



Pengaruh Suhu dan Waktu Pengukusan pada Sludge IPAL Industri Makanan sebagai Alternatif Pakan Maggot

The Effect of Temperature and Steaming Time on WWTP Sludge of Food Industry as An Alternative of Maggot Feed

ARIFUDIN*, R. NIDA SOPIAH, TUTI SURYATI, SETIYONO, SRI HERLINA, HANIES AMBARSARI, SATI SUYANTI, ATANG, SABUDIN

Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Gedung 820 Geostek, Kawasan Sains dan Teknologi B. J. Habibie, Tangerang Selatan, Banten 15314
*arifudinbt08@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 October 2022

Accepted 17 January 2023

Published 31 January 2023

Keywords:

Food processing industry

Cake sludge

Maggot

Temperature.

ABSTRACT

Food industry sludge waste from the coagulation-flocculation process has a fairly high nutrient content so that it has the potential as an alternative source for BSF (*black soldier fly*) maggot feed. On the other hand, this sludge has a very strong odor as a result of the decomposition process of organic sludge by anaerobic bacteria during the waiting period for the pickup process by trucks. The purpose of this study was to determine the effect of temperature and steaming time on the odor and protein content of cake sludge used for BSF maggot feed. To eliminate odors before being used as maggot feed, treatment is carried out first, namely by steaming with temperature variations of 85, 100, and 121 °C; and variations in steaming time of 10 minutes, 15 minutes and 20 minutes. Each treatment was repeated three times. The main responses observed were the parameters of protein content and odor. Based on the results of odor measurements on samples of cake sludge that have been steamed with temperature treatment and steaming time in general, it can reduce the odor value and protein content of cake sludge. The lowest odor value was obtained at the increased temperature of 121 °C with a steaming time of 15 minutes, while the highest odor value occurred at a temperature treatment of 85 °C and a steaming time of 10 minutes.

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Diterima 27 Oktober 2022

Disetujui 17 Januari 2023

Diterbitkan 31 Januari 2023

Kata kunci:

Industri pengolahan makanan

Cake sludge

Maggot

Suhu

ABSTRAK

Limbah *sludge* industri makanan dari proses koagulasi-flokulasi memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi sehingga berpotensi sebagai sumber alternatif untuk pakan maggot BSF (*black soldier fly*). Di sisi lain, *sludge* ini memiliki bau yang sangat menyengat sebagai akibat proses dekomposisi bahan organik *sludge* oleh bakteri anaerobik selama masa tunggu proses pengambilan oleh truk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama pengukusan terhadap bau dan kandungan protein *cake sludge* yang digunakan untuk pakan *maggot* BSF. Untuk menghilangkan bau sebelum digunakan sebagai pakan *maggot*, maka dilakukan perlakuan terlebih dahulu yaitu dengan melakukan pengukusan pada variasi suhu 85, 100, dan 121 °C; dan variasi waktu lama pengukusan 10 menit, 15 menit dan 20 menit. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Respon utama yang diamati adalah parameter kadar protein dan bau. Berdasarkan hasil pengukuran, bau pada contoh *cake sludge* yang telah dikukus dengan perlakuan suhu dan lama pengukusan secara umum dapat menurunkan nilai bau dan kadar protein dari *cake sludge*. Nilai bau terendah diperoleh pada perlakuan penambahan suhu 121 °C dengan lama pengukusan 15 menit, Sedangkan nilai bau tertinggi terjadi pada perlakuan suhu pada suhu 85 °C dan lama pengukusan selama 10 menit.

1. LATAR BELAKANG

1.1 Pendahuluan

Limbah *sludge* industri makanan sebagian besar dihasilkan dari proses koagulasi-flokulasi, di mana padatan tersuspensi yang ada di air limbah didestabilisasi oleh larutan polimer yang berfungsi sebagai koagulan. Dengan tidak stabilnya polutan tersebut menyebabkan polutan bermuatan negatif berikatan dengan polimer yang bermuatan positif membentuk gumpalan atau flok (Suprihatin *et al.*, 2013). Penambahan bahan flokulan menjadikan flok-flok yang ada saling berikatan dengan flokulan membentuk flok yang lebih besar dan memiliki massa jenis yang lebih berat sehingga akan lebih mudah diendapkan di dalam bak pengendap menjadi lumpur (Arifudin *et al.*, 2019).

