

**REVIEW ARTIKEL: PEMANFAATAN SELONGSONG MAGGOT (*Hermetia illucens*)
SEBAGAI SUMBER KITIN DAN BAHAN DASAR KITOSAN**

**ARTICLE REVIEW: UTILIZATION OF PUPAL EXUVIAE (*Hermetia illucens*) AS A
SOURCE OF CHITIN AND CHITOSAN BASE MATERIAL**

Reza Setiawan^{*1,2} dan Daniel^{1,2}

1. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia
2. Laboratorium Kimia Organik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

*Corresponding Author : reza172000@gmail.com

Diterbitkan: 01 Maret 2023

ABSTRACT

Cultivation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) is mushrooming in Indonesia recently because of its benefits, including the BSF larvae is rich in protein and helps reduce waste pollution. One of the byproducts of this cultivation is the pupal exuviae which is still not utilized properly. Pupal exuviae of black soldier fly contain chitin and can be processed into chitosan. The purpose of this article is to review the results of research on the synthesis of chitosan based on pupal exuviae of black soldier fly from various articles. The method used in this research is the literature review method. The results of the literature review showed that pupal exuviae of black soldier fly content of around 12-30% due to the extraction method used. The structure of chitin and chitosan were characterized by FTIR, XRD, and SEM. The characterization results showed that the physical characteristics of BSF chitin were α -chitin. The crystal index values of chitin is 52.8%, while chitosan is 55.4%. The surface morphology of chitin and chitosan is nanofiber structures. Based on the overall reviews, it can be concluded that pupal exuviae BSF can be an alternative source of chitin and processed into chitosan which is useful for various technological purposes.

Keywords: *Hermetia illucens, chitin, chitosan, pupal exuviae BSF*

ABSTRAK

Budi daya lalat serdadu hitam (*Hermetia illucens*) belakangan ini sedang menjamur di Indonesia karena banyaknya manfaat budi daya ini, diantaranya fase larva lalat BSF kaya kandungan protein dan membantu menurunkan pencemaran limbah. Salah satu produk sampingan dari budi daya ini ialah selongsong maggot (pupa) yang masih belum termanfaatkan dengan baik. Selongsong maggot BSF mengandung kitin dan dapat diolah menjadi kitosan. Tujuan dari artikel ini ialah untuk meninjau hasil penelitian tentang sintesis kitosan berbasis selongsong maggot BSF dari berbagai artikel. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode kajian literatur. Hasil dari kajian literatur menunjukkan bahwa selongsong maggot memiliki kandungan kitin sekitar 12-30%, bergantung pada metode ekstraksi yang digunakan. Struktur kitin dan kitosan selongsong maggot dikarakterisasi dengan FTIR, XRD, dan SEM. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa kitin yang diperoleh dari selongsong maggot memiliki bentuk α form. Nilai indeks kristal kitin dan kitosan masing-masing adalah 52,8% dan 55,4%. Morfologi permukaan kitin dan kitosan berupa struktur nanofiber. Berdasarkan kajian ini disimpulkan selongsong maggot dapat menjadi sumber kitin alternatif dan diolah menjadi kitosan yang bermanfaat untuk berbagai keperluan teknologi.

Kata Kunci: *Hermetia illucens, kitin, kitosan, selongsong maggot BSF*

PENDAHULUAN

Budi daya lalat serdadu hitam (*Hermetia illucens*) belakangan ini semakin menjamur di

Indonesia lantaran larva lalat serdadu hitam dapat mendegradasi sampah organik dan mengandung kadar protein yang tinggi yaitu mencapai 47,56%

sehingga bermanfaat sebagai alternatif pakan ternak [1]. Dalam budi daya ini dihasilkan produk samping berupa selongsong maggot (*exuviae*) yaitu kulit yang ditinggalkan saat fase pupa berganti ke fase instar berikutnya. Selongsong maggot dihasilkan sekitar 400 kg/hari atau 2/5 dari total produksi yang sayangnya masih belum banyak dimanfaatkan [10].

Salah satu potensi dari selongsong maggot adalah memanfaatkannya menjadi sumber alternatif kitin dan dapat disintesis menjadi kitosan melalui proses deasetilasi. Studi pertama tentang ekstraksi kitin dari BSF melaporkan bahwa larva dan lalat dewasa BSF mengandung kitin dengan nilai indeks kristal (Crl) masing-masing sebesar 24,9% dan 35%. Kitin dengan sifat indeks Crl yang rendah bermanfaat sebagai bahan *biosorption* karena memiliki *sorptive capacity* yang tinggi [12].

