

PENURUNAN AMMONIA PADA LIMBAH CAIR RUMAH PEMOTONGAN HEWAN (RPH) DENGAN MENGGUNAKAN UPFLOW ANAEROBIC FILTER

Aulia Ulfah Farahdiba, Eva Jauharotul Latifah dan M. Mirwan

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya 60294
Telp (031)8782087 .Fax (031)8782087
E-mail : auliaulfah.tl@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Karakteristik limbah cair yang dihasilkan dari rumah pemotongan hewan (RPH) yang sering ditemukan pada air limbah industri pemotongan hewan (RPH) yaitu ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), dimana ammonia merupakan senyawa yang bersifat toksik atau berbahaya bagi manusia. Penelitian ini menganalisis kemampuan penurunan kadar ammonia dengan menggunakan reaktor anaerob atau UAF (*Upflow Anaerobic Filter*) dengan jenis media *bioball* bentuk bola dan ketinggian media (15 cm, 25 cm dan 35 cm) untuk mendapatkan hasil yang paling efektif. Awal dari proses ini yaitu dengan menumbuhkan *biofilm* pada media, proses ini meliputi *seeding* atau mengembangbiakan bakteri alami (*biofilm*) dan aklimatisasi atau proses adaptasi *biofilm* terhadap air limbah. Hasil dari penelitian ini didapatkan penurunan $\text{NH}_3\text{-N}$ sebesar 75,16 % dengan menggunakan jenis media *bioball* bentuk rambutan.

Kata kunci : *Upflow Anaerobic Filter, ammonia, Media Bioball*

ABSTRACT

*The characteristics of liquid waste produced from the animal slaughter industry (RPH) is higher ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), where ammonia is a compound that is toxic or dangerous to humans. This study analyze removal of ammonia levels using an aerobic reactor or UAF (*Upflow Anaerobic Filter*) by varying the type of media (*bioball* ball shape and *bioball* hairan shape) and media height (15 cm, 25 cm and 35 cm) to obtain results most effective. The beginning of this process is by growing *biofilms* on the media, the process includes *seeding* or breeding of natural bacteria (*biofilm*) and acclimatization or *biofilm* adaptation processes to wastewater. The results of this study found a decrease of ammonia by 70,42% by using type of media *bioball*.*

Keywords : *Upflow Anaerobic Filter, ammonia, bioball*

PENDAHULUAN

Seiring meningkatnya kebutuhan daging di Indonesia yang berbanding lurus dengan peningkatan populasi penduduk. Berdasarkan hal tersebut, maka kebutuhan akan rumah pemotongan hewan (RPH) merupakan bagian integral yang tidak bisa dipisahkan dalam produksi daging. Meningkatnya kebutuhan akan daging mengakibatkan angka pemotongan ternak bertambah. Setiap ada peningkatan produksi berarti ada peningkatan limbah yang dihasilkan. Meningkatnya limbah berarti meningkatnya kerusakan dan makin merosotnya kualitas hidup, untuk mengatasi hal ini perlu adanya pengelolaan atau subsidi energi baik dari dalam maupun dari luar (Soerjani, 1985).

Limbah yang dihasilkan industri RPH ada dua jenis, yaitu limbah padat berupa bulu, isi rumen dan kotoran hewan serta limbah cair bekas pencucian hewan yang bercampur dengan darah dan lemak (Al Kholif, 2015). Menurut Said (2005), limbah cair organik yang dihasilkan industri RPH memiliki parameter *chemical oxygen demand* (COD), serta kandungan zat organik yang tinggi. Oleh karena itu pengolahan limbahnya harus baik, sehingga ketika dibuang langsung ke lingkungan akuatik tidak akan merusak lingkungan tersebut, termasuk biota yang hidup didalamnya.

Karakteristik parameter limbah cair RPH memiliki kandungan ammonia yang cukup tinggi. Berdasarkan hasil analisa awal di Laboratorium Teknik Lingkungan UPN, limbah cair RPH terkandung nilai ammonia sebesar 36,88 mg/liter, nilai COD sebesar 1190,7 mg/liter serta nilai pH sebesar 8,0, suhu 29°C. Sedangkan menurut Al-kholif (2015), limbah cair rumah pemotongan hewan mengandung nilai COD sebesar 656 mg/liter serta nilai ammonia sebesar 75 mg/liter. Nilai parameter pencemar tersebut masih diatas baku mutu berdasarkan Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 yang mensyaratkan BOD₅ 100 mg/liter, COD 200 mg/liter, TSS 100 mg/liter, minyak dan lemak 15 mg/liter serta ammonia 25 mg/liter. Berdasarkan data tersebut maka diperlukan suatu pengolahan sehingga efluen yang dihasilkan memenuhi Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013.

