

Pengaruh Beban Hidrolik pada Biofilter Anaerobik untuk Mengolah Air Limbah Rumah Potong Ayam dengan Menggunakan Persamaan Eckenfelder

Muhammad Al Kholif dan Sugito

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya; e-mail: alkholif87@unipasby.ac.id

ABSTRAK

Industri Rumah Potong Ayam (RPA) bergerak dalam fungsi pemotongan ayam hidup dan mengolah menjadi karkas yang siap konsumsi. Industri RPA menghasilkan limbah baik dalam proses itu sendiri serta dalam mencuci peralatan dan fasilitas, hal ini ditandai dengan tingginya konsentrasi zat organik dan padatan tersuspensi. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh beban hidrolik pada biofilter anaerobik dengan menggunakan persamaan Eckenfelder berdasarkan variasi konsentrasi air limbah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan dalam skala laboratorium. Variasi beban hidrolik yang digunakan yaitu 0,0015 m³/m².hari, 0,0022 m³/m².hari, dan 0,0035 m³/m².hari. Media yang digunakan sebagai tempat tumbuh dan berkembangbiaknya mikroorganisme adalah media bio ball dan media koral. Penerapan teknologi pengolahan air limbah dengan sistem anaerobik memiliki keunggulan tersendiri bila dibandingkan dengan pengolahan air limbah secara aerobik. Penggunaan nilai konstanta 0,5 diperoleh nilai tertinggi sebesar 1,90 yang terjadi pada reaktor 3 (R3) pada media bio ball dan 0,99 pada media koral. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan persamaan Eckenfelder pada sistem anaerobik lebih baik dari sistem aerobik. Biofilter anaerobik memberikan efisiensi yang sama pada beban hidrolik yang rendah yaitu sebesar 0,0015 m³/m².hari. Rata-rata efisiensi penyisihan beban pencemaran BOD₅ dan COD mencapai 96 % pada reaktor 1 (R1).

Kata kunci: Air Limbah RPA, Beban Hidrolik, Biofilter Anaerobik, Persamaan Eckenfelder

ABSTRACT

The chicken slaughterhouse industry is engaged in the function of cutting live chickens and processing them into carcasses that are ready for consumption. The chicken slaughterhouse industry generates waste both in the process itself and in washing equipment and facilities, this is characterized by high concentrations of organic matter and suspended solids. The objective of this study is to examine the effect of hydraulic loads on anaerobic biofilter using the Eckenfelder equation based on variations in wastewater concentration. The method used in this study is an experimental method conducted on a laboratory scale. The hydraulic load is used namely 0,0015 m³/m².day, 0,0022 m³/m².day, and 0,0035 m³/m².day. Media that is used as a growth and cultivation of microorganisms is bio ball media and coral media. The application of wastewater treatment technology with the anaerobic system has its advantages when compared to aerobic wastewater treatment. The use of a constant value of 0.5 obtained the highest value of 1.90 which occurred in reactor 3 (R3) on bio-ball media and 0.99 on coral media. This shows that the application of the Eckenfelder equation to anaerobic systems is better than aerobic systems. Anaerobic biofilter provides the same efficiency at low hydraulic loads in the amount of 0.0015 m³/m².day. The average removal efficiency of BOD₅ and COD pollution load reaches 96% in reactor 1 (R1).

Keywords: Anaerobic Biofilter, Hydraulic Load, Chicken Slaughterhouse Wastewater, Eckenfelder equation

Citation: Al Kholif, M., dan Sugito. (2020). Pengaruh Beban Hidrolik pada Biofilter Anaerobik untuk Mengolah Air Limbah Rumah Potong Ayam dengan Menggunakan Persamaan Eckenfelder. Jurnal Ilmu Lingkungan, 18(3), 446-454, doi:10.14710/jil.18.3.446-454

1. Pendahuluan

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh industri peternakan unggas secara terpusat telah menarik perhatian luas selama beberapa dekade. Menurut data statistik 2008, sekitar 2,01 miliar ton (berat basah) pupuk kandang ternak dan unggas telah diproduksi di Cina setiap tahun, dimana 1,12 miliar ton berasal dari peternakan skala besar. Ada dua proses utama yang digunakan untuk pembuangan

kotoran: pengolahan secara alami dan pengolahan industri. Pengolahan secara alami, seperti aplikasi tanah langsung, kolam stabilisasi biologi dan wetland (Knight et al., 2000). Oleh karena itu, pengolahan direkayasa untuk menawarkan keuntungan terutama pada lahan yang terbatas. Dari perspektif ini, teknik fermentasi anaerob dianggap menjanjikan pengolahan rekayasa untuk mencapai tujuan ganda dalam pengurangan limbah dan produksi energi

terbarukan (Liu et al., 2012). Berbagai polutan, seperti logam, obat-obatan, dan senyawa lain ditambahkan ke pakan ternak untuk tujuan gizi dan farmasi, hal ini dapat terakumulasi dalam air limbah unggas (Salminen & Rintala, 2002).

Dalam prosesnya industri rumah potong ayam (RPA) membutuhkan air dalam jumlah yang besar dan hal ini dapat menghasilkan air limbah dalam jumlah yang besar (Kist et al., 2009). Pemotongan hewan unggas menghasilkan air limbah dalam jumlah yang besar. Air limbah ini mengandung bahan organik biodegradable dalam jumlah yang tinggi dan materi koloid seperti lemak, protein dan selulosa (Caixeta et al., 2002; Massé & Masse, 2001; Núñez & Martínez, 1999). Adanya peraturan, meningkatnya biaya perawatan, dan kesadaran lingkungan, serta pengolahan air limbah sudah dijadikan sebagai perhatian utama bukan hanya dalam pengolahan unggas tetapi di industri daging pada umumnya (Koby et al., 2006).

