



Kemampuan Biofiltrasi Aerob dalam Menurunkan Beban Organik Limbah Cair Soaking Kulit Sapi

Maurennisha Saskia¹, Tuhu Agung^{2*}

^{1,2*}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN Veteran Jatim, Surabaya, Indonesia
Email: ¹maurennishasaa@gmail.com, ^{2*}Tuhu.TL@upnjatim.ac.id

Abstract

This research used cowhide soaking liquid waste in the home industry for washing cow culture in North Surabaya and then analyzed it on a laboratory scale using an aerobic biofilter with variations in the porosity of the media chamber and residence time (td) in the bioballs to remove COD, TSS and NH₃-N parameters. Sampling point of wastewater was taken using purposive sampling method. The purpose of this research was to determine the effectiveness of aerobic biofilters in reducing pollutant parameters in cowhide soaking waste according to spatial porosity of 20,40,60% and residence time (td) of 12, 24, 36, 48, 60 hours. So that the research results obtained percent removal at 60% porosity media can reduce COD by 90%, TSS by 89%, and NH₃-N by 89%. But the NH₃-N parameter according to East Java Governor Regulation No. 52 of 2014 has not met the quality standard. Then for the most optimal residence time in removing COD, TSS and NH₃-N is 60 hours, it can degrade COD by 89.98%, TSS by 86% and 88.51%.

Keywords: Bioball Media, Cowhide Soaking, Aerobic Biofilter

Abstrak

Penelitian ini menggunakan limbah cair *soaking* kulit sapi pada *home industry* pencucian kult sapi di Surabaya Utara kemudian dilakukan analisis pada skala laboratorium menggunakan biofilter aerob dengan variasi porositas ruang media dan waktu tinggal (td) pada bioball untuk meremoval parameter COD, TSS dan NH₃-N. Pengambilan titik sampling air limbah dilakukan menggunakan metode *purposive sampling*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas biofilter aerob dalam menurunkan parameter pencemar pada limbah *soaking* kulit sapi sesuai porositas ruang sebesar 20,40,60% dan waktu tinggal (td) sebesar 12, 24, 36, 48, 60 jam. Sehingga didapatkan hasil penelitian persen removal pada porositas media 60% mampu menurunkan COD sebesar 90%, TSS sebesar 89%, dan NH₃-N sebesar 89%. Tetapi parameter NH₃-N menurut Peraturan Gubernur Jatim No.52 tahun 2014 belum memenuhi baku mutu. Kemudian untuk waktu tinggal yang paling optimal dalam menyisihkan COD, TSS dan NH₃-N adalah 60 jam, dapat mendegradasi COD sebesar 89,98%, TSS sebesar 86% dan 88,51%.

Kata Kunci: Media Bioball, Penyamakan Kulit Sapi, Biofilter Aerob

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan akan daging mengakibatkan angka pemotongan ternak bertambah yang juga angka produksi kulit untuk kepentingan kerajinan ataupun bahan makanan olahan kulit turut meningkat. Sebelum dilakukan tahapan penyamakan kulit untuk menghasilkan kulit siap olah, Menurut (Cahyadi & Rosidin, 2021), kulit sapi terlebih dahulu mengalami tahapan pembersihan dan persiapan penyamakan yakni *Fleshing* pembuangan daging dan *Scudding* pembuangan bulu untuk kemudian dilanjutkan pada proses *Soaking* perendaman, *Limming* pengapuran dan yang terakhir *Delliming* pemucatan sebelum limbah memasuki proses penyamakan yang sesungguhnya atau disebut *Tanning*. Limbah yang dihasilkan setiap tahapan proses penyamakan kulit ini

