

Pengolahan Limbah Cair Lindi Menggunakan *Multi Soil Layering* (MSL) Bebas Lumpur PDAM

Wivina Diah Ivontianti¹, Eva Pramuni Oktaviani Sitanggang¹, dan Elly Sri Rezeki¹
¹Jurusan Teknik Kimia Universitas Tanjungpura, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura
E-mail : wivinadihivontianti@teknik.untan.ac.id

Received 1 Oktober 2021 | Revised 1 November 2021 | Accepted 15 November 2021

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pengolahan lindi dari TPA Rasau Jaya Kubu Raya Kalimantan Barat dengan *Multi Soil Layering* (MSL). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh waktu tinggal terhadap kinerja MSL berbasis lumpur PDAM dalam mengolah limbah cair lindi. Penelitian ini menggunakan reaktor MSL dengan dimensi 20 x 38 x 55 cm, lapisan aerob berupa zeolit berukuran 3–5 mm dan campuran lapisan anaerob yaitu lumpur PDAM dan arang. Berdasarkan hasil pengujian konsentrasi amonia, pH, TSS dan COD sebelum pengolahan dengan MSL adalah Amonia 88 mg/l, pH 7,7 mg/l, TSS 80 mg/l, dan COD 832 mg/l. Adapun hasil dari penelitian ini didapatkan waktu tinggal optimum yaitu selama 12 jam dengan efisiensi penurunan untuk masing-masing parameter pencemar yaitu: Amonia 96,59%; pH 7,5; TSS 85%, dan COD 44,83%. Hasil ini menunjukkan bahwa reaktor mampu menurunkan amonia, pH, TSS, COD.

Keywords: multi soil layering, lumpur PDAM, waktu tinggal, lindi

ABSTRACT

Research of leachate treatment was conducted from TPA Rasau Jaya Kubu Raya West Kalimantan with *Multi Soil Layering* (MSL) method. Result of this research is to determine the influence of detention time on the performance of MSL based PDAM mud. The MSL reactors have dimensions of 20 x 38 x 55 cm, consist of zeolite (3-5 mm) as aerobic layers and a mixture of PDAM mud and charcoal as anaerobic layers. Based on the test results of ammonia concentration, pH, TSS and COD before treatment are Ammonia 88 mg/l, pH 7.7 mg/l, TSS 80 mg/l, and COD 832 mg/l. The results of this study obtained optimum detention time is 12 hours with efficiency of pollutant removal for each parameter are Ammonia 96,59%; pH 7,5; TSS 85%, and COD 44,83%. These result shows that the reactor capable to decrease pollutant parameter such as ammonia, pH, TSS, and COD.

Keywords: multi soil layering, PDAM-sludge, detention time, leachate

1. PENDAHULUAN

Kota Pontianak memiliki TPA dengan sistem *open dumping* sehingga terjadi akumulasi lindi pada pertengahan titik lahan urug yang terletak di Batu Layang Kecamatan Pontianak Utara. Limbah cair lindi adalah limbah yang dihasilkan oleh masuknya air ke dalam timbunan sampah, sehingga materi-materi organik dari dekomposisi secara biologi terlarut dan terbilas. Oleh karena itu, diperlukan metode pengelolaan salah satunya dengan metode MSL (*multi soil layering*). Proses pengolahan yang ekonomis dan tepat guna, aplikatif dan berkelanjutan dalam pemakaiannya tanpa membutuhkan perawatan yang rumit menjadi keuntungan utama penggunaan metode *Multi Soil Layering* (MSL)

dalam pengolahan limbah cair. Metode MSL adalah metode pengolahan limbah cair yang memanfaatkan tanah sebagai media utama. Konstruksi MSL terdiri dari batu bata yang disusun dengan lapisan campuran tanah [1].

Telah dilakukan pengolahan limbah yang memanfaatkan tanah oleh Sofyan [1] yang menggunakan MSL untuk mengolah limbah cair komponen *impermeable* blok campuran tanah dengan perbandingan 5:1:1, terdiri dari tanah andisol, serbuk gergaji dan arang batok. Dalam penelitian ini sistem MSL dapat digunakan untuk menormalkan pH, warna dan menurunkan kandungan pencemaran sampel air. Lasah [2] pada tahun 2012 juga telah melakukan penelitian dengan memanfaatkan air limbah dari campuran lumpur PDAM dan abu sekam padi sebagai penyusun MSL pada pengolahan amonia dalam limbah buatan. Sistem *multi soil layering* ini, memiliki kemampuan untuk mengolah limbah buatan dengan efisiensi tertinggi untuk amonia yaitu sebesar 82%.