Metode aerobik dan anaerobik secara tradisional digunakan untuk pengolahan air limbah rumah potong unggas. Proses pengolahan secara aerobik membutuhkan konsumsi energi yang tinggi untuk aerasi dan dibatasi produksi lumpur yang tinggi. Pengolahan secara anaerobik pada air limbah rumah potong unggas sering diperlambat atau terganggu akibat akumulasi padatan tersuspensi dan lemak terapung di reaktor, yang menyebabkan adanya penurunan aktivitas metanogen dan biomassa (Massé & Masse, 2001). Limbah cair industri Rumah Potong Ayam (RPA) merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Industri RPA bergerak dalam fungsi pemotongan ayam hidup dan mengolah menjadi karkas yang siap konsumsi (Singgih & Kariana, 2008). Industri RPA menghasilkan limbah baik dalam proses itu sendiri serta dalam mencuci peralatan dan fasilitas, hal ini ditandai dengan tingginya konsentrasi zat organik dan padatan tersuspensi (Amorim et al., 2007).

Pembuangan air limbah rumah potong ayam merupakan masalah penting bagi banyak negara di dunia, termasuk Indonesia. Karena permintaan pasar yang terus meningkat, pengolahan limbah semakin berkembang dan juga menghasilkan sebagian besar polutan dalam ekosistem (Choksuchart Sridang et al., 2006). Proses kimia, dilakukan ketika air limbah menghasilkan kontaminasi lumpur yang tinggi dan senyawa kompleks. Proses lumpur aktif adalah metode yang paling umum dari pengolahan secara biologis. Peraturan yang ketat dalam pembuangan limbah, mengakibatkan pengolahan lumpur aktif secara konvensional tidak mampu mengeluarkan polutan dari air limbah dalam batas yang diinginkan (Aziz dkk., 2011).

Proses biologis melibatkan penghapusan padatan koloid yang tidak stabil, senyawa organik beracun dan mengurangi konsentrasi senyawa anorganik. Oleh karena itu, proses tersebut merupakan salah satu bagian yang paling penting dari sistem pengolahan air

limbah rumah potong hewan (Rosso et al., 2011). Pertumbuhan terlekat, memiliki dampak yang signifikan terhadap stabilitas proses pengolahan limbah. Oleh karena itu, telah diuji dengan berbagai bahan yang berbeda untuk memilih bahan yang terbaik. Namun, membutuhkan mekanisme biofilm yang baik untuk proses pengolahan air limbah. Pertumbuhan bakteri dalam sistem biofilm memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan sistem konvensional. Keuntungannya seperti waktu retensi lumpur, pencegahan biomassa dari sistem pengolahan, dan stabilitas proses yang lebih baik dalam hal menahan beban pencemaran atau efek penghambatan dalam jangka waktu yang pendek (Sudarno dkk, 2010).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh beban hidrolik pada biofilter anaerobik dengan menggunakan persamaan Eckenfelder berdasarkan variasi konsentrasi air limbah. Penerapan persamaan Eckenfelder pada biofilter anaerobik dengan angka konstanta yang rendah memberikan nilai efisiensi yang besar. Pengolahan air limbah RPA dilakukan secara biofilter anaerobik. Pemilihan teknologi pengolahan secara biofilter anaerobik dilakukan karena pada pengolahan dengan sistem ini mampu mengolah air limbah pada beban yang lebih tinggi. Hasil yang akan diperoleh merupakan data penurunan beban pencemaran pada air limbah RPA yang diolah secara biofilter anaerobik kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan Eckenfelder untuk mengetahui seberapa besar pengaruh persamaan Eckenfelder terhadap penurunan beban pencemaran yang diakibatkan dari aktivitas industri RPA. Parameter air limbah yang akan diolah secara biofilter anaerobik yaitu BOD dan COD. Persamaan Eckenfelder umumnya digunakan pada proses pengolahan air limbah dengan sistem Rotating Biological Contactor (RBC). Pada nilai konstanta yang 0.05 hanya memberikan efisiensi sebesar 60% (Nurkholis dkk., 2016). Pada penelitian yang dilakukan memiliki keunggulan bahwa dengan nilai konstanta yang lebih rendah mampu menyisihkan kadar pencemar BOD5 hingga 96%.

2. Bahan dan Metode

2.1. Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium (skala laboratorium). Sampel limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah RPA yang diambil langsung dari industri RPA. Air limbah diambil ketika industri melakukan aktivitas pemotongan ayam. Setelah diambil, air limbah kemudian dibawa ke laboratorium dengan menggunakan wadah plastik (jirigen) berkapasitas 20 liter untuk dilakukan pengolahan secara biofilter anaerobik.

Pembenihan (seeding) dilakukan untuk menumbuhkan mikroorganisme sehingga terbentuk

lapisan biofilm pada media sebelum biofilter dioperasikan. Proses pembenihan mikroorganisme dilakukan secara langsung di dalam reaktor biofilter anaerobik. Hasil pembenihan diamati setiap hari untuk melihat perubahan pertumbuhan mikroorganisme yang menempel pada media. Apabila pada media terbentuk lapisan lendir yang berwarna hitam serta tidak mudah terlepas dari media, maka dapat dipastikan bahwa telah tumbuh mikroorganisme pada media. Lamanya proses pembenihan tergantung dari sampel limbah dan kondisi selama penelitian. Sampai mikroorganisme tumbuh diperlukan waktu selama kurang lebih sepuluh hari (Al Kholif, 2013). Hal tersebut dilakukan untuk didapatkan hasil sampai terjadi steady state pada kondisi air limbah. Proses Aklimatisasi dilakukan bersama-sama dengan proses seeding dalam reaktor biofilter anaerob. Aklimatisasi diukur keberhasilannya setelah tercapai kondisi steady state, kondisi ini diketahui dengan melakukan pemeriksaan harian angka permanganat (PV) pada effluen sehingga diperoleh angka yang konstan yaitu apabila tercapai fluktuasi pengolahan kurang dari 10% (Sterling et al., 2001; Vartak et al., 1997). Setelah proses seeding dan

