



Penggunaan Biofilter untuk Menghilangkan Bau pada *Sludge* Industri Es Krim

Utilization of Biofilters to Remove Odors in Ice Cream Industry Sludge

ABDUL AZIZ SETIAWAN^{1*}, SRI SUGIARTI¹, HANIES AMBARSARI²

¹Program Studi Kimia, Departemen Kimia, IPB University

²Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan Inovasi Nasional

*20abdulaziz@apps.ipb.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 April 2022

Accepted 13 July 2022

Published 31 July 2022

Keywords:

Black soldier fly maggot

Biofilter

Coconut shell charcoal

Zeolite

Odor remover

ABSTRACT

The growing number of industries in Indonesia causes industrial waste to increase. Substances with unpleasant smell from industrial waste can pollute the environment. Currently, not many people process and utilize industrial waste in the form of sludge left over from the WWTP process. The biofilter method will be very effective in handling air pollution because it has several advantages, among them are an easy and simple process, low investment and operational costs, and a relatively long operational time. The study began with the manufacture of incubation equipment and biofilter columns, testing the feasibility of the biofilter and incubation column, selecting fillers based on the results of a literature review, sampling fillers, preparing fillers, preparing samples of ice cream waste sludge from the ice cream industry in the Jababeka area, followed by analysis proximate sludge, analysis of ammonia gas in sludge with various variations of sludge weight and time, biofiltration process using coconut shell charcoal in order to obtain optimal variations in coconut shell charcoal size, then biofiltration using coconut shell charcoal briquettes with added zeolite content variations to determine the most effective filler material to remove odors. The results show that coconut shell charcoal with a particle size of 100 mesh is the most optimal biofilter filler for removing ammonia gas with an efficiency of 75% compared to a particle size of 20 mesh and 60 mesh which has an ammonia gas removal efficiency of 64% and 68%. Biofilter IV has the highest efficiency in removing ammonia gas, which is 90%.

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Diterima 12 April 2022

Disetujui 13 Juli 2022

Diterbitkan 31 Juli 2022

Kata kunci:

Black soldier fly maggot

Biofilter

Arang tempurung kelapa

Zeolit

Penghilang bau

ABSTRAK

Semakin banyaknya industri di Indonesia menyebabkan limbah industri semakin meningkat. Zat yang berbau dari limbah hasil industri dapat mencemari lingkungan. Saat ini belum banyak yang mengolah dan memanfaatkan limbah industri berupa *sludge* sisa proses IPAL. Metode biofilter akan sangat efektif dalam penanganan pencemaran udara karena memiliki beberapa keuntungan, diantaranya proses yang mudah dan sederhana, biaya investasi dan operasional yang rendah, serta waktu operasional yang relatif dapat bertahan lama. Penelitian diawali dengan pembuatan alat inkubasi dan kolom biofilter, pengujian kelaikan kolom biofilter dan inkubasi, pemilihan bahan pengisi berdasarkan hasil kajian literatur, *sampling* bahan pengisi, preparasi bahan pengisi, preparasi sampel *sludge* limbah es krim dari industri es krim di wilayah Jababeka, dilanjutkan dengan analisis proksimat *sludge*, analisis gas amonia pada *sludge* dengan berbagai variasi bobot *sludge* dan waktu, proses biofiltrasi menggunakan arang tempurung kelapa agar didapatkan variasi ukuran arang tempurung kelapa yang optimal, kemudian biofiltrasi menggunakan briket arang tempurung kelapa yang ditambahkan variasi kandungan zeolit untuk mengetahui bahan pengisi yang paling efektif menghilangkan bau. Hasil penelitian didapatkan bahwa arang tempurung kelapa dengan ukuran partikel 100 *mesh* adalah bahan pengisi biofilter yang paling optimal untuk menghilangkan gas amonia dengan efisiensi sebesar 75% dibandingkan dengan ukuran partikel 20 *mesh* dan 60 *mesh* yang memiliki nilai efisiensi penghilangan gas amonia sebesar 64% dan 68%. Biofilter IV memiliki nilai efisiensi paling tinggi dalam menghilangkan gas amonia yaitu sebesar 90%.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin banyaknya industri di Indonesia menyebabkan limbah industri semakin meningkat. Zat berbau dari limbah hasil industri dapat mencemari lingkungan dan dapat mengganggu berbagai aspek aktivitas manusia di sekitarnya (Wysocka, 2019). Sumber zat berbau busuk mencakup produksi industri (misalnya, produksi asam fosfat, pupuk nitrogen, kertas, dan lainnya) (Boumrijel et al., 2016), instalasi pengolahan limbah, (Lewkowska et al., 2016; Zhou et al., 2016), tempat pembuangan sampah kota (Lucernoni et al., 2016), produksi ternak dan unggas (misalnya, kandang ayam, lumbung, dan lainnya) (Van der Heyden et al., 2015), proses pengolahan limbah, misalnya proses pembuatan kompos (Wang et al., 2015). Limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan es krim yang dikategorikan sebagai industri pengolahan makanan merupakan salah satu yang menghasilkan gas berbau busuk (Lee et al., 2013; Qamaruz-Zaman et al., 2015; Qamaruz-Zaman & Milke, 2012). Menurut Asmadi dan Suharno (2012), hampir semua jenis limbah cair industri pangan dapat diolah dengan sistem lumpur aktif. Salah satu upaya untuk mengolah dan memanfaatkan *sludge* es krim dengan bahan dasar susu telah dilakukan oleh Nazullawaty (2013) yang memanfaatkan limbah *sludge* susu menjadi pakan alternatif ikan nila, dan Adiwarno (2020) dalam mengolah limbah padat pabrik es krim menjadi kompos.

