

PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI KARET DENGAN TEKNOLOGI INTEGRASI KOAGULASI-UPFLOW ANAEROBIC FILTER (UAF)

WASTE WATER TREATMENT FROM RUBBER INDUSTRY USING INTEGRATION TECHNOLOGY OF COAGULATION-UPFLOW ANAEROBIC FILTER (UAF) REACTOR

Ratri Yuli Lestari¹

¹Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru
Jalan Panglima Batur Barat No. 2 Banjarbaru Kalimantan Selatan Indonesia, Telp/Fax (0511)
4774861 / 4772115,
Email : ratri.y.lestari@gmail.com

ABSTRAK

Limbah cair industri karet mengandung bahan organik tinggi berasal dari sisa pengolahan lateks yang tidak terkoagulasi. Penelitian ini menggunakan koagulan Poly Aluminium Chloride(PAC) dan *upflow anaerobik filter* (UAF) sebagai metode pengolahan limbah integrasi secara biologis dan kimia. *Pretreatment* dilakukan menggunakan PAC dengan konsentrasi 0,3 g/l. Model instalasi pengolahan air limbah terdiri dari bak penampung (*influent*), bahan kimia (PAC), filtrasi, reaktor UAF dan bak *final effluent*. Hasil parameter pH, TSS, BOD, COD, N-Total, dan NH₃N setelah diolah adalah 7.66, 5.33 mg/l, 36.56 mg/l, 78.25 mg/l, 9.93 mg/l, dan 0.65 mg/l. Penurunan yang terjadi pada masing-masing parameter TSS, BOD, COD, N-Total dan Amoniak adalah sebesar 98%, 86%, 88%, 85% dan 98%.

Kata Kunci : air limbah, karet, koagulan, *upflow anaerobic filter*

ABSTRACT

Waste water from rubber industry contains high organic compounds produced from latex production with imperfect coagulation. This research used Poly Aluminium Chloride (PAC and upflow anaerobic filter (UAF)) as integration of chemical and biological treatment. The chemical treatment was conducted using PAC at 0.3 g/l. The water treatment installation process consisted of an influent basin, PAC addition, filtration, UAF reactor and final effluent. The final effluent quality for pH, TSS, BOD, COD, N-Total, dan NH₃N were 7.66, 5.33 mg/l, 36.56 mg/l, 78.25 mg/l, 9.93 mg/l, and 0.65 mg/l. The decreasing concentration of TSS, BOD, COD, N-Total and Amoniak were 98%, 86%, 88%, 85% dan 98%.

Keywords : waste water, rubber, coagulant, *upflow anaerobic filter*

PENDAHULUAN

Industri karet merupakan salah satu sektor industri yang potensial di Indonesia yang artinya juga potensial dalam menyumbang limbah ke lingkungan. Potensi industri karet di Indonesia sangat besar. Luas perkebunan karet di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 3,62 juta hektar dengan total produksi sebesar 3,11 juta ton, dan sebanyak 2,63 juta ton atau 85% dari total produksi merupakan karet alam yang diekspor ke berbagai negara tujuan seperti Amerika Serikat, Jepang, Korea, Cina dan India (Badan Pusat Statistik, 2016). Tiga besar jenis produk karet alam yang diekspor adalah *TNSR (Technically Specified Natural*

Rubber) 20, *TNSR* 10, dan *RSS (RibbedSmokedSheet) Grade 1* (Badan Pusat Statistik, 2016). Industri karet alam menghasilkan limbah cair sebesar 5,2-13,4 m³/ton produk, apabila kapasitas produksi per hari adalah 450-2.600 kg maka limbah cair yang dihasilkan pabrik bisa mencapai 35m³/hari (Sarengat, Setyorini, & Prayitno, 2015). Biasanya limbah cair ditampung ke dalam kolam penampungan yang kemudian di buang ke sungai setelah didiamkan didalam kolam penampungan selama 3 hari sampai dengan satu minggu. Karakteristik limbah karet mengandung komponen karet seperti lateks, protein, lipid, karotenoid dan bahan organik lainnya sehingga keruh dan sangat berbau. Kandungan bahan organik yang tinggi ini menyebabkan parameter BOD dan COD tinggi. Pembuangan air limbah yang banyak mengandung nutrisi ke dalam badan air akan menyebabkan pencemaran dan berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Kelebihan nutrisi dalam air akan menyebabkan banyak problem di antaranya berkurangnya kandungan oksigen dalam air, yang mengakibatkan kematian flora dan fauna air, eutrofikasi dan over-fertilisasi (Azhdarpoor, Mohammadi, & Dehghani, 2016).