Kitin merupakan polimer linier dari *N-acetyl-d-glucosamine* (GlcNAc), secara struktural mirip dengan selulosa, perbedaannya adalah kitin mengikat gugus asetamido pada posisi C₂ unit glukosa [8]. Kitin bisa diolah menjadi kitosan melalui pemutusan gugus asetil pada molekul kitin [3]. Kitin dan kitosan menunjukkan beragam sifat kimia dan fisik tergantung pada sumber sampelnya. Sifat fisikokimia menentukan aplikasi spesifiknya di berbagai bidang seperti pengiriman obat, rekayasa jaringan, produksi makanan fungsional, pengawetan makanan, imobilisasi biokatalisis, pengolahan air limbah, pencetakan molekuler dan produksi nanokomposit logam [12].

Artikel ini bertujuan untuk meninjau atau *me-review* artikel-artikel tentang sintesis kitosan berbasis selongsong maggot BSF sehingga dapat diperoleh informasi menyeluruh tentang sifat fisikokimia dari kitin dan kitosan berbasis selongsong maggot BSF yang berguna untuk penelitian lebih lanjut dan pengaplikasian pada berbagai bidang.

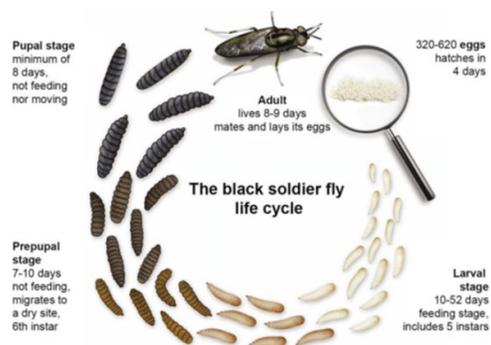
METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kajian literatur terhadap artikel-artikel yang berkaitan dengan sintesis kitosan berbasis selongsong maggot BSF selama 10 tahun terakhir. Kata kunci yang digunakan dalam pengumpulan data antara lain "*Hermetia illucens*", "*chitin*", "*chitosan*", "*pupal exuviae*", dan "*selongsong maggot*". Artikel-artikel tersebut dikumpulkan dari sumber *online* secara kualitatif dan kuantitatif lalu disederhanakan, sehingga

diperoleh deskripsi yang konkrit agar tercapai tujuan penulis dalam *me-review* pemanfaatan selongsong maggot sebagai sumber kitin dan bahan dasar kitosan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Black Soldier Fly (BSF) (*Hermetia illucens*, Diptera: *Stratiomyidae*) adalah insekta yang berasal dari Amerika, lalu tersebar ke wilayah subtropis dan tropis, termasuk Indonesia. Budidaya BSF tidak memerlukan peralatan khusus sehingga tergolong mudah untuk dikembangkan dalam skala produksi massal. Ditinjau dari segi kesehatan, BSF relatif aman bagi manusia karena BSF tidak termasuk lalat hama dan tidak dijumpai di pemukiman padat penduduk [11]. Budidaya BSF menawarkan peluang untuk inovasi teknologi biokonversi limbah karena BSF dapat mengubah sampah organik menjadi pupuk yang kaya nutrisi. Selain itu, larva BSF merupakan sumber lemak dan protein yang bagus untuk pakan hewan dan produksi biodiesel [4]. Siklus hidup BSF (Gambar 1), merupakan siklus metamorfosis sempurna dengan lima fase, yaitu fase dewasa (imago), fase telur, fase larva, fase prapupa, dan fase pupa [1].



Gambar 1. Siklus hidup lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) [4].