Lumpur yang dihasilkan dari bak sedimentasi masih memiliki kadar air yang tinggi, yaitu sekitar 80–65%. Untuk mengurangi volume lumpur dan biaya transportasi, maka lumpur yang terbentuk dipisahkan dari cairannya. Proses pemisahan air dari lumpur ini dapat dilakukan dengan menggunakan alat mesin *press* (Evans, 2016), seperti *filter press*, *screw press*, dan *belt press*. Menurut Kamizela dan Kowalczyk (2019) mesin *belt press* merupakan alat pemisah air dengan lumpur yang banyak digunakan, alat ini mampu memisahkan air dari lumpur hingga menghasilkan produk berupa *cake sludge* berkisar antara 30–35%.

Saat ini *cake sludge* dari industri makanan belum banyak dimanfaatkan. *Cake sludge* yang dihasilkan masih banyak yang berakhir ditempat pembuangan limbah padat atau *landfill* (Wijesekara *et al.*, 2016). Padahal *cake sludge* limbah tersebut masih banyak mengandung lemak, protein, karbohidrat, dan lain-lain, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber alternatif untuk pakan *maggot* BSF (*black soldier fly*). Menurut Susi (2021), *cake sludge* dari industri es krim masih mengandung nutrisi cukup tinggi. *Cake sludge* ini masih mengandung protein, lemak dan karbohidrat berturut-turut adalah 5,43, 10,7, dan 36,8%. sedangkan pada industri susu, limbah *sludge* memiliki kandungan protein sebesar 14,47% (Nazullawati, 2013).

Pemanfaatan limbah *cake sludge* sebagai pakan *maggot* BSF menjadi suatu langkah yang strategis karena memiliki *benefit* dan menambah *value* limbah. *Maggot* BSF dapat mengkonversi limbah padat organik menjadi sebuah produk akhir yang kaya protein dan dapat menjadi sumber pakan ternak yang sangat baik seperti unggas, maupun ikan (Coulbaly *et al.* 2020). Sedangkan sisa limbah padat organik yang tersisa dari proses dekomposisi dapat digunakan sebagai pupuk organik nitrogen tinggi (Fore *et al.*, 2018).

Menurut Fahmi (2007), kandungan protein pada larva *maggot* BSF cukup tinggi yaitu 44,26% dengan kandungan lemak mencapai 29,65%. Hal ini didukung dengan hasil penelitian dari Azir *et al.*, (2017), yang menyebutkan bahwa pemberian limbah padat organik sebagai sumber pakan *maggot* BSF menghasilkan larva *maggot* dengan kandungan protein cukup tinggi yaitu 41,3%.

Saat ini *cake sludge* belum banyak dimanfaatkan oleh peternak *maggot* sebagai sumber pakan *maggot*. Hal ini disebabkan oleh *cake sludge* yang diproduksi dari industri makanan memiliki bau yang tidak sedap dan sangat

menyengat. Bau tidak sedap dihasilkan dari proses dekomposisi anaerobik pada bahan organik (Belgiorno *et al.*, 2012). Bau tersebut dihasilkan dari campuran berbagai spesies kimia yang mudah menguap yang dapat memicu sensasi bau (Conti *et al.*, 2020). Hal demikian disebabkan oleh interaksi spesies kimia volatil yang berbeda, khususnya senyawa belerang (misalnya sulfida, merkaptan), senyawa nitrogen (misalnya amonia, amina) dan senyawa organik yang mudah menguap, seperti ester, asam, aldehida, keton, dan alkohol (Blanco *et al.*, 2018).

Keberadaan bau ini menyebabkan peternak enggan untuk memanfaatkannya sebagai sumber pakan karena dapat mendapatkan penolakan dari masyarakat sekitar. Untuk menghilangkan bau pada sumbernya dapat dilakukan dengan cara pengukusan pada suhu dan lama waktu pengukusan tertentu. Diharapkan dengan proses pengukusan tersebut bau yang dihasilkan dari proses dekomposisi anaerobik bahan organik menjadi berkurang, sehingga *cake sludge* dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan yang ramah lingkungan dalam budidaya *maggot* BSF.