Teknologi pengolahan limbah cair dengan beban organik tinggi dapat dilakukan dengan (UAF). Pengolahan air limbah RPH akan diproses menggunakan reaktor anaerob tercelup media

bioball bentuk bola dan *bioball* bentuk rambutan aliran *upflow*, dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor anaerob yang telah di isi media untuk mengembangbiakkan mikroorganisme tanpa *supply* aerasi.

Penyaringan secara anaerobik dengan aliran dari bawah atau *Upflow Anaerobic filter* merupakan salah satu jenis teknologi pengolahan limbah secara biologis dengan menumbuhkan dan mengembangbiakkan mikroba pada suatu media filter sehingga membentuk lapisan *biofilm*. Beban pencemar zat organik akan didegradasi oleh mikroorganisme yang terdapat dalam *biofilm* tersebut. Pengolahan air limbah dengan menggunakan *UAF* mampu menurunkan COD sebesar 98,40 % dengan *HRT* 9,5 hari (Balai industri semarang, 1998). Kemudian menurut Sumansah (2014), menggunakan media pecahan batu kali mampu menurunkan kandungan BOD₅ 71,24 %, menggunakan tempurung kelapa mampu menurunkan BOD₅ sebesar 50,1 %, serta menurut Al-Kholif (2015), pecahan batu kali dan *bioball* mampu menurunkan kadar amonia sebesar 90,05%.

Berbeda dengan penelitian terdahulu, pada penelitian ini akan menurunkan ammonia pada limbah cair rumah pemotongan hewan (RPH) menggunakan sistem *UAF (Upflow Anaerobic Filter)* dengan variabel perlakuan jenis media dan ketinggian media. Penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan dalam pengoptimalan pengolahan limbah cair rumah pemotongan hewan agar buangan tersebut aman untuk dibuang langsung ke badan air serta pengolahan yang ramah lingkungan dengan biaya yang rendah.

Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan

Sudah menjadi pengetahuan publik bahwa industri peternakan, mulai dari hulu hingga hilir turut menyumbang emisi gas rumah kaca yang merupakan penyebab bagi pemanasan global (*global warming*). Termasuk ke dalam jenis industri peternakan tersebut adalah proses produksi, distribusi dan pembuangan atau pemusnahan limbah rumah potong hewan (RPH) maupun rumah potong unggas (RPU)/rumah potong ayam (RPA), baik berupa limbah padat maupun cair (Goodland dan Anhang, 2009).

Pemotongan hewan akan menghasilkan limbah cair terutama di proses pemotongan dan pencucian karkas. Kandungan limbah cair RPH

diantaranya adalah limbah kimia-fisik dan mikrobiologi. Mikroba yang terkandung dalam limbah cair RPH diantaranya adalah *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, dan *Lysinibacillus fusiformis* (Tarntip dan Thungkao, 2011).

Dalam proses produksi RPH menghasilkan limbah cair yang berasal dari darah hewan, proses pencelupan, pencucian hewan dan peralatan produksi. Limbah ini dapat bertindak sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroba sehingga limbah tersebut mudah mengalami pembusukan. Selain menimbulkan gas berbau busuk juga adanya pemanfaatan oksigen terlarut yang berlebih dapat mengakibatkan kekurangan oksigen bagi biota air. Limbah cair mengandung BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), minyak dan lemak yang tinggi, dengan komposisi berupa zat organik. Pembuangan air limbah yang mengandung nutrisi yang tinggi ke perairan akan menimbulkan *eutrofikasi* dan mengancam ekosistem akuatik. Untuk mencegah hal itu, maka diperlukan cara agar komposisi padatan organik tersuspensi dapat dikurangi (Laksono dan Kirana, 2010).

