

Sintesis dan Karakterisasi Nanokitosan dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan Metode Gelasi Ionik

*Synthesis and Characterization of Nanochitosan from Blood Clams (*Anadara granosa*) Shells by Ionic Gelation Method*

¹⁾Auliya M. Hijriyah, ²⁾Diana Eka Pratiwi, ³⁾Hasri, ⁴⁾Haryanti P. Rizal
^{1,2,3)}Kimia, Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Makassar, Indonesia
⁴⁾Pendidikan IPA, FKIP Universitas Sulawesi Barat, Indonesia

Email: dianaeka_pratiwi@yahoo.com

ABSTRAK

Pemanfaatan cangkang kerang darah menjadi nanokitosan merupakan salah satu cara untuk memanfaatkan sumber daya alam yang melimpah. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik nanokitosan dari cangkang kerang darah dengan metode gelasi ionik. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu preparasi sampel cangkang kerang darah, pembuatan kitosan melalui tiga tahap yaitu tahap demineralisasi, deproteinasi dan deasetilasi, sintesis nanokitosan menggunakan metode gelasi ionik. Karakterisasi kitosan melalui analisis gugus fungsi menggunakan FTIR dan analisis ukuran menggunakan PSA, dan analisis morfologi dengan SEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kitosan cangkang kerang darah memiliki derajat deasetilasi sebesar 64%. Hasil analisis FTIR kitosan menunjukkan pada bilangan gelombang $3450,65\text{ cm}^{-1}$ terdapat serapan gugus -OH yang tumpang tindih dengan -NH, pada $1643,35\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan serapan gugus -C=O yang menunjukkan adanya gugus amida sekunder, pada $1479,40\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi regangan -CH, pada $1082,07\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya ikatan C-O-C dan pada $873,75\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya ikatan β -1,4-glikosidik. Nanokitosan yang diperoleh berbentuk lapisan tipis berwarna putih kekuningan. Hasil karakterisasi PSA menunjukkan bahwa nanokitosan dengan perbandingan volume Kitosan-NaTPP 5:1 berukuran 15,19 nm sedangkan perbandingan 2:1 berukuran 13,64 nm. Hasil karakterisasi dengan SEM menunjukkan bahwa nanokitosan cangkang kerang darah memiliki bentuk bulat.

Kata kunci: Nanokitosan, Cangkang, *Anadara granosa*, Gelasi Ionik.

ABSTRACT

Utilization of blood clam shells into nanochitosan is one way to utilize abundant natural resources. This study aims to determine the characteristics of nanochitosan from blood clam shells using the ionic gelation method. This research consists of several stages namely sample preparation, the manufacture of chitosan through three stages namely demineralization, deproteination and deacetylation, then synthesis of nanochitosan using the ionic gelation method. Characterization of chitosan through functional group analysis using FTIR and size analysis using PSA, and morphological analysis using SEM. The results showed that the chitosan of blood clam shells had a degree of deacetylation of 64%. The results of chitosan FTIR analysis showed at wave number 3450.65 cm^{-1} there was an absorption of -OH groups that overlapped with -NH, at 1643.35 cm^{-1} indicated absorption of -C=O groups which indicated presence of a secondary amide group, at $1479,40\text{ cm}^{-1}$ indicates presence of -CH strain vibration, at 1082.07 cm^{-1} indicates presence of a C-O-C bond and at 873.75 cm^{-1} indicates presence of a β -1,4-glycosidic bond. Nanochitosan is in the form of a yellowish-white thin layer. PSA characterization results show that nanochitosan with a volume ratio of 5:1 Chitosan-NaTPP was 15.19 nm while a ratio of 2:1 was 13.64 nm. The results of characterization with SEM showed that blood clam shell nanochitosan had a spherical shape.

Keywords: Nanochitosan, Shells, *Anadara Granosa*, Ionic Gelation.

PENDAHULUAN

Kerang darah merupakan salah satu biota laut yang keberadaannya melimpah di Indonesia. Berdasarkan data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2012, volume produksi kerang (kerang darah, kerang hijau, tiram, simping, kerang mutiara, remis) sebesar 50.460 ton (Tim Perikanan WWF-Indonesia, 2015). Dinas Kelautan dan Perikanan Sulawesi Selatan mencatat per 2018, produksi kerang darah di Makassar sebanyak 8,4 ton.