Pemanfaatan limbah *sludge* sebagai pakan *maggot* BSF selain menghasilkan larva *maggot* kering dengan kandungan nutrisi yang tinggi (Ambarsari, 2019) juga menghasilkan pupuk yang dapat dimanfaatkan untuk pemupukan tanaman yang ada di dalam lokasi industri maupun dapat digunakan sebagai salah satu bentuk *Customer Social Responsibility* (CSR) ke masyarakat sekitar. Khusus untuk bantuan CSR diharapkan dapat meningkatkan pendapatan masyarakat dengan menerapkan *community development* (Handayani, 2021).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama pengukusan terhadap bau dan kandungan protein *cake sludge* yang digunakan untuk pakan *maggot* BSF.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analitik Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih Gedung Geostech Nomor 820 Kawasan Puspiptek Tangerang Selatan Banten.

Penelitian dimulai dengan melakukan preparasi terhadap sampel, lalu dilakukan pemberian perlakuan suhu pengukusan dengan variasi suhu 85, 100, dan 121 °C; dan perlakuan waktu lama pengukusan dengan variasi 10 menit, 15 menit dan 20 menit. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Respon utama yang diamati adalah parameter kadar protein dan bau.

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hotplate*, termometer, kontainer kukus, neraca analitik Sartorius, oven Memmert, *odor meter* Shinyei OMX-SRM, termometer, perangkat alat analisis kjeldhal, dan peralatan gelas yang biasa digunakan di laboratorium.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *cake sludge* dari hasil *dewatering sludge* proses koagulasi-flokulasi pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri

Pengolahan mentega dan susu, sedangkan bahan kimia yang digunakan untuk analisa laboratorium adalah asam sulfat pekat (H_2SO_4 dengan konsentrasi 96%), kalium sulfat (K_2SO_4), tembaga (II) sulfat (Cu_2SO_4), natrium hidroksida (NaOH), asam borat, asam klorida pekat (HCl 37%), dan indikator BCG-MR.

2.2 Parameter Pengamatan

Parameter fisika yang diamati adalah *odor* atau bau yang diukur dengan menggunakan alat *odor meter* Shinyei OMX-SRM, dan untuk kadar air menggunakan metode gravimetri (AOAC, 2007), sedangkan parameter kimia yang diamati adalah kadar protein yang diukur menurut metode titrimetri (kjeldahl) (AOAC, 2007).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemanfaatan limbah *cake sludge* industri makanan penting dilakukan sebagai alternatif pakan *maggot*. *Cake sludge* dari proses koagulasi-flokulasi masih mengandung nutrisi seperti protein, lemak, dan karbohidrat yang dapat digunakan sebagai sumber energi dalam pertumbuhan *maggot*.

Proses koagulasi dan flokulasi limbah cair pada industri pengolahan makanan menghasilkan *cake sludge* dalam jumlah besar dengan rata-rata produksi 4 m³/hari. Dengan kandungan nutrisi dan jumlah *cake sludge* yang melimpah sangat potensial digunakan sebagai alternatif pakan *maggot* BSF.

Limbah *cake sludge* segar pada umumnya tidak berbau busuk. Namun dikarenakan durasi waktu pengambilan *sludge* oleh pihak pengelola limbah *cake sludge* memakan waktu yang cukup lama yaitu sekitar 5 hari (Gambar 1) dan kondisi wadah/kontainer *cake sludge* yang tertutup rapat menyebabkan ketersediaan oksigen di dalam *cake sludge* berkurang. Ketika oksigen di dalam *cake sludge* dikonsumsi oleh bakteri secara terus menerus maka jumlah oksigen di dalam *sludge* menjadi berkurang bahkan dapat habis bila tidak ada sirkulasi udara atau suplai udara ke dalam *cake sludge*. Hal ini menyebabkan proses penguraian bahan organik yang terjadi berlangsung secara anaerobik.

Menurut Jorgensen et al., (2000) dan Kuo (2014) melaporkan bahwa kondisi anaerobik akan terjadi bila konsentrasi oksigen sangat rendah atau kurang dari 1%, kondisi anaerobik tersebut akan berpengaruh terhadap aktivitas bakteri aerob yang ada di dalam *cake sludge* dan akan terbentuk gas sebagai akibat dari meningkatnya bakteri anaerob. Penguraian bahan organik yang ada di *cake sludge* oleh bakteri anaerob tersebut pada akhirnya menghasilkan bau tidak sedap dan efeknya berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan atmosfer (Agus et al., 2011).

