

SINTESIS DAN APLIKASI KITOSAN DARI CANGKANG KERANG HIJAU SEBAGAI BIOPOLIMER FUNGSIONAL PADA PENGOLAHAN AIR

SYNTHESIS AND APPLICATION OF CHITOSAN DERIVED FROM GREEN MUSSEL SHELLS AS A FUNCTIONAL BIOPOLYMER FOR WATER TREATMENT

Euis Kusniawati¹⁾, Rahma Nuryanti²⁾, Muhammad Samuel³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Analisis Laboratorium Migas, Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

Corresponding Author E-mail: euis@pap.ac.id

Abstract: Chitosan is a natural biopolymer with high potential as an eco-friendly bioadsorbent for water treatment processes. This study aims to synthesize chitosan from green mussel shells and evaluate its application as a functional biopolymer for improving water quality. The chitosan synthesis was carried out through three main stages—demineralization, deproteinization, and deacetylation—using NaOH to achieve an optimal degree of deacetylation. The resulting chitosan was then applied to well-water samples with varying contact times. Analytical results showed that the addition of chitosan increased the pH of the water from 3.9 to 4.9, eliminated the metallic odor, clarified the water from dark yellow to clear, and significantly reduced Fe concentration from 19.46 ppm to 0.7656 ppm. These findings demonstrate that chitosan derived from green mussel shell waste has strong potential as a bioadsorbent in water treatment applications.

Keywords: chitosan; bio adsorben; green mussel; water treatment; water quality

Abstrak: Kitosan merupakan biopolimer alami yang memiliki potensi tinggi sebagai bahan bio adsorben yang ramah lingkungan pada proses pengolahan air. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis kitosan dari cangkang kerang hijau dan mengevaluasi aplikasinya sebagai biopolimer fungsional pada proses peningkatan kualitas air. Sintesis kitosan dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi menggunakan larutan NaOH untuk memperoleh derajat deasetilasi yang optimal. Kitosan yang dihasilkan kemudian diaplikasikan ke dalam sampel air sumur dengan variasi waktu kontak. Hasil analisa menunjukkan bahwa penambahan kitosan mampu meningkatkan nilai pH air dari 3,9 menjadi 4,9; menghilangkan bau logam pada air; menjernihkan warna air dari kuning pekat menjadi bening dan dapat menurunkan kadar Fe secara signifikan dari 19,46 ppm menjadi 0,7656 ppm. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kitosan dari limbah cangkang kerang hijau memiliki potensi besar sebagai bio adsorben pada proses pengolahan air.

Kata kunci: bioadsorben; cangkang kerang hijau; kitosan; kualitas air; pengolahan air

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara maritim dengan kekayaan alam yang belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu kekayaan alam yang bersumber dari laut Indonesia dan belum dimanfaatkan secara optimal adalah kerang hijau (*Perna viridis*). Kerang hijau (*Perna viridis*) adalah salah satu produk laut yang paling bergizi dan relatif tinggi protein hewani. Kerang Hijau (*Perna viridis*) sangat diminati di pasar konsumen karena mengandung asam lemak tak jenuh esensial dan mineral yang diperlukan bagi tubuh manusia. Selain itu, kerang hijau mempunyai kandungan protein yang tinggi (15,95%) dan kandungan karbohidrat yang tinggi (1,33%), selama ini kerang hijau hanya

dimanfaatkan sebagai sumber pangan sedangkan cangkang kerangnya sebagaian besar dibuang sebagai limbah atau di olah sebagai bahan kerajinan (Muliyah, dkk, 2020).

Potensi Kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan dapat diukur dari kelimpahan, sebaran dan keanekaragaman spesies. Kelimpahan, distribusi dan keanekaragaman spesies ini dipengaruhi oleh karakteristik habitat seperti kondisi perairan dan jenis substrat. berdasarkan informasi yang diperoleh dari departemen kelautan dan perikanan, kerang hijau dapat dikelompokkan berdasarkan ukuran panjangnya menjadi kecil, sedang, dan besar. Kerang hijau juga dapat dikelompokkan berdasarkan ukuran beratnya menjadi ringan, sedang, dan berat. Kelimpahan kerang hijau dapat berbeda-beda setiap zonanya. Kerang ini

biasanya tinggal zona bagian *upper* yang merupakan daerah rata-rata pasang tinggi (zona A) dan *middle* pertengahan antara pasang tinggi dan surut (zona B) (Mulyah, dkk. 2020).

