

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 64 - 73	SURABAYA 2016	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	---------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
6. Dr.Erina,S.T,M.T.
7. Drs.Suparno,M.T
8. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
9. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
4. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....i

DAFTAR ISI.....ii

- Vol 1 Nomer 1/rekat/16 (2016)

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH GAS ASETILEN PENGANTI FLY ASH TERHADAP KUALITAS GENTENG BETON SESUAI SNI 0096:2007

Ian Syahril Hidayat Has, Suprpto,..... 01 - 06

MANAJEMEN RESIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN VENETIAN GRAND SUNKONO LAGOON DI SURABAYA

Septiana Posmarito, Karyoto,..... 07 - 14

KUALIFIKASI PENGETAHUAN DAN KETERAMPILAN TUKANG PASANG BATU NON-SERTIFIKASI BERDASARKAN SKKNI PADA PROYEK PERUMAHAN SESDERHANA DI WILAYAH SIDOARJO

Satria Herdananda, Didiek Purwadi,..... 15 - 23

ANALISIS PENYEBAB KERUNTUHAN TEBING SUNGAI JAGIR WONOKROMO RIVER IMPROVEMENT SURABAYA

Dwi Ratih Wesesa, Djoni Irianto,..... 24 – 32

ANALISA PENANGGULANGAN BANJIR PADA SISTEM DRAINASE DAS SIDOKARE KABUPATEN SIDOARJO DENGAN MENGGUNAKAN HEC-RAS

Rossi Eka Mayasari, Djoni Irianto,..... 33 - 41

HUBUNGAN TEGANGAN-REGANGAN GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG (FLY ASH) DAN LIMBAH KERANG PADA TEMPERATUR NORMAL

Mokhamad Rusdha Maulana, Arie Wardhono,..... 42 - 48

PENGARUH TETES TEBU SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN (ADMIXTURE) TERHADAP KUAT TARIK LENTUR DAN LEBAR RETAK BALOK BETON

Prastika Wahid Santoso, Arie Wardhono,..... 49 - 55

PENGARUH JARAK PEMASANGAN SELF DRILLING SCREW (SDS) TERHADAP KUAT TARIK
DAN KUAT GESER SAMBUNGAN BATANG TARIK RANGKA ATAP BAJA RINGAN

Ivan David Kristanto, Suprpto, 56 - 63

CONSTRUCTED WETLANDS SEBAGAI UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN
SUMBER DAYA AIR DI UNESA

Irma Nur Fajar Wati, E.Titiek Winanti, 64 - 73



CONSTRUCTED WETLANDS SEBAGAI UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN
SUMBER DAYA AIR DI UNESA

¹⁾Irma Nur Fajar Wati

S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, irma.nur.fajar@gmail.com

²⁾E.Titiek Winanti

Dosen Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya,

winanti3234@gmail.com

Abstrak

Foodcourt Baseball Unesa menghasilkan limbah cair sebagai hasil dari kegiatan kantin yang dilangsungkan. *Foodcourt Baseball Unesa* membuang air limbah ke dalam saluran air yang mengalir ke sungai dan bozem Unesa. Air limbah yang langsung dibuang tanpa melalui sistem pengolahan air limbah masuk ke dalam bosem yang tentu menimbulkan pencemaran. Air limbah yang masuk ke bosem dapat menurunkan kualitas air dan dapat mengganggu kehidupan biota air di dalamnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas *constructed wetlands* tipe *subsurface flow* dengan *Canna Sp* dalam mengolah limbah cair *Foodcourt Baseball Unesa*. Sistem ini terbukti efektif menurunkan kadar pencemar dalam air limbah karena sistem kerjanya memanfaatkan akar tanaman air untuk mereduksi kandungan pencemar dengan oksigen yang dihasilkan.