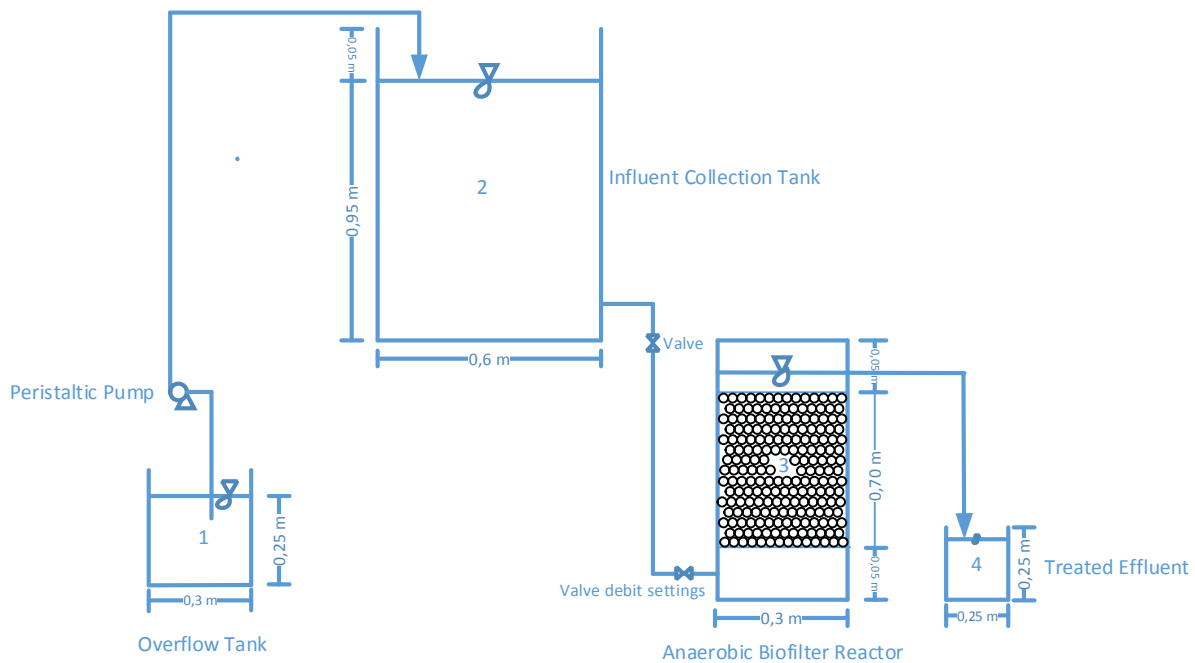
aklimatisasi sudah mencapai pada kondisi stady state kemudian dilakukan pengukuran parameter dari effluen secara berkala.

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) pada pemotongan unggas yang menerapkan sistem layar putar dan tangki ekualisasi statis umumnya dilakukan untuk menghilangkan bulu, isi perut dan padatan tersuspensi. Sistem kimia-DAF (dissolved-air flotation) umumnya digunakan untuk menghilangkan partikel tersuspensi dan lemak, sedangkan reaktor upflow anaerob sludge blanket (UASB) umumnya untuk menghilangkan bahan organik (De Nardi et al., 2011). Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan rangkaian unit pengolahan biofilter anaerobik tercelup aliran upflow yang dirancang dalam skala laboratorium (gambar 1). Reaktor biofilter anaerobik terbuat dari akrilik dengan ketebalan 5 mm yang terdiri dari 3 reaktor dengan ukuran yang berbeda-beda. Debit aliran yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,045 m³/hari. Ukuran lengkap reaktor seperti yang tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Reaktor yang Digunakan dalam Penelitian

Reaktor	Debit (m ³ /hari)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi media (m)	
				Koral	Bio ball
I	0,045	0,30	0,30	0,55	0,40
II	0,045	0,25	0,25	0,55	0,40
III	0,045	0,20	0,20	0,55	0,40



Gambar. 1. Diagram skematis dari eksperimental: (1) Tangki limpahan; (2) Tangki influen; (3) Reaktor Biofilter Anaerob; (4) Air Limbah yang Diolah

Media yang digunakan sebagai tempat tumbuh dan berkembangbiaknya mikroorganisme dalam penelitian ini adalah media bio ball dan media koral berdiameter ± 3 cm. Adanya perbedaan tinggi dari

masing-masing media karena untuk mendapatkan nilai yang sama pada beban organik.

Unit eksperimental ditunjukkan pada Gambar. 1. Air limbah rumah potong ayam (RPA) pertama kali dikumpulkan dalam bak limpahan dengan

kapasitas 120 liter. Wadah luapan ini berfungsi sebagai wadah air limbah RPA sementara. Dari bak penyimpanan limpahan, selanjutnya dipompa ke tangki influen yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi untuk menghentikan aliran air limbah ke reaktor pengolahan jika terjadi kebocoran reaktor. Tangki influen yang digunakan berkapasitas 300 liter sehingga kebutuhan air limbah dapat terpenuhi. Untuk mengalirkan limbah RPA ke dalam reaktor pengolahan dilakukan dengan sistem gravitasi yang dilengkapi dengan katup. Katup ini berfungsi sebagai sarana mengatur aliran limbah sehingga aliran air limbah yang masuk ke reaktor konstan, dengan mempertahankan ketinggian air di regulator pembuangan. Debit yang direncanakan dalam penelitian ini adalah 0,045 m³ / hari.

2.3. Metode Analisis

Parameter air limbah RPA yang akan dianalisis adalah kandungan BOD dan COD. Prosedur analisis oksigen terlarut (OT) pada BOD dan COD menggunakan metode *Winkler*. Hasil pengamatan akan dianalisis berdasarkan persamaan Eckenfelder untuk melihat perubahan penurunan kandungan BOD dan COD pada air limbah RPA sesuai dengan

konsentrasi air limbah. Variasi Konsentrasi air limbah RPA yang digunakan dalam penelitian adalah berdasarkan kondisi sampel air limbah pada saat penelitian. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui beban hidrolis adalah

$$(Ql) = \frac{(Q)}{(As)} \tag{1}$$

dimana:

Ql = Beban Hidrolik (m³/m².hari)

Q = Debit (m³/hari)

As = Luas Permukaan (m²)

Sedangkan persamaan dasar yang dikembangkan Eckenfelder untuk megolah air limbah domestik adalah

$$\frac{Se}{So} = \frac{1}{1+5,358 \left(\frac{H^{0,67}}{Q^{0,5}}\right)} \tag{2}$$

dimana:

Se = Konsentrasi BOD5 pada effluent (mg/L)

So = Konsentrasi BOD5 pada influent (mg/L)

H = Kedalaman media filter (m)

Ql = Beban Hidrolik (m³/m².hari)