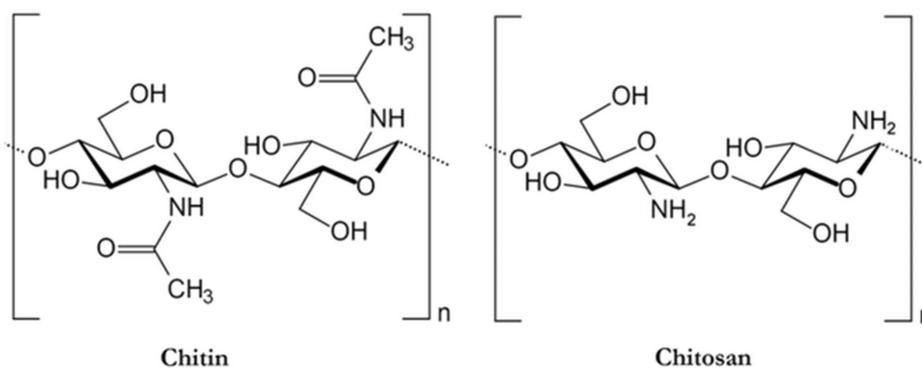
KITIN DAN KITOSAN

Kitin terdiri dari unit homopolimer 2-asetamido-2-deoksi- β -D-glukopiranosida yang dihubungkan oleh ikatan beta (1-4). Deasetilasi kitin akan menghasilkan struktur beta-(1-4)-2-amino-2-deoksi-D-glukopiranosida. Jika lebih dari 50% residu glukopiranosida mengalami deasetilasi maka polimer tersebut disebut kitosan [2]. Struktur kimia kitin dan kitosan ditunjukkan pada Gambar 2.

Kitin adalah biopolimer paling melimpah kedua di alam dan sering dianggap sebagai

turunan selulosa karena mengandung struktur kimia yang serupa kecuali gugus kimia asetamida (NHCOCH_3) yang ada pada posisi karbon C-2. Meskipun memiliki kesamaan, kitin dan kitosan tidak ditemukan pada organisme yang menghasilkan selulosa [2]. Kitin ditemukan pada invertebrata, cangkang krustasea atau kutikula serangga, dinding sel jamur, ganggang hijau, dan ragi. Namun, kandungan kitin bervariasi tergantung pada sumber atau bahkan spesies dari mana ia diisolasi, sebagai contoh cangkang krustasea mengandung protein 30-40%, kalsium karbonat dan fosfat 30-50%, dan kitin 20-30% [4].

Kitin tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik dan air sehingga sulit untuk diaplikasikan. Namun, melalui proses deasetilasi, kitin diubah menjadi kitosan yang larut dalam larutan asam. Kitosan merupakan kopolimer yang terdiri dari glukosamin dan N-asetilglukosamin. Gugus amino pada kitosan berperan penting atas perilaku dasar, sifat kationik dan reaktivitas polimer. Derajat deasetilasi, berat molekul, kristalinitas dan viskositas adalah beberapa parameter utama yang juga mempengaruhi sifat kimia dan fisik, dan aktivitas akhir kitosan [8].

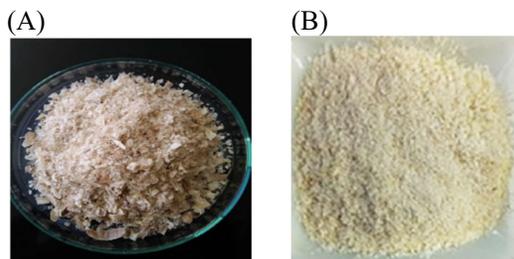


Gambar 2. Struktur kimia kitin (2-acetamido-2-deoxy- β -D-glucopyranose) dan kitosan (beta-(1-4)-2-amino-2-deoxy-D-glucopyranose) [2]

EKSTRAKSI KITIN DAN SINTESIS KITOSAN BSF

Metode produksi kitin meliputi deproteinasi dan demineralisasi untuk menghilangkan protein dan kalsium karbonat anorganik beserta sejumlah kecil pigmen dan lemak. Dalam beberapa kasus, langkah pemutihan diperlukan untuk menghilangkan pigmen sisa. Selama beberapa dekade terakhir, berbagai metode telah diusulkan untuk mengeskraksi kitin, namun, metode standar belum ditentukan. Langkah deproteinisasi melibatkan pemutusan ikatan kimia antara kitin dan protein. Proses ini dilakukan secara heterogen dengan menggunakan bahan kimia yang dapat mendepolimerisasi biopolimer. Upaya yang dilakukan untuk menggantikan deproteinisasi kimia dengan yang enzimatis, tetapi tidak menghasilkan penghapusan protein secara lengkap. Demineralisasi dilakukan untuk menghilangkan mineral, terutama kalsium karbonat. Langkah ini biasanya menggunakan larutan asam seperti HCOOH , CH_3COOH , HCl , HNO_3 dan H_2SO_4 . Di antara asam-asam ini, HCl encer lebih disukai [4].