Cangkang kerang hijau yang tidak diolah dengan baik dan dibuang secara terus menerus akan merusak keseimbangan lingkungan (Mardiana dalam Kunci, 2023). Karena banyak dikonsumsi oleh masyarakat umum, cangkang kerang hijau menjadi berlimpah dan akhirnya menjadi limbah alternatif yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomi dari kerang hijau yaitu dengan cara mengubah cangkang kerang hijau menjadi kitosan. Kitosan adalah sejenis turunan yang berasal dari kitin. Melalui transformasi dan isolasi dengan menggunakan metode deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi untuk mengubah gugus asetil (COCH_3) menjadi gugus amina ($-\text{NH}_2$) (Amaliah, dkk. 2021). Kitosan dapat digunakan untuk membuat gel, film, dan serat. Kitosan telah banyak digunakan dalam industri makanan, kosmetik, kesehatan, farmasi, pertanian, dan limbah udara. Kitosan dapat terkontaminasi oleh udara terbuka, yang menyebabkan dekomposisi, perubahan warna menjadi kekuningan, dan kekentalan larutan menurun. Oleh karena itu, kitosan tidak dapat disimpan dalam wadah terbuka dalam jangka waktu yang lama.

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan setelah sebelumnya dilakukan beberapa penelitian terdahulu. Pada penelitian yang berjudul Pengaruh konsentrasi HCl pada proses *demineralisasi* terhadap daya adsorbansi kitosan pada pengolahan limbah *tekstil* (Luthfiyana, *et.al.*, 2022). Didapatkan hasil bahwa kitosan yang dibuat menggunakan HCl dengan konsentrasi 2 M pada proses demineralisasi memiliki kemampuan adsorbansi lebih besar apabila dibandingkan dengan kitosan yang dibuat menggunakan HCl dengan konsentrasi 1 M dan 1,5 M. Pada penelitian yang berjudul Penggunaan Kitosan Sebagai Adsorben proses pengolahan air sumur untuk memperbaiki nilai *hydrogen potential* (pH), warna, bau, dan Fe (besi) di

dapatkan hasil bahwa kitosan yang dibuat dengan menggunakan bahan baku cangkang udang dapat memperbaiki nilai warna, bau, Fe (besi) dan *Hydrogen potential* (pH) (Purnama, dkk., 2017). Dengan latar belakang tersebut, maka penulis tertarik untuk mengambil judul Sintesis dan Aplikasi Kitosan dari Cangkang Kerang Hijau sebagai Biopolimer Fungsional pada Pengolahan Air.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kemampuan kitosan dari cangkang kerang sebagai bio adsorben pada proses pengolahan air.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini, penulis hanya membahas dari sintesa kitosan dan kemampuan kitosan dalam meningkatkan kualitas air.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui proses pembuatan kitosan dari cangkang kerrang hijau.
2. Dapat mengetahui peningkatan kualitas air setelah dilakukan pengolahan menggunakan bioadsorben dari kitosan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Dapat mengetahui proses sintesa kitosan dari cangkang udang
2. Dapat mengetahui kualitas air setelah dilakukan pengolahan menggunakan kitosan dari cangkang udang

2. TEORI DASAR

2.1. Kerang Hijau

Kerang hijau (*Perna viridis*) adalah salah satu produk laut yang paling bergizi dan relatif tinggi protein hewani. Kerang hijau (*Perna viridis*) sangat diminati di pasar konsumen karena mengandung asam lemak tak jenuh esensial dan mineral yang diperlukan bagi tubuh manusia. Selain itu, kerang hijau mempunyai kandungan protein yang tinggi (15,95%) dan kandungan karbohidrat yang

tinggi (1,33%), selama ini kerang hijau hanya dimanfaatkan sebagai sumber pangan sedangkan cangkang kerangnya sebagian besar dibuang sebagai limbah atau di olah sebagai bahan kerajinan (Muliyah, dkk, 2020).

