

UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DARI NANOKITOSAN CANGKANG KERANG HIJAU (*Perna viridis* L.)

Fauzy Kian Ardiana Ace, Gatut Ari Wardani, Winda Trisna Wulandari

Program Studi S1 Farmasi, Universitas Bakti Tunas Husada, Jl. Letjen Mashudi No. 20, Setiaratu, Kec. Cibeureum, Kota Tasikmalaya, Jawa Barat 46196

Email: windatrisnalestari@universitas-bth.ac.id

ABSTRACT

Green mussel (*Perna viridis* L.) shells are rich in chitin that can be processed into chitosan with potent biological activities. Modifying chitosan into nanochitosan enhances its surface area-to-volume ratio, thereby amplifying its reactivity and antioxidant potential. This study aimed to evaluate the antioxidant activity of nanochitosan synthesized from green mussel shell waste using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging method. Chitosan was isolated through sequential deproteinization with 3% NaOH, demineralization with 1.25 N HCl, and deacetylation with 60% NaOH. Nanochitosan was then prepared via ionic gelation using 0.05% sodium tripolyphosphate (NaTPP). Characterization was performed by FTIR spectroscopy and Particle Size Analyzer (PSA). FTIR analysis confirmed successful conversion of chitin to chitosan, evidenced by the emergence of an NH stretching peak at 3641.60 cm^{-1} absent in chitin. The degree of deacetylation was 49%, while PSA analysis yielded a particle size of 278 nm with a polydispersity index of 0.389, confirming a monodisperse nanoparticle system. The maximum absorption wavelength of DPPH was 516 nm. Antioxidant activity assessment revealed IC_{50} values of 56.27 ppm for nanochitosan and 6.60 ppm for the vitamin C positive control. According to Molyneux (2004), nanochitosan is categorized as a strong antioxidant (IC_{50} 50–100 ppm). These results demonstrate that nanochitosan from green mussel shells possesses significantly stronger antioxidant activity compared to unmodified chitosan reported in previous studies.

Keywords: nanochitosan, *Perna viridis*, antioxidant, DPPH, ionic gelation, IC_{50}

ABSTRAK

Cangkang kerang hijau (*Perna viridis* L.) merupakan sumber kitin yang dapat dikonversi menjadi kitosan dengan beragam aktivitas biologis. Modifikasi kitosan ke dalam skala nanometer meningkatkan rasio luas permukaan terhadap volume, sehingga reaktivitas dan potensi antioksidannya pun meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan nanokitosa yang disintesis dari limbah cangkang kerang hijau menggunakan metode penangkapan radikal DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil). Kitosa diisolasi melalui tahap deproteinasi dengan NaOH 3%, demineralisasi dengan HCl 1,25 N, dan deasetilasi dengan NaOH 60%. Nanokitosa kemudian disintesis melalui metode gelasi ionik menggunakan natrium tripolifosfat (NaTPP) 0,05%. Karakterisasi dilakukan menggunakan spektrofotometer FTIR dan Particle Size Analyzer (PSA). Analisis FTIR mengonfirmasi keberhasilan konversi kitin menjadi kitosa melalui kemunculan puncak serapan NH stretching pada $3641,60\text{ cm}^{-1}$. Derajat deasetilasi yang diperoleh sebesar 49%, ukuran partikel 278 nm dengan indeks polidispersitas 0,389 (monodispersi). Panjang gelombang maksimum DPPH adalah 516 nm. Hasil pengujian antioksidan menunjukkan nilai IC_{50} nanokitosa sebesar 56,27 ppm dan vitamin C sebagai kontrol positif sebesar 6,60 ppm. Berdasarkan klasifikasi Molyneux (2004), nanokitosa tergolong antioksidan kuat (IC_{50} 50–100 ppm). Hasil ini membuktikan bahwa nanokitosa dari cangkang kerang hijau memiliki aktivitas antioksidan yang nyata dan lebih unggul dibandingkan kitosa yang tidak dimodifikasi pada penelitian-penelitian terdahulu.

Kata kunci: nanokitosa, *Perna viridis*, antioksidan, DPPH, gelasi ionik, IC_{50}

PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan spesies molekuler yang memiliki satu atau lebih elektron tidak berpasangan pada orbital terluarnya, sehingga bersifat sangat reaktif terhadap molekul biologis di sekitarnya. Sumber radikal bebas dapat berasal dari luar tubuh, seperti polusi udara, asap rokok, dan radiasi ultraviolet, maupun dari proses metabolisme internal yang normal (Winarsi, 2007). Bila laju produksi radikal bebas melampaui kapasitas sistem antioksidan endogen yang meliputi enzim *superoxide dismutase* (SOD), katalase, dan *glutation peroksidase*. Kondisi stres oksidatif timbul dan berpotensi memicu penyakit degeneratif seperti kardiovaskular, diabetes melitus, dan kanker (Handajani dkk., 2010; Muchtadi, 2013).

