

SKRIPSI
EFEKTIVITAS ADSORBEN ALAMI DALAM DEODORISASI
SLUDGE INDUSTRI MAKANAN SEBAGAI SUBSTRAT MEDIA
TUMBUH KEMBANG LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (BSF)



Oleh :
MOCHAMAD ZIDAN SIBROMULIS
22034010040

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM
SURABAYA
2026

**EFEKTIVITAS ADSORBEN ALAMI DALAM
DEODORISASI *SLUDGE* INDUSTRI MAKANAN
SEBAGAI SUBSTRAT MEDIA TUMBUH/KEMBANG
LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (BSF)**

SKRIPSI



Oleh:

MOCHAMAD ZIDAN SIBROMULIS

NPM 22034010040

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL
'VETERAN' JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA**

2026

**EFEKTIVITAS ADSORBEN ALAMI DALAM
DEODORISASI *SLUDGE* INDUSTRI MAKANAN
SEBAGAI SUBSTRAT MEDIA TUMBUH/KEMBANG
LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (BSF)**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST.)
Program Studi Teknik Lingkungan.

Diajukan Oleh

MOCHAMAD ZIDAN SIBROMULIS

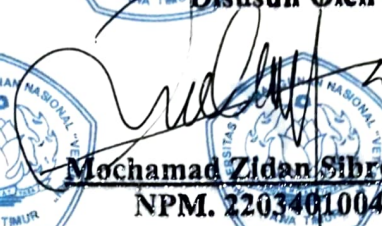
NPM 22034010040

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAWA
TIMUR**

**FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN
EFEKTIVITAS ADSORBEN ALAMI DALAM
DEODORISASI *SLUDGE* INDUSTRI MAKANAN
SEBAGAI SUBSTRAT MEDIA TUMBUH/KEMBANG
LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (BSF)

Disusun Oleh :


Mochamad Zidan Sibromulis
NPM. 22034010040

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing


Mohamad Mirwan, ST., MT.
NIP./NPT. 19760212 202121 1 004

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jarayah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEKTIVITAS ADSORBEN ALAMI DALAM
DEODORISASI SLUDGE INDUSTRI MAKANAN
SEBAGAI SUBSTRAT MEDIA TUMBUH/KEMBANG
LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (BSF)**

Disusun Oleh :

Mochamad Zidan Sibromulis
NPM. 22034010040

Telah diuji kebenarannya oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Serambi Engineering (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

TIM PENGUJI

Pembimbing

1. Ketua

Mohamad Mirwan, ST., MT.
NIP/NPT. 197602122021211004

Prof. Dr. Ir. Nevirina Hendrasarie, MT.
NIP/NPT. 19681126 199403 2 001

2. Anggota

M. Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc.
NIP/NPT. 199407272024061001

Mengetahui,

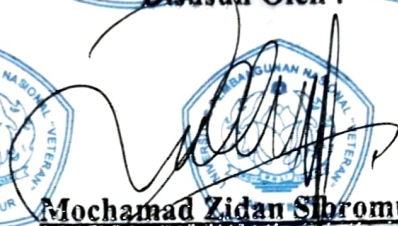
Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

EFEKTIVITAS ADSORBEN ALAMI DALAM DEODORISASI *SLUDGE* INDUSTRI MAKANAN SEBAGAI SUBSTRAT MEDIA TUMBUH/KEMBANG LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (BSF)

Disusun Oleh :


Mochamad Zidan Sibromulis
NPM. 22034010040

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 14 Juli 2026

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA


Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.
NIP/NPT. 19661126 199403 2 001


M. Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc.
NIP/NPT. 19940727 2024061001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mochamad Zidan Sibromulis
NPM : 22034010040
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik

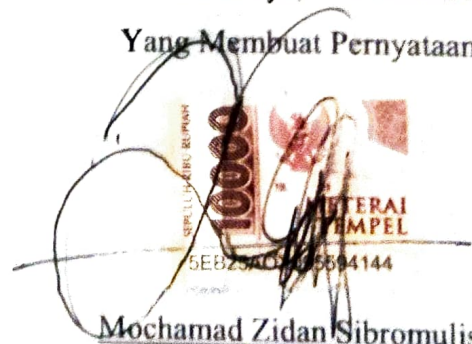
Menyatakan bahwa dokumen skripsi ini sepenuhnya bebas dari materi karya ilmiah yang pernah diajukan untuk meraih gelar akademik di institusi mana pun. Tidak ada karya atau pendapat pihak lain yang diklaim sebagai milik saya, semua rujukan telah disitasi dengan benar sesuai kaidah penulisan ilmiah dan tercantum pada daftar pustaka.

