

ISOLASI DAN KARAKTERISASI KITOSAN DARI CANGKANG KERANG KIJING (*Pilsbryconcha exilis*)

ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF CHITOSAN SHELL OF KIJING SHIELD (*Pilsbryconcha exilis*)

Nelsi Afriati¹, Ridwanto Ridwanto^{1*}, Rafita Yuniarti¹, Zulma Rani¹

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muslim Nusantara Al
Washliyah, Jl. Garu II No. 93, Medan
ridwanto@umnaw.ac.id¹

Alamat Korespondensi:

*Anggitha Ningtias: Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muslim
Nusantara Al-Washliyah, Jl. Garu II No. 93, Medan, 20147
No. HP: 081373017243.

*E-mail: anggithaningtias17@gmail.com

ABSTRAK

Limbah laut yang melimpah di Indonesia bisa dipergunakan menjadi sumber kitin. Limbah dari hewan bersisik keras atau kerang-kerangan mengandung senyawa kitin. Kerang kijing (*Pilsbryconcha exilis*) adalah jenis kerang yang tinggal menempel atau berada pada dasar sungai. Salah satu strategi pengelolaan limbah cangkang kerang kijing adalah dengan mengolahnya menjadi bahan baku kitosan. Kitosan sendiri ialah polimer linear yang didapat melalui kitin melalui proses deasetilasi. Untuk menentukan gugus fungsi dan sifat kitosan, digunakan analisis Fourier Transform Infrared (FTIR). Prosedur isolasi yang diterapkan meliputi deproteinasi, demineralisasi, depigmentasi, dan deasetilasi. Hasil penelitian menunjukkan derajat deasetilasi sebesar 75,53%, menghasilkan serbuk halus dengan warna putih kekuningan dan tidak berbau. Dari uji kelarutan, kitosan larut dalam asam asetat. Kadar air yang didapat adalah 2,66% dan kadar abu 0,32%. Dengan demikian, limbah cangkang kerang kijing berhasil terisolasi secara baik dan mencapai pemenuhan standar SNI, dengan derajat deasetilasi $\geq 75\%$.

Kata Kunci: Isolasi, Kitosan, Kerang kijing

ABSTRACT

Significant marine waste in Indonesia may serve as a source of chitin. Animal waste with hard shells or shellfish contains chitin compounds. Kijing shell (*Pilsbryconcha exilis*) is a shellfish that lives on the riverbed. One effort to reduce *Pilsbryconcha exilis* shell waste is by utilizing the shells as a material for making chitosan. Chitosan is a linear polymer made from chitin after undergoing a deacetylation process. To identify the functional components and properties of chitosan, it was identified using Fourier infrared (FTIR). The isolation methods used were deproteinization, demineralization, depigmentation, and deacetylation. The results showed that the degree of deacetylation obtained was 75.53% in the form of a fine, yellowish-white powder with no odor. Solubility test: chitosan is soluble in acetic acid. The moisture content obtained was 2.66% and the ash content was 0.32%. The kijing shell waste was declared to be well isolated and met the requirements of SNI with a degree of deacetylation $\geq 75\%$.

Keywords: Isolation, Chitosan, Kijing shell

PENDAHULUAN

Limbah laut yang melimpah di perairan Indonesia memiliki potensi sebagai sumber kitin. Material kerang memuat kandungan senyawa kitin, yang ialah elemen primer pada eksoskeleton udang, kerang, tulang rawan cumi-cumi, kepiting, serta lapisan luar serangga. Kandungan kitin pada cangkang kering kerang biasanya berkisar antara 20–50%.

Kerang kijing (*Pilsbryoconcha exilis*) ialah jenis bivalvia yang tinggal di dasar sungai berlumpur atau berpasir, khususnya di perairan dengan suhu rendah. Dagingnya dimanfaatkan sebagai bahan pangan, sementara cangkangnya sering dianggap limbah. Salah satu upaya pengelolaan limbah ini adalah memanfaatkan cangkang sebagai bahan baku dalam produksi kitosan (Nurhamzah et al., 2024).

Ukuran cangkang kerang bervariasi, dengan tinggi 31–47 mm, ketebalan 13–34 mm, dan panjang 72–103 mm. Peningkatan panjang cangkangnya biasanya diikuti oleh pelebaran serta penebalan cangkang. Cangkang yang panjangnya kurang dari 90 mm berwarna lebih terang, mulai dari kuning sampai cokelat, dengan garis pertumbuhan yang jelas. Sebaliknya, cangkang yang lebih panjang cenderung berwarna lebih gelap sehingga garis pertumbuhannya kurang tampak. Komposisi cangkang kerang terdiri dari 39,55% kalsium karbonat (CaCO_3) dan 0,72–0,75% kitin (Sofiyani, 2022).