Untuk mengurangi bau tersebut, maka perlu dilakukan perlakuan pada *cake sludge* sebelum digunakan sebagai pakan *maggot* BSF, yaitu dengan melakukan pengukusan pada *cake sludge* dengan suhu tertentu dan lama pengukusan tertentu. Dengan cara ini diharapkan bakteri anaerobik yang bekerja di dalam kontainer *cake sludge* menjadi berkurang atau tidak ada. Setelah itu baru dikeringkan dengan cara diangin-anginkan. Dengan perlakuan ini diharapkan *cake sludge* sebagai pakan *maggot* tidak berbau lagi, sehingga

budidaya *maggot* BSF dengan menggunakan pakan *cake sludge* limbah industri makanan menjadi ramah lingkungan.



Gambar 1. Diagram alir penyiapan media pakan *maggot*

3.1 Bau Cake Sludge Limbah Industri Makanan

Cake sludge segar yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari tempat penyimpanan *sludge* sementara yang berada di area Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri pengolahan makanan. *Cake sludge* ini memiliki bau tidak sedap yang menyengat dan berwarna coklat kehitaman.

Berdasarkan hasil analisa di laboratorium pada pengukuran tingkat kebauan dengan menggunakan alat *odor meter* merk Shinyei OMX-SRM, *cake sludge* segar memiliki nilai bau yang tinggi yaitu 2.311. Tingginya nilai bau ini menyebabkan udara di sekitar lokasi menjadi tercemar dan dapat terjadi penolakan bagi warga sekitar bila *cake sludge* langsung digunakan untuk budidaya *maggot* BSF tanpa dilakukan perlakuan terlebih dahulu. Untuk mengurangi tingkat kebauan tersebut, pada *cake sludge* segar dilakukan pengukusan pada suhu dan lama pengukusan tertentu.

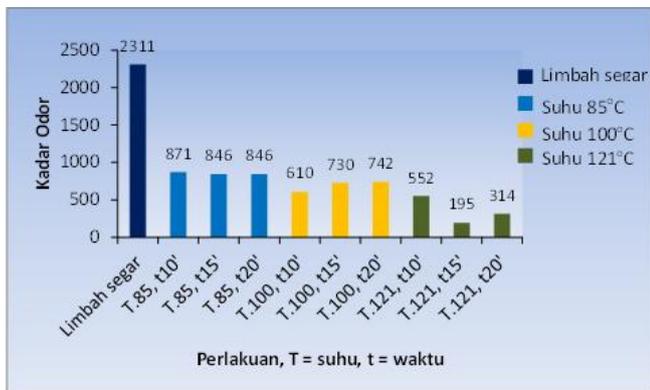
Proses pengukusan ini dapat mengurangi atau menghilangkan jumlah bakteri pengurai yang berperan penting dalam produksi bau di *cake sludge*. Dengan penambahan suhu dan lama pengukusan tersebut, tingkat kebauan pada *cake sludge* menjadi berkurang sehingga dapat digunakan sebagai sumber pakan pada budidaya *maggot* yang ramah lingkungan dan tidak meresahkan masyarakat sekitar.

Proses pengukusan dimulai dengan memasukan wadah yang berisi contoh *cake sludge* ke dalam tungku kukus lalu dilakukan pemanasan hingga suhu tertentu yaitu: 85, 100, dan 121 °C dan lama pengukusan tertentu, yaitu: selama 10 menit, 15 menit dan 20 menit. Setelah selesai waktu pengukusan wadah yang berisi contoh *cake sludge* diukur dengan menggunakan alat *odor meter* merk Shinyei OMX-SRM.

Gambar 2 menunjukkan bahwa secara umum semakin tinggi suhu pengukusan, maka semakin rendah nilai bau yang diperoleh. Nilai bau pada suhu 85 °C berkisar antara 846–871, pada suhu 100 °C antara 610–742 dan pada suhu 121 °C antara 195–552. Kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan suhu pengukusan pada *cake sludge* dapat membunuh bakteri pengurai yang ada sehingga produksi bau sebagai akibat pembusukan bahan organik oleh bakteri

menjadi berkurang. Gaman dan Sherrington (1992), menyatakan bahwa untuk mencegah pertumbuhan bakteri dilakukan peningkatan suhu dengan pemanasan, demikian juga Sukasih *et al.*, (2009), menyebutkan bahwa pemanasan pada suhu 65 °C dapat menurunkan jumlah mikroorganisme, sedangkan pemanasan pada 85 °C dan 90 °C dapat menghilangkan mikroorganisme yang ada.

