

KINERJA SUBSURFACE CONSTRUCTED WETLAND

by Ariani Dwi Astuti

Submission date: 12-Apr-2023 02:45PM (UTC+0700)

Submission ID: 2062366508

File name: JURNAL_LEMLIT_online.pdf (573.77K)

Word count: 7343

Character count: 41274

PENELITIAN DAN KARYA ILMIAH

Dewan Redaksi

Pemimpin Redaksi :

Prof. [Aqus Budi Purnomo](#), PhD

Anggota Redaksi

Dr. [Dody Pravitno](#).

Dr.-Ing. Ir. [Melati](#) (Trisakti)

Ir. [Gatot Budi Santoso](#), M.Kom.

Mitra Bestari

Dr. Ir. [E. Shinta Yulian](#). (Trisakti)

Prof. [Farah Margareta Leon](#),
Ph.D. (Universitas Trisakti)

Dr. [Astri Rinanti](#), MT (trisakti)

Prof. [Dadan Umar Daihani](#)
(Trisakti)

[HOME](#) [ABOUT](#) [LOGIN](#) [REGISTER](#) [SEARCH](#) [CURRENT](#) [ARCHIVES](#)
[ANNOUNCEMENTS](#)

Home > Archives > **Vol 1, No 2 (2016)**

Vol 1, No 2 (2016)

Table of Contents

Articles

[PENGARUH CUSTOMER VALUE TERHADAP CUSTOMER SATISFACTION DAN CUSTOMER LOYALTY SEBAGAI STRATEGI MENUJU BISNIS BERKELANJUTAN PADA FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS UNIVERSITAS TRISAKTI](#)

Eko Retno Indriyani

[PDF](#)

[ANALISIS GEOLOGI WILAYAH SUNGAI CINAMBO Mendukung KESINAMBUNGAN KEMANFAATAN WADUK JATIGEDE, JAWA BARAT](#)

Sofyan Rachman, Harry Pramudito

[PDF](#)

[KINERJA SUBSURFACE CONSTRUCTED WETLAND MULTILAYER FILTRATION TIPE ALIRAN VERTIKAL DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN AKAR WANGI \(Vetivera Zozanoides\) DALAM PENYISIHAN BOD DAN COD DALAM AIR LIMBAH KANTIN](#)

Ariani Dwi Astuti, Muhammad Lindu, Ramadhani Yanidar, Maria Manda Kleden

[PDF](#)

[DIAGRAM FILOGENIK HASIL SEKUENS BASA DNA MENGGUNAKAN PROGRAM MEGA-7 \(MOLECULAR EVOLUTIONARY GENETICS ANALYSIS\)](#)

Harumi Yuniarti, Bambang Cholis S, Astri Rinanti

[PDF](#)

[KAJIAN KUALITAS AIR DAN KEANEKARAGAMAN JENIS FITOPLANKTON DI PERAIRAN WADUK PLUIT JAKARTA BARAT](#)

Melati Feranita Fachrul, Astri Rinanti, Diana Hendrawan, Aidian Satriawan

[PDF](#)

[PENGARUH KEBIJAKAN DIVIDEN TERHADAP KEKAYAAN PEMEGANG SAHAM PADA PERUSAHAAN MANUFATUR YANG TERDAFTAR DI BURSA EFEK INDONESIA](#)

Bayu Malindo Putra, Henny Setyo Lestari

[PDF](#)

**Semnas Cendekiawan
Ke 4 2018 Tinggal**

123:09:30:49

Days Hrs Mins Secs

Senin Kliwon, 30 April 2018 / 14 Sya'ban 1439 H
Jadwal Adzan untuk Kota Jakarta (GMT +7), 30 Apr 2018: Imsak: 04:27:45, Shubuh: 04:33:56, Dhuhur: 11:50:28, Ashar: 15:11:19, Maghrib: 17:47:23, Isya: 18:58:31

00264265

[OPEI JOURNAL SYSTEMS](#)
[LOKASI KAMPUS](#)
[KOPERTIS 3](#)
[AKREDITASI JURNAL](#)
[REGISTRASI E-ISSN](#)

[BUKU PETUNJUK PENGOPERASIAN DAN AKREDITASI SIS TRISAKTI](#)
[SISTER](#)
[SMART1](#)
[SMART2](#)
[SMART3](#)

[FORUM](#)

[JURNAL TRISAKTI TERINDEX DOAJ](#) [Universa Medicina](#) | [Media Ekonomi](#) | [Manajemen dan Pemasaran Jasa](#) | [Scientific Dental Journal](#) | [Media Riset Akuntansi, Auditing & Informasi](#) |

[JURNAL TRISAKTI TERINDEX SINTA](#) [Universa Medicina \(S2\)](#) | [MRAAI \(S3\)](#) | [Scientific Dental Journal \(S3\)](#) | [Jetri \(S4\)](#) | [Dimensi \(S4\)](#) | [Livas \(S4\)](#) | [DKV \(S5\)](#) |

[PENELITI USAKTI V SINTA](#)
[SITASI USAKTI V SINTA](#)
[SITASI USAKTI V GOOGLE SCHOLAR](#)
[www.PRchecker.info](#)

[OPENLIB](#)
[OAPEN](#)
[LITERATUR](#)
[FEEDBOOKS](#)
[PDFDRIVE](#)
[ARCHIVE](#)
[SOURCECODESTER](#)
[CODEFETCH](#)
[BOOKZZ](#)
[OPENHUB](#)
[KRUGLE](#)
[EBOOKINGA](#)
[CSOURCESEARCH](#)

00003748

LINK DOWNLOAD



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](#). Penelitian dan Karya Ilmiah, Lembaga Penelitian, Universitas Trisakti University ©2017. All right reserved..

KINERJA SUBSURFACE CONSTRUCTED WETLAND MULTYLAYER FILTRATION TIPE ALIRAN VERTIKAL DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN AKAR WANGI (*Vetivera Zozanoides*) DALAM PENYISIHAN BOD DAN COD DALAM AIR LIMBAH KANTIN

Ariani Dwi Astuti, Muhammad Lindu,
Ramadhani Yanidar, Maria Manda Kleden,

Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti
Jl. Kyai Tapa No.1, Gedung K, Jakarta 11440, Indonesia

E-mail : ariani_da@trisakti.ac.id

Abstract

Wastewater from the canteen is a domestic wastewater that has high concentrations of organic matter that needs to be processed before being released and not contaminating the water stream. The wastewater treatment at canteen SMA Negeri 34 Jakarta begins with collecting basin and aeration basin, and then it is pumped into two reactor that is the subsurface constructed wetland multilayers filtration type flow vertical with Vetiver Grass unit (SCW-MLF) and multilayers filtration type flow vertical unit without plants (MLF) as a control. The purpose of this study was to test the effectiveness of the vetiver grass in wastewater treatment with subsurface constructed wetland unit multilayers filtration type vertical flow with vetiver grass to fulfill effluent standards before it is released into stream water. Methodology of the study was conducted from acclimatization of plants, removal the plant to the SCW-MLF unit, and analyze the quality of wastewater. Flowrate that goes into the processing unit is 6.9615 m³/day. The detention time in SCW-MLF unit was 17.7 hours. The results showed that at steady state COD organic loading on SCW-MLF unit is 917.08 to 4126.84 kg COD/ha/day for the removal efficiency around 69.2 to 80.0%, BOD organic loading is 309.78 to 850.73 kg BOD/ha/day for the removal efficiency 61.2 to 70.8%. K value SCW-MLF unit around 0.55 to 0.71 m/day for BOD, 0.57 to 0.89 m /day for COD. The concentration of the wastewater effluent from WWTP are complied to effluent standart regulation (Pergub DKI Jakarta No. 112 Tahun 2005).

Key word : SCW-MLF, MLF, removal efficiency, organic loading K value

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data kerusakan ekosistem sungai Kementerian Lingkungan Hidup Tahun 2013, Sungai Ciliwung merupakan ekosistem sungai yang mengalami tekanan beban pencemaran yang tinggi dibanding sungai-sungai lain di Pulau Jawa. Data menunjukkan penurunan kualitas air sungai terbesar diakibatkan dari air limbah domestik yakni sekitar 80%. Menurut Pergub DKI Jakarta No 122 Tahun 2005, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga, perumahan, rumah susun, apartemen, perkantoran, rumah dan kantor rumah dan toko, rumah sakit, mall, pasar swalayan, balai pertemuan, hotel, industri, sekolah, baik berupa grey water (air bekas) ataupun black water (air kotor/tinja).