Hasil analisis ilmiah menunjukkan bahwa lumpur masih mengandung nutrisi yang bermanfaat seperti karbohidrat, protein dan lemak. Salah satu upaya untuk mengolah dan memanfaatkan lumpur adalah dengan memanfaatkannya kembali sebagai media tumbuh larva *maggot* yang dikenal sangat kaya nutrisi pada komponen pakan ikan dan ternak atau BSF (*Black Soldier Fly*) (Ambarsari, 2019). Permasalahan yang timbul dari pemanfaatan *sludge* limbah industri es krim sebagai media pertumbuhan larva *maggot* BSF adalah efek gas buangan atau bau yang dikeluarkan oleh *sludge*. Metode biofilter diketahui berpotensi menjadi salah satu alternatif teknologi yang dapat dimanfaatkan sebagai penghilang gas bau. Menurut Lens dan Pol (2000) penanganan pencemaran udara dengan metode biofilter memiliki beberapa keuntungan, diantaranya proses yang mudah dan sederhana, biaya investasi dan operasional yang rendah, serta waktu operasional yang relatif dapat bertahan lama. Metode ini cukup efektif dan efisien bila dibandingkan dengan pengolahan gas secara kimia dan fisika.

Penelitian tentang penghilangan bau dengan metode biofilter telah banyak dilaporkan untuk penghilangan bau amonia menggunakan serat arang aktif (Yani et al., 1998), biomedial (Kim et al., 2007) dan *rock wool* (Yasuda et al., 2009), *pine nuggets* dan *lava rock* (Akdeniz et al., 2011). Yani (2013) melaporkan tentang penghilangan gas bau amonia menggunakan batu koral dan arang aktif dengan efisiensi penyerapan oleh batu koral sebesar rata-rata 81% dan arang aktif dengan efisiensi rata-rata 85%. Biofilter dengan bahan pengisi arang aktif menunjukkan kinerja lebih baik dibandingkan dengan biofilter batu koral.

Adapun media biofilter yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu perpaduan antara media organik dan

anorganik berupa arang yang terbuat dari tempurung kelapa dan zeolit. Zeolit dapat menyerap molekul-molekul gas seperti NH_3 , CO , CO_2 , H_2S , dan lainnya (Kusdarto, 2008), dan tempurung kelapa mengandung unsur karbon yang sangat tinggi yaitu sekitar 85–95% (Napitupulu, 2009). Pada penelitian Yani (2013) arang tempurung kelapa yang dipakai yaitu ukuran 70 *mesh* dan mampu menghilangkan gas NH_3 dengan efektivitas sebesar 81%. Sumantri (2020) melaporkan bahwa zeolit alam sukabumi sebanyak 30 g lebih banyak menyerap NH_3 , NH_4^+ , dan NO_2 dibandingkan dengan 20 g dan 10 g pada penjerapan gas beracun di tambak udang. Sehingga pada penelitian ini variasi bahan pengisi antara arang tempurung kelapa dan zeolit alam sukabumi yang digunakan yaitu arang tempurung kelapa dengan variasi ukuran 20, 40, dan 100 *mesh* dan tambahan zeolite sebanyak 10, 20, dan 30 g. Dari hasil penelitian diharapkan komposisi kombinasi bahan pengisi di dalam biofilter dapat memiliki nilai efisiensi pengurangan gas bau yang tinggi, karena kelimpahannya di alam sangat tinggi, murah, dan mudah didapatkan, sehingga bisa menjadi solusi yang baik jika digunakan sebagai media di dalam biofilter.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengembangan, dan penerapan teknologi biofilter penghilang bau pada *sludge* agar menjadi sumber daya yang masih bernilai ekonomis dan berkelanjutan ketersediaannya yang akan dijadikan media tumbuh sekaligus pakan *maggot* BSF, dengan mendapatkan kombinasi bahan pengisi biofilter antara arang tempurung kelapa dan zeolit alam yang optimal.

2. METODE

Penelitian dilaksanakan dari bulan Mei 2021 sampai bulan November 2021 di Laboratorium Kimia Anorganik, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor; Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi; dan di Laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Industri dan Farmasi Bogor.

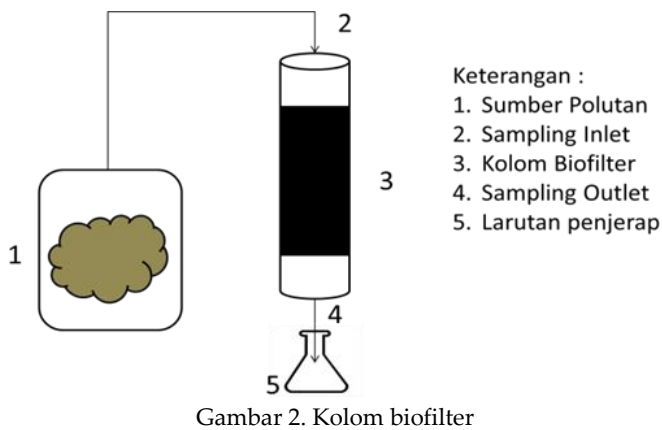
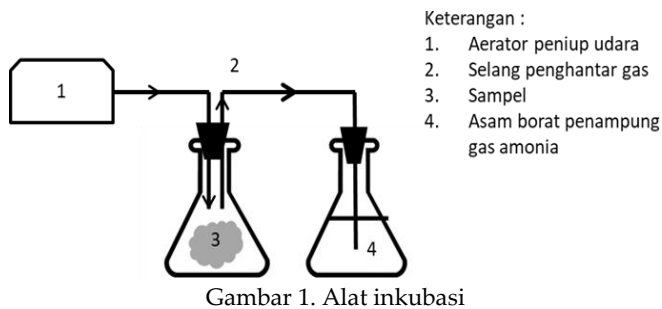
2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah aerator, selang plastik, pipa paralon PVC ukuran 1 inci, tutup paralon, plastik, kran udara, lem, spektrofotometer UV-VIS (Shimadzu UV-1240), neraca analitik (Sartorius CP-235), oven (Memmert), *soxhlet extractor*, (JASCO V530), dan perangkat analisis Kjeldahl. Bahan utama yang digunakan adalah limbah *sludge* industri es krim dari kawasan industri Jababeka, arang tempurung kelapa, zeolit alam sukabumi, dan bahan kimia untuk analisis laboratorium (larutan induk NH_4Cl , pereaksi Nessler, H_2SO_4 (96%), K_2SO_4 , CuSO_4 , NaOH , H_3BO_3 , *extraction thimble*, HCl 37%, BaCl , *tween* 80, CH_3COOH , H_3PO_4 , indikator *conway*, dan akuades.