Cangkang kerang hijau yang tidak diolah dengan baik dan dibuang secara terus menerus akan merusak keseimbangan lingkungan (Mardiana dalam Kunci, 2023). Karena banyak dikonsumsi oleh masyarakat umum, cangkang kerang hijau menjadi berlimpah dan akhirnya menjadi limbah alternatif yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomi dari kerang hijau yaitu dengan cara mengubah cangkang kerang hijau menjadi kitosan.

2.2. Kitosan

Kitosan adalah biopolimer yang dihasilkan dari proses pengolahan Kitin dari cangkang luar *Crustaceae*, serangga, dan beberapa jenis jamur. Kitosan memiliki banyak sifat, salah satunya sebagai *adsorben*, atau pengikat ion. Kitosan dapat digunakan dalam bidang kesehatan, bioteknologi, pertanian, dan industri makanan, tetapi tidak dapat larut dalam larutan netral atau basa. Selain dikeringkan dan dijual sebagai kitin, cangkang kepiting juga dapat diolah menjadi kitosan, yang merupakan buatan dari kandungan kitin pada cangkang kepiting dan dapat digunakan sebagai bahan utama dalam penjernihan air.

2.3. Kitosan sebagai Bio Adsorben

Adsorpsi adalah salah satu proses yang digunakan untuk mengurangi kepekaan yang dapat menyebabkan bau, rasa, atau peringatan yang disebabkan oleh bahan organik, pestisida, produk desinfeksi, dan sintetis organik dengan menggunakan adsorben. Proses penghilangan material dari gas atau cair disebut adsorpsi. Permukaan adsorben yang padat akan menghasilkan bahan pencemar melalui gaya tarik yang ada di permukaan hingga terpisah.

Kitosan telah digunakan di berbagai industri, termasuk sebagai penyerap logam berat. Salah satu zat yang paling berbahaya bagi lingkungan adalah timbal (Pb), yang

dapat merusak udara dan membahayakan kesehatan manusia. Kitosan berfungsi sebagai bioadsorben yang efektif untuk menurunkan konsentrasi Pb di air. Proses perpindahan massa logam dari cairan ke pori-pori adsorben adalah sebagai berikut: (a) perpindahan massa dari cairan ke butir, (b) difusi dari permukaan butir ke butir melalui pori, dan (c) perpindahan massa dari cairan di dalam pori ke dinding pori, dan (d) adsorpsi di dalam cairan (Sudarmawan, dkk., 2020).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratorium yang bersifat terapan dalam pengolahan air menggunakan material *biopolymer*.

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilkakukan pada tanggal Kegiatan yang dilakukan untuk pengambilan data penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 1 Mei s.d. 30 Juni 2025 di Laboratorium Kimia Politeknik Akamigas Palembang.

3.3. Metode Penelitian

Masalah-masalah yang dibahas pada penelitian ini, dapat menggunakan beberapa metode penyelesaiannya sebagai berikut :

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari informasi serta teori yang berhubungan dengan kondisi jalan angkut berdasarkan referensi dari *handbook*, dan dari sumber referensi lainnya.

2. Pengambilan data

Pengambilan data tergantung dari jenis data yang dibutuhkan, yaitu data primer dan data sekunder

3. Pengumpulan data

Data yang akan diambil dan dikumpulkan kemudian diklasifikasikan berdasarkan jenis data kemudian dilakukan perhitungan secara teoritis sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penelitian.

4. Pengolahan data

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan dengan dua tahap, yaitu tahap pengambilan data

Analisa sintesa kitosan dan tahap pengolahan data pengaplikasian kitosan pada air sumur yang meliputi pH, warna, bau serta kandungan logam Fe yang terdapat dalam air.

5. Pengambilan kesimpulan

Kesimpulan diambil dari hasil pengolahan data dengan membandingkan dengan baku mutu air bersih.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses Sintesa Kitosan

Kitosan disintesa dengan tiga cara, yaitu demineralisasi, deproteinase dan deasetilasi. Ketiga proses ini dilakukan untuk didapatkan hasil kitosan yang baik sehingga dapat digunakan sebagai bioadsorben pada proses pengolahan air.