Berdasarkan data pokok pendidikan Dinas Pendidikan Provinsi DKI Jakarta Tahun 2015, terdapat 2.049 Taman Kanak - Kanak, 2.777 Sekolah Dasar, 1.098 Sekolah Menengah Pertama, 488 Sekolah Menengah Atas, 605 Sekolah Menengah Kejuruan dan 109 Pendidikan Luar Biasa. Sebagian besar aktivitas siswa dan

siswi dilakukan di sekolah. Aktivitas tersebut menghasilkan air limbah baik *black water* maupun *grey water*. Salah satu sumber air limbah *grey water* sekolah adalah air limbah kantin yang mengandung konsentrasi *biochemical oksigen demand* (BOD), *chemical oksigen demand* (COD), minyak dan lemak, nitrogen, fosfat dan deterjen yang dapat mencemari badan air bila tidak diolah terlebih dahulu. Air limbah yang mengandung bahan organik dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme sehingga bila dibuang ke badan air akan meningkatkan populasi mikroorganisme, sehingga akan menaikkan kadar BOD sedangkan sabun yang mengakibatkan naiknya pH air (Andiese, 2011).

Oleh sebab itu, sekolah sebaiknya memberikan fasilitas sanitasi yang baik bagi siswa dan berkontribusi terhadap lingkungan dengan melakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke badan air. Alternatif sistem pengolahan limbah secara biologis dapat dijadikan pilihan utama. Salah satunya adalah sistem lahan basah atau *constructed wetland*.

2. TINJUAN PUSTAKA

2.1 *Subsurface Constructed Wetland multilayers filtration tipe aliran vertikal dengan tanaman akar wangi*

Menurut Metcalf & Eddy (1993), *Wetland* (lahan basa) adalah sistem yang termasuk pengolahan alami, dimana terjadi aktivitas pengolahan sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis, karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman. Proses menggunakan tanaman untuk memecah kontaminan juga disebut sebagai fitoremediasi (US EPA, 1998).

Menurut Supradata (2009), pada prinsipnya *Wetland* dapat dibedakan menjadi 2 (dua) kategori dan secara skematis dapat digambarkan sebagai berikut:

1. *Wetland Alamiah (Natural Wetland)*

Sistem ini umumnya merupakan suatu sistem pengolahan limbah dalam area yang sudah ada secara alami, contohnya daerah rawa.

2. *Wetland Buatan (Constructed wetland)*

Sistem pengolahan yang direncanakan, seperti untuk debit limbah, beban organik, kedalaman media, jenis tanaman dan lain - lain, sehingga kualitas air limbah yang keluar dari sistem tersebut dapat dikontrol/diatur sesuai dengan yang dikehendaki oleh pembuatnya.

Percobaan pertama penggunaan *Constructed wetland* (CW) untuk pengolahan air limbah dilakukan oleh Kathe Seidel di Jerman pada awal 1950-an (Vymazal, 2005). CW dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan lanjutan yang dipilih karena hemat biaya dan secara teknis layak untuk mengolah limbah cair. Selain itu, secara estetika menyenangkan dan dapat mengurangi atau menyisihkan bau yang ditimbulkan dari air limbah (US EPA, 1998).

2.2. Jenis - jenis CW Berdasarkan Jenis Alirannya

Dalam Moshiri (1993), berdasarkan sistem aliran, jenis - jenis CW yaitu sistem aliran permukaan (*Surface Flow Constructed wetland*) atau (*Free Water System/FWS*) dan sistem aliran bawah permukaan (*Subsurface Flow Constructed wetland/SSF*).

1. *Constructed wetland* dengan aliran permukaan (*free water surface constructed wetland multilayers/FWS*), adalah sistem *constructed wetland* yang pengolahannya terjadi di atas permukaan atas air dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan yang mengambang. FWS efisien dalam menyisihkan nitrogen (N)

melalui denitrifikasi dan volatilisasi amonia, tetapi tidak dapat secara efektif menyisihkan fosfor (P) (Taylor et al, 2006).

2. *Constructed wetland* aliran bawah permukaan (*Subsurface Flow Constructed wetlands/SSF*) merupakan sistem *wetland* yang bekerja di dasar air dengan menggunakan akar tumbuhan dan media seperti pasir, kerikil dan batuan halus. Prinsip kerja sistem pengolahan limbah tersebut dengan memanfaatkan simbiosis antara tumbuhan air dengan mikroorganisme dalam media di sekitar sistem perakaran (*Rhizosphere*) tanaman tersebut. Sistem aliran bawah permukaan dibedakan antara berdasarkan apakah arah utama aliran horizontal atau vertikal. Dalam sistem aliran horizontal atau *horizontal flow* (HF), air masuk melalui inlet, mengalir perlahan melalui substrat, dan keluar melalui outlet di sisi lain dari sistem.

Dalam aliran vertikal atau *vertical flow* (VF) sistem air diterapkan pada permukaan lahan basah. Air yang pompa dikontrol dalam waktu dan dosis yang konsisten atau dengan mengaktifkan pompa mengambang sehingga debit air yang masuk ke *constructed wetland* yang diperlukan tergantung pada jumlah air yang memerlukan pengolahan..

2.3 Kriteria Disain *Subsurface Constructed Wetland*

Menurut Pustlitbangkim (1997) dan Moshiri (1993) yang perlu diperhatikan dalam pembuatan pengolahan air limbah dengan metode *constructed wetlands* sesuai jenisnya adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Rancangan dari Sumber Puslitbangkim dan Moshiri

No	Hal	Kriteria Desain	
		Sumber Pustlitbangkim (1997)	Sumber Moshiri (1993)
1.	Debit	-	7 m ² /m ³ /hari tipe VSB
2.	Lahan khusus <i>secondary treatment</i>	Bak pengendap 10 m ³	Bak Pengendap 5 m ² - 1 m ²
3.	Tipe aliran	Horizontal	Vertikal
4.	Outlet reactor	Atas	Bawah
5.	Perbandingan (W : L)	2 : 1	3 : 1
6.	Jenis filter	1 jenis filter	3 jenis filter
7.	Lapisan filter	1 lapis	3 lapis
8.	Ø media filter	kerikil 5 - 10 mm	Kerikil 1 - 5 cm dan pasir 3 - 16 mm
9.	Ketebalan media	80 cm	60 - 80 cm
10.	Porositas media	0,45	0,3 - 0,45
11.	Waktu tinggal	>5 hari	< 5 hari
12.	Kemiringan	5 %	1 %
13.	Vegetasi	Campuran	Campuran

Sumber : Puslitbangkim (1997) dan Moshiri (1993)

2.4 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Sistem *Subsurface Flow Constructed Wetland*

Dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem ini, terdapat 4 faktor/komponen yang mempengaruhi kinerja sistem tersebut yakni media, tanaman, mikroorganisme dan temperatur.

a) Media
b) Tanaman

Dalam Moshiri (1993) makrofita air berdasarkan sistem pengolahan air limbah dapat diklasifikasikan menurut bentuk kehidupan dari makrofita yang dominan adalah sebagai berikut :

1. *Free floating macrophyte*
2. *Root emergent macrophyte*
3. *Submerged macrophyte*

Penelitian Hanping Xia, et al. (2004) dilakukan pada pengolahan air limbah yang dihasilkan dari kilang minyak dari Maoming Petro-Chemical Company, Cina Petro-Chemical Corporation mengandung konsentrasi polutan organik dan anorganik yang tinggi. Hasil dari pengolahan 2 bulan mengindikasikan bahwa tingkat pemurnian *constructed wetland* untuk air limbah minyak suling sangat tinggi. Hasil termasuk penyisihan dari 97,7% amonia N, 78,2% dari COD, 91,4% dari BOD, dan 95,3% dari minyak di *batch* pertama dari *high concentrated wastewater* (HCW), dan 97,1% amonia N, 71,5% dari COD, 73,7% dari BOD, dan 89,8% dari minyak di *batch* pertama dari *low concentrated waste water* (LCW).

Di Australia, akar wangi digunakan sangat berhasil sebagai bagian integral dari program penyaringan air dalam menyisihkan produk limbah dari septik tank limbah (Truong dan Hart, 2001).

Percobaan yang dilakukan di Thailand pada air tercemar menunjukkan bahwa akar wangi memiliki kemampuan untuk penyerapan logam berat dan terakumulasi dalam tunas dan akar (Sripenet al.,1996) menemukan bahwa akar wangi dapat menyerap jumlah besar Pb, Hg, Cd dalam air tercemar.