2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan pembuatan alat inkubasi dan kolom biofilter dengan mengacu pada modifikasi metode Bayu (2017) yang terdiri atas labu *erlenmeyer* 500 ml

dan 250 ml, selang plastik, aerator, penutup stirofoam yang sudah diberi 2 lubang, dan kertas label. Alat inkubasi dapat dilihat pada Gambar 1. Kolom biofilter dibuat dari pipa paralon PVC diameter 1 inci dengan tinggi 20 cm seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Sistem biofilter yang digunakan terdiri dari sumber gas polutan di dalam sebuah erlenmeyer tertutup rapat, lubang *inlet* dan *outlet*, dan kolom biofilter sebagai tempat terjadinya proses biofiltrasi. Selanjutnya pengujian kelaikan kolom biofilter dan inkubasi.



Bahan pengisi yang digunakan dalam biofilter yaitu arang tempurung kelapa dan zeolit alam sukabumi. Selanjutnya dilakukan analisis proksimat pada *sludge*, analisis gas amonia pada *sludge* dengan berbagai variasi bobot *sludge* dan waktu menggunakan metode Nessler. Tahap pertama dilakukan pengukuran konsentrasi gas amonia pada sampel *sludge* selama 168 jam (tujuh hari) dengan variasi bobot sampel masing-masing 100, 200, 300 g dan dilakukan dua kali pengulangan (*duplo*) untuk mendapatkan sampel yang mengeluarkan gas amonia paling tinggi. Selanjutnya dilakukan adsorpsi gas amonia dengan menggunakan arang tempurung kelapa yang dicetak menjadi briket dengan variasi ukuran 20, 60, dan 100 *mesh* selama 14 hari dan pengukuran dilakukan dua kali pengulangan (*duplo*) dengan waktu *sampling* pagi dan sore untuk mendapatkan ukuran bahan pengisi yang paling optimal dalam menjerap gas amonia. Setelah didapatkan variasi ukuran arang tempurung kelapa yang optimal kemudian ditambahkan zeolit ke dalam adonan briket dengan rasio penambahan sebanyak 10, 20, dan 30 g untuk didapatkan rasio briket arang tempurung kelapa dan zeolit yang optimal yang akan digunakan sebagai bahan pengisi biofilter. Pengukuran gas amonia menggunakan biofilter dilakukan selama 14 hari. Kontrol yang digunakan dalam penelitian adalah sampel limbah *sludge* tanpa biofilter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Bahan Pengisi Biofilter

Arang Tempurung Kelapa

Arang tempurung kelapa dihaluskan kemudian diayak dengan variasi ukuran 20, 60, dan 100 *mesh* seperti pada Gambar 3. Hasil uji karakterisasi yang dilakukan Norhikmah (2021) pada briket arang tempurung kelapa dengan ukuran 100 *mesh* ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Arang tempurung kelapa

Tabel 1. Hasil uji karakterisasi arang tempurung kelapa

Parameter Uji	ASTM	SNI	Hasil Uji
Kadar air (%)	≤6	≤8	5,66
Kerapatan (g/cm ³)	1,0–1,2	-	0,8965
Konsentrasi abu (%)	≤16	≤8	7,33
Zat terbang (%)	1.928	≤ 15	19,6
Konsentrasi karbon terikat (%)	≥58	≤77	59,67
Nilai kalor (kal/g)	4.000–6.500	≥5.000	6.276,35

Mengacu pada Standar SNI 1-6235-2000 dan ASTM, untuk briket arang tempurung kelapa sudah memenuhi standar ASTM. Pada hasil uji parameter zat terbang menurut standar SNI berada di atas ambang batas, tetapi pada ASTM hasil uji masih dalam ambang batas aman. Hal tersebut berarti briket arang tempurung kelapa tersebut masih bisa digunakan menjadi bahan pengisi di dalam biofilter, mengingat pada biofilter ini tidak akan dilakukan pembakaran sehingga zat terbang tidak akan berpengaruh secara signifikan terhadap lingkungan.

Zeolit

Zeolit daerah Cikembar, Sukabumi berupa tufa hijau berbatu apung, tufa hijau pasiran dan tufa hijau masif, yang keseluruhannya termasuk dalam satuan batuan tufa hijau, anggota tufa dan breksi dari formasi Jampang yang berumur Miosen (Kusdarto, 2008). Hasil analisa kimia ditampilkan pada Tabel 2. Setiawan *et al* (2020) mengkonfirmasi hasil analisis menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) bahwa zeolit daerah Cikembar, Sukabumi bertipe mordenit dan klinoptilolit (*heulandit*). Zeolit alam Sukabumi dapat dijadikan sebagai bahan pengisi di dalam biofilter untuk menangkap gas amonia. Proses adsorpsi gas menggunakan zeolit secara teoritis umumnya berlangsung lebih cepat daripada proses adsorpsi pada larutan (Rezaei *et al.*, 2010).