Dengan menggunakan persamaan pada beban hidrolis, maka diperoleh nilai beban hidrolis dari masing-masing reaktor seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Beban Hidrolik pada Media Bioball dan Media Korall

Reaktor	Debit (m ³ /hari)	Luas Permukaan (m ²)		Beban Hidrolik (m ³ /m ² .hari)
		Korall	Bioball	
I	0,045	28,26	28,26	0,0015
II	0,045	19,62	19,62	0,0022
III	0,045	12,56	12,56	0.0035

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai beban hidrolis pada reaktor 1 adalah 0,0015 m³/m².hari, reaktor 2 adalah 0,0022 m³/m².hari, dan reaktor 3 nilainya adalah 0,0035 m³/m².hari. Sebelum diolah di laboratorium dengan sistem biofilter anaerob, air limbah RPA terlebih dahulu dianalisis di laboratorium untuk diketahui kandungan beban pencemarnya. Hal ini dilakukan agar dengan mudah menentukan

konsentrasi organik limbah yang akan dijadikan sebagai acuan dalam proses pengolahan. Ke tiga beban hidrolis tersebut akan dijadikan sebagai variable utama dalam penelitian selain penggunaan jenis media dan ukuran reaktor pengolahan. Penjelasan secara lengkap tentang karakteristik air limbah RPA sebelum diolah tersaji pada tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Air Limbah RPA Sebelum Pengolahan

Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah *)	Hasil Analisa
BOD	mg/L O ₂	125	1.648
COD	mg/L O ₂	250	2.573
TSS	mg/L	100	1.130
Amonia Total	mg/L NH ₃ -N	25	141,28
Minyak & Lemak	mg/L	25	180
pH	-	6 - 9	7

*) (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013), Untuk limbah cair Rumah Potong Hewan

3. Hasil dan Pembahasan

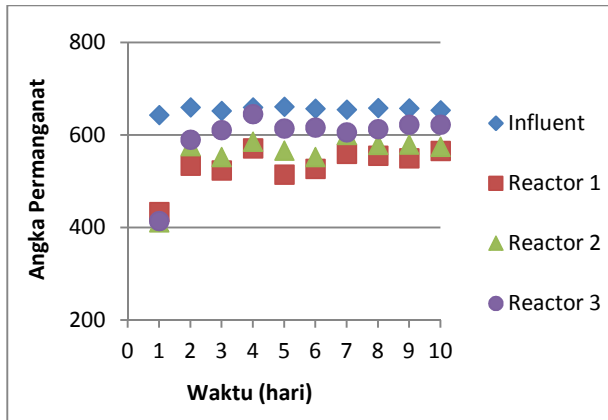
Pengolahan air limbah RPA dilakukan dengan menggunakan sistem biofilter anaerobik tercelup aliran upflow yang dirancang dalam skala laboratorium. Jumlah dan karakteristik air limbah RPA ini sangat bervariasi tergantung pada proses industri dan air yang digunakan untuk setiap kegiatan penyembelihan (De Nardi et al., 2011). Selama proses degradasi di dalam air, ammonia (NH₃) dan asam sulfat (H₂S) yang diproduksi di atas baku mutu air maksimum. Kedua gas tersebut menyebabkan bau

busuk, selain itu adanya penggunaan oksigen terlarut yang berlebihan juga dapat mengakibatkan kurangnya oksigen untuk biota perairan. Amonia terbentuk selama proses pencernaan anaerobik protein dan dari asam rantai panjang lemak yang terbentuk dalam pencernaan lipid (Bayr et al., 2012; Cuetos et al., 2008; Salminen & Rintala, 2002).

3.1. Proses Seeding dan Aklimatisasi

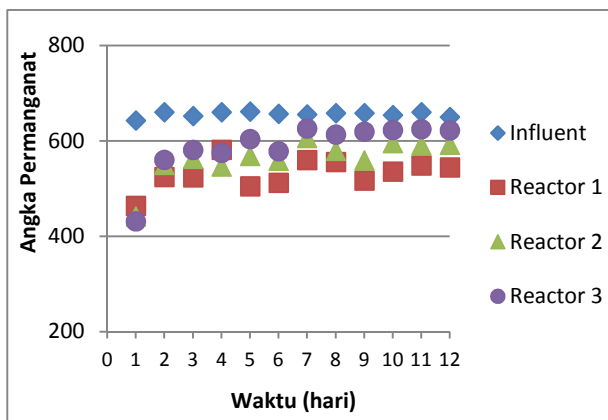
Proses *seeding* dan aklimatisasi dalam penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya. Menurut (Al

Kholif, 2013) proses seeding dan aklimatisasi air limbah RPA terjadi selama 10 hari untuk media koral dan 12 hari pada media bio ball sampai mencapai kondisi stady state. Hasil analisis angka permanganat pada reaktor berisi media koral dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil Analisis angka permanganat pada Media Koral

Penurunan nilai kandungan COD pada influen dan effluen tidak terlalu besar. Hal ini menandakan bahwa mikroorganisme yang tumbuh dan berkembangbiak pada sebuah media filter belum sepenuhnya tumbuh pada media yang digunakan, sehingga proses oksidasi belum terjadi secara maksimal (Al Kholif, 2013). Sedangkan hasil analisis angka permanganate pada reaktor berisi media bio ball dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil Analisis angka permanganat pada Media Bioball

Pada media bio ball proses dari mikroorganisme untuk mencapai kondisi stady state berlangsung lebih lama yaitu berlangsung selama 12 hari. Nilai kandungan COD pada influen relatif tidak stabil atau fluktuasi karena konsentrasi bahan organik terlarut pada air limbah RPA dipengaruhi oleh karakteristik dan banyaknya jumlah air yang digunakan dalam melakukan pencucian ayam pada hari itu (Al Kholif, 2013).