Dari percobaan di Cina, ditemukan bahwa akar wangi, yang tumbuh di sepanjang tepi sungai, atau di bagian dangkal danau untuk disaring terlebih dahulu dari bahan kimia, dan kemudian ditanam secara hidroponik dalam air bersama bank, secara efektif dapat menyisihkan N dan P. (Xia et al., 1998; Zheng et al., 1998). Para peneliti Cina dan pekerja menunjukkan bahwa akar wangi bisa menyisihkan nutrisi terlarut, dan mengurangi pertumbuhan alga dalam waktu dua hari di bawah kondisi percobaan. Dengan demikian, akar wangi sangat efektif digunakan untuk mengontrol pertumbuhan alga dalam air penuh dengan ganggang biru-hijau (*Narong Chomchalow Office of the President, 2003*).

c) Mikroorganisme

Mikroorganisme yang diharapkan tumbuh dan berkembang dalam media *subsurface flow constructed wetland* tersebut adalah jenis heterotropik aerob, karena pengolahan berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan mikroorganisme anaerob (*Vymazal dalam Tangahu dan Warmadewanthi, 2001*).

d) Temperatur

Temperatur/suhu air limbah akan berpengaruh pada akitivitas mikroorganisme maupun tanaman, sehingga akan mempengaruhi kinerja pengolahan air limbah yang masuk ke dalam reaktor *subsurface flow constructed wetland* yang akan digunakan. Menurut Suriawiria (1993), temperatur/ suhu akan dapat mempengaruhi reaksi dimana setiap kenaikan 10 °C akan meningkatkan reaksi 2 - 3 kali lebih cepat.

Kondisi iklim di Indonesia secara umum memiliki iklim tropis dengan kisaran perbedaaan suhu (amplitudo) harian yang relatif kecil, maka suhu tidak dianggap faktor pembatas karena mikroorganisme dapat hidup sepanjang tahun.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian dan perancangan unit diperlukan data-data dasar, yaitu data primer dan data sekunder.

3.1 Data Primer

Data primer dikumpulkan dengan melakukan survei lapangan pada lokasi melalui pengamatan langsung dan wawancara dengan berbagai pihak yang terkait. Data primer meliputi :

1. Data debit limbah kantin
2. Data kualitas air limbah kantin

3.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data tambahan yang dipergunakan untuk menunjang dan melengkapi data primer, data sekunder yang diperlukan antara lain :

1. Denah sekolah beserta sistem penyaluran air limbah kantin.
2. Luas lahan dari pembangunan unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* tipe aliran vertikal.
3. Kondisi geologi, iklim, hidrologi dan topografi unit.

3.3 Tahap-tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap utama yaitu melakukan penelitian awal, mendisain unit dan melakukan penelitian utama.

a) Penelitian Awal

Penelitian awal dimaksudkan untuk mendapatkan data-data primer yang menjadi dasar rancangan unit. Hal-hal yang dilakukan sebagai berikut.

1. Survei lapangan.
2. Hasil pengamatan data primer dari unit litbang SMA Negeri 34 Jakarta, pengamatan sistem penyaluran air limbah, arah angin, topografi dan studi literatur.
3. Mengukur debit air limbah kantin SMA Negeri 34 Jakarta.
4. Menganalisis karakteristik kualitas air limbah kantin SMA Negeri 34 Jakarta untuk mengetahui kesesuaian pengolahan yang telah dilakukan.
5. Menghitung dimensi bak pengumpul, aerasi dan *subsurface constructed wetland multilayers filtration* (SWC-MLF) tipe aliran vertikal dengan kriteria desain.
6. Menganalisis kualitas air limbah kantin

b) Penelitian Utama

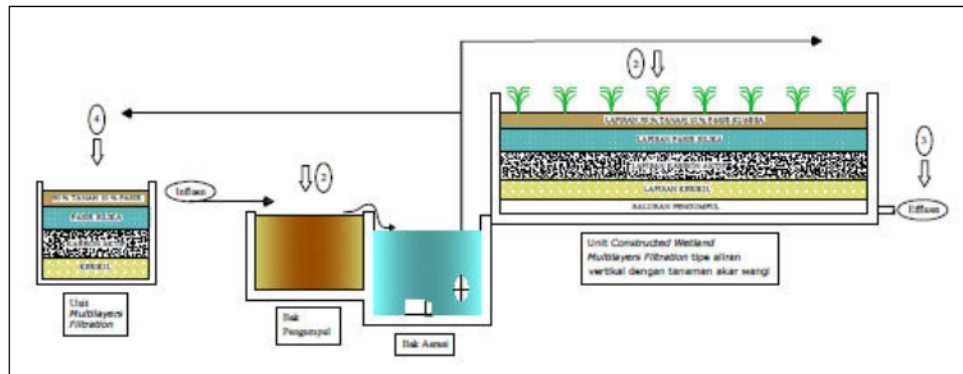
Pada penelitian utama ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Aklimatisasi akar wangi
2. Pindahkan tanaman akar wangi pada unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* tipe aliran vertikal
3. Operasi dan monitoring rangkaian sistem unit pengolahan serta mengamati pertumbuhan tanaman dari segi tinggi dan pucuk baru.

Analisis laboratorium dari sampel air limbah pada masing-masing titik yang telah ditentukan sebagai berikut :

- Titik 1 (bak pengumpul/ inlet bak aerasi)
- Titik 2 (outlet bak aerasi/inlet SCW-MLF)
- Titik 3 (outlet SCW-MLF) dan
- Titik 4 (outlet MLF)

Gambar skema unit dan titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema unit dan titik pengambilan sampel

Parameter-parameter yang diukur adalah pH, BOD, COD, N Total, P total serta minyak dan lemak. Setiap parameter diukur dengan metode yang berbeda - beda. Metode pengukuran ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Metode Pengukuran Tiap Parameter

No.	Parameter	Satuan	Metode
1.	pH	mg/L	Elektrometri
2.	COD	Unit	<i>Bichromat</i>
3.	BOD	mg/L	<i>Winkler</i>
4.	Total Kjedadhl Nitrogen	mg/L	<i>Kjedalh</i>
5.	Total Fosfat	mg/L	<i>Spektrofotometrik</i>
6.	Minyak & Lemak	mg/L	<i>Gravymetric</i>
7.	Tanaman	-	Tinggi tanaman

Hasil pengukuran parameter pH, COD, BOD, dibandingkan dari baku mutu effluen Peraturan Gubernur Privinsi DKI Jakarta No.122 Tahun 2005.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah kantin SMA Negeri 34 Jakarta yang diolah dalam unit sangat bervariasi dan fluktuatif setiap harinya. Parameter – parameter yang diukur dari setiap titik meliputi; pH, COD, BOD, Total Nitrogen, Total Fosfat serta minyak dan lemak. Karakteristik influen air limbah kantin dan efisiensi pengolahan yang diharapkan agar dapat memenuhi syarat baku mutu dapat dilihat pada Table 3.

Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi COD berkisar diantara 660 mg/L – 3200 mg/L maka efisiensi yang diharapkan dari pengolahan diharapkan adalah sebesar 87,98% – 97,5% agar memenuhi baku mutu sebesar 80 mg/L menurut Pergub DKI Jakarta No.112 Tahun 2005. Konsentrasi BOD berkisar antara 208 mg/L – 1208 mg/L maka efisiensi yang diharapkan dalam pengolahan ini adalah sebesar 75,96% – 95,86% agar memenuhi baku mutu sebesar 50 mg/. Konsentrasi minyak dan lemak berkisar antara 8,0 mg/L – 146,8 mg/L maka efisiensi yang diharapkan setelah pengolahan adalah sebesar 0% – 93,19% agar memenuhi baku mutu sebesar 10 mg/L. Konsentrasi total nitrogen adalah sebesar 3,1 mg/L – 26,6 mg/L dan konsentrasi total fosfat 1,8 mg/L – 51,8 mg/L. Konsentrasi total nitrogen dan total fosfat perlu diukur dalam penelitian yang terkait dengan *subsurface constructed wetland multilayers filtration* tipe aliran vertikal dengan tanaman akar wangi perlu dianalisis agar mengetahui kemampuan daya serap tanaman terhadap nutrisi ini.

Tabel 3. Karakteristik influen air limbah kantin SMA Negeri 34 Jakarta

No	Parameter	Satuan	Kisaran Konsentrasi	Baku Mutu	Efisiensi Penyisihan (%)
1.	pH	-	6,8 – 7,4	6-9*	-
2.	COD	mg/L	660 – 3200	80*	87,98 – 97,5
3.	BOD	mg/L	208– 1.208	50*	75,96 – 95,86
4.	TKN	mg/L	3,1 – 26,6	-	-
5.	TP	mg/L	1,8 – 51,8	-	-
6.	Minyak & Lemak	mg/L	8,0– 146,8	10*	0 – 93,19

Ket : *Baku Mutu Air Limbah Domestik berdasarkan Pergub DKI No.112 Tahun 2005

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium (2015)

5.2 Sistem Kerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Kantin

Sistem kerja instalasi pengolahan air limbah (IPAL) kantin dilakukan dalam dua tahap yakni pengolahan awal dan pengolahan lanjutan. Pengolahan awal dilakukan pada bak pengumpul dan bak aerasi dan pengolahan lanjutan dilakukan pada unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* tipe aliran vertikal dengan tanaman akar wangi (SCW-MLF) dan unit *multilayers filtration* tipe aliran vertikal (MLF) sebagai kontrol.

