

Deasetilasi Kitin Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) Menjadi Kitosan Menggunakan Iradiasi Microwave

Robby Gus Mahardika^{1*}, Muhammad Jumnahdi², Yekti Widyaningrum³

¹Jurusan Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

³Jurusan Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

*Corresponding Author: robbygusmahardika@gmail.com

Received: January ,20,2020 /Accepted: December,27,2020

Doi: 10.24252/al-kimiav8i2.7999

Abstract: The crab shell (*Portunus pelagis*) is still an untapped waste, especially on Bangka Island. Actually, this shell has a high value because there is chitin and chitosan. Chitosan is a biopolymer which has recently been developed into adsorbents, membranes and edible films. The deacetylation process of chitin will be the key to the quality of chitosan produced. Therefore, the purpose of this study is to see the effect of the chitin deacetylation process into chitosan using a microwave. Microwave deacetylation process is carried out with various time variations at 1200 W and 100°C. Characterization and degree of deacetylation (DD) of chitosan crab were analyzed by Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. The results showed that deacetylation using conventional methods for 120 minutes at a temperature 100°C had DD 76.67% while deacetylation using microwave for 40 minutes at a temperature of 100°C had a DD 77.89%. Microwave deacetylation is three times faster than conventional methods.

Keywords: Deasetilasi, chitin, chitosan, *Portunus pelagis*, microwave

PENDAHULUAN

Cangkang rajungan (*Portunus pelagis*) masih menjadi limbah yang belum dimanfaatkan khususnya di Pulau Bangka. Limbah cangkang ini sebenarnya memiliki nilai tinggi karena adanya kandungan kitin dan kitosannya. Kitosan adalah biopolimer yang akhir-akhir ini banyak dikembangkan menjadi adsorben, membran, maupun komposit lainnya (Alias, Ariff, & Mohamad, 2015).

Dewasa ini, polimer alam seperti kitosan menjadi salah satu hal yang menarik untuk diteliti ataupun banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku industri (Hargono, Abdullah, & Sumantri, 2017) (Setiani, Sudiarti, & Rahmidar, 2018). Kitosan merupakan polimer alam dalam bentuk polisakarida yang pada saat ini terbanyak setelah selulosa karena kitosan dapat diproduksi melalui limbah kulit udang dan kepiting yang sangat banyak terdapat diperairan Indonesia khususnya di Bangka.

Kitosan merupakan biopolimer poli (N-amino-2-deoksi β-D-Glukopiranos) yang dapat dihasilkan dari proses deasetilasi kitin (poli (N-asetil-2-amino-2-deoksi β-D-Glukopiranos)). Deasetilasi adalah penghilangan gugus asetil yang terdapat dalam kitin (Bahri, Rahim, & Syarifuddin, 2018). Proses deasetilasi kitin menjadi kunci kualitas kitosan. Saat ini, kitosan kebanyakan diproduksi dengan metode kimiawi konvensional. Proses ini memerlukan larutan alkali dengan konsentrasi yang tinggi. Suhu dan waktu yang digunakannya juga tinggi dan lama. Hal ini yang dapat menyebabkan proses deasetilasi kurang efisien. Oleh sebab itu, diperlukan inovasi teknologi untuk membuat proses produksi berjalan lebih efisien dengan hasil yang lebih optimal dan waktu yang lebih singkat (Kurniasih & Kartika, 2011).

Salah satu inovasi teknologi dalam proses kimia adalah penggunaan gelombang mikro (*microwave*). Radiasi microwave sudah banyak digunakan dalam berbagai industri pangan dan kimia. Microwave dapat digunakan sebagai sumber tenaga untuk memanaskan dan mengeringkan suatu bahan, dan ekstraksi senyawa bahan alam serta dalam dunia pertanian (Setyaningsih, Saputro, Palma, & Barroso, 2015).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, iradiasi microwave memberikan banyak keuntungan, diantaranya: waktu startup dan pemanasan atau reaksi yang relatif singkat, efisiensi energi dan biaya proses yang lebih unggul, proses yang mudah dan tepat, serta mutu produk akhir yang lebih baik dan dapat meningkatkan kualitas bahan kering (Hemwimon, Pavasant, & Shotipruk, 2007) (Sagheer, Al-Sughayer, Muslim, & Elsabee, 2009). Tidak salah jika akhir-akhir ini *microwave* sering juga digunakan sebagai sumber eksternal untuk membantu mempercepat terjadinya suatu reaksi kimia (*microwave-assisted reactions*). Oleh sebab itu penelitian ini proses deasetilasi kitin rajungan menjadi kitosan menggunakan *microwave*.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi limbah cangkang rajungan, HCl, NaOH, asam asetat, kertas saring, dan aquades. Sampel limbah cangkang rajungan (*Portunus pelagicus*) diperoleh dari Desa Jelutung, Kabupaten Bangka Tengah.