Dengan demikian, saya menjamin orisinalitas karya ini dan sepenuhnya bebas dari tindakan plagiat. Jika di kemudian hari ditemukan bukti yang bertentangan dengan pernyataan ini, saya siap menerima sanksi akademik maupun hukum yang berlaku.

Surat pernyataan ini disusun secara jujur dan tanpa paksaan dari siapa pun, untuk digunakan sesuai dengan keperluannya.

Surabaya, 14 Juli 2026

Yang Membuat Pernyataan



The signature is written in black ink over a red rectangular stamp. The stamp contains the text 'KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN INFORMATIKA' and 'KEMENTERIAN PENDIDIKAN, YOUTH, AND CULTURE' along with the number '5EB234010040144'.

Mochamad Zidan Sibromulis

22034010040

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala, Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Efektivitas Adsorben Alami dalam Deodorisasi *Sludge* Industri Makanan sebagai Substrat Media Tumbuh Kembang Larva *Black Soldier Fly* (BSF)" tepat pada waktunya. Dalam penyusunan laporan ini, saya menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
2. Firra Rosariawati, ST., MT. selaku koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. Mohamad Mirwan, ST., MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran, serta ilmu baru selama proses kegiatan serta penulisan tugas akhir.
4. Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT. dan Muhammad Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji Skripsi yang telah mengkritisi dan memberikan saran kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Lingkungan dan Staf Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur yang telah memberikan segenap ilmunya selama masa perkuliahan.
6. Orang tua dan kakak penulis yang senantiasa memberikan dukungan baik secara moral maupun material sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Azkafia Alkafi Pasadzani yang senantiasa membantu secara mental dan pikiran saat kegiatan penyusunan tugas akhir berlangsung, memberikan dukungan, masukan, serta saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Untuk sahabat, keluarga, dan seluruh rekan Teknik Lingkungan khususnya angkatan 2022 yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Telah menjadi teman diskusi sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan.
9. Rekan kelompok 24 dan Akademi Militer. Selamat dan terimakasih telah menjadi pengalaman berharga, juga memberikan motivasi dan membentuk mental kepada saya sebagai penulis untuk terus berjuang dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Teruntuk diri saya sendiri. Terima kasih sudah tegar dan ikhlas melewati lika liku kehidupan hingga sekarang. Raga dan jiwa yang masih tetap kuat dan sehat hingga sekarang, mari bersama untuk berkembang menjadi pribadi lebih baik dari hari ke hari.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki. Saya menyadari, tugas akhir yang saya tulis masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun saya harapkan dan semoga ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan dunia ilmu pengetahuan pada umumnya.

Surabaya, 06 Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah :	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Sludge</i> Industri Makanan	4
2.1.1 Karakterisasi <i>Sludge</i>	4
2.1.2 Permasalahan Pengolahan <i>Sludge</i> Industri Makanan	5
2.2 Bau dan Senyawa Odor	5
2.2.1 Senyawa Penyebab Bau pada Limbah Organik	6
2.2.2 Amonia (NH ₃)	7
2.2.3 Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	8
2.3 Deodorisasi Limbah Organik	9
2.3.1 Teknik Adsorpsi dalam Proses Deodorisasi	11