Air limbah kantin disalurkan melalui pipa-pipa dan dialirkan dalam bak pengumpul. Bak pengumpul berfungsi mengumpulkan air limbah kantin dan meratakan kualitas efluen. Setelah air limbah dari bak pengumpul penuh, air limbah akan mengalir secara gravitasi ke dalam bak aerasi. Aerator di bak aerasi berfungsi menyuplai oksigen untuk meningkatkan kadar oksigen dalam air limbah sehingga tercipta kondisi aerobik. Dengan kondisi tersebut, bakteri aerob dapat hidup dan membantu proses pengolahan secara biologis untuk menyisihkan bahan organik seperti BOD, COD, total nitrogen, total fosfat. Selain itu, suplai oksigen dari aerator juga berfungsi sebagai *air flotation* untuk mengapungkan minyak dan lemak ke permukaan. Air limbah akan mengalir secara otomatis ketika telah penuh karena di ujung bak aerasi dipasang pompa *submersible*. Unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* tipe aliran

vertikal dengan tanaman akar wangi (SCW-MLF) dan unit *multilayers filtration* tipe aliran vertikal (MLF) tanpa tanaman.

5.3 Unit Bak Pengumpul

Air limbah kantin sebelum diolah, dikumpulkan terlebih dahulu dalam sebuah bak pengumpul yang berfungsi untuk mengumpulkan air limbah dari kantin dan menghomogenkan influen air limbah yang fluktuatif. Waktu tinggal air limbah pada bak pengumpul adalah 30 menit. Lamanya air buangan di dalam bak pengumpul tidak boleh lebih dari 30 menit (Metcalf, 1991) untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air buangan. Analisis laboratorium terhadap sampel air limbah kantin di bak pengumpul dilakukan untuk mengetahui kualitas air limbah influen. Konsentrasi oksigen terlarut atau *dissolved oksigen* (DO) air limbah kantin pada bak pengumpul berkisar antara 1,67 - 2,01 mg O₂/L. Berdasarkan data hasil analisis pH pada bak pengumpul dapat dilihat bahwa kisaran pH adalah 6,4 - 7,5. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pH rata - rata adalah pH optimum yang merupakan salah satu faktor yang berperan bagi pertumbuhan bakteri.

5.3.1 Konsentrasi COD di unit Bak Pengumpul

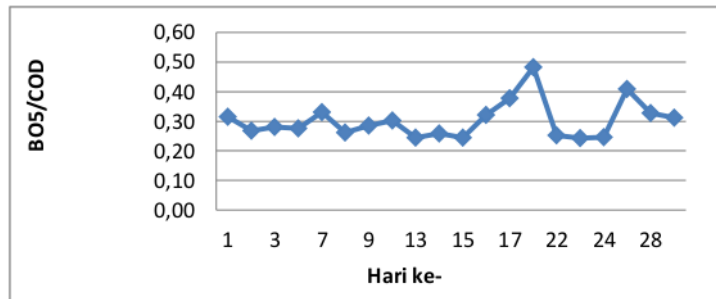
Chemical Oxygen Demand (COD) adalah ukuran setara oksigen dari bahan yang rentan terhadap oksidasi oleh oksidator kimia yang kuat. Untuk sampel dengan sumber spesifik, COD secara empiris dapat berhubungan dengan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), karbon organik, atau bahan organik (APHA, 1995). Zat - zat organik dan beberapa senyawa konduktor seperti besi (I) dan Mangan (II) dioksidasi menjadi CO₂ dan H₂O. Data hasil analisis laboratorium parameter COD di unit bak pengumpul selama 30 hari berkisar antara 666 mg/L - 3200 mg/L. Peningkatan konsentrasi dapat terjadi karena pada jam - jam tertentu debit *loading* organik mencapai puncak yakni pada jam istirahat yang disebabkan oleh banyaknya siswa yang makan dan minum di kantin sekolah.

5.3.2 Konsentrasi BOD di Unit Bak Pengumpul

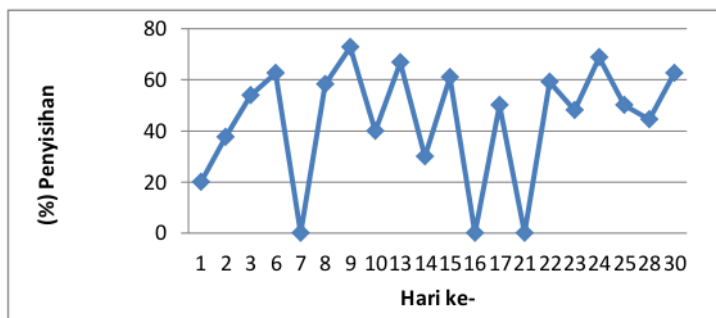
Biochemical Oxygen Demand (BOD) didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan oleh populasi mikroorganisme yang berada dalam kondisi aerob untuk menstabilkan materi organik (Qasym, 1985). Parameter yang banyak digunakan untuk menganalisis kualitas air permukaan maupun air limbah adalah BOD 5 hari pada suhu 20°C. Metode dilakukan untuk pengukuran BOD₅ adalah dengan mengisi sampel hingga meluap, rapat (kedap udara) dari ukuran yang ditetapkan dan diinkubasi pada suhu 20°C selama 5 hari. Oksigen terlarut telah diukur pada awalnya dan setelah inkubasi, dan BOD dihitung dari perbedaan antara DO awal dan akhir. DO awal dihitung dengan segera setelah pengenceran dilakukan. Karena semua oksigen terserap, termasuk yang terjadi selama 15 menit pertama sudah termasuk dalam pengukuran BOD (APHA, 1995). Data hasil analisis laboratorium parameter BOD₅ selama 30 hari, berkisar antara 208 mg/L - 705 mg/L. Peningkatan konsentrasi dapat terjadi karena pada jam - jam tertentu debit *loading* organik mencapai puncak yakni pada jam istirahat I (berkisar antara pukul 10.00 - 10.30 WIB), jam istirahat II (berkisar antara pukul 12.00 - 13.00 WIB) yang menyebabkan banyak siswa yang makan dan minum di kantin sekolah.

Pengukuran konsentrasi BOD dan COD pada pengolahan air limbah perlu dilakukan untuk menghitung efisiensi tiap unit pengolahan. Dalam air limbah, biasanya BOD lebih kecil dibandingkan COD dan semakin tinggi perbandingan BOD₅/COD menunjukkan makin tinggi kemampuan biodegradasi air limbah (El-Din B dan Hegazy E, 2013). Perbandingan BOD₅/COD air limbah baku domestik kota berkisar 0,4 - 0,8. Jika perbandingan berada dalam kisaran 0,15 - 0,35 maka biodegradasi air limbah adalah moderat. Sedangkan pada industri perbandingan BOD₅/COD < 0,1 karena tingginya bahan *nonbiodegradable* (El-Din, et al., 2013 & Chan., et al 009).

Kemudahan suatu senyawa organik mengalami proses biodegradasi dapat dilihat dari perbandingan antara BOD₅/COD, makin tinggi perbandingan tersebut makin mudah terbiodegradasi. Penentuan perbandingan BOD₅/COD penting dalam memilih sistem pengolahan (Tchobanoglus G dan Burton FL, 2003). Tren fluktuasi perbandingan BOD₅/COD di setiap unit pengolahan air limbah menunjukkan efisiensi setiap unit dalam menyisihkan bahan *biodegradable* dan *nondegradable*. Grafik perbandingan pada bak pengumpul BOD₅/COD ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva perbandingan BOD₅/COD ditampilkan di bak pengumpul



Gambar 3. Kurva Efisiensi pengolahan Parameter COD di bak aerasi

Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa perbandingan BOD₅/COD pada inlet bak pengumpul cenderung sama. BOD₅/COD pada inlet bak pengumpul berkisar antara 0,24 - 0,48. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kemampuan biodegraditas air limbah bersifat moderat.