Tabel 2. Hasil uji XRF pada zeolit alam sukabumi

Unsur Kimia	Hasil Penelitian	
	Kusdarto (2008)	Setiawan, et al (2020)
SiO ₂	% 68–69,8	68,22–69,53
Al ₂ O ₃	% 11,85–13,16	11,38–12,47
Fe ₂ O ₃	% 1,52–2,39	1,33–1,8
MnO	% -	0,022–0,045
MgO	% 0,27–0,52	0,063–0,84
CaO	% 1,54–2,23	1,75–2,96
Na ₂ O	% 0,47–1,80	0,73–1,65
K ₂ O	% 2,59–5,0	1,13–3,94
TiO ₂	% 0,03–0,19	0,105–172
P ₂ O ₅	% -	0,01
LOI	% 7,76–8,66	9,78–13,03

3.2 Analisis Proksimat Sludge

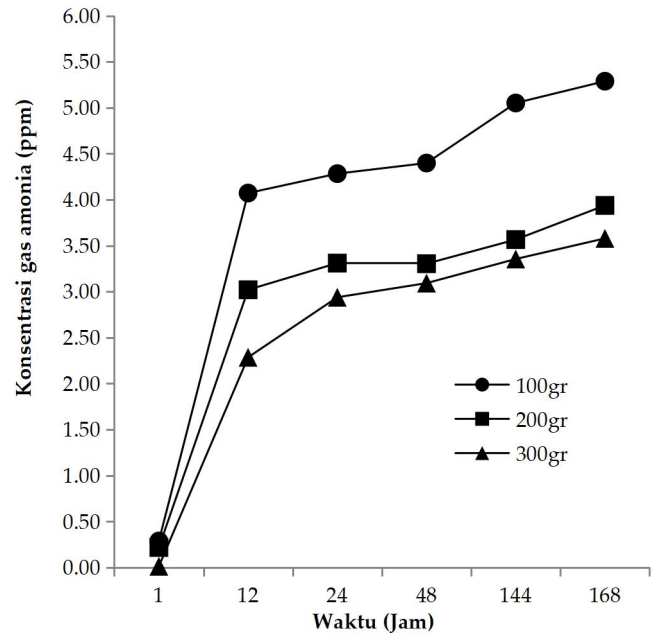
Analisis proksimat pada *sludge* limbah es krim dilakukan menggunakan metode Kjeldahl untuk mengetahui konsentrasi protein, lemak, karbohidrat, air, dan abu dalam *sludge* (AOAC, 2005). Semakin tinggi kandungan protein di dalam media tumbuh *maggot* akan mempengaruhi kandungan protein di dalam *maggot* dan semakin cepat *maggot* dipanen (Suciati et al., 2017). Dari hasil analisis, diketahui bahwa *sludge* industri es krim memiliki kandungan protein, lemak, dan karbohidrat yang diperlukan untuk nutrisi pertumbuhan *maggot* BSF, sehingga dapat digunakan sebagai media tumbuh *maggot* BSF. Hasil analisis laboratorium terhadap parameter proksimat limbah *sludge* industri es krim ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji proksimat pada sampel *sludge*

Parameter	Konsentrasi (%)
Air	45,7 ± 1,06
Karbohidrat	36,8 ± 2,43
Lemak	10,7 ± 1,02
Protein	5,43 ± 0,47
Abu	1,42 ± 0,11

3.3 Inkubasi Limbah Sludge Es Krim

Penjerapan gas amonia penghasil bau dilakukan terhadap sampel *sludge* untuk mengetahui konsentrasi gas amonia maksimal yang dihasilkan dengan cara mengalirkan udara dari sampel *sludge* menuju larutan untuk menyerap gas tersebut mengacu pada metode Nessler. Pengukuran bau menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 418,5 nm dengan variasi bobot *sludge* sebanyak 100 g, 200 g, dan 300 g dengan pengukuran bau pada jam ke-1, 12, 24, 48, 144, dan 168. Konsentrasi gas amonia (ppm) pada *sludge* es krim untuk setiap variasi ditunjukkan pada Gambar 4.