Pengolahan air limbah mengandung bahan organik terlarut tinggi dilakukan secara biologis. Pada umumnya pengolahan limbah cair untuk industri karet alam dilakukan menggunakan *lagoon*/kolam dan proses lumpur aktif yang membutuhkan lahan luas dan waktu yang lama. Salah satu pengolahan biologis yang dapat digunakan adalah *upflow anaerobic filter* (UAF). Anaerobik reaktor diisi dengan filter sebagai tempat tumbuh bakteri yang membantu proses penguraian limbah secara biologis serta sebagai filter endapan dan biomass yang terbawa. *Upflow anaerobic filter* (UAF) reaktor rentan terhadap permasalahan *clogging* (penyumbatan) dan *channeling* pada pori filter dikarenakan sedimen atau endapan yang terbentuk dari proses biologis atau dapat juga disebut *soluble microbial products* yang berupa bahan organik, karbohidrat, protein dan garam mineral lainnya (Widjaja et al., 2009). UAF mempunyai kelebihan seperti produksi limbah *sludge* yang dihasilkan sedikit, mempunyai HRT (*hydraulic retention time*) yang singkat di bawah 5 hari, mampu mengolah limbah dengan *organic loading rate* yang lebih tinggi, dan menghasilkan gas *methane* (CH₄) yang lebih banyak (Karadag, Köroğlu, Ozkaya, & Cakmakci, 2015). Model awal reaktor UAF kurang mampu mengurai limbah dengan bahan organik tinggi akan tetapi seiring perkembangannya efektifitasnya meningkat dan efisiensi kinerjanya tidak terpengaruh oleh adanya perubahan debit air dengan bantuan *biofilm* yang melekat pada filter (Kavitha, 2009).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghindari permasalahan fouling ini dengan melakukan pretreatment dengan menambahkan bahan kimia seperti PAC (*poly aluminium carbonate*) pada air limbah sebelum masuk ke dalam reactor. Szabó & Licskó (2005) menyatakan bahwa kombinasi penggunaan pretreatment bahan kimia dengan pengolahan air limbah secara biologis mampu menurunkan kadar COD, TOC dan BOD serta pada umumnya pengolahan secara kimia kurang ekonomis. Koagulan PAC merupakan jenis koagulan yang lebih dominan dan efektif dalam memperbaiki kualitas air limbah karet dan dapat mereduksi konsentrasi COD, BOD, TSS, TDS dan warna dibandingkan dengan Al₂(SO₄)₃ dan FeCl₃ dengan membentuk lebih banyak flok sebagai akibat dari banyaknya partikel bermuatan positif [Al(OH)]⁺ dan bermuatan negatif Cl⁻ (Riskawanti, Honesty, Irawan, & Taruna, 2016). Penambahan PAC meningkatkan proses penyerapan bahan-bahan organik sehingga membantu proses biologis yang dilakukan oleh mikroorganisme (Riskawanti et al., 2016; Widjaja et al., 2009).

Filter pada reaktor UAF dapat berasal dari berbagai macam jenis material baik organik maupun anorganik, salah satu contohnya adalah sabut kelapa. Sabut kelapa merupakan material yang mudah didapatkan serta murah. Pemanfaatan biofilter dari bahan alami yang mudah didapat dan tidak bernilai ekonomi tinggi tentunya akan sangat membantu bagi industri dalam menekan biaya operasional pengolahan limbah. Sabut kelapa juga mempunyai sifat fisik yang kuat, tahan lama serta mempunyai luas permukaan dan porositas yang besar,

dan yang paling penting adalah penggunaan serat kelapa dalam media atau filter pada pengolahan air limbah efektif dalam mengurangi kandungan nitrat dan nitrogen (Manoj & Vasudevan, 2012).

Pertumbuhan bakteri pada filter membentuk lapisan biofilm yang berguna dalam proses penguraian bahan organik pada air limbah. Mikroorganisme atau bakteri pada reaktor dapat tumbuh tanpa perlu dilakukan inokulasi bakteri dan tetap tidak mempengaruhi kinerja reaktor (Bodik, Kratochvil, Gasparikova, & Hutnan, 2003). Lapisan biofilm ini membuat lingkungan yang aman untuk bakteri tinggal diam dalam reaktor dan mereduksi bahan organik dengan proses nitrifikasi/denitrifikasi (Sándor, Fetter, & Fleit, 2009). Lapisan atas biofilm terbentuk dari bakteri autotrof yang mampu mengoksidasi amonium dengan bantuan oksigen (nitrifikasi), sedangkan bagian bawah lapisan terbentuk oleh bakteri heterotrof yang mampu mengubah nitrat menjadi gas N_2 tanpa bantuan oksigen (denitrifikasi) (Sándor et al., 2009). Proses biologis mereduksi bahan organik dengan proses nitrifikasi yaitu amoniak dioksidasi menjadi nitrat dan nitrit pada kondisi aerob, dan denitrifikasi yaitu proses mengubah nitrit dan nitrat menjadi gas N_2 pada kondisi anaerob (Zhang, Wu, Hao, & Yu, 2011). Mikroorganisme yang berperan dalam proses biologis akan tumbuh secara optimal dan membentuk lapisan biofilm setelah dua minggu reaktor berjalan dan penguraian amonium pada reaktor anaerob paling optimal pada waktu tinggal hidrolis selama 3 jam (Said & Tresnawaty, 2001). Mikroba dalam air limbah karet yang paling banyak ditemukan adalah *Bacilluslicheniformis* (20,83%), berperan sebagai bakteri denitrifikasi, mempunyai warna koloni putih buram – putih, bentuk sel batang dan gram positif (Komala, Helard, & Delimas, 2012). Air rendaman sabut kelapa juga mengandung bakteri yang dapat membantu proses penguraian air limbah yaitu *Pseudomonas spp.* dan *Spingomonas spp.* (Kartana, 2016). Bakteri-bakteri ini termasuk dalam kategori beberapa bakteri yang dapat diisolasi dari tanah atau air limbah yang mampu berperan sebagai bakteri nitrifikasi heterotrof dan juga melakukan denitrifikasi terhadap hasil nitrikasinya sendiri seperti misalnya *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Alcaligenes*, *Acinetobacter* dan *Paracoccus* (Y. Yang, Liu, Yang, & Lv, 2017).

Penelitian ini memanfaatkan kelebihan dari bahan kimia PAC dan reaktor anaerob untuk memperbaiki kualitas air limbah sehingga memenuhi standar baku mutu sesuai peraturan yang berlaku. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas prototipe pengolahan limbah cair industri karet dengan menggunakan PAC sebagai *pretreatment* dan dilanjutkan pengolahan biologi *upflow anaerobic filter* (UAF).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air limbah pabrik karet yang diambil dari PTPN XIII Kebun Danau Salak, PAC, aquades, *beef extract*, baktoagar, baktopepton, Fe-sitrat, Fenol-red, K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, KNO_3 , NaCl, $CaCl_2$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $CaCO_3$, $(NH_4)_2SO_4$, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, amonium oksalat dan *Buffered Peptone Water* (BPW). Media pengujian *Pseudomonas spp.* yaitu *Centrimide agar (usp, ep)*, *TPC (Total Plate Count/Angka Lempeng Total)* yaitu *Plate count agar (tryptone glucose yeast agar)*, *Colliform & Escherecia coli* yaitu *Brilliance TM (E. coli / Coliform selective medium)*. Bahan pembuatan reaktor adalah sabut kelapa, *stainless steel* plat, *stainless steel* batang, *stainless steel* pipa, dinamo, pengatur rpm, kipas penyedot udara, propeller, lempipa, selotip pipa, pipa PVC, keran, sambungan pipa, aerator aquarium, pompa aquarium, selang plastik, ember plastik, pasir, batu split, ijuk, saringan kasa, lembesi.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah autoklaf, inkubator, membran filter, oven, *hot plate*, neraca, lemari pendingin, erlenmeyer, bunsen, pipet tetes, tabung reaksi, cawan petri, corong, batang pengaduk, ose, penjepit tabung, rak tabung reaksi, botol sampel plastik, pH meter, gelas ukur, kertas saring, label, pipet, botol reagen, gelas preparasi, pengukur rpm, penggaris, gunting, alat las, ember, gayung, botol sampel, jerigen.

