanthosoma Sagitifolium) yang Difortifikasi Dengan Tepung Kulit Udang Vaname (Ditopenaeus Vannamei). *Research Review Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(1), 274–279.
- Fadli, A., Drastinawati, Alexander, O., & Huda, F. (2015). Pengaruh Rasio Massa Kitin/NaOH dan Waktu Reaksi terhadap Karakteristik Kitosan yang Disintesis dari Limbah Industri Udang Kering. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 18(2), 61–67. <https://doi.org/10.17146/jsmi.2017.18.2.4166>

- Fransischa, S. A., Sipahutar, Y. H., & Prayudi, A. (2024). Karakteristik Kitosan dari Cangkang Udang Windu (*Panaeus monodon*). In *Prosiding Seminar Nasional Ikan XII, 8 Juni 2024*, 361–367.
- Hardoko, Soegiharto, W., & Eveline. (2018). Pembuatan Glukosamin dari Kulit Udang Windu (*Panaeus monodon*) Melalui Hidrolisis dengan HCl Teknis dan Pemanasan. *Prosiding Simposium Nasional Kelautan Dan Perikanan V*, 157–172.
- Hossain, M. S., & Iqbal, A. (2014). Production and Characterization of Chitosan From Shrimp Waste. *J. Bangladesh Agril. Univ*, 12(1), 153–160.
- Imtihani, H. N., & Permatasari, S. N. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Kitosan dari Limbah Kulit Udang Kaki Putih (*Litopenaeus vannamei*). *Simbiosis*, 9(2), 129. <https://doi.org/10.33373/sim-bio.v9i2.2699>
- Katsuno, S., Shimamura, T., Kashiwagi, T., Izawa, N., & Ukeda, H. (2013). Effects of dissolved oxygen on the Maillard reaction during heat treatment of milk. *International Dairy Journal*, 33(1), 34–37. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.05.020>
- Kusmiati, A. R., & Hayati, N. (2020). Pemanfaatan Kitosan Dari Cangkang Udang sebagai Adsorben Logam Berat Pb pada Limbah Praktikum Kimia Farmasi. *Indonesian Journal of Laboratory*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.22146/ijl.v3i1.60789>
- Mardiana, U. (2021). Isolasi dan Karakterisasi Kitosan pada Kerang Darah. *Journal of BTH Medical Laboratory Technology*, 1(1), 1–9.
- Matheis, Telussa, I., Sekewael, S. J., & Kakerissa, L. (2016). Ekstraksi dan Karakterisasi Kitosan dari Kulit Udang Windu (*Panaeus monodon*) serta Proses Depolimerisasi Kitosan dengan Hidrogen Peroksida Berdasarkan Variasi Suhu Pemanasan. *J. Chem. Res*, 3(2), 308–316.
- Nadia, L. M. H., Suptijah, P., & Ibrahim, B. (2014). Produksi dan Karakterisasi Nano Kitosan dari Cangkang Udang Windu dengan Metode Gelasi Ionik. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 17(2), 119–126. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v17i2.8700>
- Natalia, D. A., Dharmayanti, N., & Dewi, F. R. (2021). Produksi Kitosan dari Cangkang Rajungan (*Portunus sp.*) pada Suhu Ruang. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(3), 301–309. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v24i3.36635>
- Permadi, A., Afifah, R. A., Apriani, D. A. K., & Ariyani, F. (2022). Water Soluble Chitosan from Green Mussel (*Perna viridis*) Shells and Its Use As Fat-Absorber In Cookies. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 17(3), 168–176. <https://doi.org/10.15578/squalen.731>
- Prastiwi, R., Elya, B., Hanafi, M., Desmiaty, Y., & Sauriasari, R. (2020). The Antioxidant Activity