Pada susunan MSL Komala dkk. [3] *impermeable layer* terdiri atas tanah arang halus, serbuk gergaji dan andisol. Penelitian ini melakukan pengukuran berupa parameter BOD, COD, TSS, total amoniak, total nitrogen dan pH untuk mengidentifikasi mikroorganisme anaerob dalam pengolahan limbah cair karet. Pada pengolahan ini diketahui bahwa pada lapisan tanah terjadi proses utama yaitu penguraian secara anaerobik. Pada metode MSL terjadi pengolahan biologis dimana bakteri yang terdapat pada permukaan tanah sejumlah lebih dari 10^{13} bakteri/m² berperan besar dalam degradasi limbah [4].

Metode MSL (*multi soil layering*) dikembangkan untuk meningkatkan fungsi tanah dengan memanfaatkan lumpur PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum). Pada lapisan MSL penyusunan isian seperti batu bata untuk menghindari terjadinya penyumbatan. Lumpur yang berasal dari PDAM Kota Pontianak menghasilkan endapan flok-flok pada air yang memiliki kandungan aluminium dan silika. Lumpur PDAM dalam sistem MSL berfungsi sebagai pengganti lapisan tanah yang memiliki bahan organik halus dalam lumpur serta senyawa yang terbentuk dari hancuran bahan organik melalui kegiatan mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan untuk metode MSL melalui uji pH, COD, warna dan Amonia [5].

Pada penelitian ini dilakukan keterbaruan dan peningkatan sistem kinerja MSL dengan penggunaan zeolite. Lapisan zeolit yang digunakan ini berfungsi pada zona aerob di MSL. Keberadaan zeolit sebagai media imobilisasi dapat memberikan keuntungan bagi pertumbuhan dan aktivitas bakteri [6] dan sekaligus adsorben zat pengotor dari lindi. Sedangkan zona anaerob terjadi pada lapisan campuran lumpur PDAM, dan arang, dimana dalam isian di sistem MSL ini harus disesuaikan sehingga penyisihan polutan dengan proses anaerob dan aerob secara efisien. Sistem MSL dilakukan dengan mekanisme pengolahan secara *batch* yang bertujuan untuk mengoptimalkan waktu pengolahan serta untuk mengetahui bagaimana efektivitas sistem ini dengan pengolahan secara *batch*. Reaktor yang digunakan terbuat dari bak plastik, yang dilengkapi dengan aerator dan kran *effluent*.

Berdasarkan uraian diatas, akan dilakukan penelitian MSL berbasis lumpur PDAM dalam pengolahan limbah cair lindi dengan pengaruh waktu tinggal dan menghasilkan air yang sudah memenuhi syarat baku mutu lindi bagi TPA menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 59 tahun 2016.

2. METODOLOGI

1.1. Alat dan Bahan

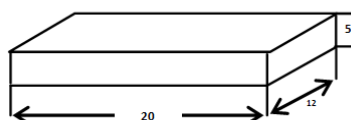
Peralatan yang dipersiapkan untuk penelitian ini adalah wadah plastik, aerator, Instrument MSL, alat-alat gelas, kain katun. Sedangkan bahan-bahan dalam pembuatan MSL ialah lumpur PDAM, arang dan zeolit. Lindi yang digunakan untuk diolah dalam penelitian ini diambil dari TPA Rasau Jaya.

1.2. Prosedur Penelitian

Pada pengolahan limbah cair lindi dengan MSL dilakukan beberapa tahapan penelitian diantaranya yaitu persiapan pembuatan media MSL, pengolahan lindi dengan MSL dengan variasi waktu detensi dan uji karakteristik air hasil olahan.