Wahyuni *et al.* [9] mengekstraksi kitin dari selongsong manggot BSF melalui 3 Tahap. Tahap pertama ialah demineralisasi menggunakan HCl 3 M (1:10) pada suhu ruang selama 36 jam. Tahap kedua ialah deproteinasi menggunakan NaOH 2 M (1:10) pada suhu ruang selama 36 jam. Tahap ketiga ialah depigmentasi melalui perendaman sampel dalam KMnO_4 2% selama 2 jam, dilanjutkan dengan perendaman sampel dalam asam oksalat 2% selama 2 jam. Sampel lalu dicuci sampai netral dan dikeringkan sehingga diperoleh kitin. Kitosan diperoleh melalui deasetilasi kitin menggunakan NaOH 50% (1:30) pada suhu 80°C selama 12 jam. Rendemen kitin yang diperoleh sebesar 16,2%. Rendemen kitosan yang diperoleh setelah proses deasetilasi sebesar 4,8% dengan nilai derajat deasetilasi (DD) sebesar 91,88%. Kualitas kitosan yang digunakan secara umum mempunyai DD sebesar 60%, DD 85% untuk kualitas teknis, DD sekitar 90% untuk kualitas makanan, dan DD 95% untuk kualitas parmasetis [6]. Tampilan fisik kitosan yang diperoleh, mirip dengan kitin komersial, berupa serbuk kepingan dengan bentuk yang sedikit halus, berwarna putih coklat seulas dan memiliki pH netral (Gambar 3).

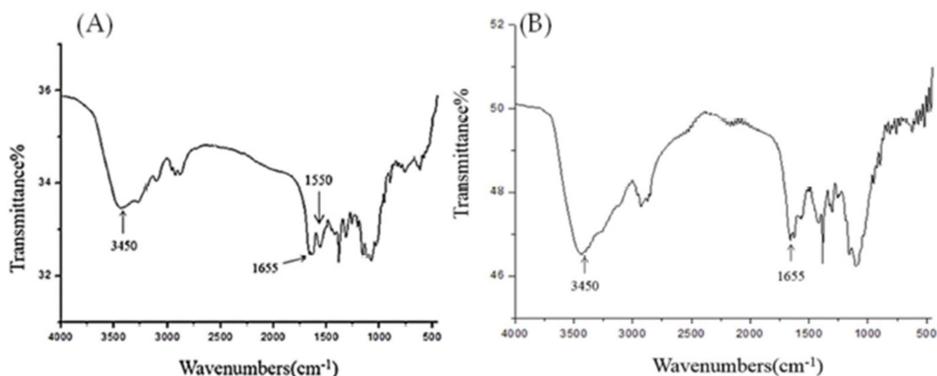


Gambar 3. Kitosan berbasis selongsong maggot BSF (A) [9] dan kitosan komersial yang berasal dari cangkang udang (B) [8]

Lin, *et al.* [5], mengekstraksi kitin dari selongsong maggot BSF dengan metode fermentasi mikroba menggunakan *Bacillus licheniformis* A6. *Bacillus licheniformis* A6 diaktivasi pada media cairan YPD pada suhu 37°C, 180 rpm selama 2 hari. Kemudian, 30 mL pre-kultur dipindahkan ke dalam campuran 300 mL glukosa 1% (pH 10) dengan 30 g selongsong maggot BSF yang telah dihaluskan. Kultur dilakukan pada *rotary shaker* pada suhu 37°C, 180 rpm, selama 10 hari. Serbuk selongsong maggot yang telah difermentasi dicuci, diayak dan dikeringkan. Residu kitin yang diperoleh dicampur dengan SDS 0,1%, natrium bikarbonat 0,5% dengan perbandingan 1:10 (b/v) pada suhu 75°C, diikuti dengan *bleaching* (pemutihan)

menggunakan H₂O₂ 30% selama 48 jam. Kemudian residu dicuci dengan air, disaring, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 65°C selama satu hari untuk memperoleh kitin. Larutan basa kuat digunakan untuk deasetilasi kitin menjadi kitosan. Sekitar 1 g kitin dicampurkan ke dalam 50 mL larutan natrium hidroksida 50% pada suhu 95°C dengan pengadukan konstan selama 4 jam. Selanjutnya padatan disaring dan dicuci menggunakan air suling hingga filtrat menjadi netral. Selanjutnya padatan dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama satu malam. Rendemen kitin yang diperoleh dengan metode fermentasi mikroba sebesar 12,4%. Kitosan hasil deasetilasi kitin memiliki nilai derajat deasetilasi (DD) sebesar 81,5%. Kitin dan kitosan yang didapat dikarakterisasi meliputi analisis *Fourier Transformed Infrared-Red* (FTIR), XRD dan SEM.