3.2. Penerapan Persamaan Eckenfelder pada Beban Hidrolik 0,0015 m³/m².hari; 0,0022 m³/m².hari dan 0,0035 m³/m².hari.

Air limbah setelah mengalami pengolahan primer seperti proses fisik dan kimia selanjutnya dapat diolah melalui proses pengolahan sekunder. Senyawa organik terlarut biodegradable terdegradasi melalui proses biologis aerobik/anaerobik. Seringkali, proses lumpur aktif ini dikenal dengan pengolahan biologis (Ebrahimi & Najafpour, 2016). Mikroorganisme (bakteri dan protozoa) yang menguntungkan akan memakan zat kontaminan dan populasi mereka akan meningkat (menghasilkan biomassa). Dalam proses oksidasi aerobik umumnya membutuhkan oksigen. Dalam anaerobik bahan organik yang dicerna tanpa kehadiran oksigen. Bahkan lumpur yang terbentuk dicerna sementara oleh senyawa organik dihidrolisis dan asam lemak yang mudah menguap. Dengan demikian maka akan terbentuk asam metanogen yang mensintesis metana dan karbon dioksida (Bakhshi *et al.*, 2011).

Penerapan persamaan Eckenfelder dengan nilai konstanta 5,358 diperoleh efisiensi 80% pada biofilter aerobik bermedia pecahan koral. Secara lengkap Penerapan persamaan Eckenfelder pada media bio ball dan koral berlangsung pada kondisi beban hidrolik 0,0015 m³/m².hari; 0,0022 m³/m².hari dan 0,0035 m³/m².hari untuk menurunkan kandungan BOD maupun COD. Secara lengkap hasil perhitungan persamaan Eckenfelder pada penurunan kadar BOD ditunjukkan pada tabel 4 dan tabel 5.

Penerapan teknologi pengolahan air limbah dengan sistem anaerobik memiliki keunggulan tersendiri bila dibandingkan dengan pengolahan air limbah secara aerobik. Dalam proses pengolahan secara aerob produksi lumpur yang dihasilkan yaitu sebesar 0,5 kg VSS/ kg COD dengan konsentrasi nitrogen sebesar 8-12% dan fosfor sebesar 1,5-2,5%. Sedangkan pada pengolahan secara anaerob lumpur yang dihasilkan jauh lebih sedikit yaitu sebesar 0,1 kg VSS/kg COD. Dengan adanya hasil tersebut sehingga pengolahan dengan sistem aerob dan anaerob dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam pengolahan air limbah. Pemilihan teknologi pengolahan tergantung dari karakteristik air limbah yang akan diolah. Bahkan, untuk karakteristik limbah tertentu diperlukan kombinasi dari kedua proses tersebut. Pada table 4 dengan nilai konstanta 0,5 diperoleh nilai tertinggi sebesar 1,90 yang terjadi pada reaktor 3. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan persamaan Eckenfelder pada sistem anaerobik lebih baik dari sistem aerobik. Pada semua pengolahan dengan sistem aerobik hanya dengan nilai konstanta yang sama yaitu 0.5 mendapatkan nilai tertinggi sebesar 1.52 (Eckenfelder *et al.*, 1970).

Tabel 4. Penerapan persamaan Eckenfelder pada media Bioball (parameter BOD₅)

Hari	H (m)	Reaktor Media Bioball											
		So BOD ₅ (mg/L)			Se BOD ₅ (mg/L)			Se/So BOD ₅ (mg/L)			k=(1/Se/So-1)/(H ^{0.67} /Qi ^{0.5})		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	0.4	132	132	132	73.50	78.40	63.70	0.556818	0.593939	0.482576	0.056955	0.059249	0.117202
2	0.4	211	211	211	83.30	88.20	98.90	0.394787	0.418009	0.464455	0.109701	0.120659	0.126039
3	0.4	162	162	162	44.10	51.45	49.00	0.272222	0.317593	0.302469	0.191311	0.186211	0.252079
4	0.4	172	172	172	44.10	51.45	53.90	0.256395	0.299128	0.313372	0.207538	0.203055	0.239505
5	0.4	211	211	211	51.45	58.80	58.80	0.243839	0.278673	0.278673	0.221910	0.224320	0.282938
6	0.4	260	260	260	34.30	34.30	44.10	0.131923	0.131923	0.169615	0.470872	0.570254	0.535141
7	0.4	294	294	294	53.90	58.80	63.70	0.183333	0.200000	0.216667	0.318764	0.346650	0.395192
8	0.4	221	221	221	19.60	19.60	24.50	0.088688	0.088688	0.110860	0.735307	0.890501	0.876699
9	0.4	260	260	260	19.60	24.50	27.93	0.075385	0.094231	0.107423	0.877695	0.833021	0.908243
10	0.4	181	181	181	7.350	14.70	9.80	0.040608	0.081215	0.054144	1.690647	0.980406	1.909552

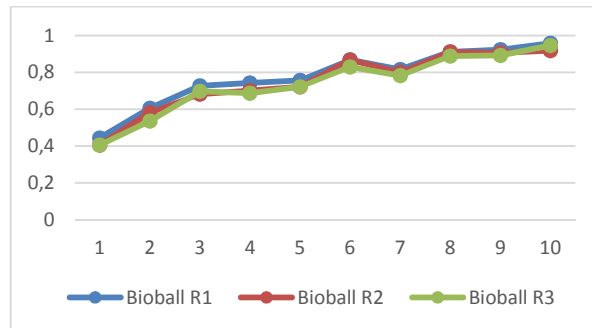
Tabel 5. Penerapan persamaan Eckenfelder pada media koral (parameter BOD₅)

Hari	H (m)	Reaktor Media Koral											
		So BOD ₅ (mg/L)			Se BOD ₅ (mg/L)			Se/So BOD ₅ (mg/L)			k=(1/Se/So-1)/(H ^{0.67} /Qi ^{0.5})		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	0.55	132	132	132	86.24	71.05	78.40	0.653333	0.538258	0.593939	0.030675	0.060059	0.060373
2	0.55	211	211	211	98.00	98.00	112.70	0.464455	0.464455	0.534123	0.066658	0.080727	0.077023
3	0.55	162	162	162	58.80	53.90	73.50	0.362963	0.332716	0.453704	0.101462	0.140412	0.106328
4	0.55	172	172	172	53.90	58.80	58.80	0.313372	0.341860	0.341860	0.126667	0.134784	0.170004
5	0.55	211	211	211	53.90	58.80	53.90	0.255450	0.278673	0.255450	0.168496	0.181220	0.257382
6	0.55	260	260	260	49.00	51.45	49.00	0.188462	0.197885	0.188462	0.248937	0.283787	0.380257
7	0.55	294	294	294	53.90	56.35	53.90	0.183333	0.191667	0.183333	0.257517	0.295265	0.393364
8	0.55	221	221	221	24.50	36.75	42.14	0.110860	0.166290	0.190679	0.463659	0.351009	0.374809
9	0.55	260	260	260	24.50	24.50	34.30	0.094231	0.094231	0.131923	0.555683	0.672966	0.581070
10	0.55	181	181	181	14.70	14.70	14.70	0.081215	0.081215	0.081215	0.654000	0.792033	0.999001