Kitin termasuk salah satu dari tiga polisakarida yang seringkali ditemui di alam, bersanding dengan selulosa dan pati. Kitin ialah senyawa organik kedua terbanyak setelah selulosa, terutama ditemukan pada eksoskeleton hewan laut, seperti kerang (14–35%), kepiting (50–60%), cumi-cumi (40%), dan udang (42–57%) (Rachmadianty et al., 2021).

Kitosan ialah polimer linier yang dihasilkan dari kitin melalui proses deasetilasi. Kitin terbuat dari unit N-asetilglukosamin yang terikat pada mineral dan protein di eksoskeleton krustasea. Karena strukturnya mirip dengan selulosa, kitin sering dikategorikan sebagai turunannya, meskipun terdapat perbedaan penting. Perbedaan utama berfokus dengan gugus fungsional yang melekat di atom C-2 dalam unit glukosa; pada selulosa, C-2 mempunyai gugus hidroksil ($-\text{OH}$), sementara pada kitin, gugus ini diganti dengan gugus asetamid ($-\text{NHCOCH}_3$), yang tersusun dari satu molekul asam asetat serta satu molekul amonia (Kanani et al., 2023).

Kitosan termasuk polisakarida linier yang tersusun dari residu β -(1 $\rightarrow$ 4) N-asetil-2-amino-2-deoksi-D-glukosa (GlcNAc) dan 2-amino-2-deoksi-D-glukosa (GlcN) (Putri, 2024).

Proses pembuatan kitosan mencakup keterlibatan tiga tahapan mendasar, yaitu deproteinasi, demineralisasi, serta deasetilasi. Kehadiran gugus fungsional OH dan NH₂ pada spektrum FTIR menunjukkan terbentuknya kitosan. Sifat fisik, kimia, dan biologis kitosan sangatlah terpengaruh dengan derajat deasetilasinya. Sesuai standar Badan Standardisasi Nasional, kitosan dengan derajat deasetilasi lebih dari 75% dikategorikan aman untuk penggunaan umum (SNI 7949, 2013). Dalam bidang farmasi, Farmakope Eropa 6.0 (Eur: Ph 6.0) dan Farmakope Amerika Serikat 34-NF 29 (USP 34-NF 29) menetapkan standar derajat deasetilasi kitosan antara 70%–95% (Eur: Ph 6.0, 2007; USP 34-NF 29, 2011) (Taufik et al., 2025).

METODE

Lokasi dan Jadwal Penelitian

Penelitiannya dilaksanakan di Laboratorium Terpadu dan Laboratorium Mikrobiologi Farmasi Universitas Muslim Nusantara Al Washliyah Medan, di bulan Desember– April 2025.

Alat

Berbagai alat yang dipergunakan yaitu belender, beaker glass, gelas ukur, erlenmeyer, batang pengaduk, oven, tanur, ayakan mesh 40, corong, neraca analitik, magnetic stirrer, hot plate, pH elektroda, kertas saring, FTIR (shimadzu).

Bahan

Bahan – bahan yang dipakai adalah limbah cangkang kerang kijing (*Pilsbryconcha exilis*), NaOH, HCL, asam asetat glasial, aquadest, NaOCL.

Prosedur Kerja

Pengambilan simplisia

Penelitian ini pengambilan sampel cangkang kerang Kijing (*Pilsbryconcha exilis*) dilakukan secara purposive sampling (Sulasmi & Sianipar, 2025), yaitu mengambil sampel dengan sengaja dari suatu daerah tanpa membandingkan dengan daerah lain. Kerang Kijing (*Pilsbryconcha exilis*) yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari

perairan Sungai Rambai, Kelurahan Tuggurono, Kecamatan Binjai Timur, Kota Binjai, Provinsi Sumatera Utara.