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi MARS 6 - *Microwave Accelerated Reaction System* (CEM), Spektrofotometer FT-IR (Shimadzu), *magnetic stirrer*, oven, termometer celsius, dan peralatan gelas.

Prosedur

Preparasi Sampel

Limbah cangkang rajungan (*Portunus pelagicus*) dari Desa Jelutung dibersihkan, dikeringkan dan digerus dengan mortar sehingga terbentuk serbuk kasar. Serbuk selanjutnya diayak, serbuk ukuran 80 mesh akan diproses ke tahap selanjutnya.

Deproteinasi

Serbuk ukuran 80 mesh yang diperoleh diambil 50 g dan dilarutkan dalam 500 mL larutan NaOH 3,5% (b/v). Larutan tersebut diaduk dan dipanaskan menggunakan magnetik stirrer pada suhu 60 °C selama dua jam. Endapan yang didapat dicuci dengan aquades hingga pH netral dan didapatkan serbuk cangkang hasil deproteinasi (Tanasale, Killay, & Laratmase, 2012).

Demineralisasi

Serbuk cangkang hasil deproteinasi yang didapat dilarutkan dalam 500 mL HCl 1M. Larutan selanjutnya diaduk dan dipanaskan selama 1 jam pada suhu 60°C hingga tidak ada gelembung CO₂. Sedangkan endapan yang ada disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH netral. Padatan dikeringkan dikeringkan, dalam oven dan ditimbang sehingga diperoleh senyawa kitin (Tanasale *et al.*, 2012).

Deklorinasi

Deklorinasi bertujuan untuk menghilangkan pigmen warna orange pada cangkang rajungan. Deklorinasi dilakukan dengan melarutkan kitin dalam larutan NaOCl 5,25% dengan perbandingan 1:20 (b/v). Deklorinasi dilakukan pada suhu 40°C selama 1 jam. Endapan yang didapat disaring dan dikeringkan (Tanasale *et al.*, 2012).

Deasetilasi

Kitin yang didapat selanjutnya dideasetilasi dengan dua metode yaitu dengan metode konvensional dan microwave. Pada penelitian ini, metode konvensional deasetilasi dilakukan dengan melarutkan kitin dalam larutan NaOH 40% (b/v). Perbandingan kitin dan larutan NaOH yaitu 1:20 (b/v). Proses ini dilakukan pada suhu 100-120°C selama 2 jam. Endapan yang terbentuk dicuci menggunakan aquades hingga netral dan dikeringkan dalam oven. Kitosan yang didapat ditimbang dan dianalisis derajat deasetilasi (DD) menggunakan spektrofotometer FT-IR dan dianalisis sifat fisiknya (Tanasale *et al.*, 2012).

Metode *microwave* pada penelitian ini dilakukan dengan berbagai variasi waktu yaitu 10, 20, 30, dan 40 menit pada power 100°C dan 1200 W. Microwave yang digunakan adalah MARS 6 - *Microwave Accelerated Reaction System* (CEM) dengan tipe vessel *EasyPrep Plus*. Kitosan yang didapat ditimbang dan dianalisis derajat deasetilasi (DD) menggunakan Spektrofotometer FT-IR dan dianalisis sifat fisiknya.

Analisis Kitosan

Kitosan yang didapat dianalisis wujud, warna, dan kelarutan. Selain itu dilakukan analisis struktur dan derajat deasetilasi menggunakan spektrofotometer FT-IR. Analisis tersebut menjadi penentu kualitas kitosan yang dihasilkan. Semakin tinggi Derajat deasetilasi (DD) semakin bagus konversi kitin ke kitosan.