Cangkang kerang darah biasanya dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan dan campuran pakan ternak. Selain itu, cangkang kerang darah mengandung beberapa senyawa bermanfaat seperti kitin, kalsium karbonat, kalsium hidroksiapatit dan kalsium fosfat (Saharudin, dkk, 2017). Kandungan kitin dalam cangkang kerang darah sebesar 14-35%. Kitin dalam cangkang tersebut dengan beberapa proses dapat diubah menjadi kitosan (Masindi dan Herdyastuti, 2017).

Kitin adalah senyawa penyusun struktur organ atau kulit baik pada tumbuhan seperti fungi dan jamur, maupun pada hewan seperti avertebrata laut, serangga, dan rotifer. Kitin adalah polimer rantai lurus, dengan monomer-monomer N-asetil-D-glukosamin yang berikatan dengan ikatan β -(1,4) atau secara kimia disebut unit β -(1,4)2-asetamido-2-deoksi- β -D-glukosa (Rumengan, dkk, 2018).

Proses deasetilasi kitin menghasilkan suatu amina polisakarida yaitu kitosan. Penggunaan senyawa kitosan direkomendasikan dalam industri ramah lingkungan karena sifat biokompatibel, *biodegradable* dan nontoksik yang dimiliki (Firyanto, dkk, 2016). Seiring perkembangan zaman, kitosan mengalami berbagai macam modifikasi dalam pembuatannya. Salah satu contoh modifikasi kitosan yaitu mengubah ukuran partikel menjadi lebih kecil yaitu ukuran nanopartikel.

Nanokitosan dapat dimanfaatkan sebagai agen antimikroba, pembawa untuk penghantaran obat, penghantaran gen, penghantaran vaksin, dan agen antitumor (Rochima, dkk, 2018; Octarina, dkk, 2018; Vaezifar, dkk, 2013). Nanokitosan dapat disintesis melalui berbagai metode di antaranya ikatan silang emulsi, metode penggabungan droplet emulsi, presipitasi, gelasi ionik *reverse micellar method*, dan kompleks polielektrolit (Perera & Rajapakse, 2014). Metode gelasi ionik yang paling sering digunakan karena relatif sederhana, tidak menggunakan pelarut organik, mudah dikontrol (Fan, dkk, 2012).

Sintesis nanokitosan metode gelasi ionik sebelumnya telah dilakukan oleh Arsyi, dkk (2018) menggunakan bahan dasar cangkang kerang hijau di mana hasil yang diperoleh yaitu nanokitosan berwarna putih keruh dengan ukuran partikel 774,3

nm dan Handayani, dkk (2018) menggunakan bahan dasar cangkang tiram di mana hasil yang diperoleh yaitu nanokitosan berukuran partikel antara 679 nm-910 nm.

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti tertarik untuk melakukan sintesis dan karakterisasi nanokitosan dari cangkang kerang darah dengan metode gelasi ionik.

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat

Seperangkat alat gelas, lumpang, alu, ayakan, batang magnet, magnetic stirrer, hot plate, labu bundar, kondensor, oven, neraca analitik, termometer, corong Buchner, desikator, instrumen Particle Size Analyzer (Microtrac Nanotrac Wave II), spektrofotometer FTIR (Shimadzu Prestige-21) dan instrumen SEM (JEOL JCM-6000plus NeoScope)

2. Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan di antaranya adalah cangkang kerang darah, kitosan (*Sigma Aldrich*) larutan natrium hidroksida (NaOH) 4% dan 60%, larutan asam klorida (HCl) 1 M, larutan perak nitrat (AgNO_3) 0,1 N, larutan asam asetat glasial (CH_3COOH) 1%, *Tween* 80 (surfaktan), larutan natrium tripolyphosphate (NaTPP) 0,1%, aquades (H_2O), kertas saring dan kertas pH universal.

B. Prosedur Kerja

1. Preparasi sampel

Sebanyak 200 g cangkang kerang mula-mula dicuci dengan air mengalir kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 10 jam. Cangkang kerang darah kemudian dihaluskan menggunakan lumpang dan alu kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh.