berbeda-beda, seperti yang akan di bahas pada proses perendaman (*Soaking*) air limbah *soaking* mengandung sisa daging, darah, bulu, garam, mineral, debu dan kotoran lain, atau bahkan bakteri anthrax (Priatni et al., 2021). Selanjutnya dikatakan bahwa air berbau busuk, kotor, dengan kandungan suspended solid 0,05-0,1 Volume limbah Soaking berkisar antara 2,5-4 l/kg kulit, pH 7,5-8, total solid 8.000- 28.000 mg/l, suspended solid 2.500-4.000 mg/l. Kemudian proses *Limming* mengandung kalsium, natrium sulfat, albumin, bulu, sisa daging dan lemak, suspended solid 3,6 %. Air limbah unhairing dan liming mengandung total solid 16.000-45.000 mg/l, suspended solid 4.500-6.500 mg/l, BOD 1.100-2.500 mg/l, pH 10-12,5 (Yuniyarti & Isbandi, 2018). Selanjutnya proses pada Air limbah buangan kapur (*deliming*) Air limbah dari proses *deliming* mempunyai bahan polutan yang lebih kecil dibanding dengan *unhairing* dan *limming*. Air limbah ini mempunyai volume 700-800 l/ton kulit mentah, pH 3-9, total solid 1.200-12.000 mg/l, suspended solid 200-1.200 mg/l dan BOD 1.000- 2.000 mg/l. Menurut penelitian Hartanti & Wirosodarmo, 2014 secara umum limbah cair pencucian kulit mempunyai ciri- ciri seperti, Warna coklat kehitaman, Kadang-kadang berbusa, Kandungan sulfida tinggi, kandungan padatan tersuspensi yang tinggi, kandungan bahan organik yang tinggi, pH yang bervariasi (3-12), mudah busuk.

Pengolahan limbah penyamakan kulit pengolahan kulit dapat diperoleh dari proses pencucian kulit dimulai dari tahapan *Soaking* perendaman, kemudian proses penggaraman dan pengapuran liming hingga deliming pada home industri penyamakan kulit. Kemudian untuk pengolahannya selain menggunakan MBBR penurunan limbah hasil penyamakan kulit atau limbah pada tahap *Soaking* Kulit Sapi bisa menggunakan proses aerobik – anoksik yang berpotensi dalam mengolah organik dan nitrogen melalui nitrifikasi dan denitrifikasi. Menurut (Ramadhanti & Purnomo, 2020) Pengolahan limbah penyamakan kulit pada hasil penelitian menggunakan unit pengolahan biologis yakni Moving Bed Biofilm Bed (MBBR) dengan memanfaatkan biofilm mampu menurunkan sampai 80% kadar COD dan 60% kadar NH₃-N. Limbah cair industri penyamakan kulit menghasilkan limbah air dari penggaraman dan pengapuran darah, apkiran daging atau lemak, dan air cucuannya, dapat digunakan sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroba. Pada proses pembusukan yang terjadi di dalam air, mengakibatkan kandungan COD, NH₃-N, dan TSS mampu melebihi batas maksimum baku mutu air (Prahutama & Purnomo, 2018) . Proses pengolahan aerob biasanya menghasilkan biomassa dalam jumlah besar (66%) yang mana dapat menghasilkan air, gas, asam organik (34%). Namun, beban pengolahan pada proses aerob lebih rendah. Pada proses aerob hasil pengolahan dari proses anaerob yang masih mengandung zat organik dan nutrisi dapat diubah menjadi sel bakteri baru, hidrogen maupun karbon dioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen. (Roihatin et al, 2009 dalam Rahayu Dwi et al., 2019). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses nitrifikasi dalam pengolahan air limbah yaitu DO, BOD, pH, suhu, toksin (Sulianto et al., 2020).