Spektrum *Fourier Transformed Infrared-Red* (FTIR) kitin dan kitosan yang diperoleh dari selongsong maggot BSF ditunjukkan pada Gambar 4. Spektrum kitin menunjukkan pita khas pada 3450 cm⁻¹ (O-H), 2880 cm⁻¹ (C-H), 1655 cm⁻¹ (amida I), 1550 cm⁻¹ (amida II) dan 1310 cm⁻¹ (amida III). Dibandingkan dengan spektrum kitin, puncak pada 1550 cm⁻¹ menghilang pada spektrum kitosan setelah deasetilasi [4].



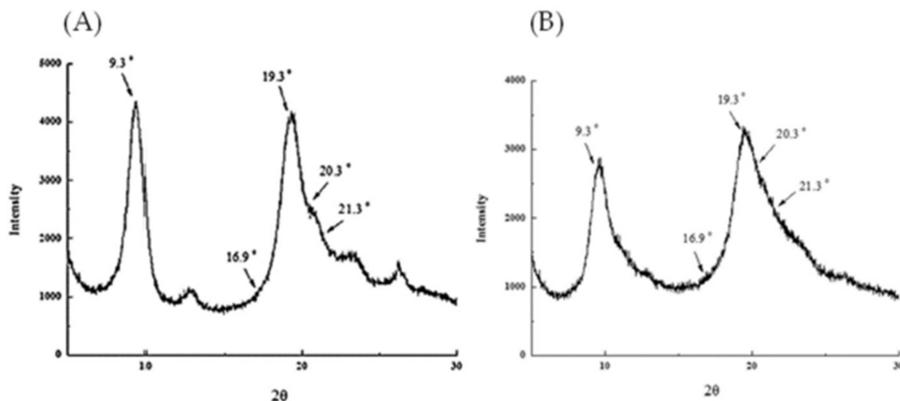
Gambar 4. *Fourier Transformed Infrared-Red* (FTIR) kitin dan kitosan yang diekstraksi dari selongsong maggot BSF. (A) Kitin; (B) Kitosan [5]

Struktur kristal kitin dan kitosan dari selongsong maggot BSF yang dikarakterisasi menggunakan XRD ditunjukkan pada Gambar 5. Pola difraksi kitin dan kitosan menunjukkan pantulan yang kuat pada 2θ yaitu sekitar 9,3 dan 19,3. Puncak pola difraksi yang tinggi dan tajam menunjukkan struktur α -kitin yang sangat teratur. Nilai indeks kristal (CrI) kitin yang diekstraksi

dari selongsong maggot BSF sebesar 52,8% dan kitosan sebesar 55,4% [5]. Nilai CrI dari krustasea dan kitin serangga berada dalam kisaran yang luas, dari 40 hingga 90%, terutama 60-80%, bergantung pada sumbernya, dalam hal spesies, tahap pertumbuhan dan jenis kelamin, dan serta proses pemurnian. Berdasarkan kristalinitasnya, kitin dapat digunakan di berbagai bidang: kitin

yang lebih amorf (CrI rendah) memiliki sifat penyerap yang membuatnya efektif dalam menghilangkan kontaminan, seperti logam berat, dan oleh karena itu berguna dalam pengolahan air