Prosedur

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menyusun *prototype* sistem pengelolaan air limbah karet kemudian melakukan pengelolaan air limbah seperti ditampilkan pada Gambar 1. Air limbah ditampung pada bak penampung (*influent*), kemudian ditambah koagulan PAC sebanyak 0,3 g/l sambil dilakukan pengadukan cepat 100 rpm selama 1,5 jam, kemudian diaerasi dengan waktu tinggal 1,5 jam, kemudian dilakukan filtrasi dengan saringan yang terdiri dari batu pecah (*split*), ijuk dan pasir sungai. Air kemudian dialirkan ke reaktor UAF dengan filter sabut kelapa selama 4,5 jam dan terakhir ditampung pada bak akhir (*effluent*). Rancangan reaktor UAF dapat dilihat pada Gambar 2. Air yang diperoleh pada *effluent* dilakukan pengujian parameter fisika, kimia dan mikrobiologi.



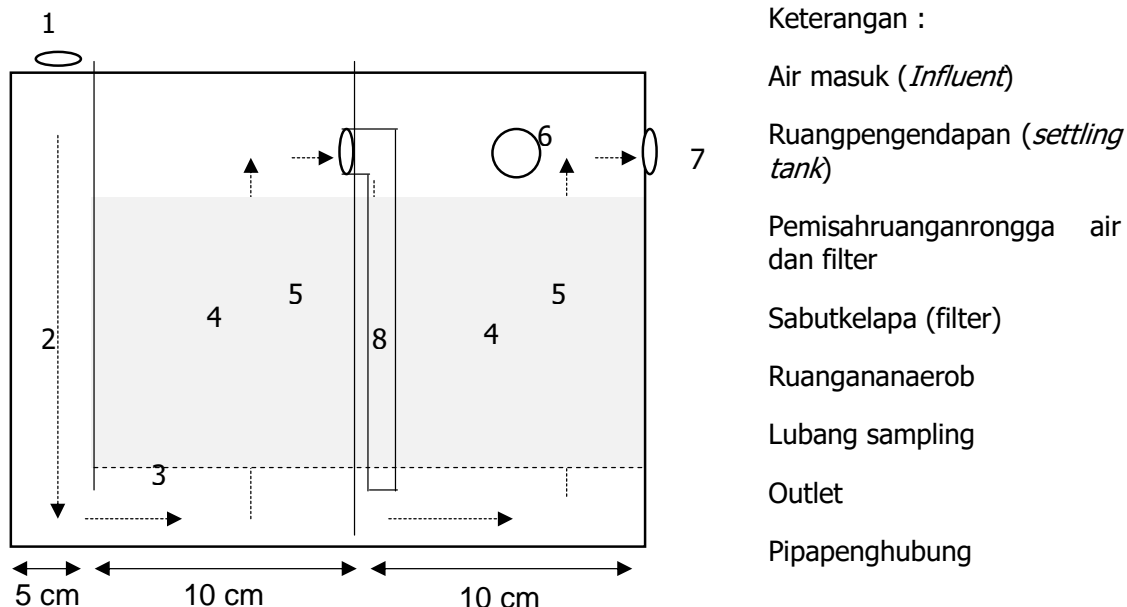
Gambar 1. Tahapan Pengolahan Air Limbah.

Desain Reaktor Biologis

Reaktor skala laboratorium sebanyak dua buah dibuat dengan ukuran (30 x 30 x 25) cm dan total volume 30 liter. Reaktor terdiri dari satu ruangan *settling tank* dan dua ruangan anaerob dengan sistem *upflow* (air mengalir dari bawah ke atas sebagaimana garis panah putus-putus pada Gambar 2) sehingga sedimen akan tertinggal pada dasar bak dan diharapkan zat terlarutnya akan berkurang. Filter reaktor dibuat dari bahan sabut kelapa kering yang dipotong-potong dengan ukuran panjang 8-10 cm dan tebal 1-3 cm, dan diisikan pada $\frac{3}{4}$ ruang anaerob. Pertumbuhan mikroorganisme pada reaktor dilakukan dengan mengalirkan air limbah pada reaktor selama dua minggu, kemudian reaktor dijalankan secara terus menerus selama tiga hari untuk menstabilkan kondisi reaktor sebelum diambil sampel airnya.

Pembuatan Media

Strerilisasi alat dan media dilakukan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Pembuatan medium NA (Nutrient Agar) menurut Sumardi, Ekowati, Handayani, & Nurhayati (2012) untuk *Bacillus sp.* Pembuatan medium spesifik *Nitrosomonas sp.* Berdasarkan Verstraete (1981) dalam Iswandi (1989). Pembuatan medium spesifik *Nitrobacter sp.* sesuai Verstraete, 1981 dalam Iswandi (1989).



Gambar 2. Reaktor Biologis Upflow Anaerob Filter (UAF).