Oleh karena itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian penyisihan parameter pencemar COD, TSS, dan NH₃- N, menggunakan biofilter aerob memanfaatkan media bioball sebagai tempat mikroorganisme berkembang biak dengan variasi porositas ruang media dan waktu tinggal (td) pada sistem batch dan sistem kontinyu untuk hasil variasi terbaik. Menurut Said, 2017 media filter adalah media yang digunakan untuk media tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme. Salah satu jenis media filter yang sering digunakan adalah media bioball. Karena media bioball mempunyai kelebihan yang berbeda seperti yang lainnya seperti mempunyai luas spesifik yang cukup besar dibandingkan dengan jenis media biofilter lainnya, kira-kira sebesar 200-240 m²/m³, pemasangannya sangat mudah, sehingga untuk paket instalasi kecil sangat sesuai. Tak

hanya itu, media bioball juga mudah dicuci lagi, ringan, mudah didapatkan dan harga per unit luas permukaannya terjangkau, sehingga memenuhi karakteristik pemilihan biofilter (Dzikra & Suryo, 2021).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan reaktor biofiltrasi aerob yang didahului proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan PAC dilakukan dengan sistem batch pada skala laboratorium.

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan pertama persiapan penelitian yaitu menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan. Bahan yang harus dipersiapkan meliputi limbah cair *soaking* Kulit Sapi ±120 Liter, media bioball bentuk golf, EM 4 (1 Liter), glukosa, PAC. Alat yang harus dipersiapkan meliputi, 3 reaktor aerob dengan dimensi $p \times l \times t$ (52 x 26 x 30 cm), 1 bak penampung awal dengan kapasitas 60 L, 1 bak pengatur debit dengan kapasitas 60 L, 4 pompa submersible, 1 aerator, 9 batu aerator, kran cabang aerator, Selang bening aerator, Kran kompresor ukuran ¼ inch, Jar test, pH meter. Kemudian dilakukan penelitian pendahuluan untuk pengujian awal karakteristik dilakukan untuk limbah cair *soaking* kulit sapi. Melakukan proses primary -treatment limbah cair *soaking* kulit sapi yang akan digunakan, dengan menggunakan proses koagulasi-flokulasi dengan koagulan PAC. Proses koagulasi-flokulasi dilakukan dengan sistem batch. Penggunaan proses tersebut untuk menyisahkan padatan tersuspensi pada limbah cair *soaking* kulit sapi sebelum diproses pada reaktor biofiltrasi aerob.

2.2 Tahapan Penelitian Utama

Melakukan proses *seeding* untuk mengembangbiakkan bakteri atau mikroorganisme yang akan digunakan untuk mendegradasi parameter pencemar. Berikut adalah proses *seeding* yang dilakukan pada penelitian ini yaitu, menyiapkan reaktor aerob, kemudian mengalirkan air limbah secara *downflow* pada masing-masing reaktoraerob proses *seeding* berlangsung secara *batch*, lalu memberikan nutrisi setiap dua hari sekali dengan perbandingan C:N:P = 100:5:1, selanjutnya dilakukan pemantauan pertumbuhan *biofilm* dengan cara melihat dari pertumbuhan *biofilm*, proses *seeding* dikatakan selesai apabila sudah terlihat pertumbuhan *biofilm* pada media yang ditandai dengan lendirberwarna kecoklatan.

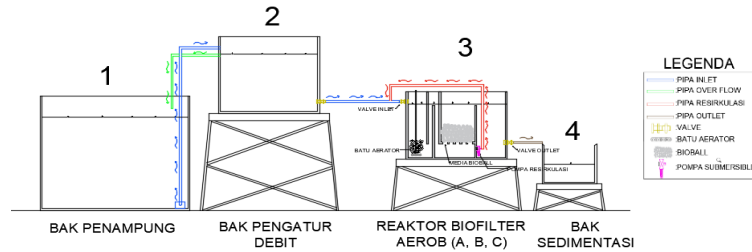
penyisihan nilai COD yaitu pada saat tidak melebihi 10% yang artinya mikroorganisme siap untuk dilakukan proses selanjutnya.