2. Sintesis Kitosan

a. Tahap Demineralisasi

Sebanyak 200 g cangkang kerang darah halus ditimbang selanjutnya dicampur HCl 1 M dengan perbandingan 1:15, lalu direfluks pada suhu 90°C selama tiga jam. Larutan kemudian disaring sehingga didapat padatan, lalu dicuci dengan aquades sampai pH netral. Filtrat diuji dengan AgNO_3 bila sudah tidak terbentuk endapan putih maka sisa ion Cl^- yang terkandung sudah hilang. Residu dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C sampai kering. Setelah itu didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

b. Tahap deproteinasi

Sampel hasil proses demineralisasi selanjutnya dicampur NaOH 4% dengan perbandingan 1:15, lalu direfluks pada suhu 90°C selama satu jam. Larutan didinginkan dan disaring sehingga didapat padatan. Padatan dicuci dengan air sampai pH netral, kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 36 jam. Setelah itu didinginkan

dalam desikator dan ditimbang. Hasil yang diperoleh dari tahap ini adalah kitin.

c. Tahap Deasetilasi

Kitin yang diperoleh ditambahkan NaOH 60% dengan perbandingan 1:15, lalu direfluks pada suhu 120°C sambil diaduk dengan magnetik stirrer selama satu jam. Larutan kemudian disaring sehingga didapat padatan, lalu dicuci dengan air sampai pH netral. Padatan kemudian dikeringkan di oven pada suhu 60°C selama 36 jam. Setelah itu, didinginkan di desikator dan ditimbang.

3. Karakterisasi Kitosan menggunakan Spektrofotometer FTIR

Sampel kitosan dicampur dengan KBr hingga berbentuk pelet. Pelet KBr yang diperoleh dimasukkan ke tempat cuplikan dan direkam spektrum serapan inframerahnya pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} (Arsyi, dkk, 2018).

4. Sintesis Nanokitosan dengan Metode Gelasi Ionik

Pada tahap gelasi ionik, kitosan ditimbang sebanyak 0,2 g. Kitosan kemudian dilarutkan dalam 100 mL larutan asam asetat 1%, lalu dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer pada suhu ruang selama 1 jam. Diambil sebanyak 50 mL kitosan kemudian diaduk dan ditambahkan 0,5 mL larutan tween 80. Selanjutnya, ditambahkan larutan tripolifosfat 0,1 % dengan rasio volume kitosan 5:1 dan 2:1 secara perlahan hingga

terbentuk suspensi. Suspensi yang terbentuk dikeringkan hingga terbentuk nanokitosan (Rismawati, dkk, 2016; Mardiyati, dkk, 2012; Ilmiyah dan Rohmah, 2020).

5. Karakterisasi Nanokitosan

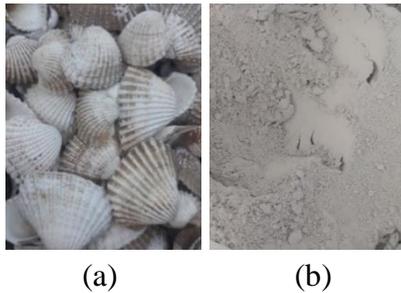
Nanokitosan diuji dengan instrumen PSA untuk mengetahui ukuran partikel nanokitosan dan SEM untuk mengetahui morfologi permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi Sampel

Cangkang kerang darah yang dipilih untuk digunakan sebagai bahan baku diperoleh dari Kelurahan Pontap, Kecamatan Wara Timur, Kota Palopo. Cangkang kerang darah digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan nanokitosan karena mengandung kitin sebesar 14-35%. Kitin dalam cangkang tersebut dengan beberapa proses dapat disintesis menjadi kitosan (Masindi dan Herdyastuti, 2017).