Banyaknya jumlah zat organik sangat dipengaruhi oleh besarnya konsumsi air bersih. Limbah RPH yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan gangguan terhadap lingkungan dan kehidupan. Beberapa gangguan yang timbul sebagai efek dari limbah adalah gangguan terhadap kesehatan, gangguan terhadap kehidupan biotik, dan gangguan terhadap masalah estetika (Rosalia, 2006).

Karakteristik Biologi Limbah Cair RPH

Kandungan bakteri patogen serta organisme golongan *coli* juga terdapat dalam air limbah tergantung darimana sumbernya, namun keduanya tidak berperan dalam proses pengolahan air limbah industri. Untuk mencegah atau mengurangi dampak negatif tersebut, perlu diperhatikan kondisi sistem pembuangan air limbah yang memenuhi syarat sehingga air limbah tersebut tidak mengkontaminasi sumber air minum, tidak mengakibatkan pencemaran permukaan tanah, tidak menyebabkan pencemaran air untuk mandi, perikanan, air sungai, atau tempat-tempat rekreasi, tidak dapat dihinggapi serangga dan tikus dan tidak menjadi tempat berkembangbiaknya berbagai bibit penyakit dan

vector, baunya tidak mengganggu masyarakat setempat.

Selain limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan, aktivitas industri RPH juga dapat menghasilkan gas *methane*. Gas *methane* ini berpotensi menghasilkan salah satu sumber penyebab efek rumah kaca jika terbuang ke atmosfer. Disamping itu limbah padat RPH juga mengandung protein yang dapat digunakan sebagai bahan pakan ternak. Sehingga limbah RPH dapat diolah untuk menghasilkan sumber pendapatan dan tidak mengotori lingkungan.

Amonia (NH₃-N)

Amonia merupakan gas yang tak berwarna dan mudah larut dalam air (dengan membentuk larutan basa), amonia mudah bereaksi dengan air dan membentuk larutan amonium hidroksida. Adanya amonia didalam air erat hubungannya dengan siklus pada N (nitrogen) di alam ini. Amonia juga merupakan suatu zat yang menimbulkan bau yang sangat tajam sehingga kehadiran bahan ini dalam air adalah menyangkut perubahan fisik dari pada air tersebut yang akan mempengaruhi ekosistem di badan air (Simbolon, 2016).

Amonia merupakan spesies yang beracun atau toksik dengan LD₅₀ adalah 1 µg/L. Sebagai gas, ammonia dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan misalnya *bronchitis* dan asma, iritasi mata dan kulit, dapat menyebabkan mata dan hidung berair, batuk, sesak nafas dan bahkan kematian.

UAF (*Upflow Anaerobic Filter*)

Upflow Anaerobic Filter merupakan pengembangan pengembangan dari sistem ABR (*Anaerobic Baffle Reactor*). UAF pertama kali ditemukan oleh Young dan MC Carty pada tahun 1962. Proses berlangsung dalam sebuah reaktor bersekat yang diisi dengan filter material. Filter material yang bisa digunakan adalah batu, PVC, keramik atau media plastik dengan berbagai konfigurasi (Suwarnarat dan Weyrauch, 1978). Filter berperan sebagai permukaan tempat melekatnya mikroba dan tumbuh membentuk lapisan lendir, semacam film yang menyelimuti seluruh permukaan filter. Semakin luas permukaan film semakin banyak bidang kontak antara mikroba dengan air limbah. Filter media selalu terendam penuh oleh cairan sehingga kontak antara mikroba dengan oksigen terhindar. Dengan demikian kondisi akan tetap terpelihara dalam suasana anaerob.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah RPH daerah krian, sidoarjo.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Reaktor UAF
Terbuat dari kaca aquarium dengan tebal 5 mm; ukuran p x l x t = 20 cm x 20 cm x 60 cm.
- Bak penampung limpahan = 50 Liter
- Bak penampung pengatur debit = 50 Liter
- Bak penampung effluen = 50 Liter
- Media yang digunakan :
Bioball bentuk bola dan Bioball bentuk rambutan.
- Keran pengatur aliran
- Selang bening berdiameter 1 cm
- Pipa PVC dan sambungannya
- Pompa Air
- Penyaring untuk menyaring di bak penampung limpahan dan pengatur debit.