Selanjutnya adalah proses aklimatisasi dengan persentase perbandingan air Pengenceran (aquades) dan air limbah sebagai berikut :

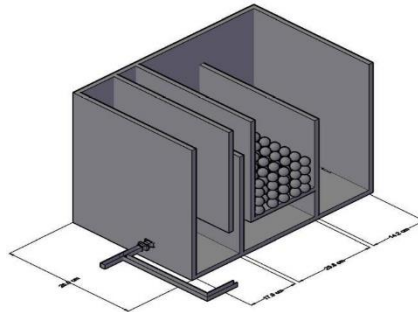
- Tahap 1 = 70% aquades dan 30% air limbah
- Tahap 2 = 50% aquades dan 50% air limbah
- Tahap 3 = 20% aquades dan 80% air limbah
- Tahap 4 = 100% air limbah

Pengenceran air limbah dilakukan pada influen (pada bak penampung awal) sebelum dialirkan ke dalam masing- masing reaktor. Melakukan pengecekan efisiensi penurunan senyawa organik pada setiap tahapan aklimatisasi. Selesaiannya proses aklimatisasi jika diperoleh efisiensi penurunan kadar senyawa organik pada kondisi stabil atau mencapai 90%.

Berikut rancangan reaktor yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan bahan dasar kaca berbentuk balok dengan volume pengolahan pada reaktor adalah 40 L. Media yang digunakan yaitu Bioball berbentuk golf dengan variasi porositas media 20%, 40% dan 60% dari volume reaktor total. Reaktor berjumlah 3 buah sesuai dengan variasi porositas media yang telah ditentukan.



Gambar 1. Reaktor Biofilter Aerob
 Sumber: Peneliti, 2022



Gambar 2. Potongan Reaktor Biofilter Aerob
 Sumber: Peneliti, 2022

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Limbah cair *Soaking Kulit Sapi*

Limbah cair *soaking* kulit sapi diambil dari bak penampung yang akan dibuang ke badan air. Berikut merupakan karakteristik limbah cair pencucian kulit di Jl. Tenggunung Wetan Surabaya. dapat dilihat pada tabel

Tabel 1. Karakteristik Limbah Soaking Kulit Sapi

Parameter	Hasil Analisis (Mg/L)	Baku mutu
COD	1111 mg/L	250 mg/L
NH ₃ -N	57,4 mg/L	0,5 mg/L
TSS	652 mg/L	60 mg/L

Sumber : (Pergub Jatim, No. 52 th. 2014)

3.2 Hasil Penelitian Pendahuluan

Pertama yang dilakukan dalam penelitian pendahuluan adalah melakukan *jartest*, untuk menentukan dosis optimum koagulan yang akan digunakan pada proses *primary-treatment*. Agar tidak terjadi kenaikan konsentrasi TSS Kembali karena penambahan koagulan secara berlebih sehingga menimbulkan endapan yang akan meningkatkan konsentrasi TSS. Berikut merupakan tabel hasil dari uji coba dosis optimum dengan menggunakan koagulan PAC.

Tabel 2. Dosis Koagulan

No.	Dosis Koagulan (ppm)	%Removal TSS
1	120	46%
2	150	56%
3	200	77%
4	250	36%
5	300	18%

Sumber : Analisa, 2022

Menurut Bambang Muerwanto 2018, *primary-treatment* ini tidak hanya berpengaruh dalam pengefisienan TSS tetapi menambahkan koagulan PAC juga bisa menyisihkan. Secara generik, sebelum dan sesudah pemberian pemberian PAC (Polylaluminium Chloride) dengan perbedaan dosis dan waktu pengadukan dapat terjadi penurunan kadar parameter air limbah (COD, TSS dan NH₃-N). Kadar COD minimal mencapai 0,86% (waktu pengadukan 10 menit) dan maksimal 3,36% waktu pengadukan 25 menit). Berikut tabel hasil analisa *primary-treatment* yang akan digunakan sebagai data primer penelitian utama.