4.2. Hydrogen Potential (pH)

pH adalah indikator yang menggambarkan seberapa asam atau basa suatu cairan. pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah air sumur yang berasal dari daerah Meritai. Hasil Analisa pH dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Analisa pH

Sampel	Waktu Kontak (menit)	pH Awal Air Sumur	pH Akhir Air Sumur + Kitosan	Spec.	Keterangan
Air Sumur	45	3,9	4,4	6,5 – 8,5	Off spec.
	60		4,9		Off spec.
	90		4,6		Off spec.

Berdasarkan hasil Analisa pH, pH awal air sumur tersebut sebesar 3,9 dan pH setelah dilakukan penambahan kitosan menjadi 4,9. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi kenaikan pH setelah dilakukan penambahan kitosan, walaupun tidak signifikan. Kenaikan pH ini disebabkan Kenaikan nilai pH terjadi karena kitosan mampu mengikat ion-ion hidrogen yang terdapat dalam air dengan cara melepaskan ion-ion OH dalam air sehingga dapat menaikkan nilai pH (Suptijah, dkk. 2019).

4.3 Besi (Fe)

Besi (Fe) merupakan salah satu logam yang umum dijumpai dalam air tanah atau air

sumur, terutama di daerah yang memiliki kandungan mineral tinggi. Fe dapat menimbulkan perubahan warna air menjadi kekuningan hingga cokelat, menyebabkan rasa logam, serta menimbulkan endapan. Untuk mengurangi kadar Fe dalam air, salah satu metode yang ramah lingkungan dan efektif adalah dengan menggunakan kitosan sebagai adsorben. Mekanisme kerja kitosan dalam menurunkan kadar besi adalah melalui proses adsorpsi, di mana ion logam terikat secara fisik atau kimiawi pada permukaan kitosan.

Tabel 4.2 Data Hasil Analisa Sampel Awal

Sampel	Kontak Waktu (menit)	Kadar Fe (ppm)	Spec.	Keterangan
Air Sumur Meritai	0	13,9	0,2	Off spec.

Tabel 4.3 Data Hasil Analisa Air setelah Penambahan Kitosan

Sampel	Waktu Kontak (menit)	Absorbansi	Kadar Fe (ppm)	Spec.	Keterangan	% Penurunan
Air Sumur + Kitosan	45	Off spec.	1,06	0,2	Off spec.	92
	60	Off spec.	1,06	0,2	Off spec.	92
	90	Off spec.	0,55	0,2	Off spec.	99,6

Berdasarkan data yang diperoleh, terjadi penurunan nilai absorbansi dan konsentrasi (ppm) secara signifikan setelah penambahan kitosan ke dalam sampel air. Sampel air tanpa perlakuan (kontak waktu 0 menit) menunjukkan absorbansi sebesar 1,228 dengan konsentrasi Fe sebesar 13,9 ppm. Namun, setelah penambahan kitosan dan diberikan waktu kontak selama 45 menit, nilai absorbansi menurun drastis menjadi 0,054 dengan konsentrasi Fe sebesar 1,06 ppm.

Penurunan ini terus berlanjut seiring peningkatan waktu kontak, yaitu pada menit ke-60 absorbansi tercatat 0,052 dengan konsentrasi sebesar 1,06 ppm dan pada menit ke- 90 adsorbansinya menjadi 0,008 dengan

konsentrasi sebesar 0,55 ppm. Dari data pada tabel 4.4 didapatkan % penurunan Fe dalam sampel air semuanya di atas 90 %. Dengan demikian kitosan dari cangkang kerang dapat digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan kandungan Fe dalam air.

Penurunan konsentrasi Fe ini menunjukkan bahwa penggunaan kitosan dapat menurunkan kadar kontaminan dalam air. Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian (Rosema, *et.al.*, 2021) yang menjelaskan bahwa kitosan mampu menurunkan kadar Fe yang ada di dalam air tersebut. Efektivitas kitosan ini diduga berasal dari gugus amina ($-NH_2$) dan hidroksil ($-OH$) yang mampu berinteraksi dengan logam berat atau koloid dalam air melalui mekanisme adsorpsi dan koagulasi-flokulasi. Semakin lama waktu kontak, semakin besar peluang interaksi antara kitosan dengan kontaminan, yang menyebabkan peningkatan efisiensi penurunan kadar zat besi dalam air.