Berdasarkan literatur, penentuan DD menggunakan spektroskopi FT-IR terdapat beberapa perbedaan perhitungan berdasarkan rasio absorbansinya. Persamaan yang sering digunakan yaitu dari Sabnis dan Block (Arifin & Irawan, 2015) (persamaan 1). Persamaan ini melihat rasio absorbansi 1655 cm⁻¹ dan 3450 cm⁻¹ dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\% \text{ DD} = 97,67 - \left[\left(\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \times 26,486 \right) \right] \quad (1)$$

Analisis DD juga dikemukakan oleh Baxter (Khan, Peh, & Ch'ng, 2002). Persamaan yang digunakan juga menggunakan rasio pada absorbansi 1655 cm⁻¹ dan 3450 cm⁻¹. DD dihitung dengan persamaan 2.

$$\% \text{ DD} = 100 - \left(\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \times 115 \right) \quad (2)$$

Analisis (DD) yang lain ditentukan dengan metode *baseline* berdasarkan persamaan Domszy and Roberts (Khan *et al.*, 2002) (persamaan 3). Persamaan ini melihat hubungan absorbansi bilangan gelombang 1588 cm⁻¹ untuk serapan gugus amida/asetamida dengan absorbansi 3410 cm⁻¹ untuk serapan gugus hidroksida (OH).

$$\% \text{ DD} = 100 - \left[\left(\frac{A_{1588}}{A_{3410}} \times 100 \right) / 1,33 \right] \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

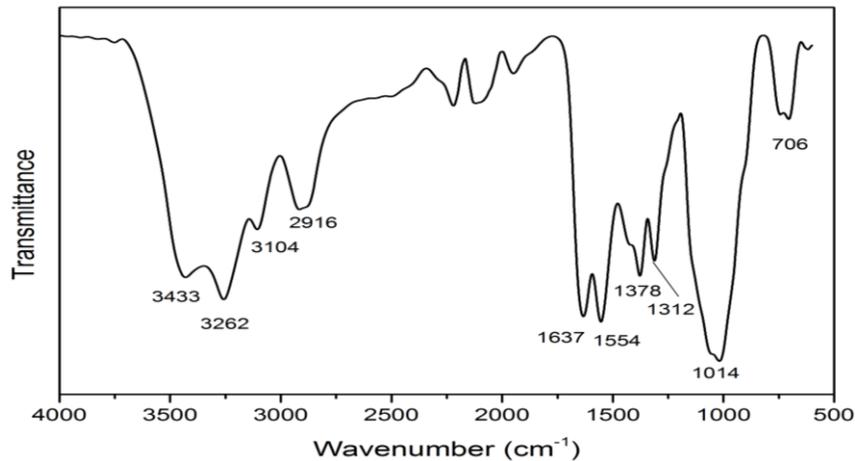
Isolasi Kitin dari Cangkang Rajungan (*Portunus pelagis*)

Isolasi kitin dari limbah cangkang rajungan (*Portunus pelagis*) melalui tahapan deproteinasi, demineralisasi dan deklorinasi. Pada tahap deproteinasi, serbuk cangkang rajungan yang telah dihaluskan dan diayak ditambahkan dengan larutan NaOH. Larutan NaOH bertujuan untuk memutuskan ikatan antara protein dengan kitin. Pada tahap ini terjadi larutan berwarna coklat dan kental. Hal ini disebabkan protein yang terlepas

berikatan dengan ion Na^+ yang larut dalam air sedangkan kitin akan mengendap karena tidak larut dalam air.

Endapan yang terbentuk selanjutnya dilakukan demineralisasi dengan melarutkannya dalam 500 mL HCl 1M. Penambahan HCl dilakukan secara bertahap karena akan terbentuk gelembung gas CO_2 . Demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan garam anorganik yang ada pada cangkang rajungan seperti CaCO_3 dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. HCl akan bereaksi dengan CaCO_3 sehingga menghasilkan CO_2 dan garam CaCl_2 yang larut dalam air. Proses demineralisasi selanjutnya dicuci dengan aquades untuk melarutkan garam CaCl_2 . Kitin dari cangkang rajungan mengendap pada dasar yang berwarna coklat.