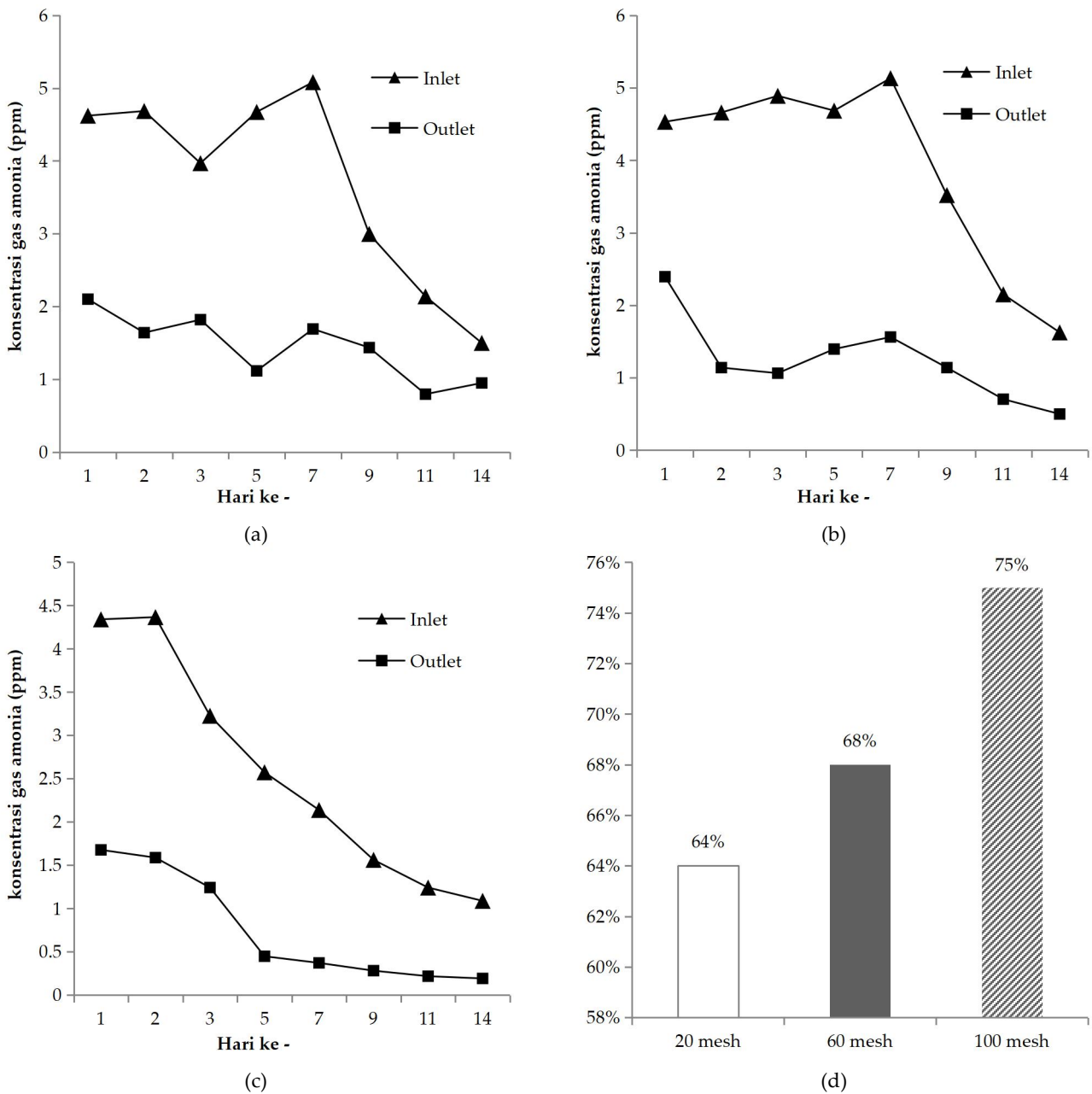


Gambar 4. Konsentrasi gas amonia pada *sludge*

Berdasarkan Gambar 4, sampel *sludge* 100 g menghasilkan gas bau dengan konsentrasi paling tinggi yaitu 0,29–5,29 ppm, dibandingkan dengan sampel *sludge* 200 g, dan 300 g secara keseluruhan yaitu 0,22–3,94 ppm dan 0,11–3,58 ppm. Indonesia memiliki peraturan yang tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 1996 yang menyatakan bahwa baku mutu gas amoniak adalah 2 ppm dalam 24 jam dengan menggunakan metode Nessler. Pada jam ke-24, sampel *sludge* 100 g mengeluarkan gas amonia sebesar 4,28 ppm, sampel 200 g sebesar 3,30 ppm, dan sampel 300 g sebesar 2,94 ppm. Dengan demikian, sampel *sludge* dengan berat 100 g memiliki konsentrasi gas bau yang lebih tinggi dan stabil dibandingkan dengan yang lainnya, hal ini bisa terjadi dikarenakan pada sampel dengan bobot yang lebih sedikit menyisakan ruang udara yang lebih luas dibandingkan sampel dengan bobot yang lebih banyak, mengingat tempat yang digunakan pada saat penelitian (*erlenmeyer*) menjadi lebih penuh sehingga rongga udara yang tersedia lebih sedikit.

3.4 Optimasi Ukuran Partikel Arang Tempurung Kelapa

Terdapat tiga variasi ukuran sampel bahan pengisi arang tempurung kelapa yang digunakan, yaitu arang tempurung kelapa 20 mesh, 60 mesh, dan 100 mesh. Pada masing-masing variasi ukuran partikel dibentuk menjadi briket dengan perbandingan yang optimal yaitu b/b 90% arang tempurung kelapa ditambah 10% perekat tapioka menurut Norhikmah (2021), kemudian adonan dicetak menjadi silinder, dan ukuran diameter masing-masing ± 1 cm dengan panjang ± 4–5 cm. Grafik konsentrasi inlet dan outlet gas amonia pada bahan pengisi arang tempurung kelapa ditunjukkan pada Gambar 5.