5.4 Unit Bak Aerasi

Air limbah yang telah dikumpulkan di bak pengumpul selanjutnya akan mengalir secara gravitasi ke bak aerasi. Fungsi bak aerasi adalah meningkatkan oksigen dalam air limbah dengan penggunaan aerator dan berfungsi sebagai *air flotation* yang mampu menyisihkan parameter minyak dan lemak. Selain itu, bak aerasi juga efektif menyisihkan parameter-parameter seperti COD, BOD. Bak aerasi dirancang dengan waktu tinggal 1,3 jam. Berdasarkan proses pengolahannya, pada bak aerasi terjadi pengolahan fisik dan biologis. Selain itu, dengan adanya aerasi, kadar oksigen dalam air limbah meningkat dan memungkinkan pertumbuhan bakteri aerob untuk pengolahan biologis. Kadar oksigen terlarut di dalam bak aerasi berkisar antara 4,69 - 5,03 mg O₂/L. pH pada bak aerasi berkisar antara 6,3 - 7,3 sehingga

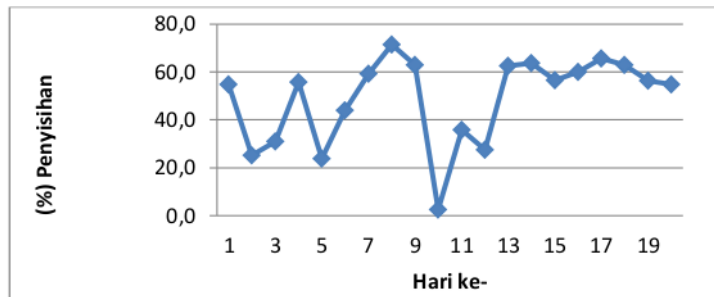
cukup baik untuk pertumbuhan bakteri. Penurunan pH dapat disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme aerob yang memanfaatkan O_2 dalam proses metabolisme dan menghasilkan CO_2 .

5.4.1 Penyisihan Konsentrasi COD di Unit Bak Aerasi

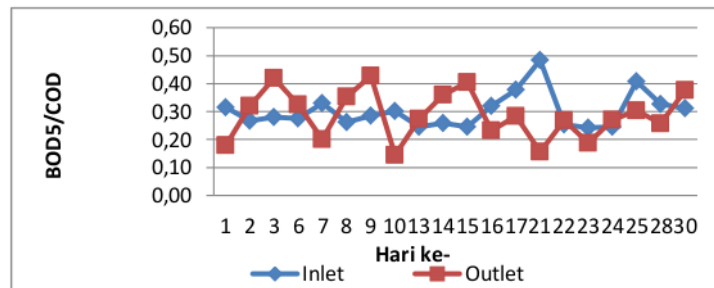
Kurva efisiensi pengolahan parameter COD di bak aerasi ditampilkan oleh Gambar 3. Berdasarkan grafik tersebut, efisiensi pengolahan COD pada bak aerasi, dapat terlihat bahwa efisiensi pada kondisi tunak pada proses pengolahan di bak aerasi (hari ke-22 - ke-30) berkisar antara 44,5% - 68,7%, bak aerasi efektif dalam menyisihkan konsentrasi COD pada air limbah kantin.

5.4.2 Penyisihan Konsentrasi BOD di Unit Bak Aerasi

Grafik efisiensi pengolahan parameter BOD di bak aerasi ditampilkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Efisiensi pengolahan Parameter BOD di bak aerasi

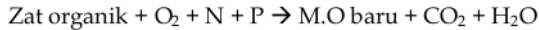


Gambar 5. Kurva perbandingan BOD₅/COD di bak aerasi

Berdasarkan grafik tersebut, dapat terlihat bahwa efisiensi pengolahan BOD pada kondisi tunak (hari ke-21 - hari ke-30) di bak aerasi berkisar antara 54,8% - 63,7%. Hal ini menunjukkan bahwa bak aerasi cukup efektif untuk menyisihkan konsentrasi BOD. Grafik perbandingan BOD₅/COD di bak aerasi ditampilkan pada Gambar 5. Perbandingan BOD₅/COD pada inlet bak aerasi berkisar antara 0,24 - 0,48. Sedangkan BOD₅/COD pada outlet bak aerasi berkisar antara 0,14 - 0,43. Penurunan BOD₅/COD di outlet pada unit ini dapat disebabkan oleh dua faktor yakni pengolahan fisik dan pengolahan biologis. Pengolahan fisik terjadi karena pengangkatan minyak dan lemak secara berkala yang menyebabkan bahan organik yang terlarut dalam air limbah ikut terisihkan. Pada bak aerasi dapat pula terjadi pengolahan biologis akibat aktivitas mikroorganisme dimana oksigen dikonsumsi oleh mikroorganisme aerob untuk memperoleh

energi dan mikroorganismenya baru akan terbentuk. Reaksi tersebut digambarkan melalui persamaan sebagai berikut.

Mikroorganisme aerob



Waktu tinggal yang singkat dan adanya konsentrasi minyak dan lemak yang cukup tinggi menyebabkan pengolahan fisik lebih dominan terjadi pada bak ini. Berdasarkan hasil analisis G. Nakhla, Victor Liu dan A. Bassi (2005) biodegradasi limbah dengan konsentrasi minyak dan lemak yang tinggi secara aerobik memiliki koefisien hidrolisis yang berkisar antara 0,21 - 0,66/hari. Hal ini menunjukkan bahwa biodegradasi sangat kecil terjadi pada limbah dengan konsentrasi minyak dan lemak yang tinggi.

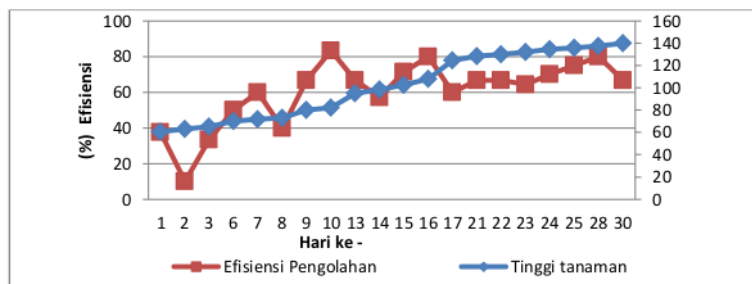
5.5. Unit *Subsurface Constructed Wetland Multilayers Filtration* dengan Tanaman Akar Wangi

Sebagai pengolahan lanjutan dari unit bak pengumpul dan unit bak aerasi, unit ini merupakan penelitian utama dalam tugas akhir ini. Tujuan utama dari unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* dengan tanaman akar wangi ialah mengolah limbah secara biologis untuk menyisihkan parameter pH, COD, BOD, TKN, TP serta minyak dan lemak yang terdapat dalam air limbah kantin SMA Negeri 34 Jakarta. Pengukuran kadar oksigen terlarut pada outlet dari unit pengolahan ini berkisar antara 3,02 - 3,36 mg O₂/L.

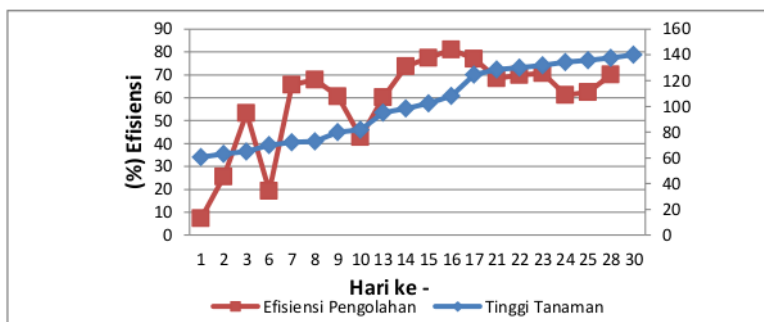
Unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* dengan tanaman akar wangi dirancang dengan tipe aliran vertikal dan memiliki waktu tinggal 17,76 jam. Waktu tinggal 3 - 5 jam dalam lahan basah buatan membantu mengurangi fraksi sedimentasi. Untuk mengurangi bahan organik, bakteri dan bahan racun, paling tidak membutuhkan waktu 24 jam (Ellis *et al.*, 2003). Sedangkan waktu tinggal 0,35 - 75 hari bergantung dari luas area dan debit yang masuk (Witthar, 1993). Pada unit ini juga dilakukan pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman. Indikasi tumbuh dan berkembangnya tanaman dapat dilihat dari faktor penambahan tinggi dan pucuk daun baru pada satu tanaman yang diamati serta pengukuran terhadap faktor fisik lingkungan seperti suhu udara dan kelembaban udara. pH air limbah yang telah keluar pada outlet unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* dengan tanaman akar wangi berkisar antara 6,5 - 7,6. Terjadi peningkatan pH pada unit ini jika dibandingkan dengan pH pada bak aerasi. Peningkatan pH terjadi seiring dengan penurunan CO₂ pada unit ini. Penurunan CO₂ disebabkan karena pemanfaatan gas CO₂ dalam proses fotosintesis tanaman akar wangi.

5.5.1 Penyisihan Konsentrasi COD di Unit *Subsurface Constructed Wetland Multilayers Filtration* dengan Tanaman Akar Wangi

Grafik efisiensi pengolahan parameter COD di unit SCW-MLF tipe aliran vertikal dengan tanaman akar wangi ditampilkan dalam Gambar 6. di bawah ini.