Proses Isolasi Kitosan dari Cangkang Kerang Kijing Deproteinasi

Limbah cangkang dipanaskan bersuhu 80°C dalam waktu satu jam dengan melibatkan penggunaan larutan NaOH sebagai agen penguraian protein. Bubuk cangkang yang telah diayak dicampur dengan larutan NaOH 4% dalam komparasi 1:10 (w/v) di dalam gelas kimia, selanjutnya dipanaskan bersuhu 90°C dalam waktu 60 menit sambil diaduk dengan penggunaan pengaduk magnetik, lalu didinginkan. Kemudian, bubuk cangkang disaring menggunakan kertas saring, dinetralkan dengan air suling, dan dikeringkan pada oven bersuhu 60°C dalam waktu empat jam (Rizki et al., 2023).

Dimineralisasi

Bubuk cangkang hasil deproteinasi direaksikan pada HCl 2N dalam komparasi 1:5 (w/v) menggunakan pengaduk magnetik selama 60 menit pada suhu 90°C. Sesudahnya, bubuk cangkangnya disaring melalui kertas saring serta dinetralkan dengan air suling. Padatan yang didapat selanjutnya dikeringkan pada oven bersuhu 60°C dalam waktu empat jam (Sepvina et al., 2022).

Depigmentasi

Bubuk cangkang hasil demineralisasi dicampur pada larutan NaOCl 4% dalam komparasi 1:10 (w/v) dalam waktu satu jam bersuhu ruang. Sesudah reaksi, bubuk cangkang disaring menggunakan kertas saring dan dinetralkan dengan air suling. Padatan yang dihasilkan dijalankan pengeringan pada oven bersuhu 60°C dalam waktu empat jam (Sepvina et al., 2022).

Deasetilasi Kitin Menjadi Kitosan

Bubuk cangkang yang sudah kehilangan pigmen direaksikan pada larutan NaOH 50% dalam perbandingan 1:20 (w/v) dalam waktu satu jam bersuhu 100°C. Sesudah mendingin, dilakukan penyaringan dan penetralan dengan air suling. Padatan yang diperoleh kemudian dikeringkan pada oven bersuhu 100°C dalam waktu 80 menit untuk menghasilkan bubuk kitosan (Sepvina et al., 2022).

Karakterisasi kitosan Cangkang Kerang Kijing

Pemeriksaan karakterisasi kitosan dari cangkang kerang kijing air tawar (*Pilsbryoconcha exilis*) meliputi; pemeriksaan organoleptis, rendemen, kadar abu, kadar air, kelarutan kitosan.

Pemeriksaan Organoleptis

Serbuk cangkang kerang kijing (*Pilsbryoconcha exilis*) yang sudah melalui proses demineralisasi, deproteinasi, depigmentasi, dan deasetilasi dievaluasi dari segi bentuk, aroma, dan warna untuk memastikan kesesuaian dengan standar internasional.

Kadar Air

Kadar air ditentukan dengan menimbang 0,5 g kitosan pada cawan porselen. Selanjutnya, sampel dijalankan pemanasan pada oven bersuhu 105°C dalam waktu dua jam, kemudian diletakkan pada desikator dalam waktu 30 menit sebelum ditimbang kembali (Rizki et al., 2023).

Kadar Abu

Untuk pengukuran kadar abu, 0,5 g kitosan diletakkan pada cawan yang sudah ditimbang sebelumnya, selanjutnya dipanaskan pada tungku bersuhu 500°C dalam waktu empat jam hingga seluruhnya menjadi abu. Abu kitosan ditempatkan dalam desikator sebelum dilakukan penimbangan (Pratiwi & Ridwanto, 2022). Analisis kadar abu dilakukan dengan metode pengabuan pada suhu 600°C, dengan batas kualitas yang ditetapkan sebesar 5% (Angelina et al., 2025).

Kelarutan Kitosan

Kitosan larut pada larutan asam asetat 2% dengan pengadukan hingga tercampur homogen (Rizki et al., 2023).

Rendemen

Persentase berat kitosan yang diperoleh dibandingkan dengan berat awal kitin digunakan untuk menentukan efisiensi konversi kitin menjadi kitosan (Rizki et al., 2023). Persentase rendemen kitosan ditentukan dengan membandingkan berat kitosan yang diperoleh oleh berat awal cangkang rajungan sebelum proses. Perhitungan rendemen dijalankan melalui penggunaan rumus ini (Natalia et al., 2021):

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat kitosan yang dihasilkan}}{\text{berat cangkang rajungan}} \times 100\%$$