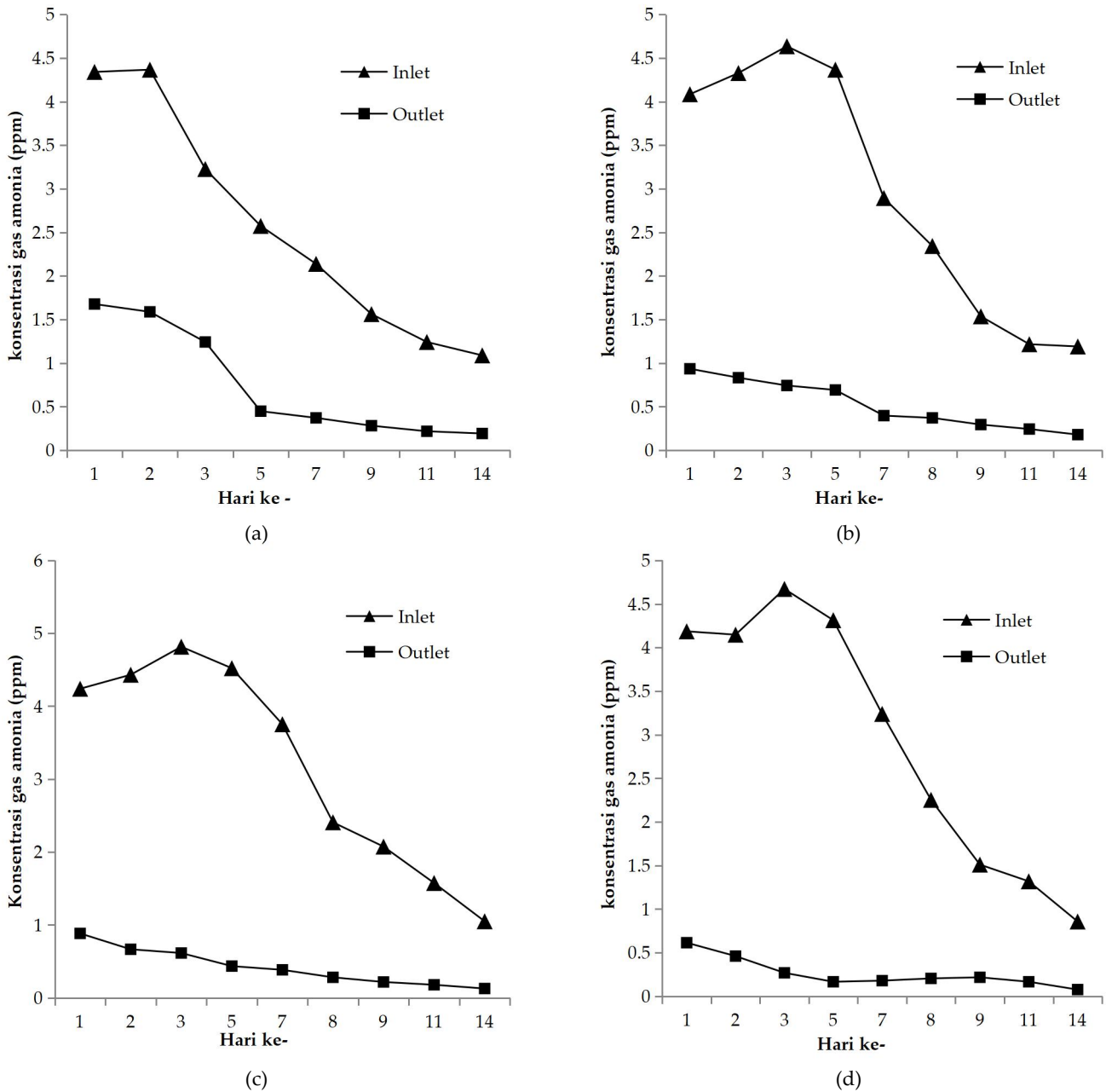
Gambar 5. Grafik pengukuran gas amonia pada sampel arang tempurung kelapa. (a) konsentrasi inlet dan outlet gas amonia pada arang tempurung kelapa ukuran 20 mesh, (b) 60 mesh, dan (c) 100 mesh (d) Diagram persentase penurunan gas amonia oleh sampel

Berdasarkan Gambar 5, selama 14 hari, konsentrasi gas amonia pada inlet dan outlet terhadap briket arang tempurung kelapa ukuran 20 mesh berfluktuasi pada inlet berkisar antara 5,08–1,4 ppm, dan outlet antara 2,1–0,79 ppm. Pada ukuran 60 mesh, inlet berkisar antara 5,13–1,6 ppm, dan outlet antara 2,4–0,49 ppm. Pada ukuran 100 mesh, inlet berkisar antara 4,36–1,08 ppm, dan outlet antara 1,6–0,1 ppm. Pada arang tempurung kelapa ukuran 20 mesh dan 60 mesh masing-masing mengalami penurunan konsentrasi gas amonia pada sludge yang berturut-turut di hari ke-7 sampai hari ke-14, sedangkan pada arang tempurung kelapa ukuran 100 mesh mengalami penurunan yang signifikan dimulai pada hari ke-2. Hal tersebut disebabkan oleh cepatnya daya serap yang dilakukan oleh arang tempurung kelapa dengan ukuran partikel 100 mesh pada gas amonia. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa efisiensi rata-rata untuk masing-masing variasi ukuran partikel yaitu 20 mesh

sebesar 64%, 60 mesh sebesar 68%, dan 100 mesh sebesar 75% seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Kirk dan Othmer (1996) mengatakan bahwa semakin kecil ukuran adsorben maka semakin besar luas permukaan tempat terjadinya proses adsorpsi, dan semakin baik proses adsorpsi.

3.5 Biofiltrasi

Proses biofiltrasi dilakukan setelah menemukan bahan pengisi yang optimal dalam menjerap gas amonia. Penentuan media biofilter menggunakan bahan pengisi briket arang tempurung kelapa dan zeolit dilakukan pada filter tanpa campuran zeolit sebagai kontrol, kemudian tiga filter dengan masing-masing variasi rasio penambahan zeolit pada adonan briket arang tempurung kelapa sebesar 10 g, 20 g, dan 30 g. Hasil analisis penghilangan bau menggunakan biofilter ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik penghilangan bau menggunakan biofilter (a) Biofilter I (briket kontrol tanpa zeolit) (b) Biofilter II briket dengan campuran zeolit 10 gram (c) Biofilter III briket dengan campuran zeolit 20 gram (d) Biofilter IV briket dengan campuran zeolit 30 gram

