

Pengaruh Kehalusan Bahan Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Kitosan Dari Limbah *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*)

Effect of Material Fineness on the Physical and Chemical Characteristics on Chitosan from Black Soldier Fly (Hermetia illucens) Waste

Titik Budiati*, Imas Nabila Rahma

Teknologi Rekayasa Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

*Email Koresponden: titik_budiati@gmail.com

Received : 21 Agustus 2024 | Accepted : 14 Oktober 2024 | Published : 24 Oktober 2024

Kata Kunci

ABSTRAK

Black Soldier Fly, Kitin, Kitosan

Copyright (c) 2024
Authors Titik Budiati,
Imas Nabila Rahma



This work is licensed
under a [Creative
Commons Attribution-
ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Maggot merupakan larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) yang mempunyai kandungan protein hewani yang cukup tinggi dan berpotensi menjadi bahan utama kitosan karena mengandung kitin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kehalusan bahan terhadap karakteristik fisik dan kimia kitosan yang diperoleh dari limbah *black soldier fly* (*Hermetia illucens*). Pembuatan kitosan dari limbah *black soldier fly* (*Hermetia illucens*) dengan sampel selongsong *maggot* utuh dan selongsong *maggot* yang dihaluskan (60 mesh) dilakukan melalui tahap deproteinasi, demineralisasi, depigmentasi, dan deasetilasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kehalusan bahan dapat mempengaruhi kadar abu, rendemen kitosan, dan derajat deasetilasi. Kehalusan bahan tidak mempengaruhi kadar air. Sampel dengan perlakuan terbaik yaitu sampel selongsong *maggot* di haluskan hingga ukuran 60 mesh. Karakteristik kitosan BSF memberikan hasil pH 7, kadar air 5,48% dan 4,38%, kadar abu 0,36% dan 4,39%, kadar rendemen 23,67% dan 13,94%, serta derajat deasetilasi 82 dan 63,09.

Keywords

ABSTRACT

Black Soldier Fly, Chitin, Chitosan

Maggot is the larva of the *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) which has a fairly high animal protein content and has the potential to be the main ingredient for chitosan because it contains chitin. The aim of this research is to determine the effect of material fineness on the physical and chemical characteristics of chitosan obtained from black soldier fly (*Hermetia illucens*) waste. Making chitosan from black soldier fly (*Hermetia illucens*) waste using samples of

whole maggot casings and crushed maggot casings (60 mesh) is carried out through the stages of deproteination, demineralization, depigmentation and deacetylation. The test results show that the fineness of the material can influence the ash content, chitosan yield, and degree of deacetylation. The fineness of the material does not affect the water content. The sample with the best treatment, namely the maggot casing sample, was ground to a size of 60 mesh. The characteristics of BSF chitosan give a pH of 7, water content of 5.48% and 4.38%, ash content of 0.36% and 4.39%, yield content of 23.67% and 13.94%, and degree of deacetylation of 82 and 63,09.

1. PENDAHULUAN

Maggot merupakan organisme pengurai yang berasal dari larva *black soldier fly* (BSF) atau *Hermetia illucens* (Ardianto & Amalia, 2023). *Maggot* memiliki kandungan protein hewani yang tinggi, berkisar 30–45% (Amandanisa & Suryadarma, 2020). Limbah yang dihasilkan dalam budidaya BSF yang belum dimanfaatkan secara luas yaitu selongsong atau *exuviae*. Diketahui 40% selongsong *maggot* yang dihasilkan dari total produksi *maggot* (Wahyuni *et al*, 2020).

Kitin banyak mengandung gugus asetat, berstruktur kaku, dan sulit larut dalam air, sehingga tidak dapat digunakan secara langsung. Tiga tahap reaksi deproteinisasi, demineralisasi, dan depigmentasi digunakan untuk mengisolasi kitin dari limbah *maggot* BSF. Jumlah gugus amino dan kelarutan dalam air meningkat ketika kitin diekstraksi menjadi kitosan (Ananda & Ervina, 2022).