2.4	Adsorben Alami untuk Pengendalian Bau	13
2.4.1	Zeolit	14
2.4.2	Sekam Padi sebagai Adsorben Alami	15
2.4.3	Kalsium Karbonat dari Cangkang Kerang	16
2.5	<i>Black Soldier Fly</i> (BSF)	17
2.5.1	Biologi dan Siklus Hidup Black Soldier Fly	18
2.5.2	Pemanfaatan BSF dalam Pengolahan Limbah Organik	22
2.5.3	Pengaruh Kualitas Media terhadap Pertumbuhan Larva BSF	23
2.6	Pemanfaatan <i>Sludge</i> sebagai Media Tumbuh BSF	23
2.7	Faktor Efektivitas Adsorpsi	23
2.7.1	Rasio Adsorben terhadap <i>Sludge</i>	24
2.7.2	Waktu Kontak Adsorpsi	25
2.7.3	Kondisi Lingkungan	26
2.8	Penelitian Terdahulu yang Relevan	27
BAB 3	METODE PENELITIAN	30
3.1	Kerangka Penelitian	30
3.2	Alat dan Bahan	32
3.2.1	Alat	32
3.2.2	Bahan	33
3.3	Cara Kerja	33
3.3.1	Karakterisasi Awal <i>Sludge</i> (<i>Pretreatment</i>)	33
3.3.2	Tahap Deodorisasi <i>Sludge</i>	34
3.3.3	Penentuan Perlakuan Terbaik	38

3.3.4 Uji Media Tumbuh Black Soldier Fly (BSF).....	38
3.4 Variabel	40
3.4.1 Variabel Kontrol	40
3.4.2 Variabel Bebas	40
3.4.3 Variabel Output / Terikat	41
3.5 Analisis Data	41
3.5.1 Analisis Parameter	42
3.5.2 Analisis Statistik	49
3.6 Jadwal Kegiatan	51
3.7 Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Penelitian	53
3.8 Matrik Penelitian	55
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
4.1 Karakteristik Awal <i>Sludge</i> Industri Makanan	56
4.1.1 Hasil Uji Proksimat dan Karakteristik Gas Awal	56
4.1.2 <i>Pretreatment Sludge</i> Industri Makanan	59
4.2 Efektivitas Adsorben Alami dalam Deodorisasi <i>Sludge</i>	61
4.2.1 Kinerja Penurunan Konsentrasi Amonia (NH_3)	66
4.2.2 Kinerja Penurunan Konsentrasi Hidrogen Sulfida (H_2S)	72
4.2.3 Mekanisme Adsorpsi Senyawa Bau.....	77
4.2.4 Penentuan Substrat Optimal untuk Media Tumbuh BSF.....	80
4.3 Performa Pertumbuhan Larva <i>Black Soldier Fly</i> (BSF).....	82
4.3.1 Berat Rata-rata Larva	83
4.3.2 Panjang Rata-rata Larva.....	85

4.3.3 <i>Survival rate</i> (Tingkat Kelangsungan Hidup) Larva	86
4.4 Analisis Korelasi Deodorisasi terhadap Tumbuh Kembang Larva	89
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	93
5.1 Kesimpulan.....	93
5.2 Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN A HASIL ANALISIS / PENGUKURAN	99
LAMPIRAN B PROSEDUR KERJA.....	113
LAMPIRAN C DOKUMENTASI.....	125
LAMPIRAN D DATA PENDUKUNG.....	134