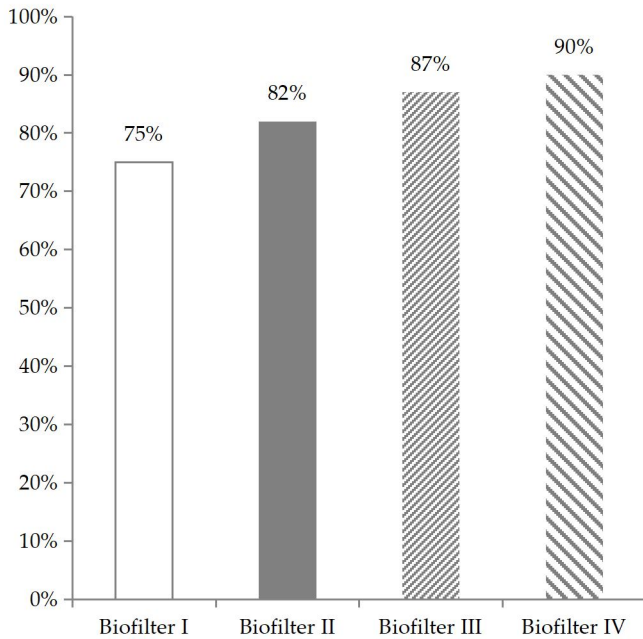
Berdasarkan Gambar 6, terlihat perbedaan konsentrasi *inlet* dan *outlet* pada masing-masing biofilter. Selama 14 hari, konsentrasi gas amonia di *inlet* dan *outlet* pada masing-masing biofilter berfluktuasi seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran konsentrasi gas amonia

Konsentrasi gas bau (NH ₃)	Biofilter I	Biofilter II	Biofilter III	Biofilter IV
<i>Inlet</i> (ppm)	4,34–1,08	4,6–1,9	4,81–1,04	4,6–0,85
<i>Outlet</i> (ppm)	1,69–0,19	0,93–0,17	0,88–0,12	0,46–0,07
Efisiensi (%)	75%	82%	87%	90%

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada Biofilter I efisiensi penghilangan gas amonia pada hari ke-1–3 antara 61–64% lalu mengalami kenaikan menjadi 83% di hari ke-5 dan seterusnya sampai pada hari ke-14. Hal ini menunjukkan bahwa Biofilter I dapat bekerja dengan efektif pada hari ke-5, dan setelah hari ke-5 sampai seterusnya mampu menurunkan gas bau rata-rata sebesar 82% dibandingkan dengan hari ke-1–3 sebesar 61–64% mengandung konsentrasi gas amonia yang masih cukup tinggi sebesar 1,67 ppm. Pada Biofilter II, efisiensi penghilangan gas amonia pada hari ke-1 mampu menurunkan sebanyak 77%, kemudian mengalami kenaikan menjadi 81% di hari ke-2 dan seterusnya sampai pada hari ke-14 antara 81–86%. Nilai ini menunjukkan bahwa Biofilter II mampu bekerja dengan efektif dimulai pada hari ke-1 dengan mampu menurunkan gas bau rata-rata sebesar 82%. Pada Biofilter III efisiensi penghilangan

gas amonia pada hari ke-1 mampu menurunkan sebanyak 79%, kemudian mengalami kenaikan menjadi 85% di hari ke-2 dan seterusnya sampai pada hari ke-14 antara 81–90%. Nilai ini menunjukkan bahwa pada Biofilter III lebih efektif dibanding Biofilter I dan II dalam menghilangkan gas amonia. Biofilter IV mampu menghilangkan gas amonia pada hari ke-1 sebanyak 85%, sampai hari ke-14 efisiensi Biofilter IV mampu konsisten di angka 90%. Nilai ini menunjukkan bahwa pada Biofilter IV lebih efektif dibanding Biofilter I, II, dan III dalam menghilangkan gas amonia. Grafik efisiensi Biofilter I, II, III, dan IV ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik efisiensi biofilter

Berdasarkan data grafik pada Gambar 7, hasil analisis menunjukkan bahwa besarnya penurunan konsentrasi gas amonia berbanding lurus dengan besarnya kandungan rasio zeolit yang ditambahkan pada adonan briket arang tempurung kelapa. Zeolit memiliki beberapa sifat yang menjadikannya salah satu adsorben yang paling potensial untuk menyerap gas, salah satunya NH_3 (Pratomo *et al.*, 2017). Hasil penelitian ini selaras dengan hasil yang dibuktikan oleh Sumantri *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa penurunan kadar NH_3 dan NH_4^+ yang cukup tajam disebabkan oleh banyaknya zeolit yang digunakan dalam proses adsorpsi.

4. KESIMPULAN

Sampel *sludge* 100 g menghasilkan gas bau paling tinggi dan stabil dibandingkan dengan sampel *sludge* 200 g dan 300 g secara keseluruhan dengan konsentrasi yaitu antara 0,29–5,29 ppm; 0,22–3,94 ppm; dan 0,01–3,58 ppm. Arang tempurung kelapa dengan ukuran partikel 100 *mesh* adalah bahan pengisi biofilter yang paling efektif untuk menghilangkan gas amonia dengan efisiensi sebesar 75% dibandingkan dengan ukuran partikel 20 *mesh* dan 60 *mesh* yang memiliki nilai efisiensi penghilangan gas amonia sebesar 64% dan 68%. Kombinasi bahan pengisi antara arang tempurung kelapa dan zeolit alam sukabumi yang

dijadikan briket dapat digunakan sebagai bahan pengisi pada biofilter dengan rasio yang paling efektif yaitu dengan penambahan 30 g zeolit pada adonan briket arang tempurung kelapa dengan perbandingan 90% arang tempurung kelapa ditambah 10% tapioka dalam 100 g adonan dengan efisiensi penghilangan gas amonia sebesar 90%.