Cangkang kerang dicuci dengan air mengalir untuk membersihkan pengotor kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 10 jam. Cangkang kemudian dihaluskan hingga berbentuk serbuk, kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Cangkang kerang darah dan serbuk cangkang kerang darah yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Cangkang Kerang Darah, (b) Serbuk Cangkang Kerang Darah

B. Sintesis Kitosan

Kitosan merupakan jenis polimer alami yang dihasilkan dari proses deasetilasi kitin. Cangkang kerang darah memiliki potensi untuk dijadikan kitosan karena memiliki kandungan kitin sebesar 14-35%. Pembuatan kitosan meliputi tiga tahapan yaitu demineralisasi, deproteinasi dan deasetilasi (Rumengan, dkk, 2018).

1. Tahap Demineralisasi

Tahap pertama yang dilakukan adalah tahap demineralisasi yang bertujuan untuk menghilangkan garam anorganik atau mineral-mineral yang terkandung di dalam cangkang kerang darah. Kandungan mineral terbanyak dalam cangkang kerang darah di antaranya yaitu $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s})$ dan CaCO_3 (Masindi & Herdyastuti, 2017).

Tahap demineralisasi dilakukan dengan mereaksikan serbuk cangkang kerang darah dengan HCl kemudian dilakukan proses refluks. Tahap demineralisasi dilanjutkan dengan proses penyaringan dan pencucian yang dilakukan untuk menetralkan pH residu serta melarutkan $\text{CaCl}_2(\text{aq})$ dan $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$.

Filtrat yang diperoleh kemudian diuji kualitatif dengan menggunakan AgNO_3 untuk identifikasi mineral. Hasil yang diperoleh dari uji kualitatif yaitu larutan tidak berwarna. Tidak terbentuknya endapan putih menandakan bahwa sisa ion klorida yang terkandung sudah hilang. Hal ini membuktikan bahwa kitin sudah tidak mengandung mineral dan larutan sudah netral. Setelah proses demineralisasi selesai, diperoleh kitin bebas mineral.

2. Tahap Deproteinasi

Tahap deproteinasi merupakan proses penghilangan protein dengan menggunakan larutan NaOH. Protein yang terkandung dalam cangkang kerang darah akan larut dalam basa sehingga protein yang terikat akan terpisah. Protein kemudian lepas dan berikatan dengan ion Na^+ membentuk Na-proteat. Selanjutnya dilakukan proses refluks yang disertai pengadukan. Setelah itu dilakukan proses penyaringan dan pencucian yang berfungsi untuk melarutkan Na-proteat yang larut dalam air (Handayani, dkk, 2018). Hasil yang diperoleh dari tahap deproteinasi adalah kitin. Rendemen kitin yang diperoleh dalam tahap ini adalah 30,67%.

3. Tahap Deasetilasi

Kitin yang diperoleh kemudian diproses dalam tahap deasetilasi. Tahap deasetilasi adalah proses menghilangkan gugus asetil ($-\text{COCH}_3$) dengan gugus hidrogen sehingga gugus amida (-

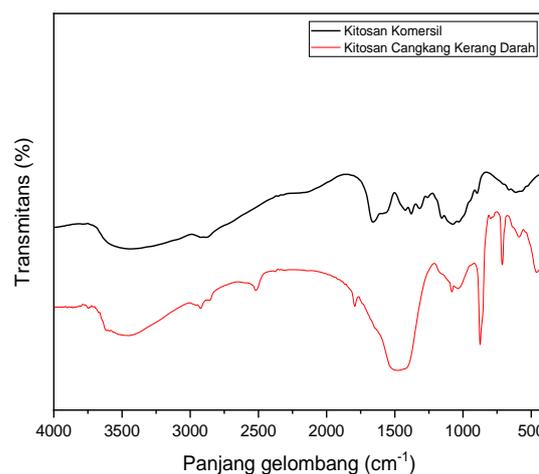
NHCOCH₃) berubah menjadi gugus amina (-NH₂). Proses deasetilasi dilakukan dengan merefluks kitin dengan NaOH 60% pada suhu 120°C selama 1 jam dengan pengadukan. Dalam tahap deasetilasi terjadi reaksi adisi ketika gugus -OH masuk ke dalam gugus -NHCOCH₃, kemudian reaksi eliminasi terjadi pada gugus -CH₃COOH sehingga menghasilkan gugus amina serta hasil samping berupa garam natrium asetat (Masindi, dkk, 2017)