1. Pembuatan Sistem MSL

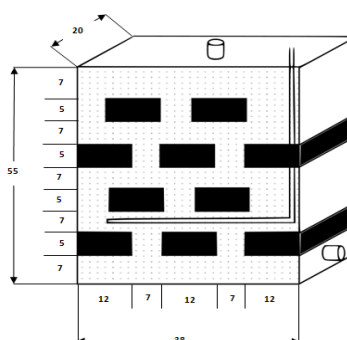
Sistem MSL dibuat dengan konstruksi bak plastik berukuran 20 cm x 38 cm x 55 cm. Lapisan diisi zeolit dengan ketinggian 7 cm. Kemudian empat buah kain dengan ukuran tiap kain 20 cm x 15 cm x 5 cm disejajarkan dengan jarak 7 cm. Campuran lumpur PDAM dan arang (perbandingan berat 1 : 1) diisi ke dalam kain dan dipadatkan. Kemudian diisi dengan zeolit setinggi 7 cm. Selanjutnya dilakukan dengan pola yang sama hingga tersusun 3 lapisan blok-blok tanah. Antara lapisan ke 1 dan 2 dipasang pipa aerasi dimana diberi lubang udara berdiameter 0,5 mm dan berjarak 3 cm .



Gambar 1 Bata Isian MSL

2. Proses pengolahan air dengan metode MSL

Sampel diambil dari lindi TPA Rasau Jaya Kalimantan Barat. Pengolahan dilakukan dengan memasukan sampel lindi kemudian dimasukan ke dalam sistem MSL. Waktu detensi sebagai acuan percobaan adalah 0, 6, 12, 18, 24, dan 30 jam. Rangkaian Reaktor MSL dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2 Instalasi Reaktor MSL

Hasil pengolahan sistem MSL kemudian ditampung dan dilakukan pengujian untuk parameter pH, TSS, COD dan amonia. Pemilihan parameter pengujian tersebut menyesuaikan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi pada TPA. Selain itu pada limbah lindi didominasi oleh bahan organik sebagai beban pencemarnya. Pengujian

dilakukan di Laboratorium Pengujian Pemerintah Provinsi Kalimantan Barat Dinas Kesehatan Unit Pelaksanaan Teknis Laboratorium Kesehatan dengan keterangan sebagai berikut:

Tabel 1. Standar Pengukuran Parameter yang Diamati.

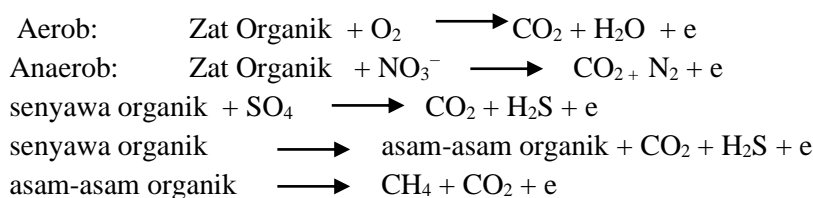
No	Parameter	SOP	Metode
1.	pH	SNI 06-6989.11-2004	Potensiometri
2.	Amonia	SNI 06-6989.30-2005	Spektrofotometri UV-Vis
3.	COD	SNI 06-6989.73-2009	Reflaksi Tertutup
4.	TSS	SNI 06-6989.3-2004	Gravimetri

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kinerja Sistem Pengolahan Sistem *Multi soil layering*

Multi Soil layering (MSL) merupakan salah satu sistem pengolahan limbah cair dengan memanfaatkan struktur tanah. Pengolahan air lindi pada penelitian ini digunakan lumpur PDAM sebagai bahan alternatif pengganti tanah dalam konstruksi MSL. Lasah [2] mengatakan hasil analisa XRF yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan mineral dalam lumpur, didominasi oleh besi, silikon, dan aluminium, baik dalam bentuk unsur maupun oksidanya. Kandungan mineral yang paling mendominasi di dalam lumpur ditunjukkan oleh besi sebesar 53,3 %. Lumpur PDAM berfungsi sebagai tempat singgahan mikroorganisme didalam tanah. Sistem MSL yang berbasis lumpur PDAM ini digunakan secara *batch*.

Sistem MSL terdiri dari 2 zona yaitu zona aerob dan zona anaerob. Lapisan zeolit dan balok campuran lumpur PDAM merupakan zona aerob sedangkan arang sebagai zona anaerob. Pada kondisi aerob, terjadi proses nitrifikasi amonia yang berasal dari lindi akan teradsorpsi oleh zeolit yang selanjutnya mengalami nitrifikasi menjadi NO_3^- akibat kehadiran O_2 . Selain itu zona aerob berperan sebagai filtrasi pori-pori zeolit yang halus yang meningkatkan luas permukaan adsorpsi sehingga terjadi peningkatan penyisihan zat organik dan zat tersuspensi [7]. Dengan penurunan ukuran pori-pori zeolit maka filtrasi mampu dengan baik menahan zat organik dan materi kecil dalam limbah cair. Pada zona anaerob, hasil proses nitrifikasi yaitu nitrat berdifusi secara bertahap ke dalam lapisan anaerob. Pada proses ini terjadi denitrifikasi menjadi N_2O yang kemudian menjadi N_2 . Penyisihan COD terjadi pada zona anaerob, COD menunjukkan bahwa keberadaan zat organik di air yang akan di degradasi oleh bakteri. Reaksi yang terjadi pada sistem MSL secara keseluruhan dituliskan pada reaksi di bawah ini [8]:



Data hasil analisa di Laboratorium Pengujian Pemerintah Provinsi Kalimantan Barat Dinas Kesehatan Unit Pelaksanaan Teknis Laboratorium Kesehatan terdapat pada Tabel 1:

Tabel 2. Hasil Analisa MSL

Waktu tinggal	Hasil Pemeriksaan (mg/L)
---------------	--------------------------

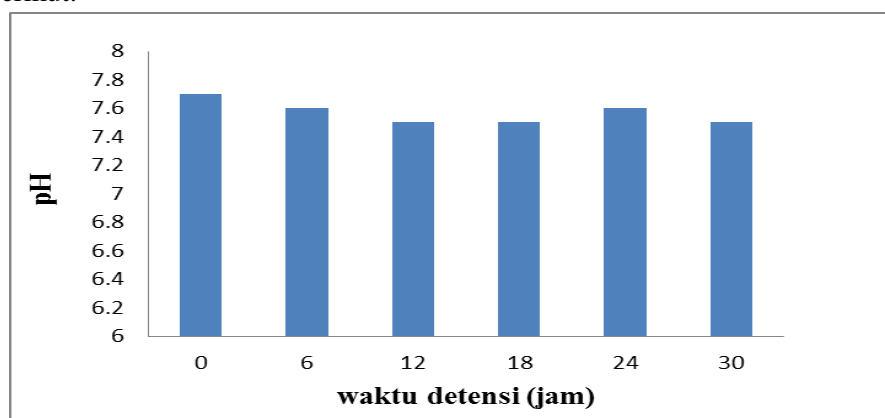
(jam)	COD	Amonia	pH	TSS
0	832	88	7,7	80
6	590	20	7,6	99
12	459	3	7,5	12
18	461	3	7,5	14
24	693	4	7,6	18
30	473	3	7,5	16

Pada penelitian ini didapatkan hasil pengamatan dimana semakin lama waktu tinggal maka penurunan kadar polutan semakin meningkat. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa waktu pengolahan optimum pada variasi 12 jam. Laju pertumbuhan bakteri terjadi sesuai dengan siklus bakteri dengan fase-fase pertumbuhan bakteri yaitu fase lag, eksponensial, stasioner, dan kematian. Pada proses awal terjadi fase lag di waktu pertama yaitu 6 jam pertama dimana setiap parameter mengalami penurunan dikarenakan bakteri beradaptasi dengan baik, kemudian bakteri memasuki fase eksponensial terjadi pada waktu ke 6-11 jam dimana pada penelitian pada waktu 6 jam parameter pengukuran mengalami penurunan tetapi belum maksimal dikarenakan bakteri mulai membelah hingga populasi maksimum. Kemudian pada waktu 12 jam dimana laju pertumbuhan sama laju kematian bakteri. Pada fase stasioner ini sistem sudah stabil, pemanfaatan senyawa organik untuk menghasilkan energi dan membentuk zat hasil dekomposisi metabolisme bakteri sehingga pengolahan dengan variasi waktu 12 jam ini merupakan waktu optimal. Sedangkan jika memasuki waktu lebih dari 14 jam bakteri memasuki fase kematian dikarenakan nutrisi yang ada tidak mencukupi [9][10].