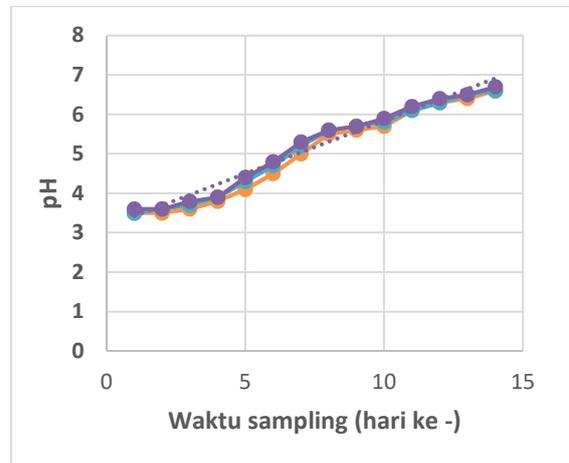
HASIL PEMBAHASAN

Parameter pH

Dalam proses pengolahan limbah secara anaerobik, dilakukan analisa pH selama 14 hari. Dari data yang dihasilkan dapat diketahui bahwa pH pada proses *seeding* memiliki kecenderungan yang sama, dimana semakin limbah melewati tahapan proses pengolahan limbah, maka pH akan semakin naik.

Peningkatan pH tersebut menunjukkan bahwa mikroorganisme sudah aktif dan dapat digunakan untuk tahap selanjutnya (Munawaroh dkk, 2013). Meningkatnya nilai pH pada tahap *seeding* ini karena penambahan nutrisi serta terjadinya proses fermentasi. Proses fermentasi yang terjadi yaitu pengaktifan bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*) yang didalamnya terjadi proses glikolisis, karena pada tahap *seeding* dilakukan penambahan larutan gula yang mengakibatkan pemecahan karbohidrat menjadi glukosa yang kemudian diubah menjadi asam

laktat dengan bantuan enzim yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat. Hal tersebutlah yang mengakibatkan pH terus mengalami peningkatan menuju kisaran pH pertumbuhan bakteri asam laktat (Ferdaus dkk, 2008).



Gambar 1 Peningkatan pH pada media *bioball* bentuk bola

Parameter Suhu

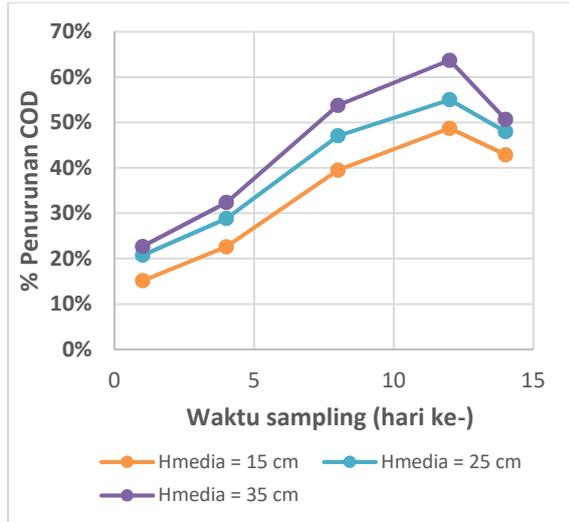
Gas dapat dihasilkan jika suhu antara 4-50°C dan suhu dijaga konstan. Bakteri akan menghasilkan enzim yang lebih banyak pada suhu optimum. Semakin tinggi suhu, maka reaksi akan semakin cepat tetapi bakteri akan semakin berkurang. Proses pembentukan metana bekerja pada rentang suhu 30-40°C, tetapi dapat juga terjadi pada suhu rendah yaitu 4°C. Laju produksi gas akan naik 100-400% untuk setiap kenaikan suhu 12°C pada rentang suhu 4-65°C.

Berdasarkan tabel 4.3 terjadi peningkatan suhu dari suhu awal limbah sebesar 29°C menjadi 34°C pada hari ke-14 pada proses *seeding*. Suhu ini berpengaruh pada daya tahan hidup mikroorganisme. Dimana mikroorganisme yang berjenis thermophilic lebih sensitif terhadap perubahan suhu daripada mikroorganisme jenis mesophilic. Pada temperatur 30°C, jenis mesophilic dapat bertahan pada perubahan suhu $\pm 2,8^{\circ}\text{C}$. Sedangkan untuk mikroorganisme jenis thermophilic pada suhu 40°C, perubahan suhu bertahan $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$.