Kitosan, suatu biopolimer berbasis polisakarida yang diperoleh melalui deasetilasi kitin, telah diidentifikasi memiliki aktivitas antioksidan berkat keberadaan gugus amina bebas ($-NH_2$) yang mampu mendonorkan atom hidrogen kepada radikal bebas (Xie dkk., 2002). Sumber kitin yang melimpah di Indonesia salah satunya adalah cangkang kerang hijau (*Perna viridis* L.) yang kandungan kitinnya berkisar 14–35% (Marganof, 2003). Meskipun demikian, penelitian Cakasana dkk. (2014) menunjukkan bahwa kitosan dari beberapa spesies kerang tidak menunjukkan aktivitas antioksidan yang terdeteksi pada metode DPPH, sehingga diperlukan modifikasi untuk meningkatkan bioaktivitasnya.

Pendekatan pengecilan ukuran partikel ke skala nanometer—menghasilkan nanokitosan—terbukti meningkatkan rasio luas permukaan terhadap volume secara signifikan, yang pada gilirannya meningkatkan reaktivitas dan efisiensi penangkapan radikal bebas (Buzea dkk., 2007; Suwarda & Maarif, 2012). Metode gelasi ionik dipilih dalam penelitian ini karena prosesnya sederhana, reproduibel, dan dapat dikontrol secara mudah menggunakan natrium tripolifosfat (NaTPP) sebagai agen penghubung silang anionik (Abdassah, 2017; Mohanraj & Chen, 2006).

Hingga saat ini, kajian mengenai aktivitas antioksidan nanokitosan yang bersumber dari limbah cangkang kerang hijau belum pernah dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanokitosan dari cangkang kerang hijau melalui isolasi kitin-kitosan dan sintesis nanopartikel menggunakan gelasi ionik, serta mengevaluasi aktivitas antioksidannya melalui penentuan nilai IC_{50} dengan metode DPPH.

METODE PENELITIAN

Alat

Peralatan yang digunakan meliputi ayakan 60 mesh, peralatan gelas laboratorium, magnetic stirrer, hot plate, oven, neraca analitik, blender elektrik, spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FTIR), Particle Size Analyzer (PSA), dan spektrofotometer UV-Vis.

Bahan

Bahan penelitian terdiri atas limbah cangkang kerang hijau (*Perna viridis* L.) yang diperoleh dari pedagang seafood di Kota Tasikmalaya, Jawa Barat, serta bahan kimia: Natrium Hidroksida (NaOH), Asam Klorida (HCl), asam asetat (CH_3COOH), akuades, kertas saring, indikator pH universal, natrium tripolifosfat (NaTPP), vitamin C, dan 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH).

Determinasi Hewan

Identifikasi spesies kerang hijau dilakukan di Laboratorium Taksonomi Hewan, Departemen Biologi FMIPA Universitas Padjadjaran, guna memverifikasi keabsahan sampel yang digunakan.

Preparasi Cangkang Kerang Hijau

Cangkang kerang hijau dicuci dengan air mengalir hingga bersih, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air. Selanjutnya cangkang dihaluskan menggunakan blender elektrik dan diayak dengan ayakan 60 mesh untuk memperoleh serbuk berukuran seragam.

Isolasi Kitin

Isolasi kitin dari serbuk cangkang kerang hijau dilakukan melalui tiga tahap berurutan:

Deproteinasi. Sebanyak 100 gram serbuk cangkang dicampurkan dengan larutan NaOH 3% dalam rasio 3:1 (mL/g), dipanaskan pada suhu 80°C selama 30 menit dengan pengadukan konstan, kemudian disaring dan dicuci hingga pH 7 (netral). Residu dikeringkan dalam oven pada 60°C (Nasution dkk., 2015).

Demineralisasi. Residu hasil deproteinasi ditambahkan HCl 1,25 N (rasio 3:1 mL/g), dipanaskan pada 75°C selama 60 menit. Produk disaring, dicuci hingga pH netral, lalu dikeringkan pada 60°C. Kitin yang diperoleh dikarakterisasi dengan FTIR (Nasution dkk., 2015).