Kitosan adalah senyawa yang terbuat dari kitin yang kemudian dideasetilasi melalui reaksi dengan alkali konsentrasi tinggi dalam waktu yang relatif lama pada suhu tinggi. Molekul kitin memiliki gugus asetil (-CH₃-CO) pada atom karbon kedua pada setiap cincin, sedangkan kitosan memiliki gugus amina (-NH) (Ardianto & Amalia, 2023).

Menurut Yunus *et al* (2019), salah satu parameter penting dalam proses karakterisasi kitosan adalah derajat deasetilasi (DD). Konsentrasi basa kuat, waktu yang digunakan, dan suhu yang digunakan adalah beberapa faktor yang mempengaruhi proses deasetilasi. Selama tahap deasetilasi basa yang kuat, konsentrasi tinggi ditambahkan untuk memecah gugus asetil pada molekul kitin. Hal ini menunjukkan bahwa molekul kitosan telah terbentuk. Pencucian kemudian dilakukan untuk netralisasi nilai pH untuk menghindari perubahan pH ekstrim yang dapat merusak sampel.

Persentase dari massa bahan awal disebut rendemen, Semakin tinggi hasilnya maka semakin baik prosesnya. Sampel dengan ukuran berbeda digunakan untuk mengkarakterisasi kitosan dari segi bentuk, ukuran, kenampakan, bau, dan beberapa sifat lainnya. Kualitas kitosan dapat diketahui dengan dilakukan karakterisasi kitosan. Sampel yang digunakan adalah selongsong *maggot* yang telah dihaluskan berukuran 60 mesh dan selongsong *maggot* utuh tanpa dihaluskan.

Namun pengolahan yang tepat diperlukan untuk menghasilkan kitosan berkualitas tinggi yang sesuai untuk produksi. Oleh karena itu, untuk memperoleh kitosan yang memenuhi baku mutu, perlu dilakukan uji karakterisasi kitosan dengan membandingkan kedua variabel tersebut.

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat berupa neraca analitik, oven, *hot plate* (CMAG HS 7 IKA), *magnetic stirrer*, *centrifuge*, pH meter (smart sensor As218), grinder (Nima), ayakan 60 *mesh* (*Sieve*), tabung *centrifuge*, *beaker glas* (pyrex), erlenmeyer (pyrex), gelas ukur (pyrex), *thermometer*, corong kaca, pipet ukur, spatula, batang pengaduk, kertas saring, aluminum foil, botol semprot, nampan plastik, *tissue*, dan plastik wrap. Sedangkan bahan yang digunakan meliputi selongsong *maggot black soldier fly* (BSF), Natrium hidroksida (NaOH), Asam klorida (HCl), Asam oksalat ($H_2C_2O_4$) 2%, Kalium permanganat ($KMnO_4$) 2%, Asam asetat (CH_3COOH), dan Akuades.

2.2 Tahapan Penelitian

Variabel perlakuan dalam penelitian ini yaitu pengaruh,

A = Selongsong Bubuk (dihaluskan)

B = Selongsong Utuh (tanpa dihaluskan).

2.2.1 Preparasi selongsong *maggot* BSF

Selongsong *maggot* BSF disiapkan dan disortasi dari limbah dan kotoran yang terkait. Kemudian dijemur selongsong *maggot* BSF di bawah sinar matahari hingga kering (Sulistiyawati et al, 2022). Setelah itu sebagian dari sampel dihaluskan berukuran 60 *mesh*.

2.2.2 Ekstraksi kitin

Proses ekstraksi kitin mengacu pada penelitian Kurniawaty & Putranta (2019) bahwa produksi kitin terdiri dari tahap deproteinisasi, demineralisasi, dan depigmentasi. Deproteinisasi dilakukan dengan 5% NaOH dengan perbandingan 1:10 (b/v), selama dua jam pada suhu 65 °C. Demineralisasi, HCl 2N ditambahkan dengan perbandingan 1:15 (b/v) pada suhu 55°C selama satu jam. Untuk depigmentasi, 2% $KMnO_4$ direndam dengan perbandingan 1:10 (b/v) selama dua jam dan asam oksalat ($H_2C_2O_4$) dibilas dengan perbandingan 1:10 (b/v) selama dua jam hingga warna memudar.