Parameter COD dan TDS

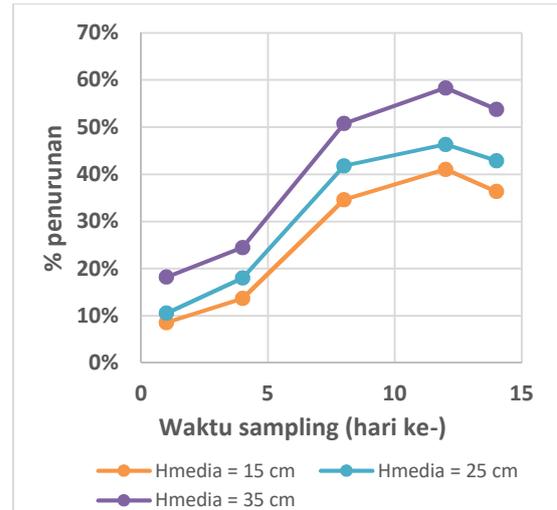
Seperti yang sudah disebutkan diatas bahwa untuk mengetahui kemampuan *biofilm* dalam pengolahan limbah, dalam penelitian ini dilakukan uji parameter pada tahap aklimatisasi.

Parameter yang digunakan adalah parameter COD dan TDS pemilihan parameter tersebut karena COD dan TDS merupakan indikator pencemar yang dapat menunjukkan banyak sedikitnya zat organik yang terkandung dalam limbah dengan waktu uji yang relatif cepat yaitu ± 3 jam. Selain itu nilai COD dan TDS yang diukur digunakan sebagai indikator keberhasilan aklimatisasi sekaligus penanda bakteri sudah dalam kondisi *steady state*.



Gambar 2 Efisiensi penurunan COD pada media *bioball* bentuk bola

Dalam proses aklimatisasi terlihat penurunan COD pada media *bioball* bentuk bola terjadi pada hari ke-1, dimana COD awal sebesar 1190.7 mg/L dan pada hari ke-1 dengan ketinggian media 15 cm, 25 cm, dan 35 cm sebesar 1010,2 mg/L, 943,2 mg/L dan 920,07 mg/L. Efisiensi penurunan COD pada media *bioball* bentuk bola pada ketinggian media 15 cm, 25 cm, dan 35 cm hanya sebesar 15,16%, 20,79%, dan 22,73%.

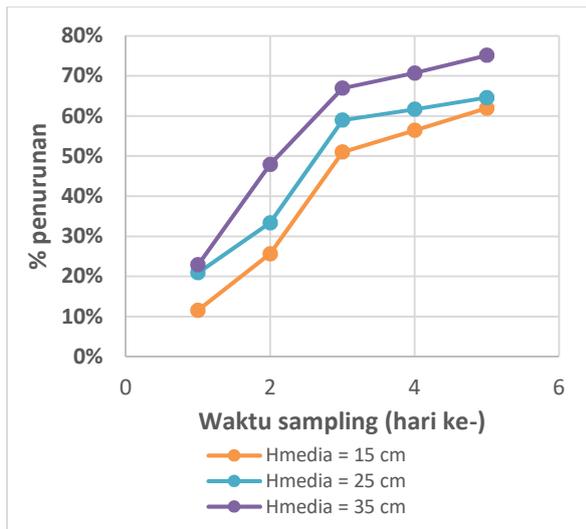


Gambar 3 Efisiensi penurunan TDS pada media *bioball* bentuk bola

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan bahwa efisiensi penurunan TDS pada jenis media *bioball* bentuk bola dengan ketinggian media 15 cm, 25 cm, dan 35 cm mengalami penurunan yang cukup signifikan, dimana nilai TDS awal sebesar 1102 mg/L setelah reaktor beroperasi selama 24 jam terjadi penurunan mulai dari hari ke-4 sampai dengan hari ke-14 yaitu berkisar 58%.

Pengaruh media *bioball* jenis bola dan ketinggian media terhadap penurunan Ammonia

Pada penelitian ini, penurunan Ammonia terjadi karena proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme yang terbentuk dalam lapisan *biofilm*. Proses degradasi dimulai saat sudah terbentuk lapisan *biofilm* berupa selaput tipis berlendir pada permukaan media. Mikroorganisme yang ada pada lapisan *biofilm* menggunakan bahan-bahan organik yang terlarut dalam air limbah untuk dikonsumsi.