Metode penelitian yang digunakan adalah memberikan perlakuan pada air limbah dengan mengalirkannya ke dalam model *constructed wetlands subsurface flow* berukuran 50 x 50 x 100 cm³ dengan kombinasi waktu detensi 1 (satu) hari, 3 (tiga) hari, dan 5 (lima) hari. Pengujian kandungan fisika dan kimia air limbah dilakukan di Laboratorium Organik ITS. Hasil penelitian menunjukkan pH limbah menjadi normal dari 8,5 menjadi 7, pengurangan TSS dari 84 mg/l menjadi 14 mg/l atau terjadi penurunan sebesar 83,33%, pengurangan COD dari 356 mg/l menjadi 44 mg/l atau terjadi penurunan sebesar 87,64%, pengurangan BOD dari 220 mg/l menjadi 26 mg/l atau terjadi penurunan sebesar 88,18%, pengurangan minyak dan lemak dari 42 mg/l menjadi 4 mg/l atau terjadi penurunan sebesar 90,48%, pengurangan nitrogen dari 241,84 mg/l menjadi 5,94 mg/l atau terjadi penurunan sebesar 97,54%, dan pospat dari 21,95 mg/l menjadi 0,125 mg/l atau terjadi penurunan sebesar 97,59%. Oleh karena itu, *constructed wetlands subsurface flow* dapat digunakan sebagai sistem pengolahan limbah cair di *Foodcourt Baseball Unesa*. Sistem ini juga dapat diterapkan untuk mengolah limbah rumah susun dan perumahan baik secara komunal maupun individu.

Kata Kunci : Pengolahan limbah cair, *constructed wetlands subsurface flow*, *Canna sp*, *Foodcourt Baseball Unesa*

Abstract

Foodcourt Baseball Unesa producing wastewater as the waste of canteen activities. *Foodcourt Baseball Unesa* pour wastewater into drainage which flow into river and Bozem Unesa. Wastewater flows in without any treatment Wastewater that flows into the bozem and has been polluting waterways. The content of pollutants in the bozem can degrade the water quality and can disrupt microbial life in bosem.

This research aim to know the effectiveness of *constructed wetlands* with *Canna Sp* to treat *Foodcourt Baseball Unesa's* wastewater. This system are proven effective in reducing organic pollutants level in domestical wastewater. *Constructed wetlands* are utilizing the roots of water plants to reduce the content of pollutants in waste water, it helped by oxygen producing.

The research metode are treat wastewater by flows it into prototipe of *constructed wetlands subsurface flow*, size 50 x 50 x 100 cm³ with combination of detention time are 1 (one) day, 3 (three) day, 5 (five) day. The effluent of this prototipe should be given to Organic Laboratorium of ITS to get the number of physics and chemistry. The effectiveness by using *constructed wetlands* give result in decreasing pH into normal that is from 8,5 become 7, removing TSS from 84 mg/l become 14 mg/l or has efficiency 83,33% of TSS removal, removing COD from 356 mg/l become 44 mg/l or has efficiency 87,64% of COD removal, remove BOD from 220 mg/l become 26 mg/l or has efficiency 88,18% of BOD removal, remove oils and fat from 42 mg/l become 4 mg/l or has efficiency 90,48% of oils and fats removal, remove nitrogen from 241,84 mg/l become 5,94 mg/l or has efficiency 97,54% of nitrogen removal, and remove phosphate from 21,95 mg/l become 0,125 mg/l or as efficiency 97,59% of phosphate removal. So that, the *constructed wetlands subsurface flow* can be aplicated as system to treat wastewater in *Foodcourt Baseball Unesa*. This system also suitable to treat wastewater in rusunawa and residential with comunal or individual treatment system.