4.4 Bau Air

Berdasarkan uji organoleptik pada air sumur yang di ambil dari wilayah meritai, diketahui bahwa awalnya air tersebut memiliki aroma khas logam besi. Bau ini biasanya disebabkan oleh tingginya ion logam kadar besi yang terlarut dalam air. Namun, setelah dilakukan penambahan kitosan aroma bau besi tersebut hilang yang menunjukkan kitosan tersebut dapat mengikat ion logam besi dengan baik. Hasil tabel 88a bisa di lihat dari tabel 4.3. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Ergantara, dkk., 2018) yang menunjukkan bahwa kitosan murni mampu menurunkan kadar besi dalam air sumur hingga 94,52%, dengan hasil signifikan terhadap hilangnya bau logam.

4.5 Warna Air

Warna kuning pada air sumur biasanya disebabkan oleh adanya partikel tersuspensi, bahan organik, dan ion logam seperti besi (Fe) yang larut dalam air sehingga memberikan warna dan kekeruhan. Setelah dilakukan penambahan kitosan ke dalam sampel air, molekul kitosan akan mengikat partikel-partikel tersebut dan mampu menurunkan

konsentrasi besi hingga lebih dari 90%, sekaligus menurunkan kekeruhan dan warna air secara signifikan, sehingga air menjadi lebih jernih dan bening. Seperti yang terlihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Sampel Air

a. Sebelum penambahan kitosan; b Setelah penambahan kitosan

Setelah dilakukan penambahan kitosan, air sumur menjadi jernih, hal ini menunjukkan bahwa kitosan berhasil menghilangkan zat zat besi pada air tersebut. Penelitian ini di dukung oleh (Suptijah, dkk., 2019) yang menunjukkan bahwa kitosan dapat menurunkan nilai kekeruhan dan warna air sumur secara signifikan.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan tersebut, maka kesimpulan dari penelitian ini, yaitu :

1. Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa proses pembuatan kitosan dari cangkang kerang hijau dapat dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Proses tersebut menghasilkan kitosan dengan tekstur halus dan karakteristik adsorben yang sesuai untuk pengolahan air.
2. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa penggunaan bioadsorben dari kitosan dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas air.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar penggunaan kitosan dari limbah cangkang kerang hijau terus dikembangkan sebagai salah satu solusi ramah lingkungan dalam pengolahan air, khususnya air sumur yang memiliki