Hal senada dilaporkan Wulandari *et al.*, (2020), kombinasi peningkatan suhu dan lama pengukusan berhasil menurunkan jumlah bakteri. Berkurangnya jumlah mikroorganisme yang terdapat di dalam *cake sludge* disebabkan oleh telah tercukupinya panas yang telah diberikan pada *cake sludge* sehingga dapat merusak sel vegetatif dari mikroorganisme tersebut (Doyle dan Mazzota, 2000).



Gambar 2. Pengaruh penambahan suhu dan lama pengukusan terhadap bau *cake sludge*

Hwang *et al.*, (2016), melaporkan bahwa bakteri filum Firmicutes dan Bacteroidetes memainkan peran penting dalam produksi senyawa bau yang menyengat melalui degradasi protein dan karbohidrat. Lama waktu penyimpanan di dalam kontainer menjadi penyebab terjadinya proses fermentasi anaerobik yang dipicu penggunaan nutrisi yang ada di *sludge* oleh bakteri (Williams A, and Evans M. 1981).

Secara bersama-sama, penambahan suhu dan lama pengukusan dapat mengurangi produksi senyawa bau utama dari *cake sludge*. Berdasarkan hasil pengukuran bau pada contoh *cake sludge* yang telah dikukus dengan penambahan suhu 85 °C dan lama pengukusan selama 10 menit, kadar bau mengalami penurunan sebesar 62%. Penurunan ini diduga disebabkan oleh matinya sejumlah bakteri pengurai bahan organik yang ada di *cake sludge*. Berkurangnya jumlah bakteri pendegradasi protein dan karbohidrat yang ada di *cake sludge* menyebabkan menurunnya produksi bau. Peningkatan suhu lebih lanjut menyebabkan semakin banyak jumlah bakteri yang mati.

Pada perlakuan dengan penambahan suhu yang lebih tinggi yaitu 121 °C dan lama pengukusan 15 menit, memberikan penurunan bau yang lebih besar yaitu 92% dari 2.311 menjadi 195. Suhu yang tinggi inilah yang akan membunuh endospora mikroorganisme, yaitu sel resisten yang diproduksi oleh bakteri. Sel ini tahan terhadap pemanasan, kekeringan, dan antibiotik. Endospora dapat dibunuh pada suhu 100 °C, yang merupakan titik didih air pada tekanan atmosfer normal. Pada suhu 121 °C, endospora dapat dibunuh dalam waktu 4–5 menit, di mana sel vegetatif

bakteri dapat dibunuh hanya dalam waktu 6–30 detik pada suhu 65 °C (Rizal *et al.*, 2016).

3.2 Kadar Protein

Protein merupakan polimer peptida yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup. Protein sangat besar perannya dalam metabolisme tubuh, terutama dalam pembentukan sel-sel baru untuk menggantikan sel-sel yang rusak (Fessenden dan Fessenden, 1980).

Penentuan kadar protein dilakukan dengan menggunakan metode titrimetri (kjedahl). Prinsip penentuan metode kjedahl (AOAC, 2007) ini merupakan penentuan jumlah nitrogen yang ada di suatu sampel atau bahan uji dengan cara mendegradasi protein bahan organik dengan menggunakan asam sulfat pekat (96%) untuk menghasilkan nitrogen sebagai amonia. kemudian menghitung jumlah nitrogen yang terlepas sebagai amonia dan mengkonversikan ke dalam kadar protein dengan mengalikannya dengan bilangan konstanta.

Berdasarkan hasil analisa di laboratorium, disebutkan bahwa kandungan protein pada limbah *cake sludge* yang diambil dari tempat penyimpanan sementara di industri pengolahan makanan (sebelum dilakukan pengukusan) mencapai 17% atau lebih rendah sedikit bila dibandingkan dengan nilai kadar protein yang ada pada pakan ayam pabrian. Sebagai gambaran bahwa berdasarkan spesifikasi teknis yang ada pada pakan ayam pabrian, type 511 Barvo produksi PT. Charoen Pokphand Indonesia Tbk, pur ayam memiliki kadar protein berkisar antara 21–23% dan kadar lemak 5%. Kandungan protein pada pakan sangat dibutuhkan bagi metabolisme dan pertumbuhan ternak begitupula dengan *maggot* yang dalam pertumbuhan dari larva menjadi pupa memerlukan asupan protein yang tinggi. Hal ini menjadikan *cake sludge* dari industri pengolahan makanan dapat dijadikan sebagai sumber pakan alternatif yang sangat potensial dan cocok untuk budidaya *maggot* BSF.