Prosedur pengujian

Pengujian fisika dan kimia air limbah dilakukan terhadap parameter pH, TSS, COD, BOD, N-Total dan NH₃N. Metode pengujian pH berdasar SNI 06-2989.11-2004, TSS berdasar SNI 06-6989.3-2004, COD berdasar SNI 6989.2-2009, NH₃N berdasar SNI 06-6989.30-2005, BOD dengan SNI 6989.72-2009 dan N-Total dengan titrimetri. Perhitungan jumlah bakteri menggunakan metode *pour plate* (Yunita, Hendrawan, & Yulianingsih, 2015)

Analisa Data

Hasil pengujian air limbah akan dibandingkan dengan Permen L/H No 5 Tahun 2014 Lampiran IV tentang Baku Mutu Air limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Karet. Standar baku mutu untuk pH, TSS, BOD, COD, N-Total, dan NH₃N secara berurutan adalah 6-9, 100 mg/l, 60 mg/l, 200 mg/l, 10 mg/l, dan 5 mg/l. Perhitungan tingkat efisiensi dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{\text{In-Out}}{\text{In}} \times 100\% \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

Parameter Fisik dan Kimia

Air limbah sebelum dan sesudah diolah dilakukan pengujian sesuai baku mutu. Pengujian kualitas air dilakukan pada setiap tahap perlakuan untuk melihat pengaruh setiap perlakuan terhadap kualitas air. Hasil pengujian parameter baku mutu pada setiap tahap perlakuan/pengolahan dapat dilihat pada Tabel 1. Efektivitas pengelolaan air limbah dilihat dari persentase penurunan konsentrasi pada masing-masing parameter baku mutu. Perhitungan tidak dilakukan pada parameter pH, karena nilai pH diharapkan mengalami kenaikan dan bukan penurunan. Persentase penurunan yang terjadi pada setiap tahap pengolahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Enam Parameter dan Standar Baku Mutu

Parameter	Satuan	Inlet	Pretreatment PAC	Filtrasi	Anaerob (Hasil Akhir)	Baku Mutu Permenlh No. 5 Tahun 2014
pH		6,8	7.7	7.6	7.7	6
TSS	mg/l	232,67	268,33	30,00	5,33	100
BOD	mg/l	254,00	158,00	38,60	36,50	60
COD	mg/l	655,21	361,55	93,49	78,25	200
N-Total	mg/l	65,25	63,36	3,31	9,93	10
Amoniak	mg/l	34,43	39,34	7,48	0,65	5

Tabel 2. Persentase Penurunan TSS, BOD, COD, N-Total, Amoniak

Tahapan	TSS	BOD	COD	N-Total	Amoniak
Influent-PAC	(+)15%	38%	45%	3%	(+)14%
PAC-Filtrasi	89%	76%	74%	95%	81%
Filtrasi-Anaerob	82%	5%	16%	(+)200%	91%
<i>Influent - Effluent</i>	98%	86%	88%	85%	98%

Berdasarkan hasil uji kualitas air sebelum dan sesudah pengolahan diperoleh hasil bahwa kualitas air limbah sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Baku mutu untuk pH, TSS, BOD, COD, N-Total, dan NH₃N secara berurutan adalah 6-9, 100 mg/l, 60 mg/l, 200 mg/l, 10 mg/l, dan 5 mg/l. Hasil akhir pH, TSS, BOD, COD, N-Total, dan NH₃N setelah diolah adalah 7.65, 5.33 mg/l, 36.5 mg/l, 78,247 mg/l, 9.9297 mg/l, dan 0.654 mg/l. Artinya air limbah hasil olahan sudah aman dan dapat dibuang ke lingkungan. Air limbah pengolahan karet juga dapat dipergunakan kembali (*reuse*) dan ini sangat dianjurkan karena akan mengurangi jumlah air limbah yang dibuang ke lingkungan sebanyak 50%, mengurangi biaya pengolahan dan pembuangan limbah serta mengurangi biaya pengolahan lateks (Coffelt & Williams, 2009). Apabila hendak dipergunakan lagi (*reuse*), maka kualitas air dapat dibandingkan dengan PPRI NO 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Menurut standar baku mutu PPRI NO 82 tahun 2001 untuk kelas IV maka nilai pH, TSS, COD, Amoniak, N-Total, *E coli* dan *Coliform* sudah memenuhi persyaratan (Tabel 1 dan Tabel 3), sedangkan BOD masih melebihi baku mutu, artinya air perlu diolah lebih lanjut atau modifikasi proses pengolahan air limbah untuk menurunkan kadar BOD. Air limbah juga dapat diuji parameter *sodium absorption ratio* (SAR) untuk

mengetahui kesesuaian penggunaan air limbah setelah diolah untuk irigasi/pengairan tanaman(Coffelt & Williams, 2009).

Efektivitas pengelolaan air limbah dilihat dari persentase penurunan pada masing-masing parameter baku mutu. Penurunan yang terjadi pada masing-masing parameter TSS, BOD, COD, N-Total dan Amoniak adalah 98%, 86%, 88%, 85% dan 98%. Penurunan TSS dari *influent* ke *effluent* sangat signifikan. TSS mengalami kenaikan pada saat penambahan koagulan dikarenakan pada saat itu koagulan sedang bereaksi dengan air limbah sehingga membentuk endapan yang lebih banyak, setelah dilakukan filtrasi maka nilai TSS mengalami penurunan karena flok-flok yang terbentuk tersaring pada filter. TSS juga mengalami penurunan setelah melalui reaktor UAF(Yang, Gao, Yue, & Wang, 2010).