Analisa Gugus Fungsi dengan Menggunakan FTIR

Analisis gugus fungsi senyawa kitosan melibatkan penggunaan instrumen FTIR melalui teknik Spektroskopi Reflektansi Difus. Serbuk kitosan kering dicampurkan dengan KBr sebanyak 1% dari massa KBr, kemudian campuran ini dimasukkan ke dalam wadah sampel. Analisis spektrum dilakukan menggunakan instrumen FTIR. Derajat deasetilasi kitosan bisa ditetapkan dengan spektrum FTIR melalui metode garis dasar sesuai pedoman yang dikembangkan oleh Domszy dan Robert. Persamaan yang dipakai adalah sebagai berikut (Andini et al., 2021)

$$\%DD = 1 - \left(\frac{A_{1647}}{A_{3410}} \times \frac{1}{1,33} \right)$$

Keterangan:

A1647 = Nilai absorbansi pada panjang gelombang 1647 cm⁻¹ yang menunjukkan serapan gugus -NH

A3410 = Nilai absorbansi pada panjang gelombang 3410 cm⁻¹ yang menunjukkan serapan gugus -O

1,33 = Konstanta yang digunakan untuk menghitung derajat deasetilasi penuh

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Isolasi Kitosan Kijing

Proses deproteinasi ditujukan guna memisahkan protein pada bahan dasar cangkang menggunakan larutan basa. Kerang kijing yang dihasilkan dari proses pengayakan yaitu 100 gram selanjutnya dilarutkan dengan NaOH 4 % dengan perbandingan 1:10, dan ditimbang 4 g NaOH yang telah diencerkan dengan aquadest sebanyak 1 L. Kemudian dipanaskan diatas hotplate sambil diadukan dengan penggunaan magnetic stirrer dalam waktu 1 jam bersuhu 100°C. Tahap pengadukan disertai pemanasan bertujuan mempercepat interaksi antara ujung rantai protein dan NaOH, sehingga pemecahan serta pengendapan proteinnya terjadi secara efektif. Selanjutnya, residu disaring sambil dibilas dengan air suling untuk menetralkan sisa larutan yang tertinggal. Residu yang telah didapat dimasukkan pada oven bersuhu 60°C dalam waktu 4 jam. Hasil deproteinasi menunjukkan penurunan berat sampel dan diperoleh hasilnya yaitu 88,45 g dan hasil randemen sebesar 88,45%

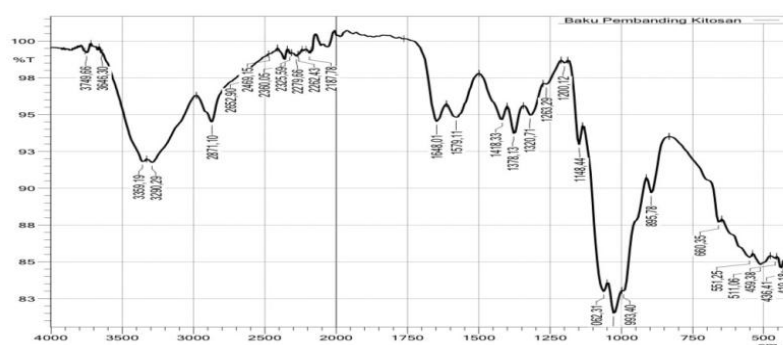
Proses demineralisasi, khususnya tahap pemisahan mineral, ditandai dengan munculnya gelembung CO₂ setelah penambahan larutan HCl ke dalam sampel. Untuk menghindari reaksi berlebihan, HCl ditambahkan secara bertahap. Berat sampel setelah demineralisasi tercatat 44,85 g, sedangkan setelah deproteinasi mencapai 88,45 g. Teknik demineralisasi ini menyebabkan penurunan berat sampel sekitar 50,70% dibandingkan setelah deproteinasi, menunjukkan berkurangnya kandungan mineral. Tahap demineralisasi sangat krusial dalam isolasi kitin karena hasilnya memengaruhi kualitas, khususnya pada pengukuran kadar abu; makin rendahnya kadar abu, makin baiknya kualitas kitin yang didapat.

Prosedur depigmentasi berfungsi menghilangkan pigmen warna pada sampel, yang terlihat dari perubahan warna bubuk cangkang kerang dari abu hingga putih. Setelah depigmentasi, berat sampelnya menjadi 37,05 g, dibandingkan 44,85 g setelah demineralisasi. Hasil ini menunjukkan penurunan berat sekitar 82,60% pasca demineralisasi.