Deasetilasi. Konversi kitin menjadi kitosan dilakukan menggunakan NaOH 60% (rasio 20:1 mL/g) dengan pemanasan pada 90–100°C selama 60 menit sambil diaduk. Kitosan yang diperoleh dicuci hingga pH netral dan dikeringkan pada 60°C (Dompeipen dkk., 2016; Hargono dkk., 2008). Rendemen kitosan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = (\text{Berat kitosan} \div \text{Berat kitin}) \times 100\%$$

Sintesis Nanokitosan

Nanokitosan disintesis melalui metode gelasi ionik. Kitosan 1% (b/v) dilarutkan dalam asam asetat 2%, diaduk selama 2 jam pada suhu kamar, lalu disaring. Larutan NaTPP 0,05% (b/v) disiapkan dalam akuades. Sebanyak 10 mL larutan kitosan ditetesi larutan NaTPP secara perlahan sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer, membentuk suspensi nanopartikel yang ditandai kekeruhan. Pengadukan dilanjutkan selama 60 menit agar proses crosslinking berlangsung sempurna (Mardiyati dkk., 2012; Nadia dkk., 2014). Suspensi disimpan pada suhu 4°C hingga pengujian.

Karakterisasi Nanokitosan

Identifikasi FTIR. Analisis spektroskopi inframerah terhadap kitin dan kitosan dilakukan untuk mengonfirmasi perubahan gugus fungsi yang terjadi selama proses deasetilasi.

Analisis Derajat Deasetilasi (DD). Derajat deasetilasi kitosan dihitung dari data absorbansi FTIR menggunakan rumus Ray (2011):

$$\text{DD (\%)} = [1 - (A_{1788} / A_{3641}) \times 1/1,33] \times 100\%$$

Analisis PSA. Distribusi ukuran partikel dan indeks polidispersitas (PDI) nanokitosan diukur menggunakan PSA pada suhu 25°C. Pengukuran potensial zeta juga dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas dispersi partikel.

Penentuan Aktivitas Antioksidan (Metode DPPH)

Pembuatan larutan DPPH. DPPH 50 mg dilarutkan dalam 100 mL metanol (500 ppm sebagai stok), kemudian diencerkan menjadi 50 ppm untuk pengukuran panjang gelombang maksimum pada rentang 400–800 nm (Lestari, 2014).

Penentuan operating time. Sebanyak 50 µL larutan uji ditambahkan ke dalam 4,0 mL DPPH 50 ppm, kemudian absorbansinya diukur setiap 5 menit (0–30 menit) pada panjang gelombang maksimum. Waktu operating time ditentukan saat absorbansi mencapai kestabilan relatif (Mulangsri dkk., 2017).

Pengujian antioksidan. Sebanyak 1 mL larutan uji nanokitosan (seri konsentrasi 50–100 ppm) dan larutan standar vitamin C (1–7 ppm) masing-masing dicampurkan dengan 1 mL DPPH 50 ppm, diinkubasi sesuai operating time, kemudian absorbansinya diukur pada spektrofotometer UV-Vis (Prastiwati dkk., 2010).

Analisis data. Persentase inhibisi dihitung dengan persamaan:

$$\% \text{ Inhibisi} = [(\text{Abs. blanko} - \text{Abs. sampel}) / \text{Abs. blanko}] \times 100\%$$

Nilai IC₅₀ diperoleh dari persamaan regresi linier ($y = bx + a$) antara konsentrasi sampel (x) dan persen inhibisi (y), dengan $y = 50$ (Mulangsri dkk., 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

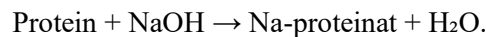
Determinasi Hewan

Determinasi hewan yang dilaksanakan di Laboratorium Taksonomi Hewan FMIPA Universitas Padjadjaran mengonfirmasi bahwa sampel yang digunakan adalah kerang hijau *Perna viridis* L., sesuai dengan klasifikasi

taksonomi Kingdom Animalia, Phylum Mollusca, Kelas Pelecypoda, Ordo Filibranchia, Famili Mytilidae, Genus *Perna*, Spesies *Perna viridis*.

Preparasi dan Isolasi Kitin-Kitosan

Proses deproteinasi menggunakan NaOH 3% bertujuan memisahkan protein cangkang melalui reaksi:



Protein yang terlepas membentuk Na-proteinat yang larut dan hilang pada tahap pencucian dan penyaringan. Keberhasilan penghilangan protein dikonfirmasi secara kualitatif menggunakan reaksi biuret, yaitu dengan tidak adanya warna ungu pada residu mengindikasikan protein telah terpisah. Rendemen pada tahap ini mencapai 90,91%.

Tahap demineralisasi menggunakan HCl 1,25 N bertujuan melarutkan kalsium karbonat (CaCO_3) dan kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) sebagai mineral utama cangkang. Reaksi yang berlangsung adalah:



Timbulnya gas CO_2 selama proses merupakan indikator bahwa demineralisasi berlangsung. Kitin yang dihasilkan berwarna putih kecoklatan dengan rendemen 75,08% dari bobot hasil deproteinasi (Bahri dkk., 2015).