Gambar 6. Kurva efisiensi pengolahan parameter COD di unit SCW-MLF dengan tanaman akar wangi



Gambar 7. Kurva Efisiensi Pengolahan Parameter BOD di Unit SCW-MLF dengan Tanaman Akar Wangi

Berdasarkan grafik tersebut, efisiensi pengolahan parameter COD pada kondisi tunak berkisar antara 64,29% - 80%. Pada konsentrasi tinggi hari ke - 23 yakni 1165, efisiensi pengolahan adalah sebesar 64,29% sedangkan pada konsentrasi rendah 250 mg/L, efisiensi pengolahan adalah sebesar 66,67%. Beban organik sebesar 917,08 - 4126,84 kg/CODHa/Hari dengan mengambil nilai rata - rata COD yang masuk dan keluar dari unit pada kondisi tunak (hari ke-21 - ke-30).

5.5.2 Penyisihan Konsentrasi BOD di Unit *Subsurface Constructed Wetland Multilayers Filtration* dengan Tanaman Akar Wangi

Berdasarkan data hasil analisis laboratorium tersebut dapat terlihat bahwa pertumbuhan tanaman cukup berpengaruh untuk mereduksi BOD. Hal ini ditunjukkan dengan hasil analisis laboratorium pada hari ke-28 sampai dengan hari ke-30 yang telah memenuhi baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan dalam Pergub DKI Jakarta Selatan yakni 50 mg/L. Konsentrasi BOD tertinggi di outlet adalah hari ke - 2 yakni 382,55 mg/L dan terendah adalah 26 mg/L pada hari ke - 30.

Gambar 7. menampilkan efisiensi pengolahan parameter BOD di unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* dengan tanaman akar wangi. Berdasarkan grafik tersebut, efisiensi pengolahan parameter BOD pada kondisi tunak berkisar antara 61,2% - 70,8%. Pada konsentrasi tinggi hari ke - 24 yakni 225 mg/L, efisiensi pengolahan adalah sebesar 61,2% sedangkan pada konsentrasi rendah 94 mg/L, efisiensi pengolahan adalah sebesar 70,8%.

Dari hasil perhitungan, unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* dengan tanaman akar wangi ini mampu menyisihkan beban organik sebesar 309,78 - 850,73 kg/BODHa/Hari dengan mengambil nilai rata - rata BOD yang masuk dan keluar dari unit pada hari ke - 21 sampai hari ke - 30, karena BOD efluen pada waktu tersebut telah stabil. Grafik perbandingan BOD₅/COD pada unit SCW-MLF tipe aliran vertikal dengan tanaman akar wangi *multilayers filtration* tipe aliran vertikal ditampilkan pada Gambar 8.

Berdasarkan kurva tersebut dapat terlihat bahwa perbandingan BOD₅/COD di inlet dan outlet di unit SCW-MLF dengan tanaman akar wangi berfluktuasi. Pada inlet perbandingan BOD₅/COD berkisar antara 0,14 - 0,43. Sedangkan BOD₅/COD pada outlet berkisar antara 0,15 - 0,53. Perbandingan BOD₅/COD outlet yang mendekati 0,53 menunjukkan bahwa BOD₅ yang masuk ke SCW-MLF tidak seluruhnya tersisihkan sehingga air limbah yang keluar pada outlet masih mengandung bahan organik *degradable*. Hal ini dapat disebabkan karena beban yang masuk cukup tinggi sedangkan bakteri yang hidup memiliki kapasitas yang terbatas maka tidak semua bahan organik dapat tersisih.

Proses pengolahan biologis pada unit SCW-MLF dapat terjadi karena dua faktor yakni aktivitas mikroorganisme yang tumbuh dan melekat pada media filter dan akar tanaman dan penyerapan oleh akar tanaman. Mikroorganisme yang tersuspensi didalam air limbah akan tumbuh dan melekat pada

lapisan media filter dan akar tanaman sehingga membentuk lapisan lendir tipis yang disebut *biofilm*. Mikroorganisme akan mengkonsumsi senyawa organik untuk bertahan hidup dan reproduksi. Senyawa organik menjadi sumber energi untuk sintesa biomassa. Metabolisme pada unit SCW-MLF dengan tanaman akar wangi terjadi secara aerobik. Dengan bantuan oksigen terlarut mikroorganisme tersebut akan menghasilkan energi dan produk akhir berupa CO₂ dan H₂O. Reaksinya adalah sebagai berikut :

Bahan organik + O₂ + nutrien → energi + biomassa + CO₂ + H₂O + senyawa organik sederhana

Selain oleh mikroorganisme, penyisihan senyawa organik dalam unit SWC-MLF juga terjadi karena penyerapan oleh akar tanaman. Tanaman memanfaatkan biomassa hasil metabolisme mikroorganisme menjadi nutrien N, P, CO₂, H₂O dan senyawa organik sederhana untuk memenuhi kebutuhan nutrien yang berfungsi bagi pertumbuhan dan perkembangannya. Kelebihan biomassa akan disimpan dalam akar tanaman.

Mikroorganisme aerob menggunakan sisa karbon bersama dengan fosfor dan nitrogen membentuk sel – sel baru dan sebagian energi. Oksigen berfungsi sebagai akseptor elektron selama oksidasi zat organik berlangsung dan reaksi akan berhenti jika oksigen tidak tersedia. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

Mikroorganisme aerob

Zat organik + O₂ + N + P → M.O baru + CO₂ + H₂O

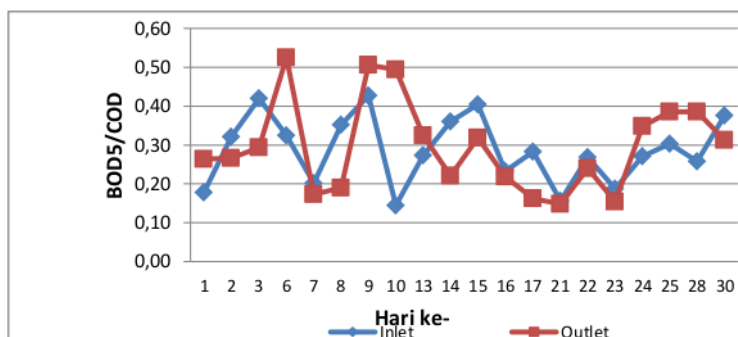
5.6. Unit *Multilayers Filtration* tanpa Tanaman

Sebagai pengolahan lanjutan dari unit bak pengumpul dan unit bak aerasi, Selain unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* dengan tanaman akar wangi (SCW-MLF), unit ini *multilayers filtration* (MLF) tanpa tanaman merupakan kontrol dalam tugas akhir ini. Tujuan utama dari unit MLF adalah pengolahan air limbah dengan cara biologis yakni dengan mengalirkan air limbah yang diolah dalam bed MLF dengan tipe aliran vertikal sebagai kontrol. Hal ini bertujuan untuk dapat membandingkan keefektifan penggunaan tanaman akar wangi pada SCW-MLF tipe aliran vertikal dengan tanaman akar wangi dan unit MLF yang diberikan kondisi dan lapisan yang sama (tanpa adanya tanaman). Proses dengan pertumbuhan melekat juga dikenal dengan metode biofilter. Massa mikroba tumbuh berkembang melekat pada media. Media yang digunakan dalam unit MLF sama dengan pada unit SCW-MLF sama dengan tanaman akar wangi. Suplai oksigen dapat dilakukan melalui aliran udara alami dengan metode aliran yang menetes (*trickling*) kebawah atau melalui peralatan mekanis (*submersible aerator* atau *diffuser* yang disuplai oleh *blower*) (Laila dkk, 2015). Parameter yang dianalisis juga sama dengan SCW-MLF dengan tanaman akar wangi yakni pH, COD, BOD. Bak ini didesain dengan kriteria desain *surface loading* dan waktu tinggal yang sama dengan unit SCW-MLF dengan tanaman akar wangi. Waktu tinggal pada unit MLF adalah 17,76 jam. Pengukuran pada outlet unit MLF menunjukkan kadar oksigen terlarut yang berkisar antara 3,69 – 4,02 mg O₂/L. Berdasarkan hasil pengamatan pH unit *multilayers filtration* tanpa tanaman (kontrol) berkisar antara 6,7 – 7,3. Kondisi pH mengalami peningkatan dari bak aerasi meskipun tidak signifikan. Peningkatan ini dapat disebabkan karena aktivitas biologis dari mikroorganisme yang menghasilkan gas CO₂ dari hasil respirasinya kemudian membentuk *ion buffer* (penyangga) yang berfungsi meningkatkan pH dalam air limbah kantin menjadi kondisi netral.