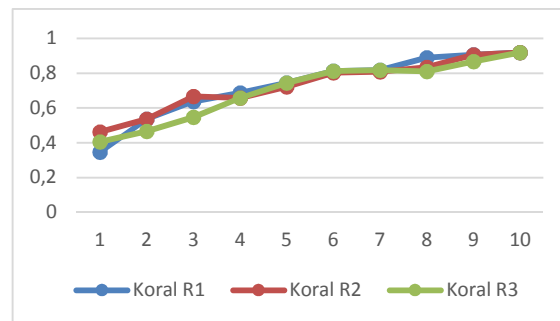
Komposisi utama air limbah dengan konsentrasi tinggi mengandung polutan organik seperti BOD, dan COD serta sebagian besar darah dan sisa limbah yang mudah terurai (Wang & Yuan, 2005). Jika air limbah tersebut tidak diprakerjakan secara tepat, maka akan berpotensi mencemari banyak sumber alam seperti tanah, air permukaan dan air tanah. Pengolahan air limbah rumah pemotongan menggunakan kombinasi pengolahan lumpur aktif dan *biofing*er mampu menghilangkan kandungan BOD dan COD yang lebih besar. Pada pengolahan ini mampu menyisihkan kandungan BOD sebesar 99,1% dan COD sebesar 97,5% (Baker, 2016). Pada media koral dengan nilai konstanta yang sama diperoleh nilai tertinggi sebesar 0,99 pada reaktor 3. Nilai efisiensi penyisihan kadar BOD₅ untuk media bioball dan koral disajikan pada gambar 4 dan 5.

Puncak penyisihan beban pencemar rata-rata terjadi pada hari ke 10 (tabel 4 dan tabel 5). Secara keseluruhan efisiensi penyisihan beban pencemar BOD₅ untuk ke 3 reaktor baik media bio ball atau media koral rata-rata lebih dari 90%. Efisiensi penyisihan tertinggi terjadi pada reaktor 1 (R1) media bio ball yang mencapai 96% (gambar 4 dan 5) sedangkan pada media koral efisiensi tertinggi mencapai 91% untuk ke-3 reaktor. Tingginya nilai efisiensi pada media bioball disebabkan oleh permukaan media biobal yang beruas-ruas sehingga memungkinkan mikroorganisme pengurai banyak melekat pada permukaan media. Secara keseluruhan penyisihan beban pencemar seperti BOD₅ pada air limbah RPA lebih dari 90% setelah diolah dengan menggunakan sistem biofilter anaerobik tercelup.

Penyisihan terbesar terjadi pada semua parameter dari beban pencemaran yang dianalisis dengan konsentrasi BOD influen yang paling rendah yaitu sebesar 380 mg/L (Sugito, dkk. 2016). Secara lengkap hasil perhitungan persamaan Eckenfelder pada penurunan kadar COD ditunjukkan pada tabel 6 dan tabel 7.



Gambar 4. Efisiensi Penyisihan BOD₅ pada Reaktor media bioball



Gambar 5. Efisiensi Penyisihan BOD₅ pada Reaktor media Koral

Tabel 6. Penerapan persamaan Eckenfelder pada media Bio ball (parameter COD)

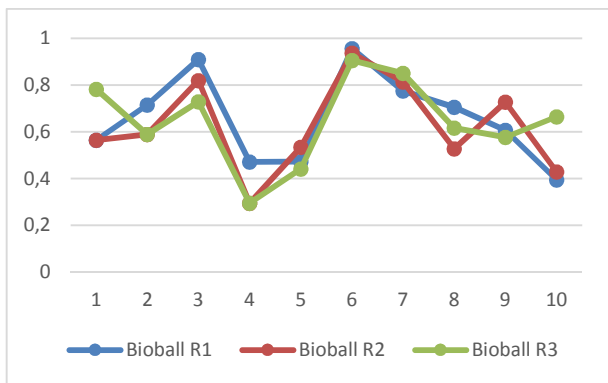
Reaktor Media Bio ball													
Hari	H (m)	So COD (mg/L)			Se COD (mg/L)			Se/So COD (mg/L)			k=(1/Se/So-1)/(H^0.67/Qi^0.5)		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	0.4	2573	2573	2573	1120	1120	560	0.435290	0.435290	0.217645	0.092835	0.112429	0.392925
2	0.4	2531	2531	2531	720	1040	1040	0.284473	0.410905	0.410905	0.179991	0.124244	0.156711
3	0.4	2655	2655	2655	240	480	720	0.090395	0.180791	0.271186	0.720064	0.392689	0.293767
4	0.4	2269	2269	2269	1200	1600	1600	0.528867	0.705156	0.705156	0.063747	0.036236	0.045705
5	0.4	2577	2577	2577	1360	1200	1440	0.527745	0.465658	0.558789	0.064035	0.099445	0.086308
6	0.4	2545	2545	2545	112	160	240	0.044008	0.062868	0.094303	1.554496	1.291813	1.049817
7	0.4	2140	2140	2140	480	400	320	0.224299	0.186916	0.149533	0.247476	0.376982	0.621692
8	0.4	2712	2712	2712	800	1280	1040	0.294985	0.471976	0.383481	0.171026	0.096954	0.175734
9	0.4	2643	2643	2643	1040	720	1120	0.393492	0.272418	0.423761	0.110297	0.231461	0.148640
10	0.4	2380	2380	2380	1440	1360	800	0.605042	0.571429	0.336134	0.046712	0.064997	0.215884

Tabel 7. Penerapan persamaan Eckenfelder pada media Korall (parameter COD)