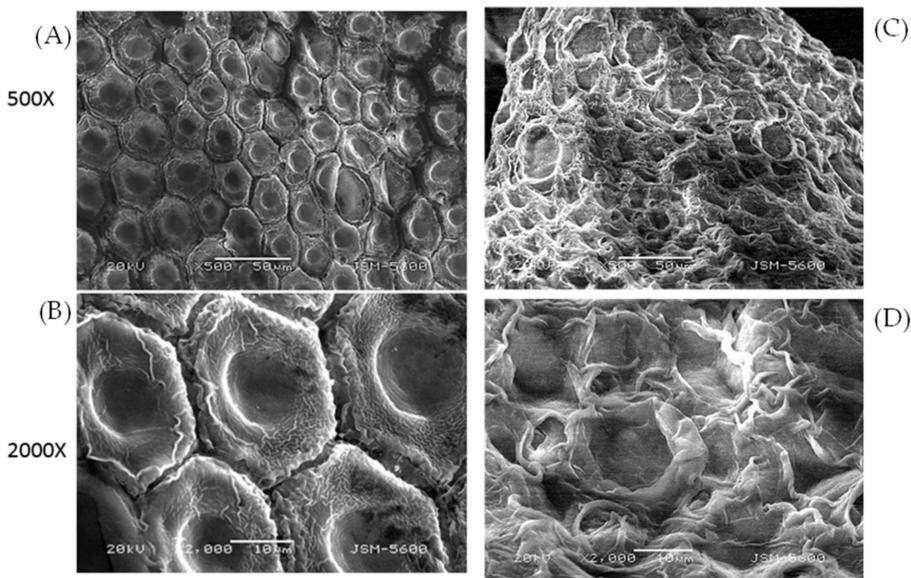
dan aplikasi industri, di sisi lain, kristalinitas kitin yang tinggi dapat menjadi aspek positif untuk formulasi nanofibril kitin, diterapkan di bidang kosmetik dan biomedis [8].



Gambar 5. Analisis XRD kitin dan kitosan yang diekstraksi dari selongsong maggot BSF. (A) Kitin; (B) Kitosan [5]

Hasil karakterisasi SEM kitin dan kitosan selongsong maggot BSF ditunjukkan pada Gambar 6. Baik sampel kitin dan kitosan, keduanya memiliki morfologi permukaan yang halus dengan struktur tidak berpori dan unit berulang yang tersusun rapi dari bentuk mikrofibril heksagonal menyerupai sarang lebah

(*honeycomb*) [5]. Menurut morfologinya, kitin dapat digunakan untuk berbagai aplikasi; khususnya, kitin dengan permukaan berserat cocok untuk industri tekstil, sedangkan dengan struktur berpori dapat digunakan dalam rekayasa jaringan dan penghantaran obat [8].



Gambar 6. Morfologi permukaan kitin dan kitosan yang diekstraksi dari selongsong maggot BSF (A) Kitin 500x; (B) Kitin 2000x; (C) Kitosan 500x (D) Kitosan 2000x [5].

Sulistiawaty, *et al.* [7] mengesktraksi kitin dari sampel pupa BSF melalui 3 tahapan. Tahap pertama adalah demineralisasi menggunakan HCl 1 M (1:10) pada suhu ruang selama 1 jam kemudian dibilas dengan dengan air suling. Tahap kedua dilakukan deproteinasi menggunakan NaOH 1 M (1:25) pada suhu 80°C selama 1 jam (12 kali pengulangan sampai larutan tidak berwarna) dan tahap ketiga adalah depigmentasi dengan perendaman sampel dalam larutan KMnO₄ 1% selama 1 jam dan kelebihan KMnO₄ dihilangkan melalui perendaman dalam H₂C₂O₄ 4%. Kitin yang diperoleh selanjutnya disaring dan dicuci hingga netral lalu dikeringkan pada suhu 105°C selama 48 jam. Deasetilasi kitin menggunakan larutan NaOH 50% (1:30) pada suhu 90°C selama 1 hingga 3 jam. Selanjutnya, sampel disaring, dibilas dengan aquades hingga netral, dibilas dengan etanol, dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 48 jam. Rendemen kitin yang diperoleh sebesar 30%. Kitosan yang diperoleh setelah deasetilasi kitin menghasilkan randemen sebesar 34% dengan nilai derajat deasetilasi sebesar 9,09% yang mengindikasikan bahwa polimer masih dalam bentuk kitin. Hal ini disebabkan karena tahap deasetilasi kitin tidak berjalan secara optimal. Sampel tersebut selanjutnya dilakukan analisis proksimat yang meliputi kandungan air, abu, dan lemaknya dan diperoleh nilai berturut-turut sebesar 9,14%, 0,95%, dan 1,30%. Kadar air dan abu, keduanya telah memenuhi standar menurut EFSA yang menetapkan standar mutu kadar air dan abu masing-masing ≤ 10% dan ≤ 3%. Namun, kadar lemak sedikit melewati dari standar yang ditetapkan EFSA yaitu ≤ 1%. Hal ini diduga disebabkan karena kondisi tahap deproteinasi (konsentrasi NaOH, suhu, dan waktu maserasi) yang kurang optimal.