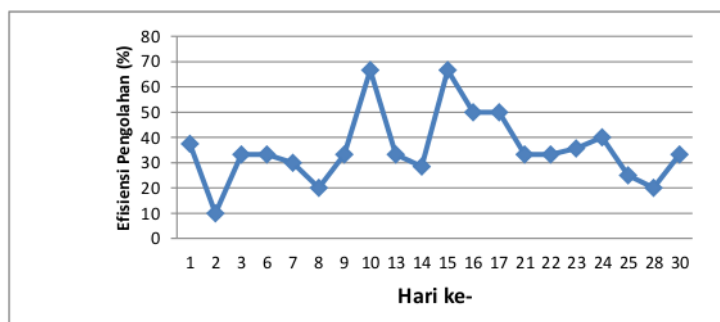
5.6.1. Penyisihan Konsentrasi COD di Unit *Multilayers Filtration*

Unit MLF juga memiliki kemampuan untuk menyisihkan parameter COD. Hal ini disebabkan karena pertumbuhan mikroorganisme pada media *multilayer*. Media multilayer dapat menyebabkan mikroorganisme yang terdapat dalam air olahan melekat lalu tumbuh dan berkembang biak. Pertumbuhan mikroba dapat terlihat dengan adanya biofilm yang terlihat lapisan lendir pada media.

Semakin luas permukaan media maka makin luas pula tempat tumbuh dan berkembang mikroorganisme dalam unit ini. Konsentrasi COD outlet MLF pada kondisi tunak adalah berkisar 749 – 166 mg/L. Konsentrasi ini masih jauh dari baku mutu yang ditetapkan dalam PerGub. DKI Jakarta yakni 80 mg/L. Grafik efisiensi pengolahan COD di unit MLF ditampilkan dalam Gambar 9.



Gambar 8. Kurva perbandingan BOD₅/COD pada SCW-MLF dengan Tanaman Akar Wangi



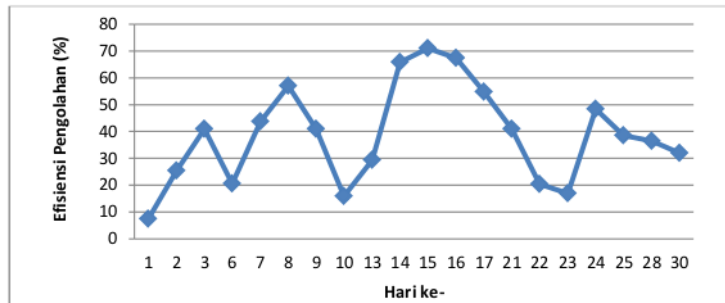
Gambar 9. Kurva efisiensi pengolahan COD di unit MLF

Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa penyisihan konsentrasi COD dalam unit *multilayers filtration* pada kondisi tunak (hari ke-21 – hari ke-30) berkisar antara 20% - 40%. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan biologis terjadi pada unit ini meskipun dengan dengan efisiensi pengolahan yang lebih kecil dibandingkan unit SCW-MLF dengan tanaman akar wangi. Efisiensi pengolahan pada unit ini cenderung menurun. Hal ini dapat disebabkan karena beban yang masuk cukup tinggi sedangkan mikroorganisme yang hidup memiliki kapasitas yang terbatas dalam penyisihan atau mengalami kejenuhan sehingga tidak seluruh bahan organik dapat diolah dengan baik. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa unit *multilayers filtration* ini mampu menyisihkan beban organik COD sebesar 458,39–2291,97 kg/COD Ha/Hari dengan mengambil nilai rata-rata COD yang masuk dan keluar dari unit pada kondisi tunak (hari ke-21 – hari-30).

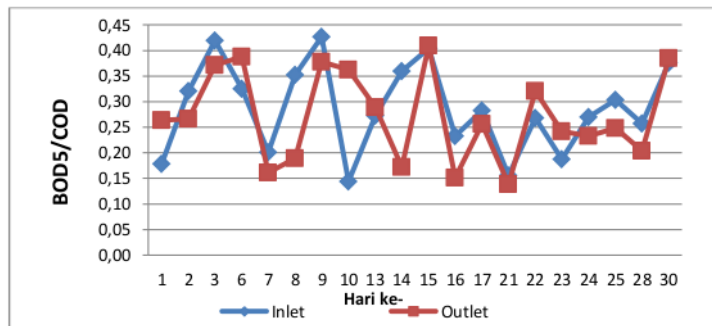
5.6.2. Penyisihan Konsentrasi BOD di Unit *Multilayers Filtration*

Semakin luas permukaan media maka makin luas pula tempat tumbuh dan berkembang mikroorganisme dalam unit ini. Konsentrasi BOD outlet MLF pada kondisi tunak adalah berkisar 181–62 mg/L.

Konsentrasi ini masih lebih tinggi dari baku mutu yang ditetapkan dalam PerGub. DKI Jakarta yakni 50 mg/L. Grafik efisiensi pengolahan BOD pada unit MLF ditampilkan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Kurva efisiensi pengolahan BOD di unit *multilayers filtration*



Gambar 11. Grafik perbandingan BOD₅/COD pada inlet dan outlet di MLF

Berdasarkan kurva tersebut, penyisihan konsentrasi BOD dalam unit *multilayers filtration* pada kondisi tunak (hari ke-21 – hari ke-30) berkisar antara 15% – 48,51%. Penyisihan BOD dalam unit ini cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan biologis terjadi pada unit ini meskipun dengan efisiensi pengolahan yang lebih kecil dibandingkan unit SCW-MLF dengan tanaman akar wangi. Efisiensi pengolahan pada unit ini cenderung menurun dapat disebabkan karena beban yang masuk cukup tinggi sedangkan mikroorganisme yang hidup memiliki kapasitas yang terbatas dalam penyisihan atau mengalami kejenuhan sehingga tidak seluruh bahan organik dapat diolah dengan baik.

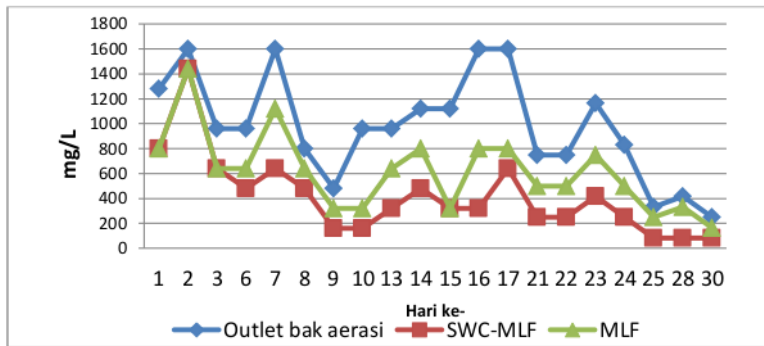
Dari hasil perhitungan terlihat bahwa unit *multilayers filtration* ini mampu menyisihkan beban organik BOD sebesar 9,24 – 545,41 kgBOD/Ha/Hari dengan mengambil nilai rata – rata BOD pada inlet dan outlet unit MLF pada kondisi tunak (hari ke-21– hari ke-30). Gambar 11. menampilkan grafik perbandingan BOD₅/COD pada inlet dan outlet unit MLF.

Berdasarkan grafik tersebut dapat terlihat bahwa perbandingan BOD₅/COD di inlet dan outlet pada unit MLF mengalami fluktuasi. Pada inlet perbandingan BOD₅/COD berkisar antara 0,14 – 0,42. Sedangkan BOD₅/COD pada outlet berkisar antara 0,14 – 0,41. Peningkatan perbandingan BOD₅/COD pada hari – hari tertentu dapat disebabkan karena beban yang masuk tinggi sedangkan mikroorganisme yang hidup memiliki kapasitas yang terbatas dalam penyisihan sehingga tidak seluruh bahan organik dapat diolah dengan baik. Namun pada umumnya pengolahan biologis pada unit *multilayers filtration* ini cukup efektif untuk menyisihkan parameter COD maupun BOD.

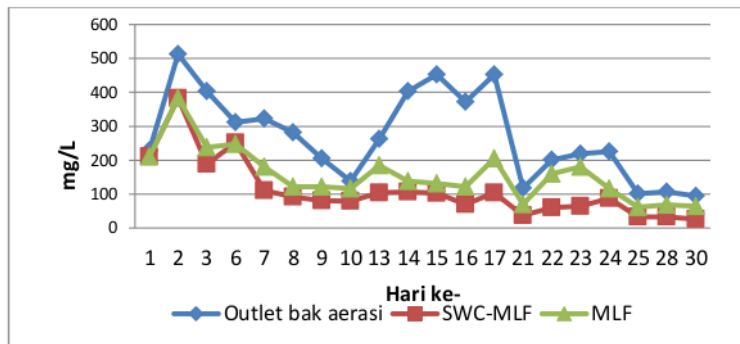
5.7. Perbandingan Hasil Penelitian di Unit *Subsurface Constructed Wetland Multilayers Filtration* dengan Tanaman Akar wangi dengan Unit *Multilayers Filtration* (Kontrol)

Dalam sub-bab ini ditampilkan perbandingan hasil pengolahan lanjutan air limbah kantin dengan unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* dengan tanaman akar wangi dengan unit *multilayers filtration* tanpa tanaman. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terjadi perbedaan signifikan antara outlet unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* dengan tanaman akar wangi dan unit *multilayers filtration* tanpa tanaman. Parameter yang mengalami perubahan signifikan adalah parameter COD, BOD, TKN, TP, Minyak dan Lemak.