Deasetilasi kitin menggunakan NaOH 60% pada suhu 90–100°C memutus gugus asetil ($-\text{COCH}_3$) yang terikat pada nitrogen, meninggalkan gugus amina bebas ($-\text{NH}_2$) yang menjadi ciri khas kitosan. Penggunaan konsentrasi NaOH tinggi (>40%) terbukti meningkatkan derajat deasetilasi dengan mendorong pemutusan ikatan karbonil–nitrogen (Rochima, 2007). Kitosan berwarna putih diperoleh sebanyak 5,93 gram dari 10 gram kitin, setara rendemen 59%. Hasil rendemen pada tiap tahap dapat dilihat pada **Tabel 1**. Dibawah ini:

Tabel 1. Rendemen hasil setiap tahap isolasi kitin-kitosan cangkang kerang hijau

Tahap Proses	Berat (gram)	Rendemen (%)
Serbuk cangkang awal	100,00 gram	–
Deproteinasi (kitin mentah)	90,92 gram	90,91%
Demineralisasi (kitin murni)	75,08 gram	75,08%
Deasetilasi (kitosan)	5,93 gram	59,00%

* Rendemen deasetilasi dihitung terhadap berat kitin yang digunakan (10 gram)

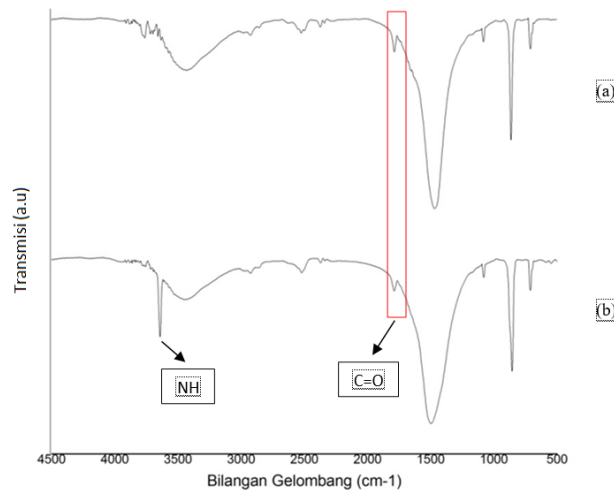
Karakterisasi FTIR

Analisis FTIR dilakukan untuk mengonfirmasi perubahan struktur kitin menjadi kitosan. Perbedaan paling signifikan tampak pada bilangan gelombang $3641,60\text{ cm}^{-1}$ yang hanya muncul pada spektrum kitosan sebagai puncak NH stretching dari gugus amina bebas ($-\text{NH}_2$)—gugus ini tidak dijumpai pada kitin. Kemunculan puncak tersebut mengindikasikan keberhasilan substitusi gugus asetil oleh gugus amina melalui proses deasetilasi (Silverstein dkk., 2005).

Gugus C=O (amida) masih terdeteksi pada kitosan di bilangan gelombang $1788,01\text{ cm}^{-1}$ (kitin: $1784,15\text{ cm}^{-1}$), yang menunjukkan bahwa proses deasetilasi tidak berlangsung sempurna. Kondisi ini konsisten dengan nilai derajat deasetilasi yang diperoleh. Hasil identifikasi gugus fungsi pada kitin dan kitosan disajikan pada **Tabel 2**, sedangkan pola spektrum FTIR secara keseluruhan ditampilkan pada **Gambar 1.Tabel 2**. Identifikasi puncak serapan FTIR kitin dan kitosan cangkang kerang hijau.

Gugus Fungsi	Kitin	Kitosan	Literatur (cm^{-1})*
NH Stretching	–	3641,60	3700–3584
OH Stretching	3429,43	3429,43	3500–3400
CH Stretching	2922,16	2924,09	3000–2840
NH Stretching (Amine)	2522,89	2520,96	2800–2000
C=O Stretching	1784,15	1788,01	1870–1540
CH Bending	1467,83	1498,69	1462–1468
CO Stretching	1082,07	1082,07	1085–1050
C-C Stretching	864,11	856,39	1200–800
CN Stretching	707,88	709,80	800–666

*Sumber: Silverstein (1982) dan Creswell (1982)



Gambar 4.3 Spektrum FTIR Kitin (a) dan Kitosan (b)

Berdasarkan **Tabel 2** dan **Gambar 1**, terlihat adanya perbedaan signifikan pada bilangan gelombang $3641,60\text{ cm}^{-1}$ yang muncul pada kitosan namun tidak ditemukan pada kitin