Penggunaan PAC sebagai koagulan untuk air limbah mampu menurunkan turbidity, warna dan TSS dengan sangat efisien, artinya PAC tepat diterapkan untuk memperbaiki kualitas sifat fisik dari air limbah dibandingkan dengan tawas(Shahin, Aziz, Isa, & Zinatizadeh, 2009). PAC jugamenghasilkanresidu Al yang lebihsedikitdibandingkan dengan $AlCl_3$ dan $Al_2(SO_4)_3$. Penambahan koagulan atau bahan kimia pada pengolahan limbah akan meningkatkan biaya produksi, akan tetapi penggunaan PAC membutuhkan konsentrasi yang lebih sedikit dibandingkan dengan dua koagulan yang lain ($AlCl_3$ dan $Al_2(SO_4)_3$)(Yang et al., 2010). Proses flokulasi dengan bantuan bahan kimia akan membantu pengendapan zat-zat terlarut yang sulit diendapkan secara gravitasi, sehingga partikel-partikel menggumpal menjadi lebih besar dan mudah dihilangkan. Penggunaan PAC padat pada air juga biasanya hanya sedikit menurunkan pH, sehingga dalam tidak perlu proses lanjutan untuk menaikkan pH dan kondisi air masih optimum untuk aktivitas bakteri.

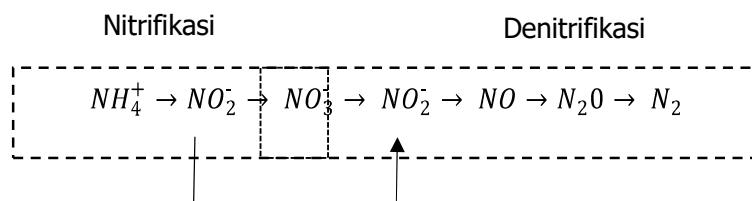
Reaktor Anaerobik

Air yang mengalir melalui sabut kelapa pada UAF mengakibatkan timbulnya lapisan lendir (mikroorganisme) pada sabut kelapa dan disebut juga biological film. Biofilter atau sabut kelapa juga berfungsi sebagai penyaring air limbah sehingga air limbah yang mengandung TSS yang melalui filter ini akan berkurang konsentrasinya. Adanya sistem *upflow* akan meningkatkan efisiensi penyaringan karena aliran air dari bawah ke atas akan mengurangi kecepatan partikel pada air limbah dan partikel tidak terbawa arus dan akan mengendap pada dasar bak filter. Air limbah yang melalui filter sabut kelapa akan mengalami penguraian lebih lanjut dan terjadi penguraian secara biologis.

Sabut kelapa digunakan sebagai filter pada reaktor anaerob karena penggunaan sabut kelapa dalam pengolahan air juga dapat berfungsi sebagai adsorben yang menjernihkan air limbah sehingga menjadi lebih bersih, tidak kotor dan lebih awet. Menurut Pinandari, Fitriana, Nugraha, & Suhartono(2011), biofilter sabut kelapa ini efektif untuk menurunkan TSS dan menaikkan pH serta menurunkan logam Fe dan Cu. Menurut Sarengat, Setyorini, & Prayitno(2015), penambahan sabut kelapa dalam filter juga mampu meningkatkan penyerapan ammonia. Sabut kelapa juga berfungsi sebagai anti bakteri yang bersifat asam yang dapat menghancurkan kotoran organik (Sobirin, 2008). Menurut Kartana (2016), air rendaman sabut kelapa juga mengandung bakteri *Pseudomonas* spp. dan *Spingomonas* spp. Kedua bakteri tersebut merupakan bakteri denitrifikasi yang mampu membantu proses penguraian bahan organik dalam proses pengolahan air limbah dengan polutan bahan organik yang tinggi. Efisiensi biofilter ini bergantung pada luas kontak antara limbah dan mikroorganisme yang menempel pada permukaan media filter (sabut kelapa). Bidang kontak yang semakin luas akan meningkatkan efisiensi penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS, NH_3N dan phosphor(Said, 2013).Cruz, Stefanutti, Coraucci Filho, & Tonetti(2013) jugamelaporkanbahwasabutkelapatahandirendam air selama 2 tahun tanpa terjadi biodegradasi, ditunjukkan dengan nilai *tensile test* yang tidak jauh berbeda sebelum

dan sesudah direndam serta mempunyai luas permukaan yang tinggi sehingga cocok digunakan sebagai filter..

Reaktor anaerob dalam penelitian ini membantu menurunkan TSS, BOD, COD dan amoniak akan tetapi N-Total justru mengalami kenaikan. Hal ini bisa terjadi karena proses nitrifikasi tidak berjalan sempurna sehingga konsentrasi N masih relatif tinggi (Komala et al., 2012). Nitrifikasi akan membentuk nitrit menjadi nitrat yang selanjutnya akan diubah menjadi nitrogen oleh bakteri denitrifikasi. Proses aerob dapat pula ditambahkan setelah reaktor UAF sehingga mampu meningkatkan efisiensi *removal* nitrogen pada proses pengolahan air limbah (Bodik et al., 2003; Rajagopal, Torrijos, Kumar, & Mehrotra, 2013) (Rajagopaletal 2013). Hal ini dialami juga oleh Watari et al. (2016) yang melaporkan penurunan TSS sebesar 88%, total nitrogen removal 35.9%, akan tetapi kandungan nitrogen masih belum memenuhi standar sehingga perlu ditambahkan proses denitrifikasi untuk meningkatkan pengurangan nitrogen. Metode nitrifikasi dan denitrifikasi sebagian tanpa melalui nitrat dapat juga dipilih sebagai alternatif peningkatan kinerja sistem dengan klaim mampu meningkatkan denitrifikasi 1,5-2 kali lebih tinggi daripada proses melalui nitrat (Peng & Zhu, 2006). Proses nitrifikasi dan denitrifikasi sebagian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Reaksi Nitrifikasi dan Denitrifikasi Sebagian (Peng & Zhu, 2006).

Reaktor anaerob dalam penelitian ini menggunakan dua buah reaktor yang disusun berurutan dengan harapan proses dua tahap ini mampu meningkatkan efisiensi. Menurut Tanikawa et al. (2012), reaktor anaerob dua tahap yang digunakan untuk mengolah limbah karet menghasilkan efisiensi COD *removal* sebesar $76,2 \pm 0,7\%$, sedangkan menurut Watari et al. (2016), anaerob reaktor menurunkan COD sebesar $92,7 \pm 2,3\%$. Hasil penurunan COD pada penelitian ini adalah 88%, berada di antara hasil penelitian sebelumnya.