Keyword: wastewater treatment ,*constructed wetlands subsurface flow*, *Canna sp*, *Foodcourt Baseball Unesa*

PENDAHULUAN

Aktivitas penduduk yang semakin beragam menghasilkan limbah yang beragam pula. Setiap limbah memiliki karakteristiknya sendiri-sendiri. Limbah cair kantin misalnya, memiliki karakteristik yang sama dengan limbah cair domestik (Metcalf dan Eddy, 2003). *Foodcourt Baseball Unesa* menimbulkan limbah cair setiap hari. Limbah cair tersebut di buang ke bosem Unesa tanpa melalui Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL). Hal ini akan mencemari air dalam bosem. Kandungan pencemar tanpa pengolahan, dapat menurunkan kualitas air serta mengganggu kehidupan biota air (Widyaningsih, 2011). Potensi masalah yang timbul antara lain bau (*odor*), gelembung udara pada permukaan air limbah di dalam saluran, kekeruhan, kenaikan suhu sampai kematian biota air.

Air memiliki kemampuan sendiri untuk memurnikan kandungan pencemar yang ada di dalamnya, kemampuan ini disebut dengan *self purification*. Proses *self purification* memungkinkan terjadinya proses oksidasi bahan organik secara alami oleh mikroorganisme dalam badan air penerima. Kuantitas maupun kualitas bahan organik yang tinggi akan berdampak pada waktu proses pemurnian yang lebih lama. Proses pemurnian tersebut memerlukan oksigen terlarut dalam air, sehingga ketersediaan oksigen bagi kehidupan di lingkungan tersebut berkurang. Hal ini dapat membawa kematian bagi biota air didalamnya (Tchobanoglous, 1998).

Constructed wetlands adalah salah satu sistem pengolah limbah cair yang terbukti efektif dalam menurunkan kadar pencemar organik dalam air limbah. *Constructed wetlands* memanfaatkan akar tanaman air untuk mereduksi kandungan pencemar dalam air limbah dengan oksigen yang dihasilkan. Proses kerja yang terjadi adalah aktifitas pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, gas transfer, adsorpsi, pengolahan kimiawi, dan pengolahan biologis akibat aktifitas tanaman untuk proses fotosintesis, fotooksida dan *plant up take* (Metcalf dan Eddy, 2003). *Constructed wetlands* memiliki keunggulan mudah di buat, biaya murah, perawatan mudah, dan bernilai estetika tinggi, di dukung dengan luasan lahan yang memadai serta tersedianya tanaman tropis yang dapat digunakan sebagai media pengolahan.

Constructed wetlands dibagi menjadi dua tipe yaitu *free water surface constructed wetlands* di

mana sistem yang bekerja berupa kolam sehingga air limbah mengalir di atas permukaan tanah, dan tipe *subsurface flow constructed wetlands* yaitu di mana air mengalir di bawah permukaan tanah sehingga tidak terjadi kontak langsung antara air limbah dengan udara sekitar. Berdasarkan beberapa penelitian seperti yang dijelaskan pada USEPA 2000, *constructed wetlands* tipe *subsurface flow* memiliki tingkat efektifitas yang lebih baik.

Foodcourt adalah lokasi berkumpulnya kios-kios makanan yang ada di tiap-tiap fakultas di kampus Ketintang Unesa. Terdapat 20 (dua puluh) kios yang ada di bangunan *Foodcourt Baseball Unesa*. *Foodcourt Baseball Unesa* dimiliki dan dikelola oleh Universitas Negeri Surabaya. Fasilitas yang disediakan *Foodcourt Baseball Unesa* adalah berupa ruang wastafel, kamar mandi, gazebo, kasir dan live music. Pengelolaan kantin ini dilakukan oleh pihak Hubungan Masyarakat (Humas) Universitas Negeri Surabaya. Kantin *Foodcourt Baseball Unesa* melayani seluruh mahasiswa, dosen, staf dan karyawan di Universitas Negeri Surabaya. Akan tetapi bangunan ini masih belum dilengkapi IPAL.