Kitin yang berwarna coklat selanjutnya dilakukan deklorinasi untuk menghilangkan pigmen warna pada kitin. Pada proses ini kitin yang berwarna coklat ditambahkan dengan larutan natrium hipoklorit (NaOCl) sehingga warna kitin menjadi putih. Kitin ini selanjutnya dikeringkan sehingga diperoleh serbuk kitin. Serbuk kitin ini dianalisis menggunakan spektrofotometer FT-IR. Spektrum FT-IR kitin rajungan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Spektrum FT-IR kitin rajungan (*Portunus pelagis*)

Spektrum FT-IR kitin pada penelitian ini menunjukkan bahwa kalsium karbonat (CaCO_3) cangkang rajungan telah terurai menjadi karbon dioksida, hal ini disebabkan karena adanya reaksi dengan HCl dan pemanasan selama 1 jam. Jika masih terdapat CaCO_3 , pada spektrum FTIR akan menghasilkan puncak pada bilangan gelombang 1390 dan 1796 cm^{-1} (Kiefer, Strk, Kiefer, & Glade, 2018). Gugus amida kitin hasil ekstraksi dari *Portunus pelagis* ditunjukkan pada bilangan gelombang 1637 dan 1554 cm^{-1} . Selain itu, gugus amida terlihat jelas pada bilangan gelombang 1312 cm^{-1} yang merupakan vibrasi dari gugus C-N amida *stretching*. Karakteristik kitin hasil ekstraksi ini mirip dengan kitin dari udang. Absorbansi ikatan pada kitin hasil ekstraksi cangkang rajungan (*Portunus pelagis*) disajikan pada tabel 1.

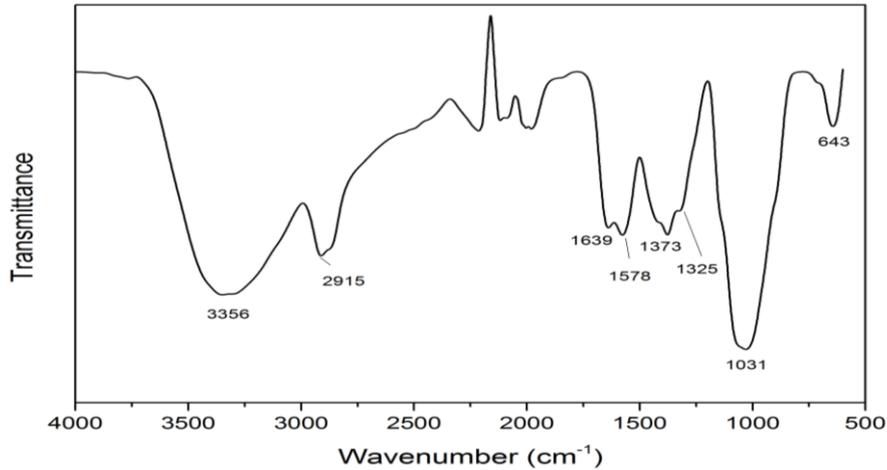
Tabel 1. Analisis gugus fungsi struktur kitin rajungan (*Portunus pelagicus*)

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) Kitin hasil ekstraksi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) Kitin kulit udang (Agustina, Swantara, & Suartha, 2015)	Mode Vibrasi
3433	3475	OH <i>stretching</i>
3262	3265	NH <i>stretching</i>
3104	3105	NH <i>stretching</i>
2916	2883	C-H <i>stretching</i>
2225	2165	
1637	1660	C=O <i>band</i>
1554	1554	NH <i>band</i>
1378	1431	CH ₃ <i>wagging</i>
1014	1072	C-O-C <i>stretching</i>
707	707	N-H

Deasetilasi Kitin Menjadi Kitosan Konvensional

Deasetilasi kitin merupakan penghilangan gugus asetil (COCH₃) yang terikat pada gugus amina (-NH₃). Deasetilasi kitin ini akan menghasilkan kitosan. Pemutusan ikatan asetil pada umumnya memerlukan suatu basa, sehingga pada penelitian ini digunakan basa kuat NaOH 40% (Hargono *et al.*, 2017). Deasetilasi pada penelitian ini digunakan dengan dua metode yaitu konvensional dan microwave.