Derajat Deasetilasi

Derajat deasetilasi (DD) kitosan dihitung berdasarkan perbandingan absorbansi pada bilangan gelombang 1788 cm^{-1} dan 3641 cm^{-1} menggunakan persamaan Ray (2011). Nilai %T pada 1788 cm^{-1} sebesar 82% ($A = 1,219$) dan pada 3641 cm^{-1} sebesar 56% ($A = 1,785$) menghasilkan:

$$DD = [1 - (1,219/1,785) \times 1/1,33] \times 100\% = 49\%$$

Nilai DD 49% memenuhi rentang yang disyaratkan untuk kitosan (40–98%) sebagaimana ditetapkan oleh Ray (2011). Meskipun nilai ini tergolong moderat, kitosan dengan DD tersebut tetap layak digunakan karena memiliki gugus amina yang cukup untuk berperan dalam penangkapan radikal bebas. Nilai DD dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH, suhu, dan durasi reaksi deasetilasi (Safitri dkk., 2016).

Analisis Partikel (PSA dan Zeta Potensial)

Pengukuran PSA menunjukkan ukuran partikel nanokitosan rata-rata sebesar 278 nm dengan indeks polidispersitas (PDI) 0,389. Ukuran ini masuk dalam rentang nanopartikel yang disyaratkan (10–1000 nm) (Mohanraj & Chen, 2006; Nurdianti dkk., 2017). PDI di bawah 0,5 mengindikasikan distribusi ukuran partikel yang relatif seragam (monodispersi), artinya dispersi nanokitosan yang dihasilkan memiliki sebaran partikel yang sempit dan merata (Nidhin dkk., 2008).

Nilai potensial zeta yang diperoleh sebesar $-15,2\text{ mV}$. Nilai ini tidak melampaui ambang batas kestabilan ($\pm 30\text{ mV}$), yang mengindikasikan bahwa suspensi nanokitosan yang dihasilkan tergolong tidak stabil secara elektrostatis dan rentan terhadap aglomerasi. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan nanopartikel untuk beragregasi ketika gaya tolak-menolak elektrostatis antara partikel tidak cukup kuat untuk mengatasi gaya tarik van der Waals (Prasetyowati dkk., 2018). Wu dkk. (2005) mengemukakan bahwa kestabilan nanokitosan sangat bergantung pada optimasi rasio konsentrasi kitosan terhadap TPP; penambahan surfaktan disarankan untuk mencegah aglomerasi.

Uji Aktivitas Antioksidan

Panjang gelombang maksimum larutan DPPH 50 ppm terukur pada 516 nm dengan absorbansi 0,830, konsisten dengan kisaran serapan DPPH (515–520 nm) yang umum dilaporkan (Molyneux, 2004). Metode DPPH dipilih karena kesederhanaannya, kepekaan yang tinggi, dan efisiensi konsumsi sampel (Aji, 2009; Garcia dkk., 2012).

Penentuan operating time menunjukkan bahwa vitamin C mencapai absorbansi stabil pada menit ke-30, sedangkan nanokitosan pada menit ke-20. Data absorbansi operating time disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data operating time vitamin C dan nanokitosan terhadap DPPH 50 ppm (*waktu terpilih)

Waktu (menit)	Abs. Vit. C	Abs. Nanokitosan
0	0,344	0,388
5	0,345	0,389
10	0,344	0,383
15	0,343	0,383
20	0,343	0,383
25	0,343	0,383
30*	0,342	0,383

Pengujian dilakukan dengan mereaksikan larutan uji (vitamin C: 1–7 ppm; nanokitosan: 50–100 ppm) dengan DPPH 50 ppm. Mekanisme penangkapan radikal berlangsung melalui donasi atom hidrogen dari gugus amina ($-NH_2$) kitosan kepada radikal DPPH•, mengubahnya menjadi difenil pikril hidrazin (DPPH–H) yang berwarna kuning dan tidak bersifat radikal (Molyneux, 2004; Xie dkk., 2002). Penurunan absorbansi pada panjang gelombang 516 nm berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi sampel, yang mencerminkan peningkatan aktivitas penangkapan radikal bebas.

Tabel 4a. Data pengujian aktivitas antioksidan vitamin C

Konsentrasi (ppm)	Abs. DPPH	Abs. Sisa	% Inhibisi
1	0,572	0,452	20,98
2	–	0,426	25,52
3	–	0,393	31,29
4	–	0,368	35,66
5	–	0,336	41,26
6	–	0,305	46,68
7	–	0,272	52,45

Tabel 4b. Data pengujian aktivitas antioksidan nanokitosan cangkang kerang hijau

Konsentrasi (ppm)	Abs. DPPH	Abs. Sisa	% Inhibisi
50	0,830	0,436	47,47
60	–	0,402	51,57
70	–	0,370	55,42
80	–	0,334	59,76
90	–	0,304	63,37
100	–	0,276	66,75

Perhitungan nilai IC_{50} menggunakan persamaan regresi linier menghasilkan:

$$\text{Vitamin C: } y = 5,3237x + 14,848 \rightarrow IC_{50} = 6,60 \text{ ppm (sangat kuat)}$$

$$\text{Nanokitosan: } y = 0,3897x + 28,115 \rightarrow IC_{50} = 56,27 \text{ ppm (kuat)}$$

Berdasarkan klasifikasi Molyneux (2004), senyawa dikatakan memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat bila $IC_{50} < 50$ ppm, kuat bila 50–100 ppm, sedang 101–150 ppm, dan lemah 151–200 ppm. Dengan demikian, nanokitosan kerang hijau masuk dalam kategori antioksidan kuat.