Gambar 4 Pengaruh media *bioball* jenis rambutan (BR) dan ketinggian media, Efisiensi Penurunan NH₃-N pada media BR

Dilihat dari gambar 4 bahwa penurunan kadar ammonia menggunakan media *bioball* bentuk rambutan dengan ketinggian media 15 cm, 25 cm dan 35 cm yaitu sebesar 62,01 %, 64,61 % dan 75,16 %. Dimana nilai kadar AMMONIA awal sebelum proses pengolahan yaitu sebesar 36,88 mg/L menjadi 9,16 mg/L. Hal ini membuktikan pernyataan dari peneliti sebelumnya yaitu Benyouchef, (2013) Pada proses pengolahan air limbah menggunakan sistem biofilter mampu menyisihkan AMMONIA sebesar 99%. Sedangkan menurut Han, (2013) Proses penyisihan nitrogen (N) pada lindi menggunakan biofilter dengan sistem A²O mempunyai efisiensi 95,46%.

Dari hasil efisiensi penurunan kadar AMMONIA menggunakan media *bioball* bentuk bola dan bentuk rambutan dapat disimpulkan bahwa efisiensi penurunan bentuk rambutan dengan ketinggian media 35 cm yaitu sebesar 75,16 %. Dimana nilai tersebut diambil pada pengamatan hari ke-5 pada proses menggunakan reaktor anaerobik. Hasil tersebut membuktikan pernyataan peneliti sebelumnya yaitu Nurulitta, (2010) bahwa semakin tinggi/tebal lapisan media filter maka efektivitas penurunan kadar pencemar semakin tinggi. Hal ini dapat terjadi karena semakin

tinggi media filter, maka semakin banyak luasan permukaan media yang ditumbuhi oleh mikroorganismenya.

Keberhasilan dari penurunan konsentrasi AMMONIA menggunakan jenis media dan ketinggian media yaitu *bioball* bentuk rambutan dan ketinggian media yaitu 35 cm dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain debit aliran limbah yaitu 100 ml/menit, dimana pada penelitian yang dilakukan oleh Sarasdewi, (2014) yaitu semakin lambat debit aliran maka efektivitas penurunan pencemar semakin tinggi dan sebaliknya jika debit aliran semakin cepat maka efektivitas penurunan kadar pencemarannya semakin rendah. Hal ini terjadi karena semakin lambat debit aliran maka waktu kontak yang dilakukan antara air limbah dengan mikroorganismenya semakin lama. Karena proses penyaringan tidak akan berjalan dengan baik apabila debit aliran terlalu cepat melewati rongga media.

Faktor keberhasilan lainnya yaitu pH dan temperatur, seperti pernyataan peneliti sebelumnya yaitu Sopiah, (2006) bahwa pH optimum untuk proses denitrifikasi adalah antara 6,5-7,5 dimana pada pH optimum efisiensi dapat mencapai 80-90%. Kemudian temperatur optimum bagi bakteri nitrosomonas adalah 35°C.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Ratri, (2017) faktor yang mempengaruhi suatu keberhasilan untuk menyisihkan kadar AMMONIA yaitu lapisan biofilm, dimana lapisan biofilm ini membuat lingkungan yang aman untuk bakteri tinggal diam dalam reaktor dan mereduksi bahan organik dengan proses denitrifikasi.