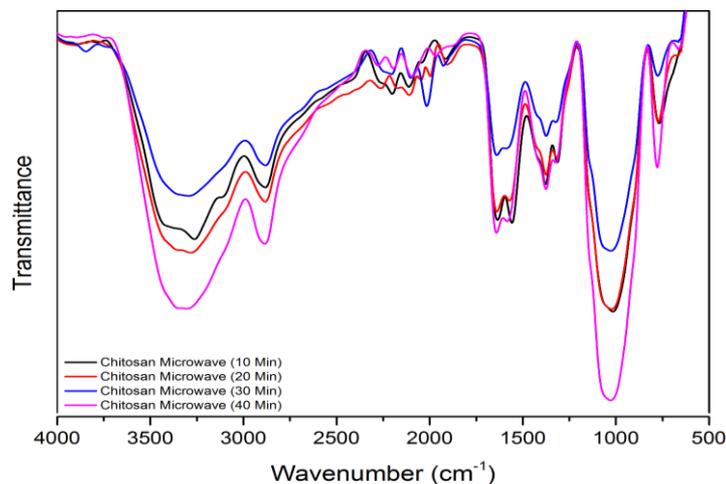
Deasetilasi menggunakan metode konvensional yaitu dengan melarutkan kitin dalam larutan NaOH 40% (b/v) dengan perbandingan kitin dan larutan NaOH 1:20 (b/v) pada suhu 100°C selama 2 jam. Kitosan dari hasil konvensional ini memiliki warna putih krem dengan tekstur serbuk dan dapat larut dalam asam asetat 1 %. Analisis struktur kitosan dapat dilihat pada gambar 2. Karakteristik kitosan ditunjukkan pada spektrum FT-IR pada absorbansi 3356 (*broad*) dan 2915 cm⁻¹. Bilangan gelombang tersebut berkorespondensi dengan gugus -OH, NH, dan CH (*stretching*). Absorbansi pada bilangan gelombang 1639 dan 1578 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus amide dari kitosan. Hal ini menunjukkan bahwa gugus asetamide belum terhidrolisis semua. Bilangan gelombang 1373 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi dari gugus CH₂OH (Yasmeen *et al.*, 2016). Sedangkan ciri dari karbohidrat (gugus C-O-C) ditandai adanya absorbansi pada 1031 cm⁻¹. Vibrasi gugus -OH yang merupakan ciri dari karbohidrat teramati pada bilangan gelombang 643 cm⁻¹. Hasil kitosan ini juga sesuai dengan penelitian sebelumnya, seperti kitosan dari (El Knidri, El Khalfaouy, Laajeb, Addaou, & Lahsini, 2016), (Agustina *et al.*, 2015), (Arifin & Irawan, 2015). Kefektifan merubah kitin menjadi kitosan dilihat dari derajat deasetilasi (DD). Derajat deasetilasi dengan menggunakan metode konvensional yaitu sebesar 76,67%.



Gambar 2. Spektrum FT-IR kitosan rajungan (*Portunus pelagis*)

Deasetilasi Kitin Menjadi Kitosan Menggunakan Microwave

Deasetilasi kitin menjadi kitosan menggunakan microwave dilakukan dengan variasi waktu yaitu 10, 20, 30, dan 40 menit. Proses deasetilasi ini dilakukan pada kondisi 100°C dan power 1200 W. Kitosan hasil reaksi ini juga dianalisis strukturnya dan derajat deasetilasinya menggunakan spektroskopi FT-IR. Spektrum FT-IR kitosan hasil microwave disajikan pada gambar 3.