Kendala dalam pengolahan air limbah karet secara anaerobik adalah terbentuknya H_2S yang tinggi, dan keberhasilan dalam menghilangkan H_2S menjadi syarat utama dalam keberhasilan pengolahan limbah karet secara anaerobik (Hatamoto et al., 2012). Pembentukan H_2S yang berlebih akan nampak pada terbentuknya lapisan hitam pada reaktor (Said, 2013).

Keuntungan menggunakan sistem anaerob adalah mempunyai HRT yang lebih kecil daripada sistem lagoon yang digunakan sehingga mampu mengurangi kebutuhan lahan dan biaya operasional pengolahan limbah (Watari et al., 2016). Tanikawa et al. (2012) juga menyebutkan keuntungan menggunakan reaktor dibandingkan dengan sistem kolam (*lagoon*) yaitu akan menghemat energi sebesar 93%, mengurangi *sludge* yang dihasilkan sebesar 90% dan mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 95%.

Pengolahan limbah dengan metode kombinasi fisika, kimia dan biologis merupakan metode pengolahan limbah industri karet yang efektif di Malaysia dan Thailand (Mohammadi, Man, Hassan, & Yee, 2010). Hasil penelitian ini sejalan dengan Guomin, Guoping, Mei, & Yongjian (2009) yang mengombinasikan pengolahan limbah secara biologis dan kimia dan mendapatkan hasil *effluent* yang lebih baik daripada metode yang digunakan sebelumnya yaitu proses lumpur aktif, yaitu COD memenuhi syarat (90mg/l) sedangkan sebelumnya masih $> 100\text{mg/l}$. Sistem pengolahan ini juga menghemat air bersih yang dipakai untuk mengencerkan air limbah sebelum dibuang ke badan air sebanyak $1.240.000\text{m}^3/\text{are}$ dan

mengurangi emisi COD sebesar 112 ton per tahun. Akan tetapi terdapat perbedaan fokus pengolahan limbah industri karet alam di Indonesia dengan di Thailand dan Malaysia. Pengental lateks yang digunakan di Indonesia adalah asam semut sehingga limbah akan tinggi kandungan ammonianya, sedangkan di Thailand dan Malaysia pengental menggunakan asam sulfit sehingga kadar sulfat dalam limbah tinggi (Phoolphundh, Hathaisamit, & Wongwises, 2013).

Peran Mikrobiologi pada Proses Pengolahan Air

Parameter Mikrobiologi

Pengujian mikrobiologi dilakukan untuk mengetahui bakteri apa yang diperkirakan berperan dalam proses penguraian zat organik pada limbah dan mendukung pemahaman terhadap proses biologis yang diterapkan. Pengujian mikrobiologi dilakukan untuk *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Coliform*, *E. coli*, dan TPC. Bakteri *Bacillus* adalah bakteri yang diduga ada dalam air limbah karet, sedangkan *Pseudomonas* biasanya terdapat pada air rendaman sabut kelapa. Bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* diuji untuk mengetahui adanya proses nitrifikasi oleh bakteri tersebut. *Coliform*, *E. coli* dan TPC diuji untuk dibandingkan dengan standar kualitas air sesuai PPRI No. 82 Tahun 2001. Hasil pengujian parameter mikrobiologi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Mikrobiologi

Bakteri	Filtrasi (CPU / 1 ml)	Anaerob (CPU/1 ml)
<i>Bacillus</i> sp.	2.72×10^5	9.2×10^3
<i>Pseudomonas</i> sp.	32.5	6
<i>Nitrosomonas</i>	5	5.5
<i>Nitrobacter</i>	0	0
<i>Coliform</i>	3×10^2	1×10^1
<i>E. coli</i>	0	0
TPC	1.5×10^6	8.0×10^5

Nitrobacter tidak ditemukan dalam sistem air limbah, hal ini menjelaskan fenomena mengapa kandungan nitrogen total masih tinggi meskipun nilai ammonia sudah berkurang. Hal ini terjadi mungkin karena proses nitrifikasi tidak berlangsung. Hal ini dapat menjelaskan mengapa nitrogen masih tinggi, padahal terdapat bakteri *Bacillus* dan *Pseudomonas* yang merupakan bakteri denitrifikasi. Ini bertentangan dengan Silva, Tonetti, Leonel, & Costa (2015), yang menyebutkan kinerja denitrifikasi reaktor anaerob dengan sabut kelapa berfungsi baik dan stabil. *Bacillus* dan *Pseudomonas* adalah bakteri denitrifikasi yaitu bakteri yang akan mereduksi NO_3 dan NO_2 . *Pseudomonas* dan *Bacillus* adalah bakteri yang sumber makanannya adalah carbon sehingga dapat hidup pada serat kelapa. Akan tetapi, *Bacillus* dan *Pseudomonas* merupakan bakteri denitrifikasi yang lebih cocok pada kondisi aerob (Verbaendert, Boon, De Vos, & Heylen, 2011).

Berdasarkan pengamatan mikroba yang ada, hampir semua bakteri yang ada adalah bakteri aerob dan fakultatif anaerob sehingga akan berkembang lebih cepat dengan adanya bantuan oksigen. Dalam proses pengolahan air limbah kali ini reaktor yang dibuat adalah reaktor murni anaerob sehingga bakteri yang ditemukan lebih sedikit daripada bakteri yang ditemukan pada bak aerasi. Pengolahan air limbah karet selanjutnya dapat dilakukan dengan menambah aerasi sehingga diharapkan proses biologis alami penguraian zat organik oleh

bakteri juga lebih cepat karena bakteri yang berkembang lebih banyak dan pastinya membutuhkan bahan makanan yang lebih banyak dan pada akhirnya akan mampu mengurangi kadar Nitrogen dalam air.