KESIMPULAN

Selongsong maggot BSF mengandung 12-30% kitin, bergantung pada metode ekstraksi yang digunakan. Kitin dapat diolah menjadi kitosan melalui proses deasetilasi. Spektrum FTIR dan XRD dari kitin dan kitosan mengkonfirmasi kesamaannya dengan kualitas kitin dan kitosan komersial, sehingga memvalidasi selongsong maggot BSF sebagai sumber alternatif biopolimer ini. Kitin dan kitosan berbasis selongsong maggot memiliki nilai indeks kristal (CrI) sebesar 52,8% dan 55,4% sehingga unggul dalam pengolahan air limbah untuk menghilangkan polutan seperti ion logam berat dan zat pewarna. Keduanya memiliki

morfologi permukaan yang halus dengan struktur tidak berpori dan unit berulang yang tersusun rapi dari bentuk mikrofibril heksagonal menyerupai sarang lebah. Hasil analisis proksimat menunjukkan kandungan air, abu, dan lemak dari kitosan berturut-turut sebesar 9,14%, 0,95%, dan 1,30%. Berdasarkan hasil *review* tersebut dapat disimpulkan bahwa selongsong maggot BSF dapat menjadi sumber kitin alternatif dan diolah menjadi kitosan yang bermanfaat untuk berbagai keperluan teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Auliani, R., Elsaday, B., Apsari, D. A., dan Nolia, H. (2021). Kajian Pengelolaan Biokenversi Sampah Organik melalui Budidaya Maggot *Black Soldier Fly* (Studi Kasus: PKPS Medan). *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2423-2529.
- [2] Junior, A. P. D., Tavares, E. J. M., Alves, T. V. G., de Moura, M. R., da Costa, C. E. F., Junior, J. O. C. S., dan Costa, R. M. R. (2017). Chitosan Nanoparticles as a Modified Diclofenac Drug Release System. *Journal of Nanoparticle Research*, 19(8): 274.
- [3] 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 Ilmiah Farmako Bahari*, 10(1), 23-32.
- [4] Khayrova A., dan Lopatin S. (2022). The Potential of *Hermetia illucens* as a Source of Chitin, Chitosan and their Melanin Complexes. *Polymer Sci peer Rev J*, 3(4), PSPRJ.000568.
- [5] Lin, Y-S., Liang, S-H., Lai, W-L., Lee, J-X., Wang, Y-P., Liu, Y-T., Wang, S-H., dan Lee, M-H. (2021). Sustainable Extraction of Chitin from Spent Pupal Shell of Black Soldier Fly. *Processes*, 9(6), 976.
- [6] Siregar, E. C. (2016) Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi pada Pembuatan Kitosan dari Tulang Sotong. *Jurnal Teknologi Kimia*, 5(2), 37-44.
- [7] Sulistiawaty, L., Foliatini, Nurdiani dan Puspita, F. (2022). Isolasi dan Karakterisasi Kitin dan Kitosan dari Pupa *Black Soldier Fly* (BSF). *WARTA AKAB*, 46(1), 56-62.
- [8] Triunfo, M., Tafi, E., Guamieri, A., Salvia, R., Scieuzo, C., Hahn, T., Zibek, S., Gagliardini A., Panariello, L., Coltelli, M. B., De Bonis, A., dan Falabella, P. (2022). Characterization of Chitin and Chitosan Derived from *Hermetia illucens*, a Further

- Step in a Circular Economy Process. *Scientific Reports*, 12(1): 6613.
- [9] Wahyuni, S., Selvina, R., Puspita, P. J., Prakoso, H. J., dan Siswanto. (2021). Ekstraksi, Karakterisasi, dan Aplikasi Kitosan Berbasis Limbah Selongsong Maggot (Black Soldier Fly) sebagai Edible Coating pada Buah Anggur Merah (*Vitis vinifera*). *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 18(1). 45-56.
- [10] Wahyuni, S., Selvina, R., Puspita, P. J., Prakoso, H. J., dan Siswanto. 2020. Optimasi Suhu dan Waktu Deasetilasi Kitin Berbasis Selongsong Maggot (*Hermetia Illucens*) menjadi Kitosan. (2021). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(3). 373-381.
- [11] Wardhana, A. H. (2016). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan Ternak. *WARTAZOA*, 26(2), 69-78.
- [12] Wa'sko, A., Bulak, P., Polack-Berecka, M., Nowak, K., Polakowski, C., dan Bieganski, A. (2016). The First Report of The Physicochemical Structure of Chitin Isolated from *Hermetia illucens*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 92, 316-320.