Tabel 3. Hasil Analisa Primary Treatment

Parameter	Uji Awal (sebelum koflok)	Hasil Uji (mg/L) (Setelah koflok)	%Removal
COD	1111,7	1107,9	3.96%
NH ₃ -N (Total)	57,4	53,96	6%
TSS	652	150	77%

Sumber : Analisa, 2022

3.3 Hasil Penelitian Utama

Penelitian utama pada penelitian ini adalah aerobik biofilter. Parameter pencemar yang diamati antara lain COD, TSS dan NH₃-N. Adapun parameter pendukung yang diamati pada penelitian ini seperti TDS dan pH. Limbah cair yang digunakan pada penelitian utama adalah hasil dari olahan penelitian pendahuluan. Berikut merupakan hasil analisis dari proses aerobik biofilter dari proses secara batch.

Tabel 4. Hasil Penelitian Utama (sistem Batch)

HASIL PENELITIAN UTAMA BATCH															
% REMOVAL															
PARAME TER	WAKTU TINGGAL														
	REAKTOR A (20%)					REAKTOR B (40%)					REAKTOR C (60%)				
	12	24	36	48	60	12	24	36	48	60	12	24	36	48	60
COD	80	82	85	86	87	83	85	86	88	88	85	86	88	89	90
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
TSS	76	78	81	84	87	79	82	86	87	89	81	85	87	88	89
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
NH₃N	61	69	74	77	81	77	79	82	84	85	81	85	87	87	89
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Sumber : Analisa, 2022

Dilihat dari hasil analisis terbaik dari proses penelitian secara batch yaitu pada porositas 60% di reaktor dengan waktu sampling 15 jam. Hasil analisis terbaik dari proses secara batch tersebut dilanjutkan ke proses penelitian secara kontinu. Berikut merupakan tabel hasil dari proses secara kontinu.

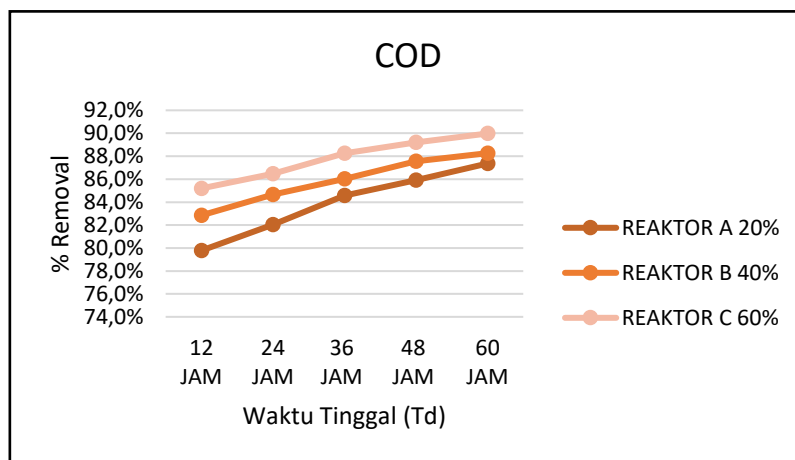
Tabel 5. Hasil Penelitian Utama (Kontinyu)

HASIL PENELITIAN KONTINU					
% REMOVAL					
PARAMETER	WAKTU SAMPLING				
	REAKTOR C (60%)				
	3	6	9	12	15
COD	86%	87%	88%	89%	90%
TSS	80%	82%	86%	88%	89%
NH ₃ N	85%	86%	87%	88%	89%