3.2. Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Kinerja Pengolahan MSL

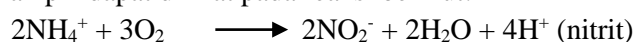
3.2.1 Nilai pH

Nilai pH berpengaruh besar terhadap kehidupan biologis dan lingkungan sekitar air. Analisa awal yang telah dilakukan bahwa nilai pH lindi telah memenuhi baku mutu yaitu 7,7. Nilai pH sesuai baku mutu yaitu 6-9 bagi TPA. Hasil penelitian pengaruh waktu terhadap pH pada limbah lindi didapatkan analisa sebagai berikut:



Gambar 3 Grafik nilai analisa pH

Berdasarkan hasil penelitian semakin lama waktu tinggal maka pH akan mengalami penurunan. Penurunan pH Dari waktu tinggal 0 jam hingga 12 jam pH mengalami penurunan dikarenakan oleh proses nitrifikasi yang pada prosesnya pembentukan nitrit maka akan melepas H^+ yang dapat mempengaruhi perubahan pH dapat dilihat pada reaksi berikut:



Dari gambar didapatkan hasil terbaik yaitu pada waktu 12 jam yaitu 7,5 berdasarkan peraturan Standar Kepmen LH No.59/2016 tentang baku mutu air lindi pH yang di izinkan untuk dibuang ke lingkungan sebesar 6 sampai dengan 9.

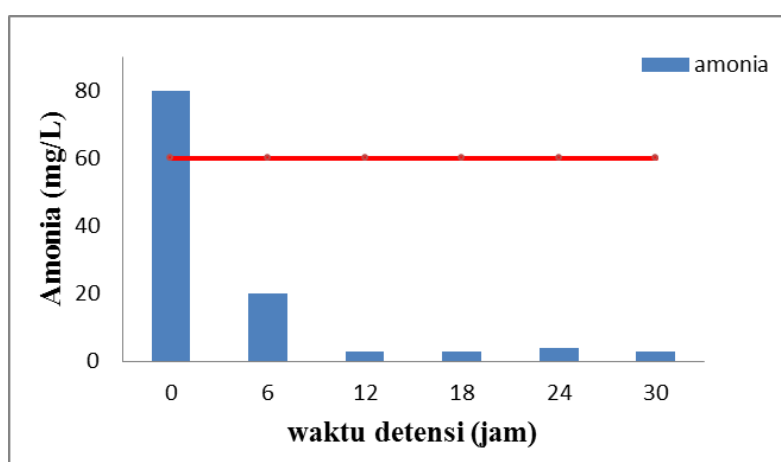
Akan tetapi pada waktu ke 24 jam mengalami peningkatan yaitu 7,6 dan kemudian turun pada waktu ke 30 jam yaitu 7,5. Peningkatan pH tersebut dapat dikarenakan oleh lanjutan proses nitrifikasi pada sistem ini mengalami proses denitrifikasi. Pada proses denitrifikasi H^+ akan digunakan untuk bereaksi dan menghasilkan gas N_2 dan H_2O . Reaksi denitrifikasi dengan bakteri heterotroph sebagai berikut:



Pada hasil reaksi menghasilkan ion hidroksida yang mempengaruhi pH air hasil pengolahan [11].

3.2.2 Nilai amonia

Hasil pengolahan lindi dengan metode MSL pada parameter ammonia, dapat di lihat pada Gambar 4 :



Gambar 4. Grafik nilai analisa amonia

Berdasarkan hasil analisa, amonia mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu. Waktu optimal pengolahan MSL untuk parameter ammonia adalah 12 jam Konsentrasi amonia setelah melalui pengolahan dengan sistem MSL mengalami penurunan yang cukup signifikan. Penurunan konsentrasi amonia dikarenakan interaksi amonia dengan komponen lapisan MSL. Tingginya amonia bebas dalam limbah dapat diserap pada sisi lapisan aerob dan dioksidasi menjadi nitrat. Lapisan aerob dari zeolit memiliki rongga udara yang mengandung oksigen (O_2) pada proses perairan. Rongga pada lapisan zeolit tersebut menyebabkan kebutuhan oksigen pada proses pengolahan dapat terpenuhi. Oksigen pada lapisan aerob akan beraksi dengan amonia melepaskan H^+ dan menghasilkan nitrat (NO_3^-) [4]. Reaksi nitrifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Proses yang dilakukan untuk mengurai senyawa tersebut ialah dengan proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Bakteri yang berperan penting pada penguraian dengan proses nitrifikasi yang mengubah ammonium menjadi nitrit ialah *Nitrosomonas*. Sedangkan yang mengubah nitrit menjadi nitrat ialah bakteri *Nitrobacter* (Jenie dan Rahayu, 1993). Denitrifikasi merupakan tahap kedua dalam penyisihan setelah proses nitrifikasi. Denitrifikasi adalah proses reduksi nitrit dan nitrat pada kondisi oksigen yang rendah dalam air limbah. Bakteri yang mampu menyisihkan dalam proses denitrifikasi yaitu *Archomobacter* [12]. Proses denitrifikasi ini menghasilkan produk akhir berupa gas nitrogen (N_2).