Perbandingan dengan hasil penelitian terdahulu yang menggunakan berbagai modifikasi kitosan disajikan pada **Tabel 5.**

Tabel 5. Perbandingan nilai IC₅₀ nanokitosan dengan kitosan termodifikasi pada penelitian terdahulu

Sampel	IC ₅₀ (ppm)	Kategori
Nanokitosan kerang hijau (penelitian ini)	56,27	Kuat
Kitosan kerang simping & kerang darah (Cakasana dkk., 2014)	Tidak terdeteksi	Tidak aktif
Kitosan-monosakarida (Sari dkk., 2013)	92–131	Kuat–Sedang
N-Metil kitosan (Kurniasih dkk., 2018)	145,40	Lemah

Data pada Tabel 5 menegaskan keunggulan nanokitosan dibandingkan kitosan yang tidak dimodifikasi. Peningkatan aktivitas antioksidan ini dikaitkan dengan peningkatan drastis rasio luas permukaan terhadap volume pada skala nano, yang memperbesar jumlah gugus amina ($-NH_2$) aktif yang terekspos dan berinteraksi dengan radikal bebas DPPH per satuan massa (Buzea dkk., 2007). Suwarda & Maarif (2012) menyatakan bahwa nanopartikel berbasis kitosan bersifat lebih reaktif secara kimiawi dibandingkan padanannya dalam skala mikro atau makro.

KESIMPULAN

Nanokitosan berhasil disintesis dari limbah cangkang kerang hijau (*Perna viridis* L.) melalui isolasi kitin-kitosan (deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi) yang dilanjutkan dengan sintesis nanopartikel menggunakan metode gelasi ionik. Karakterisasi FTIR mengonfirmasi keberhasilan konversi kitin menjadi kitosan dengan derajat deasetilasi 49%. Analisis PSA menunjukkan ukuran partikel 278 nm dengan PDI 0,389 (monodispersi). Pengujian antioksidan dengan metode DPPH menghasilkan IC₅₀ nanokitosan sebesar 56,27 ppm yang tergolong kategori kuat menurut Molyneux (2004), jauh melebihi kinerja kitosan yang tidak dimodifikasi pada penelitian-penelitian terdahulu. Hasil ini membuktikan bahwa modifikasi ke skala nanometer secara nyata meningkatkan potensi antioksidan kitosan dari cangkang kerang hijau.

Sebagai rekomendasi, penambahan surfaktan pada proses sintesis nanokitosan perlu dikaji untuk mencegah aglomerasi partikel, mengingat nilai potensial zeta yang diperoleh masih di bawah ambang batas kestabilan dispersi (± 30 mV).

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdassah, M. 2017. Nanopartikel Dengan Gelasi Ionik. Jurnal Farmaka Fakultas Farmasi Universitas Padjadjaran, 15(1).
2. Agnihotri, S.A., Mallikarjuna, N.N., Aminabhavi, T.M. 2004. Recent Advances in Chitosan-based Micro-and Nanoparticles in Drug Delivery. J. Control. Rel., 100, 5–28.
3. Aji, W. 2009. Uji Aktivitas Antioksidan Tablet Effervescent Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Dewandaru dan Herba Sambiloto Dengan Metode DPPH. [Skripsi]. Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Akmarina, C.A. dan Sriwido. 2017. Artikel Review: Aplikasi Kitosan Dalam Bidang Farmasetik. Jurnal Farmaka Suplemen, 14(2).
5. Aqil, F., Ahmad, I., dan Mehmood, Z. 2006. Antioxidant and Free Radical Scavenging Properties of Twelve Traditionally Used Indian Medicinal Plants. Turkish J. Biol., 30, 177–183.
6. Augustine, D. 2008. Akumulasi Hidrokarbon Aromatik Polisiklik (PAH) Dalam Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) Di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. [Skripsi]. IPB, Bogor.
7. Bahri, S., Rahim, E.A., dan Syarifuddin. 2015. Derajat Deasetilasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Darah Dengan Penambahan NaOH Secara Bertahap. Jurnal Kimia FMIPA Universitas Tadulako, 1(1), 36–42.
8. Buzea, C., Blandino, I.I.P., dan Robbie, K. 2007. Nanomaterial and Nanoparticle: Sources and Toxicity. Biointerphases, 2, MR170–MR172.
9. Cakasana, N., Suprijanto, J., dan Sabdono, A. 2014. Aktivitas Antioksidan Kitosan yang Diproduksi dari Cangkang Kerang Simping dan Kerang Darah. Journal of Marine Research, 3(4), 395–404.
10. Cappenberg, H.A.W. 2008. Beberapa Aspek Biologi Kerang Hijau *Perna viridis* Linnaeus 1758. Jurnal Oseana, XXXIII(1), 33–40.
11. Chattopadhyay, D.P. dan Inamdar, M.S. 2010. Aqueous Behaviour of Chitosan. International Journal of Polymer Science, 2010, 1–7.