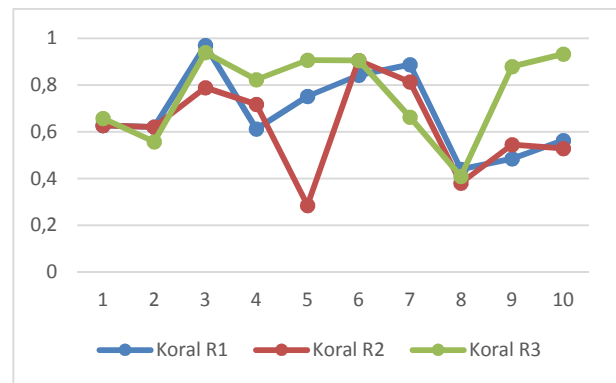
Reaktor Media Korall													
Hari	H (m)	So COD (mg/L)			Se COD (mg/L)			Se/So COD (mg/L)			k=(1/Se/So-1)/(H^0.67/Qi^0.5)		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	0.55	2573	2573	2573	960	960	880	0.373105	0.373105	0.342013	0.097133	0.117634	0.169889
2	0.55	2531	2531	2531	960	960	1120	0.379297	0.379297	0.442513	0.094604	0.114571	0.111250
3	0.55	2655	2655	2655	80	560	160	0.030132	0.210923	0.060264	1.860758	0.261917	1.377024
4	0.55	2269	2269	2269	880	640	400	0.387836	0.282063	0.176289	0.091248	0.178201	0.412611
5	0.55	2577	2577	2577	640	1840	240	0.248351	0.714009	0.093132	0.174965	0.028043	0.859881
6	0.55	2545	2545	2545	400	240	240	0.157171	0.094303	0.094303	0.310006	0.672400	0.848107
7	0.55	2140	2140	2140	240	400	720	0.112150	0.186916	0.336449	0.457662	0.304549	0.174159
8	0.55	2712	2712	2712	1520	1680	1600	0.560472	0.619469	0.589971	0.045335	0.043007	0.061373
9	0.55	2643	2643	2643	1360	1200	320	0.514567	0.454030	0.121075	0.054537	0.084189	0.641048
10	0.55	2380	2380	2380	1040	1120	160	0.436975	0.470588	0.067227	0.074486	0.078763	1.225248

Beban hidrolis pada persamaan Eckenfelder berpengaruh terhadap efisiensi pengolahan air limbah RPA menggunakan biofilter anaerobik. Aplikasi persamaan Eckenfelder pada biofilter anaerobik tetap berlaku dengan koreksi angka konstanta pada biofilter anaerobik dengan media yang sama diperoleh efisiensi 80 % pada angka konstanta sebesar 0,8 pada hari ke-9 yang terjadi pada reaktor 2. Nilai efisiensi penyisihan kadar COD untuk media bio ball dan korall disajikan pada gambar 6 dan 7.

tertinggi hanya mencapai 90% yang terjadi pada reaktor 2 dan 3, sedangkan pada reaktor 1 mencapai 88%. Meskipun peningkatan efisiensi penyisihan mencapai 95%, namun pada hari-hari berikutnya terjadi penurunan penyisihan yang sangat drastis. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang besar terhadap kinerja mikroorganisme dalam menyisihkan beban pencemar terutama penyisihan kadar COD. Penggunaan beban hidrolis media 0006 m³/m²media-hari mampu mengurangi kandungan COD sebesar 96,32% (Al Kholif & Hermans, 2013).



Gambar 6. Efisiensi Penyisihan COD pada Reaktor media bioball



Gambar 7. Efisiensi Penyisihan COD pada Reaktor media korall

Pada beban pencemaran COD hasil yang didapatkan sangat fluktuatif. Dari hari perhitungan dengan menggunakan persamaan Eckenfelder, rata-rata puncak penyisihan beban pencemaran COD terjadi pada hari ke-3, hari ke-6 dan hari ke-10 (gambar 6 dan 7). Pada media bio ball efisiensi terbesar terjadi pada hari ke-6 yang mencapai 95% pada reaktor 1. Sedangkan pada media korall efisiensi

4. Kesimpulan

Penerapan persamaan Eckenfelder pada biofilter anaerobik memberikan pengaruh yang besar terhadap penyisihan beban pencemaran parameter BOD₅ dan COD pada air limbah RPA. Penggunaan persamaan Eckenfelder pada biofilter anaerobik dengan nilai konstanta 0,5 menghasilkan angka penyisihan kadar BOD₅ dan COD yang lebih tinggi bila

dibandingkan dengan penerapan persamaan Eckenfelder pada proses biofilter aerobik, dimana angka tertinggi mencapai 1,90 pada reaktor 3 untuk penyisihan BOD₅. Biofilter anaerobik memberikan efisiensi yang sama pada beban hidrolis yang rendah yaitu sebesar 0,0015 m³/m².hari. Rata-rata efisiensi penyisihan beban pencemaran BOD₅ dan COD mencapai 96 % pada reaktor 1 (R₁) media bio ball. Untuk menghasilkan efisiensi penyisihan yang cukup tinggi, maka perlu adanya pengembangan penelitian lanjutan misalnya dengan mengkombinasikan teknologi pengolahan untuk mengolah air limbah RPA.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DIRJEN DIKTI dan LPPM Universitas PGRI Adi Buana (UNIPA) Surabaya atas dukungan dana penelitian serta laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya sebagai tempat penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Al Kholif, M. (2013). *Aplikasi Biofilter Anaerobik Pada Air Limbah Cucian dari Rumah Potong Ayam* [Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. <http://digilib.its.ac.id/ITS-paper-33021140003343/28903>

Al Kholif, M., & Hermana, J. (2013). The Wastewater Treatment of Chicken Slaughterhouse by Using Submerged up flow Anaerobic Biofilter. *4th International Seminar Department of Environmental Engineering Department of Environmental Engineering, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Public Health Program Study, Medical Faculty, Udayana University*, 1-7.