2.2.3 Ekstraksi kitosan

Proses ekstraksi kitosan dengan deasetilasi dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH 60% selama 4 jam pada suhu 100 °C hingga 110 °C. Proses ekstraksi ini berkaitan dengan penelitian Agustina *et al* (2015), yang mengubah penambahan asam pada proses netralisasi yang terkait dengan penelitian Tanasale (2010).

2.3 Metode Analisis

Analisis karakteristik kitosan dari limbah *black soldier fly* (*Hermetia illucens*) dilakukan dengan analisis kadar air, kadar rendemen, dan kadar abu mengacu pada *Association of Analytical Communities* (AOAC, 2005), serta analisis *spectral FTIR* untuk mengukur nilai derajat deasetilasi (DD) kitosan dengan metode *base line* Domszy dan Roberts (Mashuni *et al.*, 2021).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi Organoleptik Kitosan

Perbandingan karakteristik organoleptik kitosan dari limbah *black soldier fly* (*Hermetia illucens*) dengan mutu SNI ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik organoleptik kitosan selongsong *maggot* BSF

| Parameter | Organoleptis Kitosan | SNI No. 7949 : 2013 |
|-----------|--------------------------------|---------------------|
| Bentuk | Serbuk halus | Serpihan – serbuk |
| Warna | Coklat muda – putih kekuningan | Coklat muda – putih |
| Bau | Tidak berbau | - |

Tabel 1. menunjukkan karakteristik organoleptik kitosan selongsong *Maggot* BSF. Kitosan hasil ekstraksi memberikan warna putih atau kecoklatan, sesuai SNI No. 7949 : 2013 (BSN, 2013) baku mutu kitosan ditunjukkan dengan warna coklat muda sampai putih. Warna gelap pada kitosan disebabkan karena pigmen pada kitin tidak terangkat secara optimal. Selanjutnya berdasarkan pengamatan pada perlakuan B (selongsong *maggot* utuh) diketahui bahwa beberapa selongsong tidak berubah warna pada saat proses depigmentasi dikarenakan isi selongsong *maggot* BSF masih tertinggal didalamnya. Oleh karena itu, larutan $KMnO_4$ tidak dapat menyerap secara dengan baik dan kurang optimalnya proses depigmentasi ketika hasil perendaman dengan $KMnO_4$ tersebut direaksikan dengan asam oksalat. Begitu pula dengan perlakuan A (selongsong halus 60 mesh) menghasilkan kitosan berwarna gelap karena proses depigmentasi kurang optimal.

3.2 Karakteristik Fisika dan Kimia Kitosan

Kualitas kitosan dari selongsong *maggot* BSF (*Hermetia illucens*) berdasarkan standar SNI ditunjukkan pada Tabel 2. Penentuan perlakuan kitosan yang optimal mengacu pada baku mutu kitosan berdasarkan SNI No. 7949: 2013 (BSN, 2013). Hal ini ditunjukkan pada perlakuan A (selongsong dihaluskan 60 mesh) memenuhi seluruh parameter mutu SNI, sedangkan perlakuan B (selongsong utuh) tidak memenuhi kriteria deasetilasi yaitu derajat deasetilasi diatas 75 dengan rata-rata DD perlakuan ini adalah 63,9 yang masih jauh dari standar.

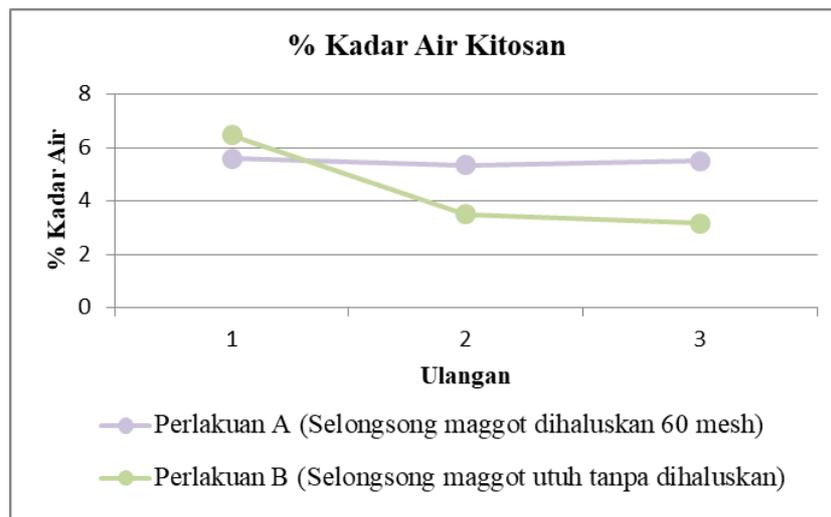
Tabel 2. Karakteristik kitosan selongsong *maggot* BSF