12. Creswell, C.J., Runquist, O.A., Campbell, M.M. 1982. *Analisa Spektrum Senyawa Organik*. Penerbit ITB, Bandung.
13. Dompeipen, E.J., Kaimudin, M., dan Dewa, R.P. 2016. Isolasi Kitin Dan Kitosan Dari Limbah Kulit Udang. *Jurnal Balai Riset dan Standarisasi Industri Ambon*.
14. Garcia, E.J., et al. 2012. Antioxidant Activity by DPPH Assay of Potential Solutions Applied on Bleached Teeth. *Braz. Dent. J.*, 23(1), 22–27.
15. Genskowsky, E., et al. 2015. Assessment of Antibacterial and Antioxidant Properties of Chitosan Edible Films Incorporated with Maqui Berry (*Aristotelia chilensis*). *LWT–Food Sci. Technol.*
16. Hafsa, J., et al. 2016. Antioxidant and Antimicrobial Properties of Chitin and Chitosan Extracted from *Parapenaeus longirostris* Shrimp Shell Waste. University of Sousse, Tunisia.
17. Handajani, A., dkk. 2010. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Pola Kematian Pada Penyakit Degeneratif Di Indonesia. *Jurnal Kesehatan*.
18. Hargono, Abdullah, dan Sumantri, I. 2008. Pembuatan Kitosan Dari Limbah Cangkang Udang Serta Aplikasinya Dalam Mereduksi Kolesterol Lemak Kambing. *Jurnal Teknik Kimia UNDIP*.
19. Harini, N., Winarni, S., Setyaningsih. 2004. Pemanfaatan Teknologi Pengolahan Limbah Kulit Udang Menjadi Kitosan. *Jurnal DEDIKASI UMM*, 1(2).
20. Kurniasih, M., et al. 2018. Uji Aktivitas Antioksidan N-Metil Kitosan Berkelarutan Tinggi. *Jurnal Penelitian Kimia*, 14(1), 107–118.
21. Lestari, A. 2014. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bunga Kecombrang dengan Variasi Pelarut Polar Terhadap Radikal Bebas DPPH. [Skripsi]. STIKes BTH Tasikmalaya.
22. M. Victor, S., Andhika, B., dan Syauqiah, I. 2016. Pemanfaatan Kitosan Dari Limbah Cangkang Bekicot Sebagai Adsorben Logam Berat Seng (Zn). *Jurnal Teknik Kimia UNLAM*, 5(1).
23. Mardiyati, E., El Muttaqien, S., dan Setyawati, D.R. 2012. Sintesis Nanopartikel Kitosan Tripolifosfat Dengan Metode Gelasi Ionik. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*, ISSN 1411-2213.
24. Marganof. 2003. Potensi Limbah Udang Sebagai Penyerap Logam Berat di Perairan. *Jurnal PPS702 Program Pascasarjana IPB*.
25. Mintowati, E. dan Dewi, M. 2010. Penentuan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Bulbus Bawang Dayak (*Eleutherina americana* Merr.).
26. Mohanraj, V.J. dan Chen, Y. 2006. Nanoparticles – A Review. *Tropical J. Pharm. Res.*, 5(1), 561–573.
27. Molyneux, P. 2004. The Use of The Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity. *Songklanarin J. Sci. Technol.*, 26(2), 211–219.
28. Muchtadi, D. 2013. *Antioksidan dan Kiat Sehat di Usia Produktif*. Alfabeta, Bandung.
29. Mulangsri, D.A.K., Budiarti, A., dan Saputri, E.N. 2017. Aktivitas Antioksidan Fraksi Dietileter Buah Mangga Arumanis Dengan Metode DPPH. *Jurnal Pharmascience*, 04(01), 85–93.
30. Nadia, L.M.H., Suptijah, P., dan Ibrahim, B. 2014. Produksi dan Karakterisasi Nano Kitosan dari Cangkang Udang Windu Dengan Metode Gelasi Ionik. Departemen Teknologi Hasil Perairan FPIK IPB.
31. Nasution, P., Sumiyati, S., dan Wardana, I.W. 2015. Studi Penurunan TSS, Turbidity, dan COD Menggunakan Kitosan Dari Limbah Cangkang Keong Sawah Sebagai Biokoagulan. *Jurnal Teknik Lingkungan UNDIP*.
32. Nidhin, M., Sreeram, K.J., Indumathy, R., dan Nair, B.U. 2008. Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles of Narrow Size Distribution on Polysaccharide Templates. *Bull. Mater. Sci.*, 31(1), 93–96.
33. Nurdianti, L., dkk. 2017. Formulasi dan Karakterisasi Nano Kitosan Daun Sirsak. *Jurnal Farmasi*.
34. Power, A.J., Walker, R.L., Payne, K., dan Hurley, D. 2004. First Occurrence of the Nonindigenous Green Mussel, *Perna viridis*, in Coastal Georgia, United States. *J. Shellfish Res.*, 23, 741–744.
35. Prakash, A. 2001. Antioxidant Activity. *Medallion Laboratories Analytical Progress*, 19(2), 1–4.
36. Prasetiowati, A.L., Prasetya, A.T., dan Wardani, S. 2018. Sintesis Nanopartikel Perak dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Belimbing Wuluh Sebagai Antibakteri. *Indo. J. Chem. Sci.*, 7(2).
37. Pratiwati, R., Wahyuni, W.S., dan Hartati, D. 2010. Perbandingan Daya Antioksidan Ekstrak Metanol Daun Tembakau Dengan Rutin Terhadap Radikal Bebas DPPH. *PHARMACY*, 07(01), 1–10.