KESIMPULAN

Media *bioball* dapat menurunkan kadar ammonia pada limbah cair rumah pemotongan hewan dengan efisiensi penyisihan sebesar 75,16 % Ketinggian media yang paling efektif untuk menurunkan kadar ammonia Media pada limbah cair rumah pemotongan hewan yaitu 35 cm. Semakin tinggi media yang digunakan maka akan semakin besar luas permukaan yang dapat ditumbuhi oleh mikroorganismenya, sehingga proses degradasi akan berjalan semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdar, Z., (2014), Analisis Proses Pengolahan Pemotongan Sapi dan Kerbau di Rumah Potong Hewan Tamangapa Kecamatan Manggala Makassar.
- Apriyanti, D., Santi, V. I. dan Siregar, Y. D. (2013), Pengkajian Metode Analisis Amonia Dalam Air Dengan Metode Salicylate Test Kit, *Ecolab*, Vol. 7, No.2, 49-108.
- Al Kholif M.; Hermana J. (2013). Aplikasi Biofilter Anaerob Pada Air Limbah cucian dari Rumah Potong Ayam. *Thesis*
- Al Kholif, M. (2015), Pengaruh Penggunaan Media Dalam Menurunkan Kandungan Amonia Pada Limbah Cair Rumah Potong Ayam (RPA) Dengan Sistem Biofilter Anaerob, *Jurnal Teknik Waktu*, Vol: B (01) Januari 2015- ISSN 1412-1867:13-18, Universitas PGRI Adibuana, Surabaya.
- Bakhtra, A. D., Rusdi. dan Mardiah, A. (2016), Penetapan Kadar Protein dalam Telur Unggas Melalui Nitrogen Menggunakan Metode Kjeldahl", *Higea*, Vol. 8, No. 2.
- Eddy. (2008). "Karakteristik Limbah Cair". *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol 2, No 2, p.20.
- Elida N, dkk. (2018). Variasi komposisi input proses anaerobik untuk produksi biogas pada penanganan limbah cair kopi. *Jurnal Agroteknologi* Vol:12 (01). Jember.
- Kholif, M.A., dan Ratnawati, R. (2017), Pengaruh Beban Hidrolik Media dalam Menurunkan Senyawa Ammonia pada Limbah Cair Rumah Potong Ayam (RPA). *Jurnal Waktu*, 15 (1): 1-9.
- Masse, D.I., dan Masse, L. (2001), The Effect of Temperature on Slaughterhouse Wastewater Treatment in Anaerobic Sequencing Batch Reactors. *Bioresour. Technol.* 6: 91-98.
- Metcalf, and Eddy. (2004), "Wastewater Engineering, Treatment and Reuse. Inc. Fourth Edition, International Edition. *McGraw - Hill Companies, Inc.* New York.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013, Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Rifia, T. dkk. (2011). Penurunan kadar BOD, COD, TSS, dan warna limbah industri kampung batik giriloyo menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Yogyakarta.
- Said, N. I. (2005), Aplikasi Bio-ball untuk Media Biofilter Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean, *JAI*. 1 (1): 1-11.
- Said, N. I. dan Firly. (2005), Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam. *Jurnal Air Indonesia*, 1 (3): 1-6.
- Sugito (2013), Pengembangan Reaktor Biofilter Terpadukan dengan Teknologi Filtrasi untuk Mengolah Air Limbah Domestik menjadi Air Bersih. *Jurnal WAHANA*, 59 (2): 37-43.
- Sugito, Karunia, B. D., dan Kholif, M. A. (2016), The effect of BOD Concentrate influent to Remove Pollutant Load in Wastewater of a Chicken Slaughterhouse. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 11 (5): 3519-3524.
- Sugito dan Binawati, 2015, "Pengembangan Reaktor Biofilter Anaerob Untuk Mengolah Limbah Cair Industri RPA". *Laporan Penelitian Dikti Hibah Bersaing Tahun 2015, FTSP-UNIPA*, Surabaya.
- Singgih M. L dan M. Kariana, (2008), Peningkatan Produktifitas dan Kinerja Lingkungan Dengan Pendekatan Green Productivity Pada Rumah Pemotongan Ayam XX, *Purifikasi :Jurnal Manajemen Lingkungan*, . 9 (2) :1-2, FTSP-ITS & Ikatan Ahli

- Teknik Penyehatan & Teknik Lingkungan Indonesia, Surabaya.
- Said, N. I. (2005), Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Tekstil Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon, *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 2 (2) : 124-135 , BPPT, Jakarta.
- Soeprijanto, & Karnaningroem, N. (4). Perencanaan Penerapan Constructed Wetland Pada Efluen Tangki Septik.
- Said, N. I., & Ineza. (2002). Uji Performance Air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Biofilter Tercelup. Jakarta: *Balai Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan*.
- Said, N. I., & Sya'bani, M. (2014). Penghilangan Amonia di dalam Air Limbah Domestik Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *Jurnal Lingkungan*, 7, 44-65.
- Titiresmi & Nida Sopiah. (2006). Teknologi biofilter untuk pengolahan limbah ammonia. Jakarta : *Balai Teknologi Lingkungan. Jurnal Lingkungan Vol.7 (02)*.