PERSANTUNAN

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Saintek – Badan Riset dan Inovasi Nasional sebagai penyelia penelitian, dan seluruh staf laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan – BPPT yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Semua penulis makalah ini adalah sebagai kontributor utama publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwarno, F. A. (2020). Pemanfaatan Lumpur Industri Susu Sebagai Kompos Dengan Metode Open Windrow. Diploma thesis. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- 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 2019.
- Asmadi & Suharno. (2012). Dasar – Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah. Gosyen Publishing : Yogyakarta.
- Association of Official Analytical Chemist [AOAC]. (2005). Official Methods of Analysis (18 Edn). Association of Official Analytical Chemist Inc. Mayland. USA.
- Antariksa, Y. B. (2017). Penggunaan Arang Tempurung Kelapa sebagai Penyerap Gas Amonia pada Ekskreta Puyuh. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Boumniel, I., Amor, H. B., Chekir, H., & Hajji, N. (2016). Hydrogen sulphide removal from the effluents of a phosphoric acid production unit by absorption into chlorinated seawater under alkaline conditions. *Comptes Rendus Chimie*, Vol 19(4), 517–524.
- Heyden, V. C., Demeyer, P., & Volcke, E. I. P. (2015). Mitigating emissions from pig and poultry housing facilities through air scrubbers and biofilters: state-of-the-art and perspectives. *Biosystems Engineering*, Vol 134, 74-93.
- Kim, J. H., Rene E. R., & Park, H. S. (2007). Performance of an Immobilized Cell Biofilter for Ammonia Removal From Contaminated Air Stream. *Chemosphere*, Vol 68(2), 274–280.
- Kirk, R. E., & Othmer, D. F. (1966). *Encyclopedia of Chemical Technology* vol.1 (2nd Edition). New York: A Willey Interscience Publication.
- Kusdarto. (2008). Potensi Zeolit di Indonesia. *Jurnal Zeolit Indonesia*, vol. 7 (2), 78-87.

- Lee H. D., Jeon S. B., Choi W. J., Lee S. S., Lee M. H., & Oh K. J. (2013). A novel assessment of odor sources using instrumental analysis combined with resident monitoring records for an industrial area in Korea. *Atmospheric Environment*, Vol 74, 277–290.
- Lens, P. N. L., Omi. F., Lema. J. M., & Hulshoff Pol. L.W. (2000). Biological removal of organic sulfate-rich wastewaters. *Environmental Technologies to Treat Sulfur Pollution: Principles and Engineering*. London: IWA Publishing.
- Lewkowska, P., Cieřlik, B., Dymerski, T., Konieczka, P., & Namieřnik, J. (2016). Characteristics of odors emitted from municipal wastewater treatment plant and methods for their identification and deodorization techniques. *Environmental Research*, Vol 151, 573–586.
- Lucernoni, F., Tapparo, F., Capelli, L., & Sironi, S. (2016). Evaluation of an odour emission factor (OEF) to estimate odour emissions from landfill surfaces. *Atmospheric Environment*, Vol 144, 87–99.
- Napitupulu. (2009). *Simulasi Sistem Pemodelan dan Analisis*. HL. Universitas Sumatera Utara, Medan, 2009.
- Nazullawaty, 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.
- Norhikmah, Sari, N. M., & Mahdie, M. F. (2021). The Effect of Tapioca Adhesive Percentage on The Characteristics of Coconut Charcoal Brickets. *Jurnal Sylva Scientae*, Vol 4(2), 324-333.
- Pratomo, S. W., Mahatmanti, F.W., & Sulistyaningsih Tri. (2017). Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi H₃PO₄ Sebagai Adsorben Ion Logam Cd(II) Dalam Larutan. *Indonesian Journal of Chemical Science*, Vol 6(2), 161-167.
- Qamaruz-Zaman, N., Kun, Y., & Rosli, R. N. (2015). Preliminary observation on the effect of baking soda volume on controlling odour from discarded organic waste. *Waste Management*, Vol 35, 187–190.
- Qamaruz-Zaman, N., & Milke, M. (2012). VFA and ammonia from residential food waste as indicators of odor potential. *Waste Management*, Vol 32(12), 2426–2430.
- Rezaei, F., & Webley, P. (2010). Structured adsorbents in gas separation processes. *Separation and Purification Technology*, 70(3), 243–256. doi:10.1016/j.seppur.2009.10.004.
- Setiawan, I., Estiaty, L. M., Fatimah, D., Indarto, S., Lintjewas, L., Alkausar, A., Handoko A. D., Yuliyanti, A., & Jakah. (2020). *Geologi dan Petrokimia Endapan Zeolit Daerah Bayah dan Sukabumi*. Riset Geologi dan Pertambangan Vol. 30(1), 39-54.
- Sumantri, I., Buchori, L., Mukti, F. A. W., Ramadhani, F., & Anggoro, D. D. (2020). Study of the rate of adsorption of toxic gases in shrimp ponds using Sukabumi natural zeolite. *AIP Conference Proceedings*, 2197(1), 120005.
- Vogel, A. L. (1951). *A Text-book of Quantitative Inorganic Analysis Edisi 2*. Longmans. London: Geen and Co.
- Wang, X., Xie, B., Wu, D., Hassan, M., & Huang, C. (2015). Characteristics and risks of secondary pollutants generation during compression and transfer of municipal solid waste in Shanghai. *Waste Management (New York, N.Y.)*, Vol 43, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.005>.
- Wysocka, I., Gębicki, J. & Namieřnik, J. (2019). Technologies for deodorization of malodorous gases. *Environmental Science and Pollution Research International*, Vol 26, 9409–9434.
- Yani, M., Hirai, M., & Shoda, M. (1998). Ammonia Removal Characteristic By Biofilter Using Activated Carbon Fiber as Carrier. *Environmental Technology*, Vol 19(7), 709-715.
- Yasuda, T., Kuroda, K., Fukumoto, Y., Hanajima, D., & Suzuki, K. (2009). Evaluation of Full-Scale Biofilter With Rockwool Mixture Treating Ammonia Gas From Livestock Manure Composting. *Bioresource Technology*, Vol 100(4), 1568–1572.