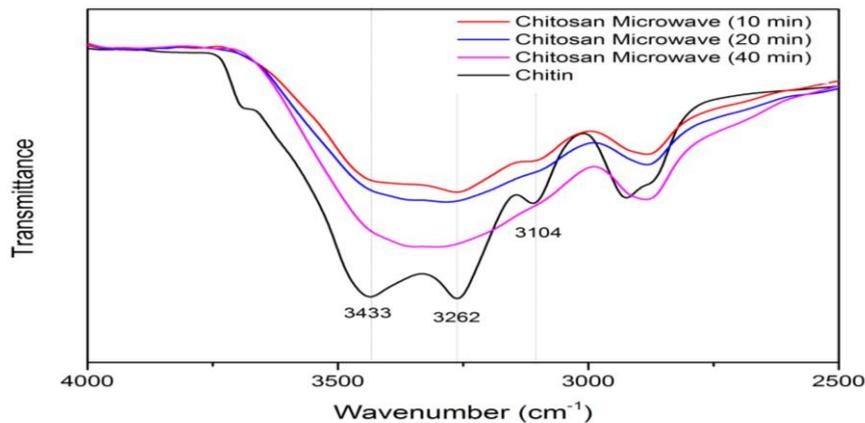


Gambar 3. Spektrum FT-IR kitosan hasil microwave

Berdasarkan hasil spektrum FT-IR, kitosan hasil microwave memiliki absorbansi pada bilangan gelombang 3350-3340 (*broad*) dan 2882 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus OH, NH, dan CH (*stretching*). Gugus OH dan NH saling bertumpang tindih pada bilangan gelombang 3350-3340 (*broad*). Absorbansi pada bilangan gelombang 1642 dan 1557 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus amide dari kitosan. Sedangkan vibrasi dari gugus CH_2OH ditunjukkan pada bilangan gelombang 1376 cm^{-1} (Yasmeen et al., 2016). Absorbansi pada 1031 cm^{-1} merupakan vibrasi dari gugus C-O-C atau C-OH karbohidrat dari kitosan hasil microwave.

Spektrum FT-IR dari reaksi deasetilasi menggunakan microwave selama 10 menit menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan masih menyerupai katin. Hal ini ditunjukkan

dari adanya absorbansi yang menyerupai kitin yaitu pada bilangan gelombang 3433, 3262, dan 3104 cm^{-1} (gambar 4). Absorbansi tersebut merupakan vibrasi dari gugus OH dan NH dari amida *stretching*. Meskipun pucak absorbansi yang tidak sekuat kitin, hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi deasetilasi menggunakan microwave belum selesai dalam waktu 10 menit. Sedangkan hasil kitosan microwave 20 menit, absorbansi yang menyerupai kitin tersebut sudah tidak muncul. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan mulai banyak dihasilkan dari proses deasetilasi microwave selama 20 menit. Absorbansi yang mencirikan kitosan semakin kuat dari hasil microwave 40 menit. Hal ini ditandai dengan hilangnya absorbansi pada 3433 dan 3262 cm^{-1} , serta munculnya absorbansi dari vibrasi gugus OH dan NH yang saling bertumpang tindih pada bilangan gelombang 3350-3340 cm^{-1} (*broad*).



Gambar 4. Perbandingan spektrum FT-IR kitosan hasil microwave dengan kitin

Salah satu peninjauan kualitas kitosan yang dihasilkan yaitu melalui perhitungan derajat deasetilasi (DD). Metode yang digunakan adalah metode *baseline* berdasarkan hasil spektrum FT-IR. Pada penelitian ini pengukuran DD dihitung menggunakan persamaan Sabnis dan Block, Baxter, dan Domzy & Roberts. Selain itu, kualitas kitosan dapat dilihat dari kelarutannya terhadap asam asetat. Hasil DD dan analisis fisik disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis sifat fisik dan derajat deasetilasi kitosan