KESIMPULAN

Pengolahan limbah cair industri karet dengan reaktor biologis dengan *pretreatment* koagulan telah mampu memperbaiki kualitas air limbah sehingga memenuhi baku mutu. Hasil pengujian limbah setelah diolah untuk parameter pH, TSS, BOD, COD, N-Total, dan NH₃N adalah 7.65, 5.33 mg/l, 36.5 mg/l, 78.247 mg/l, 9.9297 mg/l, dan 0.654 mg/l. Penurunan dari parameter TSS, BOD, COD, N-Total, dan NH₃N semuanya di atas 80%. Reaktor anaerob yang digunakan cukup efektif untuk menurunkan kadar amonium dalam air limbah, akan tetapi tidak cukup efektif dalam menurunkan Nitrogen. Pada pengelolaan limbah selanjutnya disarankan untuk mengolah limbah tanpa koagulan dan menambahkan aerasi setelah pengolahan secara anaerob.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Fika Kurniawati, Shanty Dyah Suryani, Rosnaeni, Nazarni Rahmi, I Dewa Gedhe Putra Prabawa, Budi Tri Cahyana, Edi Junaedi, dan Nario atas bantuan dan kerjasamanya selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhdarpoor, A., Mohammadi, P., & Dehghani, M. (2016). Simultaneous Removal of Nutrients in A Novel Anaerobic – Anoxic / Aerobic Sequencing Reactor : Removal of Nutrients in A Novel Reactor. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13, 543–550. <http://doi.org/10.1007/s13762-015-0871-5>
- Badan Pusat Statistik. (2016). *Statistik Karet Indonesia Indonesian Rubber Statistics 2015*. Jakarta.
- Bodik, I., Herdova, B., & Kratochvil, K. (2000). The Application of Anaerobic Filter for Municipal Wastewater Treatment. *Chemical Papers*, 54(3), 159–164.
- Bodik, I., Kratochvil, K., Gasparikova, E., & Hutnan, M. (2003). Nitrogen Removal in An Anaerobic Baffled Filter Reactor with Aerobic Post-treatment. *Bioresource Technology*, 86, 79–84.
- Coffelt, T. A., & Williams, C. F. (2009). Characterization and recycling of waste water from guayule latex extraction. *Industrial Crops and Products*, 29(2–3), 648–653. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.10.004>
- Cruz, L. M., Stefanutti, R., Coraucci Filho, B., & Tonetti, A. L. (2013). Coconut Shells as Filling Material for Anaerobic Filters. *SpringerPlus*, 2, 655. <http://doi.org/10.1186/2193-1801-2-655>

- Guomin, C., Guoping, Y., Mei, S., & Yongjian, W. (2009). Chemical Industrial Wastewater Treated by Combined Biological and Chemical Oxidation Process. *Water Science and Technology*, *59*(5), 1019–1024. <http://doi.org/10.2166/wst.2009.051>
- Hatamoto, M., Nagai, H., Sato, S., Takahashi, M., Kawakami, S., Choeisai, P. K., ... Yamaguchi, T. (2012). Rubber and Methane Recovery from Deproteinized Natural Rubber Wastewater by Coagulation Pre-treatment and Anaerobic Treatment. *International Journal of Environmental Research*, *6*(3), 577–584.
- Iswandi, A. (1989). *Biologi Tanah dalam Praktek Bagian I*. Bogor: Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.
- Karadag, D., Köroğlu, O. E., Ozkaya, B., & Cakmakci, M. (2015). A Review on Anaerobic Biofilm Reactors for The Treatment of Dairy Industry Wastewater. *Process Biochemistry*, *50*(2), 262–271. <http://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.11.005>
- Kartana, S. N. (2016). Peranan Air Rendaman Sabut Kelapa dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.). *Publikasi Informasi Pertanian*, *1*(22), 1–7.
- Kavitha, K. (2009). *Feasibility Study of Upflow Anaerobic Filter for Pretreatment of Municipal Wastewater (Thesis)*. National University of Singapore.
- Komala, P. S., Helard, D., & Delimas, D. (2012). Pengolahan Limbah Cair Pabrik Karet Dengan Sistem Multi Soil Layering (Msl) Identification of Anaerobic Dominant Microbes in Rubber Industrial Waste Water Treatment With Multi Soil Layering (Msl) System. *Jurnal Teknik Lingkungan*, *9*(1), 74–88.
- Manoj, V. R., & Vasudevan, N. (2012). Removal of Nutrients in Denitrification System Using Coconut Coir Fibre for The Biological Treatment of Aquaculture Wastewater. *Journal of Environmental Biology*, *33*(March), 271–276.
- Mohammadi, M., Man, H., Hassan, M., & Yee, P. (2010). Treatment of Wastewater from Rubber Industry in Malaysia. *African Journal of Biotechnology*, *9*(38), 6233–6243. <http://doi.org/10.4314/ajb.v9i38>.
- Peng, Y., & Zhu, G. (2006). Biological Nitrogen Removal with Nitrification and Denitrification Via Nitrite Pathway. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *73*(1), 15–26. <http://doi.org/10.1007/s00253-006-0534-z>
- Phoolphundh, S., Hathaisamit, K., & Wongwiset, S. (2013). Performance of Two-Stage Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor Treating Wastewater from Latex-Processing Factory. *Journal of Environmental Engineering*, *139*(1), 141–146. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000604](http://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000604)
- Pinandari, A. W., Fitriana, D. N., Nugraha, A., & Suhartono, E. (2011). Uji Efektifitas dan Efisiensi Filter Biomassa Menggunakan Sabut Kelapa (*Cocos nucifera*) sebagai Bioremoval untuk Menurunkan Kadar Logam (Cd, Fe, Cu), Total Padatan Tersuspensi (TSS) dan Meningkatkan pH pada Limbah Air Asam Tambang Batubara. *Prestasi*, *1*(1), 1–12.
- Rajagopal, R., Torrijos, M., Kumar, P., & Mehrotra, I. (2013). Substrate Removal Kinetics in High-rate Upflow Anaerobic Filters Packed with Low-density Polyethylene Media