kandungan besi (Fe) tinggi dan kualitas fisik yang buruk seperti bau dan warna. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengoptimalkan proses pembuatan kitosan, terutama untuk meningkatkan nilai derajat deasetilasi agar efektivitas adsorpsi logam berat dan senyawa pencemar lainnya semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliah, F. N. (2021). *Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air*. Jurnal Sains. 1 (1), 1- 4.
- Dore, I. (1991). *Shelf-Life Extension Of Seafoods*. Van Nostrand Reinhold. Tersedia di <https://example.com/dore1991.pdf> (Diakses pada 10 Juli 2025)
- Ergantara, R., Atmono., & Praja, T. (2018). *Perbandingan Kitosan Dari Limbah Udang Windu dan Kitosan Murni Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali*. Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains, 2 (2), 103-110.
- Hakam, M., Praditama, F., & Kurniati, E. (2023). *Kitosan Dari Cangkang Kerang Darah*. Jurnal teknologi sains. 17 (2), 97–104.
- Ii, dkk., T. (2019). *Pemanfaatan Kitosan Sebagai Absorben Menggunakan Cangkang Kerang Hijau*. Jurnal Lingkungan. 2.1. 1–64.
- Kunci, K. (2023). *Pretreatment Kualitas Air Menggunakan Kitosan*. Jurnal Sains Teknologi. 9 (1), 105-114.
- Luthfiyana, N., Ratrinia, P. W., Rukisah, Asniar, & Hidayat, T. (2022). *Optimization of Demineralization Stage In Chitosan Extraction From Mangrove Crab Shell (Scylla sp.)*. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 25 (2), 352–363.
- Mukarromah. (2021). *Analisis Sifat Fisis Kualitas Air Di Mata Air Sumber Asem Dusun Kalijeruk, Desa Siwuran, Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo*. Unnes Physics Journal, 5 (1), 40–45.
- Muliyah, P., Aminatun, D., Nasution, S. S., Hastomo, T., Wahyuni, S. S., Sitepu, T. (2020). *Pengaplikasian Kitosan Sebagai Penurunan Nilai pH, Warna, TSS*. Journal GEEJ, 7 (2), 6–22.
- Risna, Y. K., (2019). *Penggunaan Tepung Kerang Hijau (Perna viridis) Dalam Ransum Terhadap Mortalitas Dan Indeks Performa Ayam Broiler*. Lentera, 15 (15), 16–20.
- Sari, L. P., (2017). *Pemanfaatan Kitosan Dari Cangkang Kerang Simping Sebagai Penjernih Air Sumur*. Unesa Journal of Chemistry, 6 (1), 1–4.
- Suwignyo, S., Widigdo, B., & Wardianto, Y. (2016). *Struktur dan Klasifikasi Bivalvia Indonesia: Pembagian Subkelas Protobranchia, Lamelibranchia, dan Septibranchia*. Jurnal Malakozoologi Indonesia, 10 (3), 45–60.
- Rosema, R., Supriyanti, E., & Sedjati, S. (2021). *Pemanfaatan Kitosan Untuk Menurunkan Kadar Logam Pb Dalam Perairan yang Tercemar Minyak Bumi*. Buletin Oseanografi Marina, 10 (1), 61–66.
- Sari, M., & Huljana, M. (2019). *Analisis Bau, Warna, TDS, pH, dan Salinitas Air Sumur Gali Di Tempat Pembuangan Akhir*. 3135-Article Text-8356-1-10-20190305. *Alkimia: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 3 (1), 1–5.
- Sjafraenan, dkk., (2019). *Keanekaragaman dan Kelimpahan Kerang (Bivalvia) Di Perairan Besa Pasir, Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat*

(Jurnal Laut Khatulistiwa, Vol. 2 No. 2), 2-3.

Sari, R. M. C., Marlin, E., & Hartati, Y. W. (2019). *Penentuan Besi (III) Secara Voltammetri Menggunakan Elektrode Grafit Pensil*. *Chimica et. Natura Acta*, 7(3),1-5

Sari, Y. (2019). *Penentuan Kualitas Fisika (Warna, Suhu, Dan TDS) Dari Sampel Air Sumur Warga Di Kecamatan Dumai Timur*. *Journal of Research and Education Chemistry*, 1 (2), 3-5.

Simonsen, K. P. (2005). *Pengelolaan Air Sumur yang Mengandung Fe Kadar Besi Dengan Metode Koagulasi Filtrasi*. *Journal of Conservation*, 23 (4), 2-6.

Sudarmawan, W. S., Suprijanto, J., & Riniatsih, I. (2020). *Abu Cangkang Kerang Anadara Granosa, Linnaeus 1758 (Bivalvia: Arcidae) Sebagai Adsorben Logam Berat Dalam Air Laut*. *Journal of Marine Research*, 9 (3), 237–244.

Suptijah, P., Zahiruddin, W., & Firdaus, D. (2019). *Pemurnian Air Sumur Dengan Kitosan Melalui Tahapan Koagulasi dan Filtrasi*. *Jurnal Lingkungan*. 2 (1) 1-3.

Supriatna, A. (2021). *Kerang Hijau (Perna viridis)*. Retrieved from <https://aanbiologi.com/2021/08/kerang-hijau-perna-viridis.html> (Diakses pada 23 Juli 2025).

Ummah, M. S. (2019). *Pengertian tentang kadar pH*. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14.

Vitali. (2019). *Pembelahan Kerang Hijau Dengan Tahap Blastula*. *Jurnal Biologi*, 4–11.