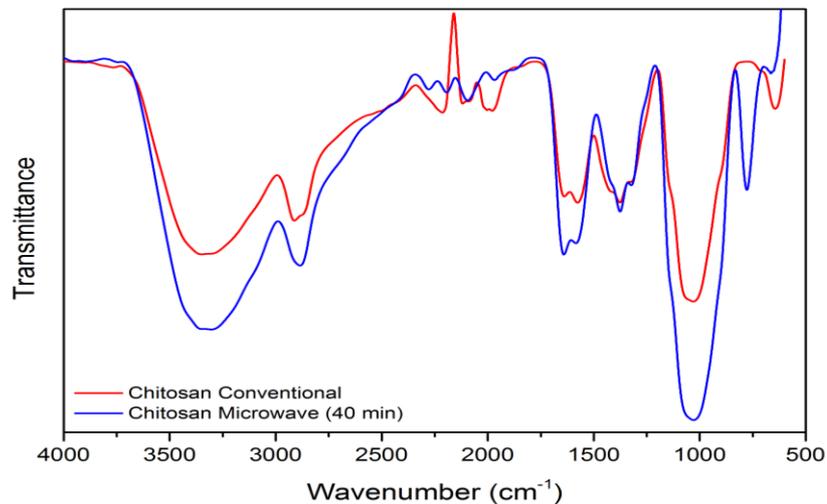
Metode	Waktu Reaksi (Menit)	Warna Larutan	Kelarutan dalam CH_3COOH 1%	Derajat Deasetilasi (%)		
				Persamaan 1	Persamaan 2	Persamaan 3
Microwave	10	Keruh	Sedikit larut	73,02	-7,04	34,25
	20	Jernih	Larut	74,93	1,24	40,13
	30	Jernih	Larut	74,77	0,55	38,22
	40	Jernih	Larut	77,89	14,13	49,09
Konvensional	120	Jernih	Larut	76,67	8,80	38,22

Derajat deasetilasi (DD) persamaan 1 memiliki nilai yang paling besar, sedangkan persamaan 2 mempunyai nilai yang paling kecil. Perbedaan nilai DD ini mungkin dikarenakan kelembaban produk kitosan yang dihasilkan (El Knidri et al., 2016). Hasil DD tersebut menunjukkan bahwa, lamanya waktu reaksi microwave cenderung meningkatkan derajat deasetilasi kitosan yang dihasilkan. Peningkatan derajat deasetilasi yang paling besar terjadi pada waktu 30 ke 40 menit. Bertambahnya waktu yang lebih lama lagi

diperkirakan dapat meningkatkan derajat deasetilasi meskipun tidak diiringi peningkatan yang signifikan. Hal ini dikarenakan kitosan dapat mengalami reaksi degradasi sehingga berat molekul kitosan yang dihasilkan menjadi rendah (Arifin & Irawan, 2015). Jika dilihat dari sifat fisiknya kitosan hasil penelitian ini memiliki warna yang jernih dan kelarutan yang baik dalam asam asetat 1 %. Meskipun pada kitosan hasil microwave 10 menit ada sedikit yang tidak larut dalam asam asetat. Hal ini dikarenakan proses deasetilasi kitin menjadi kitosan belum berjalan sempurna.

Perbandingan Kitosan Konvensional dengan Microwave

Struktur kitosan hasil deasetilasi menggunakan microwave memiliki karakteristik yang sama dengan kitosan hasil microwave. Hal ini ditunjukkan dari hasil pengukuran spektroskopi FT-IR keduanya (gambar 5.). Keduanya memiliki kemiripan absorbansi yang mencirikan kitosan, yaitu pada bilangan gelombang 3350-3340 (*broad*) dan 2882 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus OH, NH, dan CH (*stretching*). Gugus OH dan NH saling bertumpang tindih pada bilangan gelombang 3350-3340 (*broad*). Perbedaan spektrum FT-IR dari keduanya hanya pada absorbansi yang dihasilkan, sedangkan puncak yang dihasilkan memiliki nilai bilangan gelombang yang mirip.



Gambar 5. Spektrum FT-IR kitosan hasil microwave dan konvensional

Kitosan hasil microwave dengan waktu 40 menit memiliki absorbansi yang lebih tinggi dibandingkan kitosan konvensional dengan waktu reaksi 120 menit (2 jam). Hal ini mengakibatkan DD kitosan microwave lebih besar dibandingkan kitosan konvensional. Deasetilasi menggunakan microwave memiliki waktu reaksi tiga kali lebih cepat dibandingkan metode konvensional. Penggunaan gelombang mikro ini mengakibatkan terjadinya vibrasi antar atom pada molekul. Ini yang mengakibatkan meningkatnya energi kinetik pada molekul sehingga tumbukan antar molekul semakin meningkat. Oleh karena itu metode microwave ini lebih baik dibandingkan metode konvensional jika ditinjau dari segi waktu dan produk kitosan yang dihasilkan.