C. Karakterisasi Kitosan menggunakan Spektrofotometer FTIR

Analisis gugus fungsi pada kitosan dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer FTIR yang bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi pada kitosan yang digunakan berdasarkan daerah serapannya. Adapun Spektra IR dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan hasil analisis gugus fungsi menggunakan spektrofotometer FTIR dapat dilihat adanya serapan yaitu pada bilangan gelombang 3444,87 cm⁻¹ dan 3450,65 cm⁻¹ mengindikasikan serapan gugus -OH tumpang tindih dengan -NH. Pada bilangan gelombang 2922,16 cm⁻¹ dan 2924,09 cm⁻¹ mengindikasikan adanya gugus -CH alifatik. Pada bilangan gelombang 2357,01 cm⁻¹ dan 2378,23 cm⁻¹ mengindikasikan gugus -CH aromatik. Pada bilangan gelombang 1658,78 cm⁻¹ dan 1643,35 cm⁻¹ menunjukkan pita serapan gugus -C=O yang menunjukkan adanya

gugus amida sekunder. Pada bilangan gelombang 1423,47 cm⁻¹ dan 1479,40 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi regangan -CH. Pada bilangan gelombang 1074,35 cm⁻¹ dan 1082,07 cm⁻¹ mengindikasikan adanya ikatan C-O-C. Serta, pada bilangan gelombang 896,9 cm⁻¹ dan 873,75 cm⁻¹ mengindikasikan adanya ikatan β-1,4-glikosidik. Spektrum utama yang terdapat pada daerah panjang gelombang tertentu menunjukkan adanya gugus fungsi utama sehingga diperoleh hasil bahwa senyawa hasil reaksi deasetilasi dalam penelitian adalah kitosan.



Gambar 2. Spektra IR Kitosan

Setelah proses deasetilasi kitosan yang terbentuk dihitung derajat deasetilasinya. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh hasil yaitu derajat deasetilasi kitosan komersil sebesar 77% dan kitosan cangkang kerang darah sebesar 64%. sehingga dapat dikatakan sebagai kitosan karena apabila derajat deasetilasi <60 %, maka polimer disebut kitin dan apabila derajat deasetilasi >60 %, maka

polimer disebut kitosan (Sam, dkk, 2022). Besarnya rendemen kitosan berdasarkan perhitungan jumlah sampel awal cangkang kerang darah adalah sebesar 13,39%.

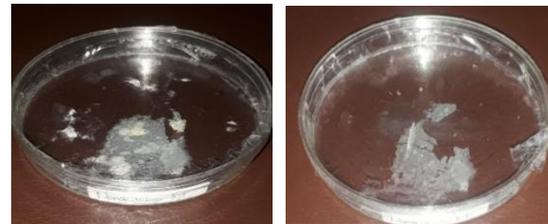
D. Sintesis Nanokitosan dengan Metode Gelasi Ionik

Sintesis nanokitosan pada penelitian ini dilakukan dengan metode gelasi ionik. Prinsip pembentukan pada metode gelasi ionik adalah interaksi ionik antara gugus amino kitosan yang bermuatan positif dengan polianion bermuatan negatif membentuk struktur network inter-dan/atau intramolekul tiga dimensi. Pada metode ini, kitosan dilarutkan dalam asam encer untuk memperoleh kation.

Larutan kitosan kemudian ditambahkan larutan polianionik TPP sambil diaduk dengan magnetic stirrer. *Crosslinker* polianion yang paling banyak digunakan yaitu natrium tripolifosfat (NaTPP), karena bersifat tidak toksik dan memiliki multivalen. Pada penelitian ini digunakan dua rasio volume kitosan dan NaTPP yaitu 5 : 1 (rasio volume kecil) dan 2 : 1 (rasio volume besar). Hal ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran data distribusi ukuran partikel pada kedua rentang tersebut (Mardliyati, dkk, 2012).

Pada proses pembuatan nanokitosan ditambahkan larutan tween 80 yang berfungsi sebagai pengemulsi. Setelah terbentuk emulsi, nanokitosan kemudian

dikeringkan dengan metode *spray drying*. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Gambar 3. Setelah dikeringkan diperoleh nanokitosan yang berbentuk lapisan tipis berwarna putih kekuningan.