Air dari kamar mandi, untuk *grey water* langsung menuju bak kontrol dan jatuh di saluran air, sedangkan *black water* menuju septictank terlebih dahulu kemudian menuju bak kontrol, baru masuk ke saluran air. Minyak dan lemak yang dihasilkan tidak tersaring. Sehingga bak kontrol dalam saluran di dalam *Foodcourt* sering tersumbat.

Penyumbatan yang terjadi dapat mengakibatkan terganggunya kegiatan di dalam kantin, sehingga petugas kebersihan harus membuka dan membersihkan. Pada saat inilah bau tidak sedap keluar dan mengganggu kenyamanan pelanggan di *Foodcourt* seperti Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 1 Bak Kontrol *Foodcourt* Tersumbat

Limbah yang terdapat dalam bak kontrol ini adalah limbah cair jenis *gray water*. Kantin tidak memiliki *grease trap*, sehingga air limbah yang sampai di saluran akan terlihat seperti Gambar 2.1. Minyak dan lemak yang terdapat pada permukaan air mengakibatkan gangguan estetika.

Semakin beragam jenis makanan yang terdapat dalam *Foodcourt* akan semakin banyak buangan organik dalam badan air. Air limbah dengan kandungan organik tinggi yang di buang ke badan air penerima akan mengambil oksigen terlarut dalam jumlah besar untuk proses pengelolaan sebelum di buang ke badan air (Dhokikah, 2006). Hal ini mengakibatkan permasalahan lingkungan.



Gambar 2 Kondisi Saluran Drainase Kantin

Kondisi fisik limbah cair kantin *Foodcourt Baseball Unesa* terlihat keruh, pekat, dan terdapat banyak buih-buih pada permukaan air, serta minyak dan lemak yang berada di atas permukaan air yang mengakibatkan gangguan estetika. Terbukanya saluran ini mengakibatkan dedaunan yang jatuh masuk ke dalam saluran dan menyatu dengan minyak dan lemak. Air dengan kondisi seperti ini telah mengalir ke dalam bosem dan menambah beban pencemar di bosem. Ikan yang tinggal di dalam bosem kekurangan oksigen, sehingga mereka harus mendapatkan oksigen dengan naik ke atas permukaan air. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kondisi fisik air telah tercemar. Melihat hal ini, penanganan pengolahan terhadap limbah cair *Foodcourt Baseball Unesa* sangat perlu dilakukan. Oleh karenanya, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik limbah cair *Foodcourt Baseball Unesa* dan efisiensi pengolahannya menggunakan sistem *constructed wetlands subsurface flow*.

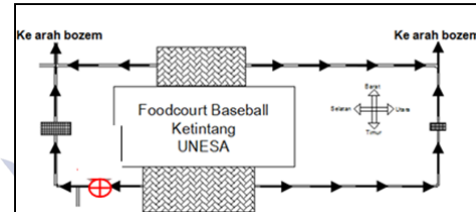
METODE

Penelitian dilakukan di Kampus Unesa Ketintang Surabaya. Air limbah yang di teliti adalah air limbah *Foodcourt Baseball Unesa*. Media reaktor yang digunakan sebagai pengolah limbah adalah prototipe dari *constructed wetlands*

subsurface flow yang berada di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, halaman gedung A4 Universitas Negeri Surabaya di Ketintang.

A. Teknik Pengambilan Sampel Air Limbah

Berdasarkan pada SNI-6989-59 Tahun 2008 Tentang Penentuan lokasi pengambilan contoh untuk keperluan efisiensi suatu IPAL, syarat yang harus dipenuhi salah satunya adalah di ambil pada titik yang memiliki aliran bertubulensi tinggi.



Gambar 3 Lokasi Pengambilan Sampel Air Limbah

Aliran pada saluran drainase *Foodcourt* tidak mengalir dengan lancar. Air mengalir dengan lancar saat hujan, apabila hujan tidak terjadi, maka hanya pada titik-titik tertentu saluran air memiliki aliran. Pada Gambar 3, lokasi yang di beri tanda merah adalah lokasi yang memiliki aliran dengan turbulensi tinggi. Air limbah di ambil dengan jarak 23 m dari bak kontrol sebelah timur.