| Parameter | Rata-rata hasil | | SNI 7949-2013 |
|---------------------|-----------------|-------------|---------------|
| | Perlakuan A | Perlakuan B | |
| Keasaman (pH) | 7 | 7 | 7 |
| Kadar air (%) | 5.48 | 4,38 | ≤ 12 |
| Kadar abu (%) | 0.36 | 4,39 | ≤ 5 |
| Derajat deasetilasi | 82 | 63.09 | ≥ 75 |

Keterangan : A = Perlakuan sampel selongsong *maggot* dihaluskan berukuran 60 mesh
B = Perlakuan sampel selongsong *maggot* utuh tanpa dihaluskan

3.2.1 Kadar air

Pengujian kadar air menunjukkan banyak air yang terkandung dalam produk kitosan. Kadar air kitosan sangat penting untuk menentukan kualitas kitosan, dan dapat dihitung dari banyaknya air yang menguap setelah perlakuan pemanasan. Karena ada hubungan antara kandungan air dan proses metabolisme, selama penyimpanan kitosan terjadi aktivitas enzimatik dan mikroba, serta berkembangnya bau tengik yang disebabkan oleh aktivitas kimia non-enzimatik, mengakibatkan perubahan kualitas dan penampakan kitosan.

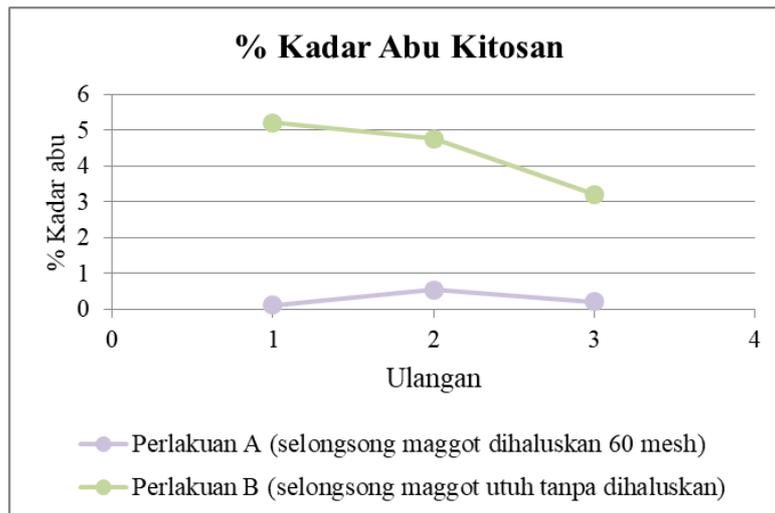


Gambar 1. Persentase kadar air kitosan selongsong *Maggot* BSF

Gambar 1 menunjukkan persentase kadar air antara perlakuan A dan perlakuan B berbeda secara signifikan. Kadar air berdasarkan pengaruh kehalusan sampel selongsong *maggot* yang dibuat pada penelitian ini sebesar 5,48% untuk perlakuan selongsong dihaluskan dengan ukuran 60 *mesh* (A) dan 4,38% untuk perlakuan selongsong *maggot* utuh tanpa dihaluskan (B). Penggunaan perlakuan A (selongsong dihaluskan hingga ukuran 60 *mesh*) dan perlakuan B (selongsong utuh) tidak berpengaruh terhadap kadar air kitosan. Hasil analisis kadar air kedua perlakuan telah memenuhi standar nasional Indonesia yaitu $\leq 12\%$. Kadar air yang rendah disebabkan oleh proses pengeringan yang berulang-ulang. Kadar air yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan pada penelitian Pratiwi *et al* (2022) dengan persentase 6,683%. Walke *et al* (2014) dalam Cahyono (2018) mengklasifikasikan kitosan sebagai senyawa yang bersifat higroskopis dan menyatakan bahwa kitosan dapat menyerap air selama penyimpanan. Menurut Mardiana (2021), kadar air yang tinggi menurunkan kesegaran dan umur simpan kitosan. Hal ini didukung oleh penelitian Yusnita (2021), bahwa keberhasilan proses pengeringan, jumlah kitosan yang dikeringkan, dan permukaan tempat kitosan dikeringkan memengaruhi kadar air kitosan.