(a) (b)

Gambar 3. (a) Nanokitosan Cangkang Kerang Darah (b) Nanokitosan Komersil

E. Karakterisasi Nanokitosan

1. Karakterisasi Nanokitosan dengan Instrumen PSA

Karakterisasi nanokitosan dengan instrumen PSA (*Particle Size Analyzer*) dilakukan untuk mengetahui rata-rata ukuran partikel nanokitosan serta nilai indeks polidispersitas.

Tabel 1. Hasil Analisis PSA Nanokitosan Metode Gelasi Ionik

Sampel	Rata-rata Ukuran Partikel (nm)	Indeks Polidispersitas
Nanokitosan 5:1	201,2	0,633
Nanokitosan 2:1	5120	0,443
Nanokitosan CKD 5:1	15,19	0,011
Nanokitosan CKD 2:1	13,64	0,151

Keterangan:CKD:Cangkang Kerang Darah

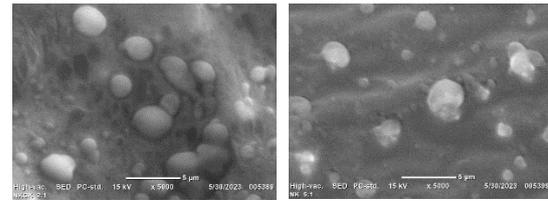
Berdasarkan Tabel 1, rata-rata ukuran terkecil yaitu nanokitosan cangkang kerang darah perbandingan 2:1 sebesar 13,64 nm. Rata-rata ukuran terbesar yaitu

nanokitosan komersil perbandingan 2:1 sebesar 5120 nm. Menurut Mohanraj (2006), nanopartikel adalah partikel yang berbentuk padat dengan kisaran ukuran 10-1000 nm. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa kitosan yang diperoleh telah berukuran nano kecuali kitosan komersil 2:1 yang belum termasuk ke dalam skala nano partikel.

Berdasarkan Tabel 4.2., nilai indeks polidispersitas terkecil yaitu nanokitosan cangkang kerang darah perbandingan 5:1 sebesar 0,011 yang berarti menunjukkan distribusi partikel paling seragam sehingga memiliki kecendrungan stabil secara fisik sehingga tidak menyebabkan partikel saling beragregasi. Sedangkan untuk nilai indeks polidispersitas terbesar yaitu nanokitosan komersil dengan perbandingan 5:1 sebesar 0,633 yang menunjukkan partikel memiliki tingkat heterogenitas yang paling tinggi.

2. Karakterisasi Nanokitosan dengan Instrumen SEM

Nanokitosan dengan rata-rata ukuran partikel terkecil yang diperoleh kemudian dikeringkan dengan metode *spray drying* untuk mengubah bentuk nanokitosan menjadi padatan yang akan dianalisis morfologi dengan menggunakan instrumen SEM. Hasil Analisa SEM berupa morfologi nanokitosan dengan perbesaran 5000 kali dapat dilihat pada Gambar 4



(a) (b)

Gambar 4. (a) Morfologi Nanokitosan Cangkang Kerang Darah (b) Morfologi Nanokitosan Komersil

Hasil morfologi nanokitosan pada Gambar 4.8. menunjukkan bentuk partikel bulat. Akibat kompleksasi antara muatan yang berbeda dengan tripolifosfat (TPP), kitosan mengalami gelasi ionik dan presipitasi membentuk partikel bulat seperti bola (Rumengan, dkk, 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa nanokitosan hasil sintesis dari cangkang kerang darah menggunakan metode gelasi ionik yaitu memiliki derajat deasetilasi sebesar 64%, berbentuk lapisan tipis berwarna putih kekuningan, memiliki ukuran partikel sebesar 15,19 nm dan 13,64 nm dengan indeks polidispersitas sebesar 0,011 dan 0,151, serta memiliki bentuk permukaan bulat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyi, N. Z., Nurjannah, E., Nurahlina, D., & Budiayati, E. 2018. Karakterisasi Nano Kitosan dari Cangkang Kerang Hijau dengan Metode Gelasi Ionik. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 2(2), 106-111.
- Dompeipen, E. J. 2017. Isolasi dan identifikasi kitin dan kitosan dari kulit udang Windu (*Penaeus monodon*) dengan spektroskopi