Sumber : Analisa, 2022

3.4 Hubungan Waktu Tinggal dan Porositas Media terhadap Penyisihan COD

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan suatu ukuran untuk mengetahui kebutuhan oksigen dalam mendegradasi bahan organik di dalam air secara kimia. Semakin banyak bahan organik semakin banyak kebutuhan oksigen yang dibutuhkan, sehingga dapat mempengaruhi kualitas air (Hafilda,2021). Pengaruh penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Limbah Cair *Soaking Kulit Sapi* menggunakan reaktor biofilter aerob bermedia plastik (*bioball*), dapat dilihat bahwa semakin lama waktu tinggal maka penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) mengalami persentase penurunan yang semakin meningkat. Penurunan kandungan parameter COD pada pengolahan air limbah domestik secara aerob dipengaruhi oleh waktu tinggal, volume air limbah yang diolah sebagai sumber mikroorganisme. Waktu tinggal diperlukan untuk mengolah air limbah agar sesuai standar baku mutu adalah 84 hari dan Efisiensi penyisihan 94%. (Desi dan Riska, 2009). Hal tersebut terjadi pada Reaktor C dengan presentase porositas media 60% yakni didapat hasil effluent COD sebesar 111 mg/L pada td waktu tinggal 60 jam dengan degradasi COD terlarut 89,98 %. Pada penelitian ini penyisihan COD berdasarkan jenis media dan waktu tinggal. Proses penelitian dilakukan secara *batch* dan grafik analisisnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

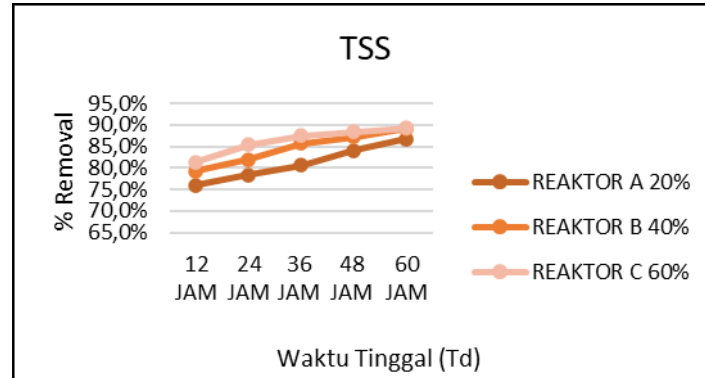


Gambar 1. Grafik Hubungan Waktu Sampling dan Porositas Media Terhadap Penyisihan COD

Sumber : Analisa 2022

Pengolahan dengan menggunakan variasi porositas media sebesar 20%, 40% dan 60% mampu meremoval COD hingga 79,78% dan tertinggi sebesar 89,98% , atau sebesar 111 mg/l.

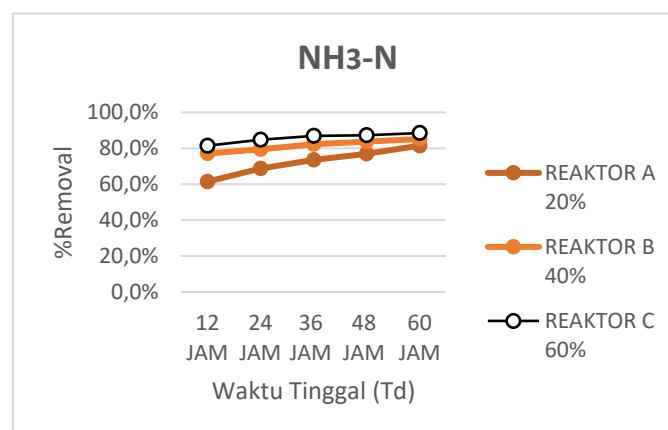
3.5 Hubungan Waktu Tinggal dan Porositas Media Terhadap Penyisihan TSS



Gambar 2. Hubungan waktu tinggal dan porositas media terhadap penyisihan TSS
Sumber : Analisa 2022