Pada Gambar 3 diperlihatkan bahwa secara umum, semakin tinggi suhu, semakin rendah kadar protein yang diperoleh. Nilai protein pada suhu 85 °C berkisar antara 14,1–14,5, pada suhu 100 °C antara 11,2–12,9 dan pada suhu 121 °C antara 8,7–10,9. Kecenderungan tersebut terjadi sebagai akibat terjadinya proses denaturasi protein di *cake sludge*. Denaturasi protein merupakan suatu proses penguraian protein yang diikuti dengan perubahan sifat-sifat protein secara fisika kimia dan biologi (Lukmana, 1976). Perubahan suhu menjadi tinggi menyebabkan terjadinya perubahan pada susunan rantai polipeptida suatu molekul protein.

Menurut Yani (2013), seiring bertambah tingginya suhu dan jangka waktu pemanasan menyebabkan terjadinya penurunan kadar protein. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Sipayung *et al.*, (2015), bahwa semakin tinggi suhu pengukusan mengakibatkan kadar protein semakin menurun. Keadaan tersebut dapat terjadi karena dengan semakin tingginya suhu pemanasan maka energi kinetik akan semakin meningkat yang menyebabkan getaran molekul menjadi semakin cepat dan keras, sehingga mengakibatkan putusannya ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik.



Gambar 3. Pengaruh penambahan suhu dan lama waktu pengukusan terhadap kadar protein pada *cake sludge* limbah industri makanan

Berdasarkan hasil percobaan di laboratorium menunjukkan bahwa Penurunan kadar protein tertinggi terjadi pada perlakuan penambahan suhu 121 °C dan lama waktu pengukusan selama 20 menit, dengan nilai protein sebesar 8,7% atau mengalami penurunan sebesar 49% dari sebelumnya 17% menjadi 8,7%. Nilai kadar protein mengalami penurunan sebagai akibat adanya faktor lamanya waktu pengukusan dan tingginya suhu yang diberikan. Menurut Pundoko *et al.*, (2014), kadar protein terjadi penurunan dari protein total pada saat proses pengukusan.

Penurunan nilai kadar protein disebabkan oleh terjadinya proses denaturasi protein. Proses denaturasi protein ini terjadi sebagai akibat adanya perubahan pH, garam, tegangan permukaan dan penambahan suhu. Adapun suhu mulai terjadinya denaturasi protein terjadi pada kisaran suhu 70–75 °C (Alyani *et al.*, 2016). Sedangkan Henggu *et al.*, (2021) melaporkan bahwa proses denaturasi protein mulai terjadi saat protein dikenai suhu pemanasan sekitar 50 °C. Saat itu protein belum bisa dikatakan rusak, hanya saja mengalami perubahan struktur sekunder, tersier, dan kuaterner. Kisaran suhu tersebut merupakan titik awal deformasinya struktur protein yang mengarah pada denaturasi protein. Proses ini menyebabkan beberapa gugus dan karboksil protein mengalami pemutusan ikatan.

Penurunan kadar protein terendah terjadi pada perlakuan penambahan suhu sebesar 85 °C dan lama waktu pengukusan 20 menit dengan nilai kadar protein sebesar 14,5% atau mengalami penurunan sebesar 14% dari sebelumnya 17%. Dengan demikian penambahan suhu dan lama pengukusan dapat menurunkan tingkat kebauan dan kadar protein *cake sludge* limbah industri makanan.

Perlakuan dengan penambahan suhu 121 °C dan lama pengukusan selama 15 menit merupakan perlakuan yang optimal, dimana pada perlakuan ini kadar bau yang dihasilkan cukup rendah yaitu sebesar 195 yang artinya *cake sludge* yang akan digunakan sudah tidak menghasilkan bau busuk yang menyengat sehingga bila diaplikasikan atau digunakan untuk budidaya *maggot* di lapangan tidak mencemari lingkungan dan tidak meresahkan warga sekitar, selain itu juga kandungan protein yang dihasilkan masih tinggi yaitu 10,4% sehingga dapat digunakan sebagai pakan *maggot* BSF .