3.2.2 Kadar abu

Kandungan mineral kitosan ditentukan melalui uji kadar abu. Tujuan pengujian kadar abu adalah untuk mengetahui seberapa larut kitosan dalam pelarut, menurut Mardiana (2021), kadar abu menunjukkan tingkat keberhasilan demineralisasi, dan kemurnian kitosan meningkat dengan kadar abu yang lebih rendah. Saat kadar abu tinggi, sampel mengandung lebih banyak mineral daripada saat kadar abu rendah.

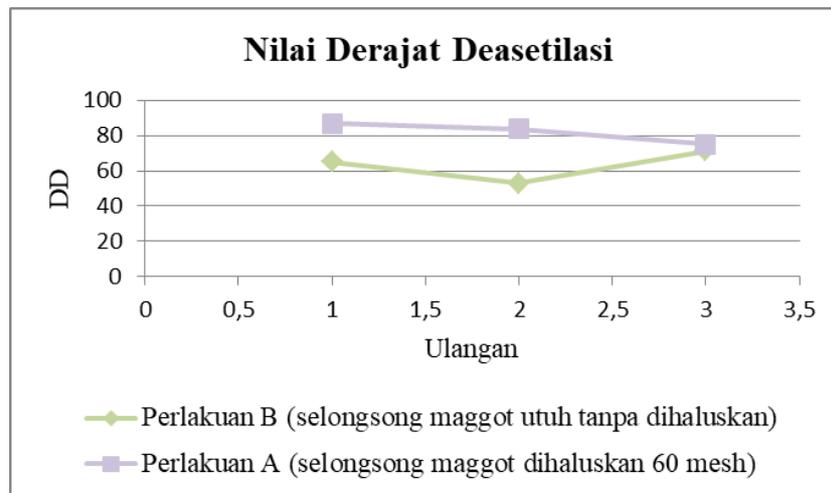


Gambar 2. Persentase kadar air kitosan selongsong *maggot* BSF

Hasil penelitian ditunjukkan pada Gambar 2 yang menunjukkan persentase kadar abu kitosan perlakuan A dan perlakuan B berbeda secara signifikan dengan persentase kadar abu perlakuan selongsong *maggot* dihaluskan 60 *mesh* lebih rendah dari sampel perlakuan selongsong *maggot* utuh. Berdasarkan Tabel 2, ekstraksi kitosan menghasilkan 0,36% abu pada perlakuan A (selongsong *Maggot* dihaluskan 60 *mesh*) dan 4,39% kadar abu pada perlakuan B (selongsong *maggot* utuh), terdapat perbedaan yang nyata. Perlakuan kehalusan sampel mempengaruhi kadar abu yang dihasilkan. Kedua perlakuan tersebut telah memenuhi Standar Nasional Indonesia dengan persentase kadar abu kurang dari 5% yang menunjukkan bahwa proses demineralisasi berjalan lancar. Semakin tinggi konsentrasi asam maka semakin rendah kadar abunya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Luthfiyana *et al* (2022), bahwa semakin tinggi konsentrasi asam klorida maka persentase kadar abu kitosan semakin menurun akibat meningkatnya reaktivitas asam klorida dan berkurangnya senyawa anorganik dalam sampel.