38. Rao, M., Chander, S., dan Sharma, A. 2005. Development of Shelf-stable Intermediate-moisture Meat Products Using Active Edible Chitosan Coating and Irradiation. *J. Food Prot.*, 68(1), 202–209.
39. Rajalakshmi, A., Krithiga, N., dan Jayachitra, A. 2013. Antioxidant Activity of the Chitosan Extracted from Shrimp Exoskeleton. *Middle-East J. Sci. Res.*, 16(10), 1446–1451.
40. Ray, S.D. 2011. Potential Aspects of Chitosan as Pharmaceutical Excipient. *Acta Pol. Pharm.*, 68(5), 619–622.
41. Rochima, E. 2007. Karakterisasi Kitin dan Kitosan Asal Limbah Rajungan Cirebon Jawa Barat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 10(1).
42. Sa'adah, S. 2010. Materi Pokok Zoologi Invertebrata. Universitas Islam, Bandung.
43. Safitri, N.R.D., Dali, S., dan Fawwaz, M. 2016. Isolasi Kitosan Dari Limbah Cangkang Kepiting Bakau dan Aplikasinya Terhadap Penyerapan Trigliserida. *Jurnal Farmasi UMI*, 08(02), 20–27.
44. Sari, S.R., Baehaki, A., dan Lestari, S.D. 2013. Aktivitas Antioksidan Kompleks Kitosan Monosakarida. *Jurnal Pertanian Universitas Sriwijaya*, II(1).
45. Silverstein, R.M., Webster, F.X., dan Kiemle, D.J. 2005. *Spectrometric Identification of Organic Compounds* (7th Ed.). John Wiley & Sons, New York.
46. Sukma, W., Wulandari, Nurviana. 2018. Sintesis Nanokitosan Dari Limbah Cangkang Kerang Hijau Dengan Menggunakan Metode Gelasi Ionik. [Skripsi]. STIKes BTH Tasikmalaya.
47. Suwarda, R. dan Maarif, M.S. 2012. Pengembangan Inovasi Teknologi Nanopartikel Berbasis Pati. *Jurnal Teknik Industri*.
48. Syamsidar, H.S., Ramayana, dan Ramadani, K. 2017. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis*) Menjadi Kitin Sebagai Biokoagulan Air Sungai. *Jurnal Kimia UIN Alauddin*, 5(1).
49. Winarsi, H. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas: Potensi dan Aplikasinya dalam Kesehatan*. Kanisius, Yogyakarta.
50. Wiyarsi, A. dan Priyambodo, E. 2009. Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang terhadap Efisiensi Penyerapan Logam Berat. *Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY*.
51. Wu, Y., et al. 2005. Chitosan Nanoparticles as a Novel Delivery System for Ammonium Glycyrrhizinate. *Int. J. Pharm.*, 295(1–2), 235–245.
52. Xie, W., Xu, P., Wang, W., dan Liu, Q. 2002. Preparation and Antibacterial Activity of a Water-soluble Chitosan Derivative. *Carbohydr. Polym.*, 50, 35–40.