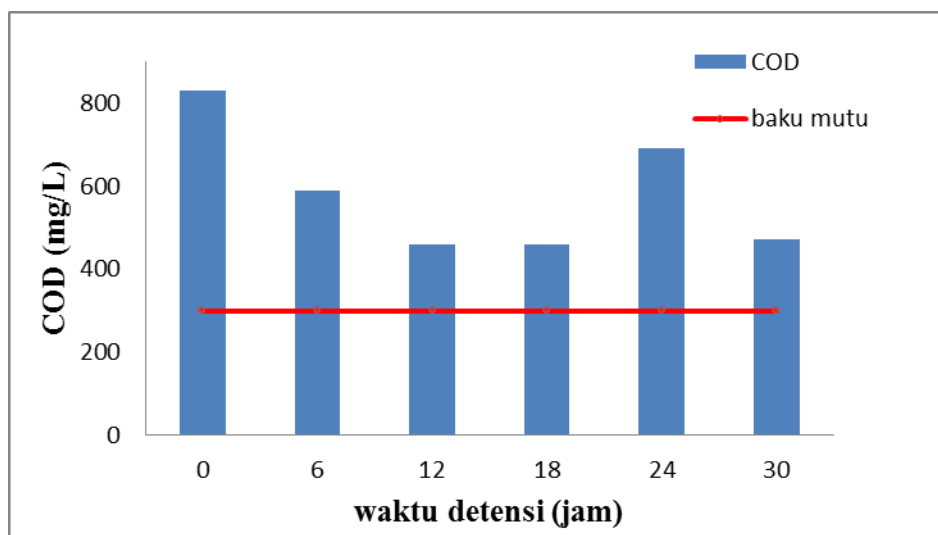
Proses denitrifikasi berdasarkan reaksi redoks:



Amonia pada awal pengamatan sebelum pengolahan memiliki konsentrasi 88 mg/L. Nilai tersebut belum memenuhi baku mutu berdasarkan peraturan Standar Kepmen LH No.59/2016 tentang baku mutu air lindi amonia yang di izinkan untuk dibuang langsung ke lingkungan yaitu sebesar 60 mg/L. Setelah pengolahan terjadi penurunan kadar amonia yaitu pada waktu 6 jam dengan hasil pengolahan sebesar 20 mg/L hingga konsentrasi terendah sebesar 3 mg/ L pada waktu ke 12 jam. Pada tahap ini terjadi proses denitrifikasi sehingga konsentrasi amonia menurun dan menghasilkan nitrogen dalam bentuk gas (N₂). Akan tetapi mengalami peningkatan kembali pada waktu ke 24 jam yaitu 4 mg/L, ini dikarenakan sebelumnya bakteri memasuki fase kematian sehingga proses denitrifikasi terganggu yang mengakibatkan nilai amonia meningkat dan mempengaruhi nilai pH [13]

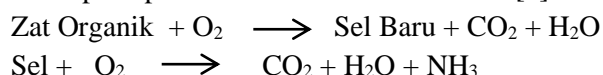
3.2.3 Nilai COD

Chemical Oxygen Demand (COD) menyatakan kebutuhan O₂ yang digunakan untuk mengoksidasi sejumlah zat organik didalam air. Hasil pengukuran sampel lindi terhadap nilai COD dapat dilihat pada gambar 5 :



Gambar 5. Grafik nilai analisa COD

Dari data grafik dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai COD dengan waktu detensi optimal pada 12 jam. Penurunan kadar organik yang dihitung sebagai COD mengindikasikan kinerja mikroorganisme di MSL berupa kelompok bakteri, fungi, plankton dan protozoa berhasil mendegradasi bahan organik di lindi. Mikroorganisme di MSL hidup dengan bersimbiosis mutualisme dan melakukan proses degradasi berantai oleh keseluruhan bakteri yang terdapat di MSL. Dua atau lebih jenis mikroorganisme ini melakukan proses penguraian zat organik sebagai sumber makanan dan energi dengan pemakaian oksigen untuk respirasi dan pembentukan sel mikroorganisme. Mekanisme Penguraian digambarkan pada persamaan reaksi di bawah ini [8]:



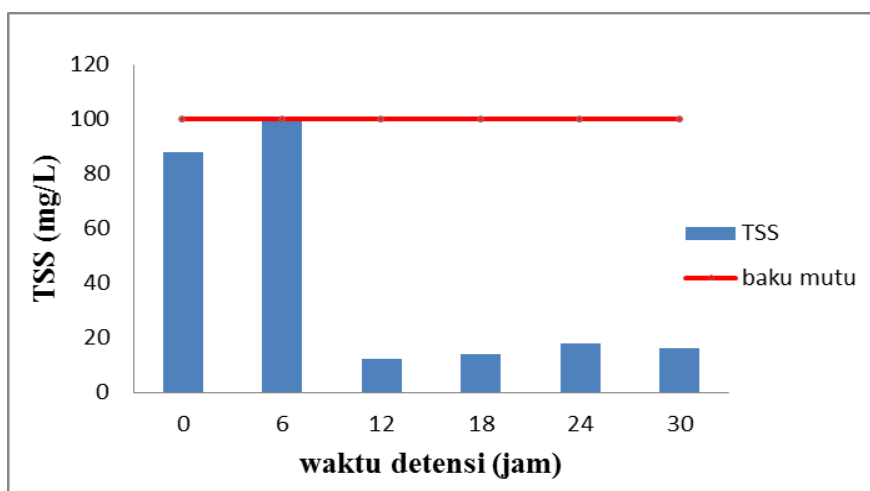
Penurunan kadar COD juga dapat dipengaruhi oleh proses denitrifikasi karena reduksi N₂O. Arang yang digunakan pada zona anaerob bersama lumpur PDAM. Dimana arang menjadi sumber karbon untuk proses denitrifikasi. Sedangkan logam besi yang berlimpah dalam lumpur PDAM tereduksi

menjadi Fe^{2+} dan secara bertahap ditransfer ke lapisan anaerob untuk degradasi fosfat dan proses reduksi senyawa organik lainnya oleh mikroorganisme [8].

Akan tetapi konsentrasi COD belum memenuhi baku mutu dikarenakan MSL pada penelitian ini masih belum efektif menurunkan kadar COD. Nilai COD lindi sebelum proses yaitu 832 mg/L dan setelah pengolahan dengan waktu optimal 12 jam hanya mampu turun hingga 459 mg/L. Berdasarkan peraturan Standar Kepmen LH No.59/2016 tentang baku mutu air lindi COD yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan sebesar 300 mg/L. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa pada sistem MSL masih belum stabil. Keberadaan logam Fe yang cukup besar pada lumpur PDAM dapat menjadi indikasi gangguan sistem mikroorganisme. Besi termasuk salah satu logam berat yang dalam jumlah kecil diperlukan bakteri sebagai *trace element*, akan tetapi jika jumlahnya berlebih maka akan menjadi *inhibitor* yang menghambat aktivitas bakteri dengan cara mengikat enzim [14]. Kandungan besi oksida pada lumpur PDAM > 50%, jauh lebih tinggi dari kandungan besi di tanah andesol yang digunakan oleh [8]. Pada penelitian tersebut besi yang terdapat di tanah andesol jumlahnya memenuhi batas sebagai trace element bagi mikroorganisme sehingga hasil penguraian senyawa organiknya mencapai efisiensi yang tinggi.

5.2.4 Nilai TSS

Dari hasil penelitian pengaruh waktu terhadap TSS pada pengolahan lindi dapat di Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6, TSS mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu dan didapatkan waktu optimalnya yaitu 12 jam dengan penurunan konsentrasi 12 mg/L. Penurunan TSS berkaitan dengan penurunan senyawa organik yang terdapat di Lindi yang diinterpretasikan sebagai COD dan ammonia. Penurunan TSS ini disebabkan karena filtrasi pori-pori zeolit yang halus yang meningkatkan luas permukaan adsorpsi sehingga terjadi peningkatan penyisihan zat organik dan zat tersuspensi. Dengan penurunan ukuran pori-pori zeolit maka filtrasi mampu dengan baik menahan zat organik dan materi kecil dalam limbah cair ([7]).



Gambar 6. Grafik nilai analisa TSS

TSS mengalami peningkatan pada waktu ke 18 jam dikarenakan bahwa adanya pengaruh jumlah nutrisi terhadap kematian massa bakteri dan membentuk koloid yang sangat halus akibat penguraian zat organik dan jasad renik, serta gangguan apapun yang mengendap sangat cepat [13].