- inframerah. *Majalah BIAM*, 13(1), 31-41.
- Fan, W., Yan, W., Xu, Z., & Ni, H. 2012. Formation mechanism of monodisperse, low molecular weight chitosan nanoparticles by ionic gelation technique. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 90, 21-27.
- Firyanto, R., Soebiyono dan Muhammad Rif'an. 2016. Pemanfaatan Kitosan Dari Limbah Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis*) Sebagai Adsorban Logam Cu. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(1).
- Handayani, L., Syahputra, F., & Astuti, Y. 2018. Utilization and Characterization of Oyster Shell as Chitosan and Nanochitosan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 21(4), 224-231.
- Ilmiyah, Z., & Rohmah, J. 2020. Characterization of Chitosan Nanoparticles from Milkfish Scales as an Alternative Preservatives of Fresh Pangas Catfish (*Pangasius hypophthalmus*). *Medicra (Journal of Medical Laboratory Science/Technology)*, 3(1), 12-20.
- Mardiyati, E., Muttaqien, S. E., & Setyawati, D. R. 2012. Sintesis nanopartikel kitosan-trypoly phosphate dengan metode gelasi ionik: pengaruh konsentrasi dan rasio volume terhadap karakteristik partikel. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*, 90, 93.
- Masindi, T & Nuniek Herdyastuti. 2017. Karakterisasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*). *Unesa Journal of Chemistry*, 6(3).
- Mohanraj U. J and Chen. 2006. Nanoparticles – Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 5(1): 561-573
- Nadia, L. M. H., Suptijah, P. & Ibrahim B. 2014. Produksi dan Karakterisasi Kitosan Dari Cangkang Udang Putih (*Litopenaeus vannamei*). *Prosiding Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan (Vol. 6, No. 1, pp. 88-94)*.
- Perera, U. M. S. P., & Rajapakse, N. 2014. Chitosan nanoparticles: preparation, characterization, and applications. In *Seafood processing by-products* (pp. 371-387). Springer, New York, NY.
- Rochima, E., Fiyanih, E., Afrianto, E., Joni, I. M., Subhan, U., & Panatarani, C. 2018. Efek Penambahan Suspensi Nanokitosan pada Edible Coating terhadap Aktivitas Antibakteri. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(1), 127-136.
- Rismawati, R., Hasri, H., & Sudding, S. 2020. Kitosan Asetat Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*) Sebagai Antibakteri Pada Kain Katun. *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 9(1), 45-56.
- Risnawati, R., Wijaya, M., & Hasri, H. 2019. Sintesis Nanopartikel Kitosan-tripolifosfat menggunakan Metode Gelasi Ionik. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia*, 19(2), 155-166.
- Rumengan, I. F., Suptijah, P., Salindeho, N., Wullur, S., & Luntungan, A. H. 2018. Nanokitosan dari Sisik Ikan: Aplikasinya sebagai Pengemas Produk Perikanan. *Manado: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*.
- Saharudin, S. H., Shariffuddin, J. H., & Nordin, N. I. A. A. 2017. Biocomposites from (*Anadara granosa*) shells waste for bone

- material applications. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Vol. 257, No. 1, p. 012061.
- Sam, Isna Sejati, Hasri & Putri., S. E. 2022. Sintesis Nanokitosan dari Limbah Kulit Udang Windu (*Panaeus monodon*). Jurnal Sainsmat Vol. XI, No. I
- Suptijah, P., Jacob, A. M., & Rachmania, D. (2011). Karakterisasi nano kitosan cangkang udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) dengan metode gelasi ionik. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 14(2).
- Tim Perikanan WWF-Indonesia. 2015. Perikanan Kerang Panduan Penangkapan dan Penanganan. Jakarta: WWF-Indonesia.
- Vaezifar, S., Razavi, S., Golozar, M. A., Karbasi, S., Morshed, M., & Kamali, M. 2013. Effects of some parameters on particle size distribution of chitosan nanoparticles prepared by ionic gelation method. Journal of Cluster Science, 24(3), 891-903.