- Treating High-strength Agro-food Wastewaters. *Journal of Environmental Management*, 116, 101–106. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.032>
- Riskawanti, Honesty, L. B., Irawan, C., & Taruna, A. (2016). Pengolahan Limbah Perendaman Karet Rakyat dengan Menggunakan Metode Koagulasi dan Flokulasi Menggunakan $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ dan PAC. *Biopropal Industri*, 1(1), 17–25.
- Said, N. I. (2013). BAGIAN 1 - C Teknologi Pengolahan Limbah Cair Dengan Proses Biologis. In *Limbah Cair Industri*. Retrieved from <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi717rT5PHUAhUM0o8KHYL8DvgQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.kelair.bppt.go.id%2Fpublikasi%2FBukuLimbahCairIndustri%2F013biologi.pdf&usg=AFQjCNGGLq33KO-L9MiOUtYebSFdmnW5GQ>
- Said, N. I., & Tresnawaty, R. (2001). Penghilangan Amoniak Di Dalam Air Baku Air Minum Dengan Proses Biofilter Tercelup Menggunakan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), 11–27.
- Sándor, D., Fetter, É., & Fleit, E. (2009). Colonization Strategies to Establish Microscopic Biofilm Reactors for Simultaneous Nitrification / Denitrification. In *Proceedings of IWA 1st Eastern European Regional Young Water Professionals Conference*. Minsk, Belarus, 21st-22nd May 2009.
- Sarengat, N., Setyorini, I., & Prayitno. (2015). Pengaruh Penggunaan Adsorben Terhadap Kandungan Amonia (NH_3-N) pada Limbah Cair Industri Karet RSS. In *Seminar Nasional Kulit, Karet, dan Plastik ke-4* (pp. 75–84). Yogyakarta, 28 Oktober 2015: Balai Besar Kulit Karet Plastik.
- Shahin, G., Aziz, H. A., Isa, M. H., & Zinatizadeh, A. A. (2009). Application of Response Surface Methodology (RSM) to Optimize Coagulation – Flocculation Treatment of Leachate Using Poly-aluminum Chloride (PAC) and Alum. *Journal of Hazardous Materials*, 163, 650–656. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.07.090>
- Silva, J. C. P. da, Tonetti, A. L., Leonel, L. P., & Costa, A. (2015). Denitrification on upflow-anaerobic filter filled with coconut shells (*Cocos nucifera*). *Ecological Engineering*, 82, 474–479. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.007>
- Sobirin. (2008). Sabut Kelapa untuk Saringan Kolam Penjernih. Retrieved July 5, 2017, from <http://clearwaste.blogspot.co.id/2008/12/sabut-kelapa-untuk-saringan-kolam.html>
- Sumardi, Ekowati, C. N., Handayani, K., & Nurhayati. (2012). Antimikroba dari Saluran Pencernaan Ayam Kampung (*Gallus domesticus*). In *Prosiding Seminar Nasional Sains Mipa dan Aplikasi* (pp. 306–311). Lampung: Fakultas MIPA Universitas Lampung.
- Szabó, A., & Licskó, I. (2005). Chemical Wastewater Treatment – A Cost Effective Method to Upgrade Overloaded WWTPs. In *Proceedings of 1st IWA ASPIRE 2005 Conference & Exhibition*. Singapore, 10th-15th July 2005.
- Tanikawa, D., Yamashita, T., Hatamoto, M., Fukuda, M., Takahashi, M., Choeisai, P. K., & Yamaguchi, T. (2012). Development of an Appropriate Treatment Process for Wastewater from a Natural Rubber Processing Factory. *Transactions on GIGAKU* 1, 1(1), 1–8.

- Verbaendert, I., Boon, N., De Vos, P., & Heylen, K. (2011). Denitrification is a common feature among members of the genus *Bacillus*. *Systematic and Applied Microbiology*, *34*(5), 385–391. <http://doi.org/10.1016/j.syapm.2011.02.003>
- Watari, T., Thanh, N. T., Tsuruoka, N., Tanikawa, D., Kuroda, K., Huong, N. L., ... Yamaguchi, T. (2016). Development of A BR-UASB-DHS System for Natural Rubber Processing Wastewater Treatment. *Environmental Technology (United Kingdom)*, *37*(4), 459–465. <http://doi.org/10.1080/09593330.2015.1117042>
- Widjaja, T., Altway, A., Soeprijanto, Yuanita, V., Rahmawati, Y., & Pratiwi, H. (2009). Studi Proses Hybrid: Adsopsi pada Karbon Aktif/Membran Bioreaktor untuk Pengolahan Limbah Cair Industri. In *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia SNTKI 2009* (pp. 1–6). Bandung, 19-20 Oktober 2009.
- Yang, Y., Liu, Y., Yang, T., & Lv, Y. (2017). Characterization of A Microbial Consortium Capable of Heterotrophic Nitrifying Under Wide C/N Range and Its Potential Application in Phenolic and Coking Wastewater. *Biochemical Engineering Journal*, *120*, 33–40. <http://doi.org/10.1016/j.bej.2016.12.008>
- Yang, Z. L., Gao, B. Y., Yue, Q. Y., & Wang, Y. (2010). Effect of pH on The Coagulation Performance of Al-based Coagulants and Residual Aluminum Speciation During The Treatment of Humic Acid-kaolin Synthetic water. *Journal of Hazardous Materials*, *178*(1–3), 596–603. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.01.127>
- Yunita, M., Hendrawan, Y., & Yulianingsih, R. (2015). Analisis Kuantitatif Mikrobiologi Pada Makanan Penerbangan (Aerofood ACS) Garuda Indonesia Berdasarkan TPC (Total Plate Count) dengan Metode Pour Plate. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, *3*(3), 237–248.
- Zhang, J., Wu, P., Hao, B., & Yu, Z. (2011). Bioresource Technology Heterotrophic nitrification and aerobic denitrification by the bacterium *Pseudomonas stutzeri* YZN-001. *Bioresource Technology*, *102*(21), 9866–9869. <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.07.118>