4. KESIMPULAN

Pada pengolahan lindi dengan metode MSL menggunakan lumpur PDAM, waktu detensi mempengaruhi hasil pengolahan. Waktu detensi berkaitan dengan lamanya waktu yang dibutuhkan mikroorganisme pada dua zona pengolahan yaitu zona aerobik dan zona anaerobik dalam mendegradasi senyawa-senyawa organik di dalam lindi. Semakin lama waktu tinggal semakin rendah konsentrasi parameter beban pencemar yang dihasilkan akan tetapi waktu tinggal yang terlalu lama dapat menurunkan kemampuan penurunan beban pencemar. Adapun waktu tinggal optimal yang didapatkan untuk pengolahan dengan metode MSL ini ialah 12 jam, sesuai dengan fase hidup mikroorganisme dimana pada waktu 12 jam dimana sistem memasuki fase stasioner yang telah mencapai kestabilan. Pengolahan melebihi dari waktu optimal mengalami penurunan dikarenakan sistem telah memasuki fase kematian dikarenakan nutrisi yang ada tidak mencukupi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura atas dukungan berupa fasilitas maupun moril yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sofyan, S.S., & Ardinal., A. (2009). Kombinasi Sistem Anaerobik Filter dan Multi Soil Layering (MSL) Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Kecil Menengah Makanan. In *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)* (Vol. 3, Issue 2, pp. 118–127).
- [2] Lasah, Y. (2012). Kemampuan Multi Soil Layering Dari Lumpur PDAM dan Abu Sekam Padi Untuk Mengelola Limbah Fosfat dan Amonia Buatan. Skripsi Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- [3] Komala, P. S., Helard, D., & Delimas, D. (2012). Identifikasi mikroba anaerob dominan pada pengolahan limbah cair pabrik karet dengan sistem multi soil layering (MSL). *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 9(1), 74–88.
- [4] Masunaga, T., Sato, K., Mori, J., Shirahama, M., Kudo, H., & Wakatsuki, T. (2007). Characteristics of wastewater treatment using a multi-soil-layering system in relation to wastewater contamination levels and hydraulic loading rates: Original article. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53(2), 215–223.
- [5] Aziz, Hermansyah, Yefrida, Delvina, R. F. (2010). *Diseminasi Seminar Dan Rapat Tahunan BKS=PTN MIPA*
- [6] Ivontianti, W. D., Budhijanto, W., & Syamsiah, S. (2016). Evaluasi Waktu Start Up pada Proses Peruraian Limbah Stillage secara Anaerobik Menggunakan Reaktor Fixed Bed Kontinyu dengan Zeolit sebagai Media Imobilisasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, 111.
- [7] Adinda, T., & Elystia, S. (2015). *Metoda Multi Soil Layering Dalam Pengolahan Air Gambut Dengan Variasi Hydraulic Loading Rate Dan Material Organik Pada Lapisan Anaerob*. 2(1), 1–7.
- [8] Novela, D. dan Dewata, I. (2019). Penurunan COD, BOD DAN TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu Melalui Sistem Multy Soil Layering (MSL) Menggunakan Arang Karbon Ampas Tebu. *Journal of RESIDU* vol: 3. ISSN PRINT: 2598-814X. ISSN ONLINE: 2598-8131
- [9] Nahadi, Hernani, & Khoirunisa, K. (2005). Dalam Limbah cair Industri Oleh : Nahadi , Hernani , Fitri Khoirunnisa Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia. *Jurnal Pengajaran Mipa*, 6(2), 63–71.
- [10] Chouhan, D.A. (2012). Paper II: Microbial Physiology and Microbial Techniques, Unit II; Microbial Growth. Departement of Microbiology, D.B. Science College. Gondia.
- [11] Nugroho, R. (2003). Pemanfaatan mikroba autotroph dalam pengolahan limbah nitrat konsentrasi tinggi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(3), 122–127.

- [12] Rajta, a., Bhatia, R., Setia, H., & Pathania, P. (2020). Role of heterotrophic aerobic denitrifying bacteria in nitrate removal from wastewater. *Journal of Applied Microbiology*, 128(5), 1261–1278. <https://doi.org/10.1111/jam.14476>
- [13] Madigan, M.T, Martinko J.M., Dunlap P.V., Clark D.P. (2009). *Brock Biology Of Microorganisms Twelfth edition*
- [14] Schnürer, A., & Jarvis, Å. (2010). *Microbiological Handbook for Biogas Plants*.