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Senyawa Volatil Penyebab Bau pada Limbah Organik	6
Tabel 2.2 Ringkasan Hasil Penelitian Sebelumnya	27
Tabel 3.1 Jenis Adsorben Alami dalam Tahap Deodorisasi	35
Tabel 3.2 Kriteria Seleksi Perlakuan Terbaik	38
Tabel 3.3 Tabel Parameter Uji Media Tumbuh BSF	39
Tabel 3.4 Rekap Parameter Uji dan Metode Analisis	42
Tabel 3.5 Tabel Pengujian Kadar Amonia	44
Tabel 3.6 Tabel Pengujian Kadar Sulfida	46
Tabel 3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian	51
Tabel 3.8 Rencana Anggaran Penelitian	53
Tabel 3.9 Tabel Matriks Penelitian	55
Tabel 4.1 Hasil Uji Proksimat dan Data Awal Sampel <i>Sludge</i> Industri Makanan	57
Tabel 4.2 Hasil Parameter Senyawa Odor dan COD pasca <i>Pretreatment</i>	60
Tabel 4.3 Performa Perlakuan Media Adsorben Konsentrasi, dan Efisiensi	80
Tabel 4.4 Pengukuran pH, suhu, dan kelembapan media pertumbuhan larva BSF	82
Tabel 4.5 Pengukuran Berat Rata-Rata Larva Tiap Media	83
Tabel 4.6 Pengukuran Panjang Rata-Rata Larva Tiap Media	85
Tabel 4.7 Pengukuran <i>Survival rate</i> Larva Tiap Media	87
Tabel 4.8 Pengukuran <i>Survival rate</i> Larva Tiap Media	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Bio-trickling filter</i>	10
Gambar 2.2 Proses Adsorpsi Molekul dengan Adsorben	12
Gambar 2.3 Bentuk Zeolit.....	14
Gambar 2.4 Biochar Sekam Padi	15
Gambar 2.5 Limbah Cangkang Kerang di Pesisir Pantai.....	16
Gambar 2.6 Lalat Betina yang Sedang Bertelur.....	19
Gambar 2.7 Larva Umur 5 hari.....	19
Gambar 2.8 Fase Prapupa	20
Gambar 2.9 Fase Pupa.....	21
Gambar 2.10 Fase Imago BSF	21
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	31
Gambar 3.2 Reaktor Adsorpsi <i>Fixed Packed Batch</i>	32
Gambar 3.3 Layout Perlakuan Reaktor Adsorpsi <i>Batch</i>	36
Gambar 3.4 Tahapan Deodorisasi <i>Sludge</i>	37
Gambar 3.5 Air Sampler <i>Impinger</i> NOBILE IG-01	43
Gambar 3.6 Neraca Analitik	48
Gambar 3.7 Jangka Sorong/Penggaris	48
Gambar 3.8 Biopond (<i>Nursery Container</i>)	48
Gambar 4.1 Mekanisme Pembentukan NH_3 dan H_2S pada <i>Sludge</i>	62
Gambar 4.2 FTIR Silika Amorf dari Sekam Padi	63
Gambar 4.3 FTIR Zeolit Alami, Zeolit Termodifikasi, dan Zeolit Pasca Adsorpsi.....	63
Gambar 4.4 FTIR Zeolit Alam dan Zeolit Pasca Adsorpsi Amonia.....	64
Gambar 4.5 Spektrum FTIR dari lima jenis kalsium karbonat (CaCO_3)	64
Gambar 4.6 Grafik Nilai Konsentrasi NH_3 Terhadap Waktu Kontak.....	67
Gambar 4.7 Persentase Penurunan NH_3 (%) setelah Proses Deodorisasi	68
Gambar 4.8 Grafik Uji Normalitas Data NH_3 Waktu Kontak 12 Jam	69
Gambar 4.9 Grafik Uji Normalitas Data NH_3 Waktu Kontak 24 Jam	70
Gambar 4.10 Grafik Uji Normalitas Data NH_3 Waktu Kontak 48 Jam	70

Gambar 4.11 Hasil Uji <i>ANOVA Two Way</i> Data NH_3	71
Gambar 4.12 Grafik Nilai Konsentrasi H_2S Terhadap Waktu Kontak	73
Gambar 4.13 Persentase Penurunan H_2S (%) setelah Proses Deodorisasi.....	74
Gambar 4.14 Grafik Uji Normalitas Data H_2S Waktu Kontak 12 Jam.....	74
Gambar 4.15 Grafik Uji Normalitas Data H_2S Waktu Kontak 24 Jam.....	75
Gambar 4.16 Grafik Uji Normalitas Data H_2S Waktu Kontak 48 Jam.....	75
Gambar 4.17 Hasil Uji <i>ANOVA Two Way</i> Data H_2S	76
Gambar 4.18 Grafik Berat Rata Rata Larva Tiap Media	84
Gambar 4.19 Grafik Panjang Rata Rata Larva Tiap Media.....	86
Gambar 4.20 Grafik <i>Survival rate</i> Larva Tiap Media.....	88
Gambar 4.21 Hasil Uji BSF dengan Media Pertumbuhan (a).Ca:SP:SL (1:1:3), (b).SP:SL (1:3), dan (c). Kontrol.	89
Gambar 4.22 Hasil Uji Korelasi Tingkat Odor dengan Larva BSF	90