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa reaktor biofilter aerob dalam mengolah limbah soaking kulit sapi untuk mendegradasi parameter organik efektif, dapat dilihat dari persen removal pada waktu tinggal yang paling optimal dalam menyisihkan COD, TSS dan $\text{NH}_3\text{-N}$ adalah 60 jam. Semakin lama waktu detensi limbah cair dengan mikroorganisme maka proses degradasi bahan pencemar akan semakin besar. Hasil penelitian menunjukkan waktu sampling pada proses aerobik biofilter secara kontinu mampu mendegradasi kadar pencemar secara stabil. Penyisihan kadar pencemar secara stabil seiring bertambahnya waktu sampling menunjukkan proses aerobik biofilter telah bekerja dengan baik. Kemudian Efektifitas tertinggi pada waktu sampling ke 15 jam, pada reaktor C dengan porositas media 60%. hal ini disebabkan aktifitas zat organik yang didegradasi oleh mikroorganisme pada biofilm serta adanya sekat kompartemen untuk membantu pengendapan sehingga semakin lama waktu pengendapan semakin sedikit pula solid yang tersaring keluar.

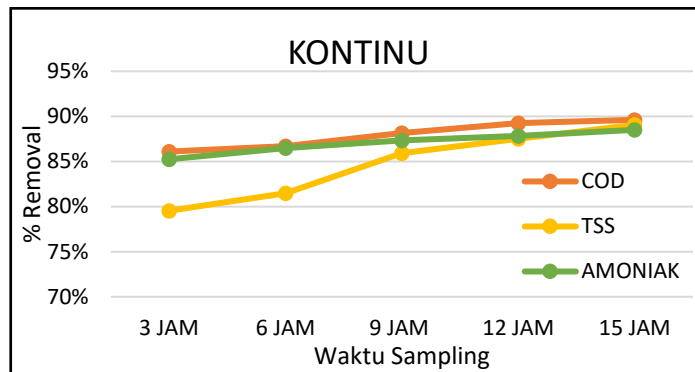
3.6 Hubungan Waktu Sampling dan Porositas Media Terhadap Penyisihan $\text{NH}_3\text{-N}$



Gambar 3. Hubungan waktu sampling dan porositas media terhadap penyisihan $\text{NH}_3\text{-N}$
Sumber : Analisa 2022

Pada penelitian ini, hasil analisa menunjukkan bahwa reaktor C dengan porositas media 60 % mampu secara efektif menurunkan kadar NH₃-N Pada saat waktu sampling td ke 15 jam sebesar 88,51%. Penyisihan COD cenderung semakin tinggi seiring dengan lamanya waktu kontak. Penyisihan COD terjadi karena mikroorganisme yang hidup didalam reaktor mengurai zat organik pada air limbah.

3.7 Biofiltrasi Aerob Sistem Kontinyu



Gambar 4. Hubungan waktu sampling dan porositas media terhadap penyisihan NH₃-N

Sumber : Analisa 2022

Karena proses penyisihan pencemar dari semua waktu sampling yang cenderung stabil, maka menunjukkan mikroorganisme dalam proses aerobik biofilter telah berjalan dengan baik.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa reaktor Biofilter Aerob dalam mengolah limbahsoaking kulit sapi untuk mendegradasi parameter organik efektif, dapat dilihat dari persen removal pada porositas media 60% mampu menurunkan COD sebesar 90%, TSS sebesar 89%, dan NH₃-N sebesar 89%. Dari ketiga parameter yang dianalisis NH₃-N lah yang belum memenuhi baku mutu *Pergub Jatim, No. 52 th. 2014*. Kemudian untuk kesimpulan dari variasi waktu tinggal selama 60 jam pada sistim batch menghasilkan persen removal yang paling optimum untuk kemudian dilanjutkan ke proses kontinyu, Waktu tinggal pada proses aerobik biofilter secara batch dapat mempengaruhi dalam penyisihan kadar pencemar limbah cair *soaking* kulit sapi. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu tinggal maka semakin lama waktu kontak mikroorganisme dengan air limbah yang diolah, sehingga mikroorganisme akan meremoval parameter pencemar lebih optimal dengan waktu tinggal yang semakin lama. Waktu tinggal yang paling optimal dalam menyisihkan COD, TSS dan NH₃-N adalah 60 jam, dengan penyisihan COD sebesar 89,98%, TSS sebesar 86% dan 88,51%. Semakin lama waktu detensi limbah cair dengan mikroorganisme maka proses degradasi bahan pencemar semakin besar. Hasil penelitian ini dapat menunjukkan waktu sampling pada proses aerobik biofilter secara kontinyu sehingga mampu mendegradasi kadar pencemar secara stabil. Penyisihan kadar pencemar secara stabil karena seiring bertambahnya waktu sampling menunjukkan proses aerobik biofilter telah bekerja dengan baik.