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan tentang pengaruh suhu dan waktu pengukusan pada *sludge* ipal industri makanan sebagai alternatif pakan *maggot*, maka dapat disimpulkan bahwa peningkatan suhu pengukusan pada *cake sludge* dapat menurunkan nilai kadar bau dan protein dari *cake sludge*.

Perlakuan yang terbaik pada penelitian ini adalah terjadi pada perlakuan penambahan suhu 121 °C dan lama waktu pengukusan 15 menit. Perlakuan ini mampu menurunkan nilai kadar bau, namun masih memiliki kandungan protein yang cukup tinggi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *maggot* sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pakan *maggot* BSF.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, E., Lim, M. H., Zhang, L., & Sedlak, D. L. (2011). Odorous Compounds in Municipal Wastewater Effluent and Potable Water Reuse Systems. *Environmental Science & Technology*, 45(21), 9347–9355. doi:10.1021/es202594z.
- Alyani, F., Ma'aruf, W. F., Anggo, A. D. (2016). Pengaruh Lama Perebusan Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk) Pindang Goreng Terhadap Kandungan Lisin Dan Protein Terlarut. *Jurnal Pengolahan & Bioteknologi Hasil Perikanan*, 5 (1), 88–93.
- Ambarsari, H. (2019). Pengembangan dan penerapan teknologi pengolahan limbah organik industri menjadi pakan *maggot* BSF (Black Soldier Fly) untuk mendukung program ketahanan pangan. Laporan Akhir Program Pengembangan Teknologi Industri.
- Arifudin, Setiyono, Fajar, E. P., Sulistia, S. (2019). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Pengolahan Makanan. *Jurnal Air Indonesia*, 11(1), 32–37.
- Azir, A., Harris, H., dan Haris, R. B. K. (2017). Produksi Dan Kandungan Nutrisi *Maggot* (*Chrysomya Megacephala*) Menggunakan Komposisi Media Kultur Berbeda. *Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, 12(1), 34–40.
- Belgiorno V. Naddeo V. Zarra T. (2012). *Odour Impact Assessment Handbook*; John & Wiley Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA.
- Blanco-Rodríguez A. Camara V. F. Campo F. Becherán L. Durán A. Vieira V. D. De Melo H. Garcia-Ramirez A. R. (2018). Development of an electronic nose to characterize odours emitted from different stages in a wastewater treatment plant. *Water Res.* 134, page:92–100.
- Conti, C.; Guarino, M. Bacenetti, J. (2020). Measurements techniques and models to assess odor annoyance: A review. *Environ. Int.* 134, 105261.
- Coulibaly, K., Sankara, F., Pousga, S., Nacoulma, P. J., Somé, M. B., Nacro, H. B. (2020). On station *maggot* production using poultry litter as substrate: assessment on the quantity and the chemical quality of the litter before and after *maggot* production in Burkina Faso.