Tahap deasetilasi kitin menjadi kitosan melibatkan pengurangan gugus asetil pada kitin untuk menghasilkan kitosan. Proses ini menghasilkan sampel seberat 18,35 g, berbeda dari 37,05 g setelah depigmentasi. Data ini menunjukkan bahwa deasetilasi menyebabkan penurunan berat sampel sebesar 49,52% dari hasil depigmentasi.

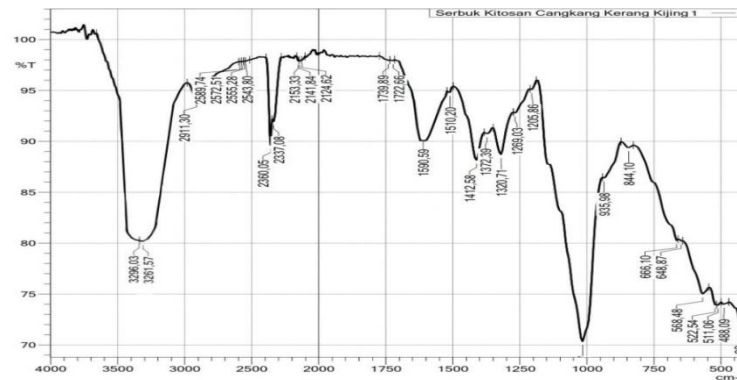
Hasil Pengujian Kemurnian Kitosan Baku dan Hasil Isolasi Kitosan Kerang Kijing Menggunakan FT-IR

Hasil kitosan baku



Gambar 1. Hasil Spektrum Kitosan Baku

Hasil isolasi kitosan kerang kijing



Gambar 2. Hasil Spektrum Kitosan Isolasi

Tabel 1. Perbandingan Spektrum IR Kitosan Baku Dan Kitosan Isolasi

Jenis vibrasi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	
	Kitosan baku	Kitosan isolasi
O-H & N-H stretching	3359,19	3296,03
Vibrasi peregangan simetris C-H Alifatik	2871,10	2911,30
Vibrasi peregangan C=O	1648,01	1590,59
Vibrasi peregangan C-O	1253.73	-
Vibrasi peregangan simetris C-N	1145.72	-
Vibrasi peregangan C-O-C	1068.56	1205,86
Vibrasi ulur β-1,4-glikosidik	895.78	844,10

Hasil Karakterisasi Kitosan

Kitosan hasil isolasi kemudian dianalisis melalui serangkaian metode karakterisasi khusus untuk memastikan kesesuaian dengan standar yang berlaku. Evaluasi ini mencakup sifat organoleptik seperti tekstur, warna, dan aroma, efisiensi konversi kitin menjadi kitosan, kadar air, kandungan abu, kemampuan larut kitosan, serta tingkat deasetilasi.

Tabel 2. Hasil Karakterisasi Isolasi Kitosan Dan Perbandingan Dengan ISN

Parameter	SNI (NO.7949, Tahun 2013)	Hasil
Organoleptis :		
Warna	Coklat muda sampai Putih	Putih kekuningan
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau
Tekstur	Serpihan dan serbuk halus	Serbuk
Kadar air	≤ 12%	2,66%
Kadar abu	≤ 5%	0,32%
Kelarutan	Larut	Larut
Derajat deasetilasi	≥ 75%	75,53 %

Rendeman Kitosan

Hasil konversi kitin menjadi kitosan dihitung dari persentase berat kitosan yang diperoleh dibandingkan oleh berat kitin awal. Untuk kerang kijing, tingkat konversi ini mencapai 49,52%, menghasilkan kitosan berupa serbuk berwarna putih kecoklatan dengan tekstur halus dan tanpa aroma.

Tabel 3. Nilai kadar sebenarnya flavonoid total

Berat serbuk awal (g)	100
Berat hasil deproteinasi (g)	88,45
Berat hasil dimineralisasi (g)	44,85
Berat hasil dipigmentasi (g)	37,05
Berat hasil deasetilasi (g)	18,35
Rendemen kitosan (%)	49,52