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Hasil Analisis / Pengukuran.....	99
Lampiran B Prosedur Kerja	113
Lampiran C Dokumentasi	125
Lampiran D Data Pendukung.....	134

ABSTRAK

Sludge industri makanan mengandung bahan organik tinggi yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber daya, namun menimbulkan permasalahan bau akibat emisi amonia (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S) hasil dekomposisi anaerob. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas adsorben alami (zeolit, sekam padi, dan kalsium karbonat dari cangkang kerang) dalam mendeodorisasi *sludge* industri makanan, menentukan perlakuan terbaik, serta mengkaji kelayakan *sludge* hasil deodorisasi sebagai substrat media tumbuh larva *Black Soldier Fly* (BSF). Penelitian dilakukan secara *batch* dengan variasi rasio adsorben tunggal (1:3) dan kombinasi (1:1:3) serta waktu kontak 12, 24, dan 48 jam, kemudian *sludge* hasil perlakuan terbaik diujikan sebagai media pertumbuhan larva BSF selama 14 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis adsorben berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap penurunan NH_3 , sedangkan untuk H_2S baik jenis adsorben maupun waktu kontak berpengaruh sangat signifikan ($p < 0,01$). Kombinasi kalsium karbonat-sekam padi (Ca:SP:SL 1:1:3) merupakan perlakuan terbaik untuk penyisihan NH_3 dengan efisiensi rata-rata 82,1%, sedangkan sekam padi tunggal (SP:SL 1:3) terbaik untuk penyisihan H_2S dengan efisiensi rata-rata 96,3%. Media Ca:SP:SL (1:1:3) menghasilkan performa pertumbuhan larva BSF terbaik dengan *survival rate* 94,0%, jauh melampaui kontrol yang hanya 42,7%. Hasil ini menunjukkan bahwa deodorisasi berbasis adsorben alami efektif menurunkan konsentrasi senyawa bau sekaligus meningkatkan kelayakan biologis *sludge* industri makanan sebagai substrat media tumbuh larva BSF.

Kata Kunci: adsorben alami, deodorisasi, *sludge* industri makanan, *Black Soldier Fly*, amonia, hidrogen sulfida

ABSTRACT

Food-industry sludge contains high levels of organic matter that can potentially be valorized as a resource, yet it generates odor problems due to ammonia (NH₃) and hydrogen sulfide (H₂S) emissions produced by anaerobic decomposition. This study aims to analyze the effectiveness of natural adsorbents (zeolite, rice husk, and calcium carbonate from shellfish shells) in deodorizing food-industry sludge, to determine the best treatment, and to assess the feasibility of the deodorized sludge as a growth substrate for Black Soldier Fly (BSF) larvae. The experiment was conducted in a batch system with single (1:3) and combined (1:1:3) adsorbent ratios and contact times of 12, 24, and 48 hours, after which the best-performing sludge was tested as a BSF larval growth medium for 14 days. The results showed that adsorbent type had a significant effect ($p < 0.05$) on NH₃ reduction, while both adsorbent type and contact time had a highly significant effect ($p < 0.01$) on H₂S reduction. The calcium carbonate-rice husk combination (Ca:SP:SL 1:1:3) was the best treatment for NH₃ removal with an average efficiency of 82.1%, while single rice husk (SP:SL 1:3) was the best treatment for H₂S removal with an average efficiency of 96.3%. The Ca:SP:SL (1:1:3) medium produced the best BSF larval growth performance, with a survival rate of 94.0%, far exceeding the untreated control at only 42.7%. These findings indicate that natural-adsorbent-based deodorization effectively reduces odor compound concentrations while improving the biological feasibility of food-industry sludge as a growth substrate for BSF larvae.

Keywords : *natural adsorbent, deodorization, Food-industry sludge, Black Soldier Fly, ammonia, hydrogen sulfide*