- of *Sterculia stipulata* Korth Woods and Leaves by FRAP Method. *Pharmacognosy Journal*, 12(2), 236–239. <https://doi.org/10.5530/pj.2020.12.36>
- Saleh, C. W., Harmami, & Ulfin, I. (2017). Pengendalian Korosi menggunakan Inhibitor Kitosan Larut Air untuk Baja Lunak dalam Media HCl 1M. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(1), 1–4.
- Saman, W. R., & Lapamona, O. (2024). Pemanfatan Limbah Udang (*Litopenaeus vannamei*) dengan penabahan Ekstrak Kunyit (*Curcuma domestica*) dalam pembuatan Kaldu Bubuk. *Jambura Fish Processing Journa*, 6(1), 42–51.
- Santoso, J., Adiputra, K. C., Soerdirga, L. C., & Tarman, K. (2020). Effect of acetic acid hydrolysis on the characteristics of water soluble chitosan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 414(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/414/1/012021>
- Sinardi, S., Fajar, U., & Iryani, A. S. (2017). Kitosan sebagai Bahan Antibakteri Alternatif dalam Formulasi Gel Pembersih Tangan Pendahuluan Era modern seperti saat ini membuat masyarakat cenderung menyukai. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Teknik UNIFA Makassar*, 1(November). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21277.26081>
- Sipahutar, Y. H., Hutapea, N. S., Affifah, R. A., & Sitorus, P. P. R. (2024). Isolasi Kitosan dari Limbah Kulit Udang Vaname. In *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Indonesia Ke-25*, 219–233. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15578/psnp.15291>
- Sipahutar, Y. H., Prayudi, A., Handoko, Y. P., Lisandry, M., Sayuti, M., Siregar, A. N., Samanta, P. N., & Sitorus, P. P. R. (2025). Characteristic of Body Lotion From Chitosan and Alginat (*Sargassum* sp.) Nanoparticles. *JPHPI (Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia)*, 28(11), 0–6.
- Sudianto, Heri Suseno, S., & Suptijah, P. (2020). Optimasi Produksi Kitosan Larut Air menggunakan Metode Hidrolisis Bertekanan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3), 441–446. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i3.30022>
- Sujatmiko, M., Nurilmala, M., & Tarman, K. (2023). Ekstraksi dan Karakterisasi Glukosamin dari Cangkang Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan metosde Hidrolisis. *JPHPI (Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia)*, 26(2), 326–339. <https://doi.org///dx.doi.org/10.17844/jphpi.v26i2.45668>
- Suptijah, P., Jacoeb M., A., & Rachmania, D. (2011). Karakterisasi Nano Kitosan Cangkang Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) dengan Metode Gelasi Ionik. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, XIV(2), 78–84.
- Tanasale, M. F. J. D. P., Bijang, C. M., & Rumpakwara, E. (2019). Preparation of Chitosan with Various Molecular Weight and Its Effect on Depolymerization of Chitosan with Hydrogen

- Peroxide using Conventional Technique. *International Journal of ChemTech Research*, 12(01), 112–120. <https://doi.org/10.20902/ijctr.2019.120113>
- Tian, F., Liu, Y., Hu, K., & Zhao, B. (2004). Study of the depolymerization behavior of chitosan by hydrogen peroxide. *Carbohydrate Polymers*, 57(1), 31–37.
- Torgal, F. P., Ivanov, V., Karak, N., & Jonkers, H. (2019). Biopolymers and Biotech Admixtures for Eco-Efficient Construction Materials. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1).
- Tungtong, S., Okonogi, S., Chowwanapoonpohn, S., Phutdhawong, W., & Yotsawimonwat, S. (2012). Solubility, viscosity and rheological properties of water-soluble chitosan derivatives. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 6(2), 315–322.
- Wardaniati, A. R., & Setyaningsih, S. (2009). *Pembuatan Chitosan dari Kulit Udang dan Aplikasinya untuk Pengawetan Bakso*. 1–5.
- Wibowo, E. A., & Prasetyo, E. (2015). Analisa Pengaruh Gaya Kepemimpinan Terhadap Motivasi Kerja Karyawan Di Restoran X. *Jurnal Hospitality Dan Manajemen Jasa*, 1(1), 354–370. <http://studentjournal.petra.ac.id/index.php/manajemen-perhotelan/article/view/2856>
- Widiyanti, A., & Hamidah, L. N. (2021). Pengolahan Limbah Cair Bekas Pencucian Ikan Menggunakan Scirpus grossus. *Journal of Research and Technology*, VII(2460), 61–69.
- Winanti, E. R., Andriani, M., & Nurhartadi, E. (2013). Pengaruh Penambahan BIT (Beta vulgaris) sebagai pewarna alami terhadap karakteristik Fisikokimia dan sensori sosis daging sapi. *Jurnal Teknosains Pangan Oktober Jurnal Teknosains Pangan*, 2(4), 2302–2733. www.ilmupangan.fp.uns.ac.id
- Wisuda, S., Buchari, D., & Loekman, S. (2014). Pemanfaatan Kitosan dari Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) Pada Pembuatan Hand Body Cream. *JOM Faperikan UNRI*, 1–12.
- Younes, I., & Rinaudo, M. (2015). Chitin and chitosan preparation from marine sources. Structure, properties and applications. *Marine Drugs*, 13(3), 1133–1174. <https://doi.org/10.3390/md13031133>
- Zhang, H. L., Wu, S. H., Tao, Y., Zang, L. Q., & Su, Z. Q. (2009). Preparation and characterization of water-soluble chitosan nanoparticles as protein delivery system. *Journal of Nanomaterials*, 2010(ID 898910,). <https://doi.org/10.1155/2010/898910>