- International Journal of Biological and Chemical Sciences, 14(5), 1689–1697.
- Doyle, M. E., and Mazzota, A. S. (2000). Review of studies on the thermal resistance of Salmonella. *Journal of Food Protection*, 63(6), 779–795.
- Evans T. D. (2016). A Review Of Current Knowledge: Sewage Sludge : Operational and Environmental Issues. Foundation For Water Reaserch.
- Fahmi, M. R., Hem, S., Subamia, I. W. (2007). Potensi *maggot* sebagai salah satu sumber protein pakan ikan.. Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia XXVII. 125–130.
- Fessenden, R. J., Fessenden, J. S. (1980). *Organic Chemistry*. Willard Grant Press. Boston. Massachussets.
- Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfreksen, J. A., Dempster, T., Berckmans, D. (2017). Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. *Biosystems Engineering*, 173, 176–193. doi:10.1016/j.biosystemseng
- Gaman, P. M, dan Sherrington, K. B. (1992). *Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi*. Gadj Mada University Press. Yogyakarta.
- Henggu, K. U., Takanjanji, P., Yohanes, E., Nalu, N. T., Amah, A. B., Benu, M. J. R. (2021). Pengaruh Lama Waktu Pengukusan Suhu Suwari Terhadap Karakteristik Kamaboko Ikan *Euthynnus affinis*, Cantor 1849. *Journal of Marine Research*, 10(3), 403–412.
- Hwang, O. H., Cho, S. B., Han, D. W., Lee, S. R., Kwag, J. H., & Park, S. K. (2016). Effect of Storage Period on the Changes of Odorous Compound Concentrations and Bacterial Ecology for Identifying the Cause of Odor Production from Pig Slurry. *PLOS ONE*, 11(9), e0162714. doi:10.1371/journal.pone.0162714.
- Jorgensen, K. S, Puustinen, J., Sourtti, A. M. (2000). Bioremediation of Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soil by Composting in Biopiles. *Environmental Pollution*, 107(2), 245–254
- Kamizela, T., & Kowalczyk, M. (2019). Sludge dewatering: Processes for enhanced performance. *Industrial and Municipal Sludge*, 399–423. doi:10.1016/b978-0-12-815907-1.00018-0.
- Kuo, J. (2014). *Practical Design Calculations for Groundwater and Soil Remediation*. Second Edition. New York (US): CRC Pr.
- Lukmana, A. (1976). Denaturasi Protein. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 1, 1–12 doi:10.24817/jkk.v0i0.4853
- Handayani, N. I. (2021). Potensi Limbah *Sludge* Lumpur Aktif Industri Makanan Minuman Sebagai Bahan Baku Pupuk Organik dengan Bantuan Larva *Black Soldier Fly*. Prosiding. Seminar Nasional Sains Dan Entrepreneurship VII. Semarang.
- Nazullawati, R. (2013). Pemanfaatan *Sludge* Limbah Susu Dengan Proses Fermentasi Kapang *Aspergillus Niger* Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Dan Kandungan Protein Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Pundoko, S. S., Onibala, H., dan Agustin, A. T. (2014). Perubahan Komposisi Zat Gizi Ikan Cakalang (Katsuwonus pelamis) Selama Proses Pengolahan Ikan Kayu. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 2(1), 9–14.
- Rizal, M. S., Sumaryati, E., Suprihana. (2016). Pengaruh Waktu dan Suhu Sterilisasi Terhadap Susu Sapi Rasa Coklat. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Agrika*, 10(1), 20–30.
- Sipayung, M. Y., Suparmi dan Dahlia. (2015). Pengaruh Suhu Pengukusan Terhadap Sifat Fisika Kimia Tepung Ikan Rucah. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*, 2(1), 1–13.
- Sukasih, E., Prabawati, S., Hidayat T. (2009). Optimasi Kecukupan Panas Pada Pasteurisasi Santan Dan Pengaruhnya Terhadap Mutu Santan Yang Dihasilkan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 6(1), 34–42.
- Suprihatin dan Suparno, O. (2013). *Teknologi Proses Pengolahan Air untuk Mahasiswa dan Praktisi Industri*. IPB Press.
- Sulistia, S., Charlena, Ambarsari, A. (2021). Deodorisasi *Sludge* Limbah Industri Makanan Untuk Pakan *Maggot* BSF (black Soildier Fly) dengan Teknik Biosorpsi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2), 222–230.
- Wijesekara, S. C., Malwana, C., Bandara WBMAC, and Jayasinghe, G.Y. (2016). Co-digestion of Poultry Sludge Filter Pressed Cake with Market Waste to Enhance the Compost Quality. *Int'l Journal of Advances in Agricultural & Environmental Engineering*, 3(2), 345–349.
- Williams, A. G., and Evans, M. R. (1981). Storage of piggery slurry. *Agricultural Wastes*, 3(4) 311–321.
- Wulandari, E. Y., Hindun, I., Husamah, H. (2019). Pengaruh Suhu Pasteurisasi Dan Lama Penyimpanan Pada Refrigerator Terhadap Jumlah Koloni Bakteri Susu Sapi. Prosiding Seminar Nasional V: Peran Pendidikan Dalam Konservasi Dan Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan, 147–152.
- Yani. (2013). Efek Suhu Dan Jangka Waktu Pemanasan Terhadap Kadar Protein Yang Terkandung Dalam Sarang Burung Walet Putih (*Collocalia fuciphagus*). Skripsi. Universitas Kristen Maranatha. Bandung.