3.2.3 Derajat deasetilasi

Derajat deasetilasi merupakan faktor yang menunjukkan keberhasilan langkah deasetilasi pada ekstraksi kitin terhadap kitosan dengan menghitung gugus asetil yang dilepaskan dari amida. Pada tahap deasetilasi, larutan NaOH dengan konsentrasi tinggi ditambahkan. Dalam penelitian ini, 60% NaOH digunakan pada suhu 100–110 °C untuk mengubah rantai molekul kitin gugus asetil (-NHCOCH₃) menjadi gugus amina lengkap (-NH₂). Pada dasarnya, reaksi hidrolisis amida dari α-(1-4)-2-asetamido-2-deoksi-D-glukosa adalah reaksi deasetilasi kitin (Fadli *et al*, 2018). *Fourier transform infraRed* (FTIR) digunakan untuk penentuan nilai Derajat Deasetilasi (DD) (Pratiwi *et al*, 2022).



Gambar 3. Derajat deasetilasi selongsong maggot BSF

Gambar 3 menunjukkan derajat deasetilasi perlakuan A lebih tinggi dan cenderung stabil dibandingkan perlakuan B. Pengaruh kehalusan sampel pada penelitian ini mempengaruhi derajat deasetilasi kitosan *maggot* BSF, hal ini dapat dilihat pada Tabel 2. kitosan perlakuan A mempunyai derajat deasetilasi paling tinggi dengan rata-rata nilai dd sebesar 82, sedangkan kitosan dari perlakuan B mempunyai rata-rata nilai dd hanya sebesar 63,09. Baku mutu derajat deasetilasi kitosan menurut SNI 7949-2013 yaitu 75 atau lebih, dengan demikian kitosan perlakuan A memenuhi baku mutu, sedangkan kitosan perlakuan B tidak memenuhi baku mutu. Menurut Kanto *et al* (2019), ukuran partikel, suhu, konsentrasi larutan, dan waktu proses deasetilasi dapat memengaruhi derajat deasetilasi kitosan. Suhu yang digunakan meningkatkan jumlah gugus asetil yang terlepas dari kitin karena gerak antarmolekul yang meningkat, Ini meningkatkan kecepatan reaksi pemutusan gugus asetil.

3.2.4 Kadar rendemen

Salah satu faktor penting dalam proses produksi kitosan adalah rendemen. Semakin rendah rendemen kitosan *maggot* BSF, semakin murni kitosan, karena ada lebih banyak gugus asetil yang terlepas dari kitin. Rendemen yang diperoleh merupakan faktor efisiensi teknik proses ekstraksi bahan baku dan metode produksi kitosan dari limbah *maggot* BSF.

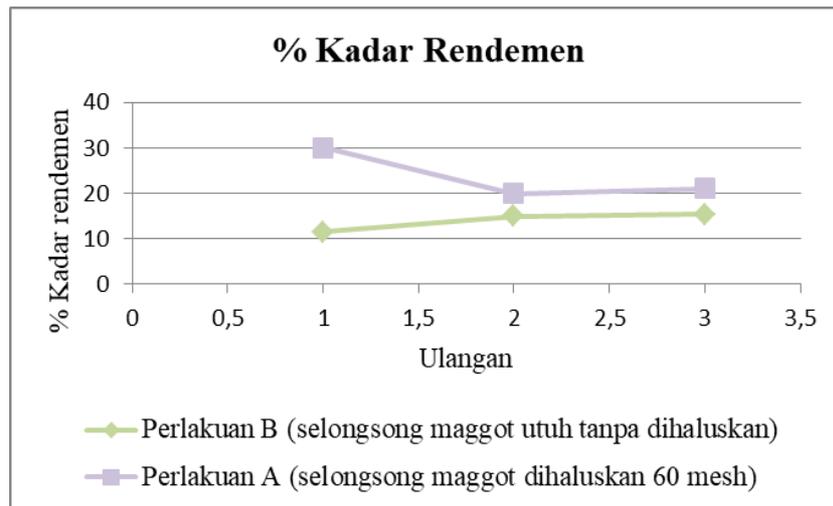
Tabel 3. Persentase nilai rendemen kitosan selongsong *maggot* BSF (%)

| Perlakuan | Rata-rata Rendemen Kitosan (%) |
|-----------|--------------------------------|
| A | 23,67 |
| B | 13,94 |

Keterangan : A = Perlakuan sampel selongsong *maggot* dihaluskan berukuran 60 *mesh*
B = Perlakuan sampel selongsong *maggot* utuh tanpa dihaluskan