SIMPULAN

Deasetilasi menggunakan metode konvensional selama 120 menit pada suhu 100 °C memiliki DD sebesar 76,67% sedangkan kitosan hasil microwave pada suhu 100°C selama 40 menit memiliki DD 77,89%. Deasetilasi menggunakan microwave memiliki waktu reaksi tiga kali lebih cepat dibandingkan metode konvensional. Penggunaan gelombang

mikro ini mengakibatkan terjadinya vibrasi ikatan antar atom pada molekul. Ini yang mengakibatkan meningkatnya energi kinetik pada molekul sehingga tumbukan antar molekul semakin meningkat. Oleh karena itu metode microwave ini lebih baik dibandingkan metode konvensional jika ditinjau dari segi waktu dan produk kitosan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., Swantara, M. D., & Suartha, I. N. (2015). Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia*, 9, 271–278.
- Alias, S. S., Ariff, Z. M., & Mohamad, A. A. (2015). Porous membrane based on chitosan-SiO₂ for coin cell proton battery. *Ceramics International*, 41(4), 5484–5491. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.12.119>
- Arifin, Z., & Irawan, D. (2015). Microwave-Assisted Deacetylation of Chitin from Shrimp Shells. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan,"* (Dd), 1–5.
- Bahri, S., Rahim, E. A., & Syarifuddin, S. (2018). Derajat Deasetilasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Darah Dengan Penambahan Naoh Secara Bertahap. *Kovalen*, 1(1), 36–42. <https://doi.org/10.22487/j24775398.2015.v1.i1.5161>
- El Knidri, H., El Khalfaouy, R., Laajeb, A., Addaou, A., & Lahsini, A. (2016). Eco-friendly extraction and characterization of chitin and chitosan from the shrimp shell waste via microwave irradiation. *Process Safety and Environmental Protection*, 104, 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.09.020>
- Hargono, H., Abdullah, A., & Sumantri, I. (2017). Pembuatan Kitosan Dari Limbah Cangkang Udang Serta Aplikasinya Dalam Mereduksi Kolesterol Lemak Kambing. *Reaktor*, 12(1), 53. <https://doi.org/10.14710/reaktor.12.1.53-57>
- Hemwimon, S., Pavasant, P., & Shotipruk, A. (2007). Microwave-assisted extraction of antioxidative anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia*. *Separation and Purification Technology*, 54(1), 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2006.08.014>
- Khan, T. A., Peh, K. K., & Ch'ng, H. S. (2002). Reporting degree of deacetylation values of chitosan: The influence of analytical methods. *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(3), 205–212.
- Kiefer, J., Strk, A., Kiefer, A. L., & Glade, H. (2018). Infrared spectroscopic analysis of the inorganic deposits from water in domestic and technical heat exchangers. *Energies*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/en11040798>
- Kurniasih, M., & Kartika, D. (2011). Sintesis dan karakterisasi fisika-kimia kitosan. *Jurnal Inovasi*, 5(1), 42–48.
- Sagheer, F. A. A., Al-Sughayer, M. A., Muslim, S., & Elsabee, M. Z. (2009). Extraction and characterization of chitin and chitosan from marine sources in Arabian Gulf. *Carbohydrate Polymers*, 77(2), 410–419. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.01.032>

- Setiani, W., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2018). Preparasi Dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan. *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(2). <https://doi.org/10.15408/jkv.v3i2.506>
- Setyaningsih, W., Saputro, I. E., Palma, M., & Barroso, C. G. (2015). Optimisation and validation of the microwave-assisted extraction of phenolic compounds from rice grains. *Food Chemistry*, 169, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.128>
- Tanasale, M., Killay, A., & Laratmase, M. (2012). Kitosan dari Limbah Kulit Kepiting Rajungan (*Portunus sanguinolentus* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Biru Metilena. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(2), 165–171. Retrieved from <http://ejournal.unri.ac.id/index.php/JN/article/view/216>
- Yasmeen, S., Kabiraz, M., Saha, B., Qadir, M., Gafur, M., & Masum, S. (2016). Chromium (VI) Ions Removal from Tannery Effluent using Chitosan-Microcrystalline Cellulose Composite as Adsorbent. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 10(4), 1–14. <https://doi.org/10.9734/IRJPAC/2016/23315>