Amorim, A. K. B., de Nardi, I. R., & Del Nery, V. (2007). Water conservation and effluent minimization: Case study of a poultry slaughterhouse. *Resources, Conservation and Recycling*, 51(1), 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.08.005>

Aziz, H. A., Ling, T. J., Haque, A. A. M., Umar, M., & Adlan, M. N. (2011). Leachate treatment by swim-bed bio fringe technology. *Desalination*, 276(1), 278-286. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.03.063>

Baker, B. (2016). Explore the Pollution Load of Slaughterhouse Wastewater and Their Treatment Potential Using Biofilm Reactor. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 7, 1757-1761.

Bakhshi, Z., Najafpour, G., Kariminezhad, E., Pishgar, R., Mousavi, N., & Taghizade, T. (2011). Growth kinetic models for phenol biodegradation in a batch culture of *Pseudomonas putida*. *Environmental Technology*, 32(16), 1835-1841. <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.562925>

Bayr, S., Pakarinen, O., Korppoo, A., Liuksia, S., Väisänen, A., Kaparaju, P., & Rintala, J. (2012). Effect of additives on process stability of mesophilic anaerobic monodigestion of pig slaughterhouse waste. *Bioresource Technology*, 120, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.06.009>

Caixeta, C. E. T., Cammarota, M. C., & Xavier, A. M. F. (2002). Slaughterhouse wastewater treatment: evaluation of a new three-phase separation system in a UASB

reactor. *Bioresource Technology*, 81(1), 61-69. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00070-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00070-0)

Choksucharit Sridang, P., Kaiman, J., Pottier, A., & Wisniewski, C. (2006). Benefits of MBR in seafood wastewater treatment and water reuse: study case in Southern part of Thailand. *Desalination*, 200(1), 712-714. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.03.509>

Cuetos, M., Gómez, X., Otero, M., & Morán, A. (2008). Anaerobic digestion of solid slaughterhouse waste (SHW) at laboratory scale: Influence of co-digestion with the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW). *Biochemical Engineering Journal*, 40, 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.11.019>

De Nardi, I. R., Del Nery, V., Amorim, A. K. B., dos Santos, N. G., & Chimenes, F. (2011). Performances of SBR, chemical-DAF and UV disinfection for poultry slaughterhouse wastewater reclamation. *Desalination*, 269(1-3), 184-189. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.10.060>

Ebrahimi, A., & Najafpour, G. D. (2016). Iranica Journal of Energy & Environment Biological Treatment Processes : Suspended Growth vs . Attached Growth. *Iranica Journal of Energy and Environment*, 7(2), 114-123.

Eckenfelder, W. W., Patoczka, J. ., & Pulliam, G. W. (1970). *Anaerobic vs Aerobic Treatment.pdf*.

Kist, L. T., El-Moutaqi, S., & Machado, Ê. L. (2009). Cleaner production in the management of water use at a poultry slaughterhouse of Vale do Taquari, Brazil: a case study. *Journal of Cleaner Production*, 17(13), 1200-1205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.04.006>

Knight, R., Jr, V., Borer, R., & Clarke, R. (2000). Constructed wetlands for livestock wastewater management. *Ecological Engineering*, 15, 41-55. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(99\)00034-8](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(99)00034-8)

Kobyas, M., Senturk, E., & Bayramoglu, M. (2006). Treatment of poultry slaughterhouse wastewaters by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, 133(1-3), 172-176. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.10.007>

Liu, Z.-G., Zhou, X.-F., Zhang, Y.-L., & Zhu, H.-G. (2012). Enhanced anaerobic treatment of CSTR-digested effluent from chicken manure: The effect of ammonia inhibition. *Waste Management*, 32(1), 137-143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.09.015>

Massé, D. I., & Masse, L. (2001). The effect of temperature on slaughterhouse wastewater treatment in anaerobic sequencing batch reactors. *Bioresource Technology*, 76(2), 91-98. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00105-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00105-X)

Núñez, L. A., & Martínez, B. (1999). Anaerobic treatment of slaughterhouse wastewater in an Expanded Granular Sludge Bed (EGSB) reactor. *Water Science and Technology*, 40(8), 99-106. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(99\)00614-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00614-9)

Nurkholis, A., Rahma, A. D., Widyaningsih, Y., Maretya, D. A., Wangge, G. A., Widiastuti, A. S., Suci, A., & Abdillah, A. (2016). *Proses Pengelolaan Air Limbah secara Biologis (Biofilm): Trickling Filter dan Rotating Biological Contactor (RBC)*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/euhnx>

- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013. (2013). *Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha lainnya*.
- Rosso, D., Lothman, S. E., Jeung, M. K., Pitt, P., Gellner, W. J., Stone, A. L., & Howard, D. (2011). Oxygen transfer and uptake, nutrient removal, and energy footprint of parallel full-scale IFAS and activated sludge processes. *Water Research*, 45(18), 5987–5996. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.08.060>
- Salminen, E., & Rintala, J. (2002). Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste - A review. *Bioresource Technology*, 83(1), 13–26. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00199-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00199-7)
- Singgih, M. L., & Kariana, M. (2008). Pendekatan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan dengan Pendekatan Green Productivity pada Rumah Potong Ayam XX. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Lingkungan*, 9(2), 21–26.
- Sterling, M. C., Lacey, R. E., Engler, C. R., & Ricke, S. C. (2001). Effects of ammonia nitrogen on H₂ and CH₄ production during anaerobic digestion of dairy cattle manure. *Bioresource Technology*, 77(1), 9–18. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00138-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00138-3)
- Sudarno, U., Bathe, S., Winter, J., & Gallert, C. (2010). Nitrification in fixed-bed reactors treating saline wastewater. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(6), 2017–2030. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2301-4>
- Sugito, Binawati, D. K., & Al Kholif, M. (2016). The effect of BOD concentrate influet to remove pollutant load in waste water of a chicken slaughterhouse. *ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(5), 3519–3524.
- Vartak, D. R., Engler, C. R., McFarland, M. J., & Ricke, S. C. (1997). Attached-film media performance in psychrophilic anaerobic treatment of dairy cattle wastewater. *Bioresource Technology*, 62(3), 79–84. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(97\)00135-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524(97)00135-1)
- Wang, Y., & Yuan, Q. (2005). Nitrogen and carbon removals from food processing wastewater by an anoxic/aerobic membrane bioreactor. *Process Biochemistry - PROCESS BIOCHEM*, 40, 1733–1739. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.06.039>