Penurunan massa kitosan yang dihasilkan dari massa awal bahan baku ditunjukkan pada Tabel 3. dengan massa awal selongsong sebanyak 100 gram dan terus mengalami penurunan pada saat proses ekstraksi kitosan *maggot* BSF. Sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni *et al* (2020), selama proses demineralisasi, deproteinisasi, dan deasetilasi, bagian mineral atau zat organik dan protein pada selongsong *maggot* BSF terlarut dalam asam klorida (HCl) dan natrium hidroksida

(NaOH). Akibatnya, massa akhir kitosan maggot BSF lebih rendah daripada massa awal sampel. Gambar 4 menunjukkan persentase rendemen berbeda secara signifikan dengan perlakuan B memiliki kadar rendemen lebih rendah dari perlakuan A. Persentase kadar rendemen tertinggi diperoleh dari perlakuan A (selongsong *maggot* dihaluskan 60 mesh) yaitu 23,67% sedangkan rendemen perlakuan B (selongsong *maggot* utuh) cenderung lebih rendah yaitu 13,94%.



Gambar 4. Persentase kadar rendemen kitosan selongsong *maggot* BSF

Hasil kadar rendemen yang diperoleh dalam penelitian ini cukup tinggi karena pada proses deproteinisasi, demineralisasi, depigmentasi, dan deasetilasi tidak banyak membawa kitin atau kitosan ke dalam proses netralisasi pelarut. Netralisasi dilakukan secara hati-hati dengan akuades untuk menghindari penurunan massa kitin dan kitosan. Kehalusan sampel pada penelitian ini dapat mempengaruhi rendemen kitosan selongsong *maggot* BSF. Hal ini terlihat dari rendemen kitosan pada perlakuan A (selongsong *maggot* dihaluskan 60 mesh) dan perlakuan B (selongsong *maggot* utuh) yang relatif berbeda. Hasil pada perlakuan B lebih rendah, kemungkinan karena suspensi terbuang selama netralisasi.

Kadar rendemen dipengaruhi oleh tahap deasetilasi. Semakin tinggi jumlah NaOH dan semakin lama waktu reaksi, maka rendemennya semakin rendah. Penurunan rendemen kitosan disebabkan oleh pelepasan gugus asetil kitin. Penggunaan pelarut dalam jumlah besar mengakibatkan kontak yang luas antara pelarut dan padatan selama proses deasetilasi sehingga menyebabkan pelepasan gugus asetil ($-\text{COCH}_3$) kitin. Komponen utama bahan baku juga mempengaruhi rendemen pada setiap perlakuan. Sesuai pernyataan Partia (2013) dalam Cahyono (2018) bahwa konsentrasi reagen, suhu, waktu reaksi, dan ukuran partikel dapat mempengaruhi rendemen kitosan.

4. KESIMPULAN

Kehalusan sampel bahan dapat mempengaruhi nilai kadar abu, kadar rendemen, dan derajat deasetilasi kitosan dari limbah *maggot* BSF Namun tidak mempengaruhi nilai kadar air kitosan. Sampel dengan perlakuan terbaik ditinjau dari kadar rendemen, kadar air, kadar abu, dan derajat deasetilasi yaitu sampel selongsong *maggot* di haluskan hingga