KESIMPULAN

Temuan memperlihatkan bahwasanya limbah cangkang kerang kijing berhasil diisolasi secara efektif dan memenuhi standar SNI, dengan derajat deasetilasi sebesar 75,53%. Produk akhir berbentuk serbuk halus berwarna putih kekuningan tanpa aroma, memiliki kadar air 2,66% dan kandungan abu 0,32%.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, A., Prayekti, E., Triasmoro, F., & Kamaliyah, I. N. (2021). Pengaruh Penggunaan Jenis Pelarut dalam Uji Sitotoksitas Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT) pada Wound Dressing Kolagen-Kitosan. *Al-Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 8(1), 15–20.
- Angelina, D., Indrayani, G., & Fithri, A. (2025). ORIGINAL ARTICLE Edible Coating of Snail Shell Chitosan on the Physicochemical Quality of Tamarillo (*Solanum betaceum*) Pelapisan (Edible Coating) Kitosan Cangkang Bekicot terhadap Mutu Fisikokimia Terung Belanda (*Solanum betaceum*) Abstrak Pendahuluan. 8(2), 1194–1215.
- Kanani, N., Wardhono, E. Y., & Adiwibowo, M. T. (2023). Jurnal Integrasi Proses Website : [Http://Jurnal.Untirta.Ac.Id/Index.Php/Jip](http://Jurnal.Untirta.Ac.Id/Index.Php/Jip) Ekstraksi Kitosan Berbasis Cangkang Keong Mas (*Pomacea Canaliculata*) Menggunakan Gelombang Ultrasonikasi 1 Program Studi Teknik Kimia , Fakultas Teknik , Universitas Sultan Ageng Tirtayasa , Cilegon , 2 Program Studi Teknik Mesin , Fakultas Teknik , Universitas Sultan Ageng Tirtayasa , Cilegon , 2 Laboratorium Valorisasi Biomassa , Center of Excellent , Universitas Sultan Ageng Tirtayasa , Cilegon , 42435 , Indonesia * Email : nufus.kanani@untirta.ac.id. 12(2), 73–80.
- 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.
- Nurhamzah, R., Hasan, T., & Dwijayanti, E. (2024). Karakterisasi Kitosan Dan Nanokitosan Pada Cangkang Kerang Kijing (*Plisbryoconcha Exilis*) Asal

- Kabupaten Maros Menggunakan Ftir Dan Sem. *AlGhazali Journal of Chemistry and Science Technology*, 1(01), 24–35. <https://journal-uim-makassar.ac.id/index.php/ajocest/article/view/805>
- Pratiwi, A., & Ridwanto, R. (2022). Uji toksisitas kitosan cangkang kerang tahu (*Meretrix Meretrix L.*) dengan metode brine shrimp lethality test (BSLT). *Jurnal Farmasi Klinik Dan Sains*, 2(2), 7–13.
- Putri, Q. H. (2024). Biological Activities and Application of Chitosan Compound in Various Human Diseases. 8, 37–45.
- Rachmadianty, A., Aryati, F., & Sastyarina, Y. (2021). Isolasi dan Karakterisasi Kitin dari Limbah Cangkang Kerang Asia (*Corbicula fluminea*): Isolation and Characterization of Chitin from Asian Shell Waste (*Corbicula fluminea*). *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, 14, 31–36.
- Rizki, D., Ridwanto, & Rani, Z. (2023). Isolasi Dan Identifikasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Bulu (*Anadara antiquata*). *Media Farmasi*, 19(2), 74–80.
- Sepvina, N. I., Ridwanto, R., & Rani, Z. (2022). Uji Toksisitas Kitosan Cangkang Kerang Bulu (*Anadara Antiquata*) Dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (Bslt). *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina (JIIS): Ilmu Farmasi Dan Kesehatan*, 7(2), 380–389. <https://doi.org/10.36387/jiis.v7i2.1023>
- Sofiyani, R. (2022). Pemanfaatan Cangkang Kerang Kijing (*Pilsbryoconcha Exilis*) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Rph (Skripsi Sarjana, Tidak Dipublikasikan). Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
- Sulasmi, S., & Sianipar, M. P. (2025). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang Bulu (*Anadara antiquata*), Kerang Hijau (*Perna viridis*), Dan Kerang Daggu (*Anadara granosa*) Di Perairan Belawan Dengan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 8(1), 928–934.
- Taufik, A., Alawiyah, G., Rahayu, S., Kurniawidi, D. W., Triyana, D., Purnaning, D., & Amin, M. (2025). Isolation of Chitosan Biopolymer from Nacre (*Pinctada maxima*) as Bone Scaffold Candidate Isolasi Biopolimer Kitosan dari Nacre (*Pinctada maxima*) sebagai Kandidat Scaffold Tulang. 12(1), 20–26.