REFERENCES

- Aisyah Rahmatus, S., & Yayok Suryo, P. (2016), "Penurunan BOD5 dan Fenol Limbah Kawasan Industri Dengan Ketebalan Media Tricking Filter Bervariasi", *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 8, No. 2, hal. 118-125.

- Cahyadi, U., & Rosidin, M. R. (2021). Rancangan Perbaikan Prosedur Pengelolaan Limbah Kulit di Sukaregang Kab. Garut. *Jurnal Kalibrasi*, 18(2), 42–48. <https://doi.org/10.33364/kalibrasi/v.18-2.730>
- Dzikra, S., & Suryo, Y. (2021). Dengan Metode Biofilter Aerob-Anaerob Dan Anaerob-Aerob. *Jurnal Envirous*, 1(2), 67–76.
- Jaya, Wing Maulana. 2019. “Pengolahan Limbah Domestik dengan *Anaerobic Biofilter*”. Skripsi UPN “Veteran” Jawa Timur
- Kawamura, S. 1992. *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*. John Wiley & Sons. Canada
- Latifah, E. J. (2018), *Kemampuan Media Bioball Terhadap Penurunan NH₃- N Menggunakan Reaktor Anaerob Pada Limbah Cair RPH*, Skripsi, UniversitasPembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya
- Metcalf, & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering Treatment Resource Recovery* (5th editio). Mc Graw Hill.
- Prahutama, P., & Purnomo, Y. S. (2018). Pengolahan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Dengan Adsorpsi Abu Terbang Bagas. *Jurnal Envirotek*, 10(1), 5–10. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v10i1.1152>
- Priatni, A., Murti, R. S., Pahlawan, I. F., Sudarto, S., & Pertiwi, Y. K. (2021). Penggunaan Garam Berkualitas untuk Peningkatan Mutu Kulit Wetblue Kambing dan Sapi. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 15(2), 362. <https://doi.org/10.26578/jrti.v15i2.7340>
- Rahayu, D. (2019). “*Penurunan Kadar COD, TSS, dan NH₃-N pada Air Limbah Rumah Potong Hewan dengan Proses Biofilter Anaerob-aerob Menggunakan Media Bioball*”. Skripsi. UPN “Veteran” Jatim.
- Ramadhanti, Z. L., & Purnomo, Y. S. (2020). Limbah Rumah Potong Hewan Dengan Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbf). *Jurnal Seminar Nasional (ESEC)*, 5(2), 96–101.
- Ratnawati, R., & Kholif, M. Al. (2018).“*Aplikasi Media Batu Apung Pada Biofilter Anaerobik Untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Ayam*”.*Jurnal Sains &Teknologi Lingkungan*, 10(1), 1–14.
- Rosariawari, F., Wahjudijanto, I., & Rachmanto, T. A. (2016), “Peningkatan Efektifitas Aerasi dengan Menggunakan Micro Bubble Generator (MBG)”, *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 8, No. 2, hal. 88-97.
- Sulianto, A. A., Putri, H., Latriyanto, A., & Aulia, I. (2020). Efktivitas Pengolahan Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Kadar BOD, COD, DO Dengan Metode Deep Aeration. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 1(1), 1–11. <https://core.ac.uk/download/pdf/329069261.pdf>
- Yuniyarti, S., & Isbandi, T. (2018). Degaradtion chromium waste and recycling for chemical process using coagulant tannery quicklime. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 18(1), 10–25.