ukuran 60 mesh karena memiliki hasil kitosan yang sesuai baku mutu SNI No.7949-2013. Karakteristik kitosan yang diekstraksi dari selongsong *maggot* BSF perlakuan selongsong *maggot* dihaluskan menghasilkan rendemen 23,67%, kadar air 5,48%, kadar abu 0,36%, derajat deasetilasi 82. Sedangkan perlakuan selongsong utuh tanpa dihaluskan menghasilkan rendemen 13,94%, kadar air 4,38%, kadar abu 4,39%, dan derajat deasetilasi sebesar 63,09. Keasaman (pH) kedua perlakuan netral dengan range 7.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., Swantara, I. M. D., dan Suartha, I. N. (2015). *Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang*. Jurnal Kimia, 9(2), 271-278.
- Amandanisa, A., dan Suryadarma, P. (2020). *Kajian Nutrisi dan Budi Daya Maggot (Hermetia illucens L.) sebagai Alternatif Pakan Ikan di RT 02 Desa Purwasari, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor*. Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat (PIM), 2(5), 796-804.
- Ananda, R. T. R., dan Ervina, I. (2022). *Peranan Kitosan dalam Terapi Periodontal*. Cakradonya Dental Journal, 14(1), 26-34.
- AOAC. (2005). *Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist*. Association of Official Analytical Chemist. Washington DC, USA.
- Ardianto, R., & Amalia, R. (2023). *Optimasi Proses Deasetilasi Kitin menjadi Kitosan dari Selongsong Maggot menggunakan RSM*. METANA, 19(1), 1-12.
- Cahyono, E. (2018). *Karakteristik Kitosan dari Limbah Cangkang Udang Windu (Panaeus Monodon)*. Akuatika Indonesia, 3(2), 96-102.
- Fadli, A., Drastinawati, D., Alexander, O., dan Huda, F. (2018). *Pengaruh Rasio Massa Kitin/NaOH dan Waktu Reaksi terhadap Karakteristik Kitosan yang disintesis dari Limbah Industri Udang Kering*. Jurnal sains materi Indonesia, 18(2), 61.
- Kanto, D. A. R., Permana, A. D., dan Hertadi, R. (2019). *Extraction and Characterization of Chitin and Chitosan from Black Soldier Fly (Hermetia illucens)*. Jurnal Farmako Bahari, 10(1), 23-32.
- Kurniawaty, E., dan Putranta, N. R. (2019). *Potensi Biopolimer Kitosan dalam Pengobatan Luka*. Jurnal Medula, 9(3), 459-464.
- Luthfiyana, N., Ratrinia, P. W., Rukisah, R., Asniar, A., dan Hidayat, T. (2022). *Optimasi Tahap Demineralisasi pada Ekstraksi Kitosan dari Cangkang Kepiting Bakau (Scylla sp.)*. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 25(2), 352-363.
- Mardiana, U. (2021). *Isolasi dan Karakterisasi Kitosan pada Kerang Darah (Anadara granosa)*. Journal of BTH Medical Laboratory Technology, 1(1).
- Mashuni, M., Natsir, M., Lestari, W. M., Hamid, F. H., dan Jahiding, M. (2021). *Pemanfaatan Kitosan dari Cangkang Kepiting Bakau (Scylla Serrata) dengan Metode Microwave sebagai Bahan Dasar Kapsul Obat*. ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia, 17(1), 74-82.
- Nasional, B. S. (2013). *Kitosan Syarat Mutu dan Pengolahan SNI 7949: 2013*. In BSN. Jakarta.
- Pratiwi, S. N., Utami, N., dan Damayanti, P. N. (2022). *Karakterisasi Kitosan dan Pembuatan Nanopartikel Kitosan dari Cangkang Pupa Black Soldier Fly (Hermetia Illucens)*. Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian, 7(4), 963-972.
- Sulistiyawati, L., Foliatini, F., Nurdiani, N., dan Puspita, F. (2022). *Isolasi dan Karakterisasi Kitin dan Kitosan dari Pupa Black Soldier Fly (BSF)*. Warta Akab, 46 (1).
- Tanasale, M. F. J. D. P. (2010). *Kitosan Berderajat Deasetilasi Tinggi: Proses dan Karakterisasi*. In Seminar Nasional Basic Science, Vol. 2, pp. 187-193.
- Wahyuni, S., Selvina, R., Fauziyah, R., Prakoso, H. T., Priyono, P., dan Siswanto, S. (2020). *Optimasi Suhu dan Waktu Deasetilasi Kitin Berbasis Selongsong Maggot (Hermetia ilucens) Menjadi Kitosan*. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, 25(3), 373-381.

- Yunus, C. E., Setiawan, A., dan Mayangsari, N. E. (2019). *Analisis Pengaruh Waktu Deasetilasi terhadap Karakteristik Kitosan dari Cangkang Kepiting*. In Conference Proceeding on Waste Treatment Technology, Vol. 2, No. 1, pp. 69-72.
- Yusnita, I. (2021). *Isolasi Kitosan Cangkang Bekicot (Lissachatina fulica) Terhadap Kadar Air*. (Doctoral dissertation, Akademi Farmasi Surabaya).