Penyisihan COD pada unit SCW-MLF dengan tanaman akar wangi berkisar antara 69,24% - 80% sedangkan penyisihan unit MLF tanpa tanaman berkisar antara 20% - 40,7%. Sedangkan penyisihan BOD pada unit SCW-MLF dengan tanaman akar wangi berkisar antara 61,2% - 70,8% sedangkan efisiensi pengolahan unit MLF tanpa tanaman berkisar antara 15% - 48,51%. Grafik perbandingan parameter COD antara outlet bak aerasi, outlet unit SCW-MLF dengan tanaman akar wangi dan outlet unit MLF tanpa tanaman (kontrol) ditampilkan dalam Gambar 12. dan Gambar 13.



Gambar 12. Grafik perbandingan COD antara outlet bak aerasi, outlet unit SCW-MLF dan outlet MLF



Gambar 13. Grafik perbandingan parameter BOD antara outlet bak aerasi, outlet unit SCW-MLF dan outlet MLF

Pada minggu pertama, konsentrasi efluen pada setiap unit baik parameter COD maupun BOD pada kedua unit SCW-MLF dan MLF hampir sama namun setelah itu terlihat perbedaan yang signifikan. Seperti yang dibahas pada sub-bab sebelumnya, peningkatan efisiensi pengolahan pada SCW-MLF berbanding lurus dengan penambahan pertumbuhan tanaman. Semakin tinggi tanaman dan semakin banyak pucuk yang tumbuh maka pertumbuhan akar juga semakin besar. Hal tersebut menyebabkan

kemampuan tanaman untuk menyerap bahan organik yang dibutuhkan tanaman semakin besar. Selain itu, dengan makin luas dan dalam zona akar maka pertumbuhan mikroorganisme disekitar akar makin banyak. Hal tersebut yang menyebabkan peningkatan efisiensi pengolahan pada unit SCW-MLF. Hal ini yang membedakan efisiensi pengolahan antara kedua unit karena unit SCW-MLF dipengaruhi oleh media, tanaman akar wangi dan mikroorganisme yang hidup dikedua media tersebut. Namun unit MLF hanya dipengaruhi 2 faktor yakni media dan mikroorganisme yang hidup didalamnya. Hal itu yang menyebabkan kemampuan mikroorganisme di MLF dalam penyisihan kurang efektif jika dibandingkan dengan SCW-MLF dengan tanaman akar wangi. Hasil ini sejalan dengan hasil analisis Negisa et al. (2014) pada industri kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akar wangi mampu menyisihkan COD pada *Palm oil mill effluent* (POME) konsentrasi rendah adalah 94% dan 39% di POME konsentrasi tinggi. Untuk parameter BOD akar wangi mampu menyisihkan hingga 90% pada POME konsentrasi minimum dan 60% pada konsentrasi maksimum POME, sementara set kontrol (tanpa tanaman) hanya mampu menyisihkan 15% BOD.

Berdasarkan pembahasan diatas maka dapat disimpulkan bahwa unit SCW-MLF dengan tanaman akar wangi lebih efektif menyisihkan parameter COD, BOD, jika dibandingkan dengan tanaman akar wangi. Penyisihan yang terjadi berbanding lurus dengan pertumbuhan akar wangi.

Tanaman memainkan peranan penting dalam mengurangi pencemar. Tanaman memiliki empat fungsi/manfaat yakni sebagai filter materi *suspended solid*, tempat pertumbuhan mikroba, akar tanaman membantu oksigen ke dalam media dan memelihara substrat (Tchobanoglous, 1987, Brix, 1993 dalam Moshiri, 1993).

Dalam penelitian ini, indikasi tumbuh dan berkembangnya tanaman Akar Wangi dapat dilihat dari faktor penanaman tinggi dan banyaknya tunas - tunas baru yang tumbuh. Penelitian dilakukan di 5 titik penanaman dan dilakukan pula pengukuran terhadap faktor fisik lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara. Tinggi tanaman rata - rata setelah proses aklimatisasi (pada saat penanaman) adalah 60,5 cm. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan selama 30 hari selama proses penelitian. Tinggi tanaman rata - rata pada hari ke - 30 adalah 10 cm. Pada proses penanaman, jumlah bibit yang ditanam pada setiap lubang adalah 3 (tiga bibit) dan setelah 30 hari penanaman jumlah tunas baru yang tumbuh adalah 26 - 28 Jarak setiap titik penanaman adalah 50 cm dan banyaknya titik penanaman adalah 15 titik.

Manfaat tanaman akar wangi selain untuk menyisihkan parameter COD, BOD, TKN, TP serta minyak dan lemak, tanaman akar wangi juga memiliki manfaat yakni menghilangkan bau dan vektor yang biasa hidup dalam air limbah atau air yang tergenang seperti nyamuk, lalat dan lain - lain.

Hasil pengolahan air limbah kantin dalam penelitian ini, dengan menggunakan metode *subsurface constructed wetland multilayers filtration* tipe aliran vertikal dengan tanaman akar wangi *multilayers filtration* tipe aliran vertikal dengan melati air (*Vetivera zozainodes*), mampu mengolah air limbah tersebut hingga mencapai baku mutu yang ditetapkan walaupun influen yang masuk cukup tinggi. Dengan demikian bahwa unit ini mampu menyisihkan beban organik COD dan BOD berkisar 450 - 1200 dan 500 - 700 kg/Ha/hari. Tabel 4. menampilkan resume hasil pengamatan dan analisis penulis dibandingkan dengan literatur.

Tabel 4. Resume hasil pengamatan dan analisis penulis dibandingkan dengan literatur

No.	Hal	Penelitian Penulis (2015) di Unit SCW MLF dengan tanaman akar wangi	Penelitian Penulis (2015) di Unit MLF (kontrol)	Sumber Moshiri (1993)
1.	<i>Loading Rate BOD</i>	309,78 - 850,73 kgBOD/Ha/Hari	9,24 - 545,41 KgBOD/Ha/Hari	-
2.	Nilai K COD	0,1229 - 0,6902 m/hari	0,1129 - 0,284 m/hari	0,055 - 0,16 m/hari
3.	Nilai K BOD	0,042 - 1,159 m/hari	0,009 - 0,320 m/hari	0,027 - 0,18 m/hari

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian yang dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* tipe aliran vertikal dengan tanaman akar wangi berfungsi sebagai pengolahan biologis lanjutan. Pada kondisi tunak efisiensi pengolahan parameter COD 69,2 - 80,0%, BOD 61,2 - 70,8%.
2. Organik Loading pada unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* tipe aliran vertikal dengan tanaman akar berkisar antara 309,78 - 850,73 kg BOD/Ha/Hari dan 917,08 - 4.126,84 kg COD/Ha/Hari.
3. Pengolahan air limbah kantin dengan menggunakan *subsurface constructed wetland multilayers filtration* tipe aliran vertikal dengan tanaman akar wangi efektif untuk menyisihkan konsentrasi BOD dan COD hingga sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan Pergub DKI Jakarta.
4. Nilai K hasil penelitian pada unit *subsurface constructed wetland multilayers filtration* tipe aliran vertikal dengan tanaman akar wangi berkisar 0,55 - 0,71 m/hari untuk BOD, 0,57 - 0,89 m/hari untuk COD.

7. DAFTAR PUSTAKA

- ACEA (European Automobile Manufacturers Association), 2015
- Freeman, R J Jr, *Constructed Wetlands in the Southeast* dalam *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement I*, Edited By Moshiri, Gerald A, 1993
- Moshiri, Gerald A, 1993, *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement I*
- Terry, TB III, *Constructed Wetlands Wastewater* : dalam *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement I*, Edited By Moshiri, Gerald A, 1993
- Zhu, 2006, *Efect of Plant Haverst on Methane Emission from Two Constructed Wetlands Designed for the Treatment of Wastewater*, Japan.

KINERJA SUBSURFACE CONSTRUCTED WETLAND

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

13%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

3%

★ docobook.com

Internet Source

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

KINERJA SUBSURFACE CONSTRUCTED WETLAND

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19