Air sampel limbah harus diambil dengan menggunakan tempat yang tidak mengubah sifat dan kondisi air limbah. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol air mineral dengan volume 1,5 liter. Wadah sampel limbah berupa botol air mineral ini tidak mempengaruhi sifat contoh, mudah dicuci, mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya, dan mudah di bawa sesuai dengan standar alat pengambilan sampel dalam SNI 6989-59 Tahun 2008 Tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.

B. Teknik Pengolahan Limbah

Constructed wetlands berbentuk seperti pot raksasa di dalam terbuat dari kaca. Ukuran pot kaca 50 x 50 x 100 cm³. Debit rencana akan disesuaikan dengan ukuran pot kaca agar aliran dalam tanah dapat dikontrol. Perencanaan *constructed wetlands subsurface flow* menggunakan standar perhitungan yang digunakan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA). Pada buku-buku lain seperti *Design of Tropical Constructed Wetlands* oleh W.J. Ng dan G. Gunaratne juga menggunakan rumus perhitungan yang sama.

Penelitian ini membutuhkan perencanaan terhadap permodelan *constructed wetlands subsurface flow* yang akan digunakan. Oleh

karenanya perhitungan perencanaan dapat dilihat sebagai berikut:

- 1) Menentukan Kemiringan Saluran
Kemiringan saluran untuk desain *constructed wetlands* ini adalah 0,01.
- 2) Menentukan Jenis Media Tanam
Tanaman yang digunakan adalah *Canna Sp* dengan koefisien kedalaman akar mencapai 0,3 meter dari permukaan (*Studies of Santee California*).
- 3) Menentukan Nilai K_sS
Nilai-nilai K_sS akan bergantung pada jenis media tanah yang akan digunakan dalam perencanaan *constructed wetlands subsurface flow*.

Tabel 1 Karakteristik Media untuk Perencanaan *Constructed Wetlands Subsurface*

Media Type	Max. 10% Grain Size, mm	Porosity (n)	Hydraulic Conductivity (k_s), $m^3/m^2 \cdot d$	K_{20}
Medium Sand	1	0.42	420	1.84
Coarse Sand	2	0.39	480	1.35
Gravelly Sand	8	0.35	500	0.86

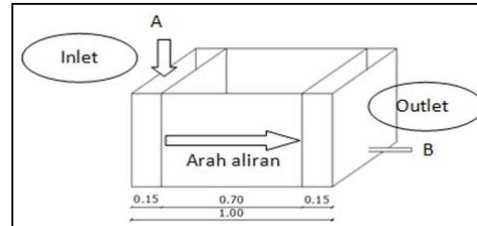
Tipe media yang digunakan dalam penelitian ini adalah *medium sand* dengan porositas 0,42 dan *hydraulic conductivity* 420 dan nilai K_{20} sebesar 1,84.

- 4) Menghitung K_sS
Pengecekan dalam perencanaan reaktor menggunakan rumus
 $K_sS = K_s \times S$
Perhitungannya adalah sebagai berikut;
 $K_sS = 420 \times 0,01$
 $K_sS = 4,2 < 8,6 \dots$ (maka perencanaan di terima)
- 5) Menghitung *Temperature-dependent Rate Constant*
Perhitungan *Temperature-dependent Rate Constant* menggunakan rumus
 $K_r = K_{20} \times (1,1)^{T-20}$
Maka di dapat hasil seperti di bawah ini;
 $K_r = 1,84 \times (1,1)^7$
 $K_r = 3,58$
- 6) Mencari *Section Area* (A_c)
Perhitungan *section area* menggunakan
 $A_c = Q : K_sS$.
Berikut perhitungannya;
 $A_c = Q : K_sS$
 $0,5 \times 0,51 = Q : 4,2$
 $Q = 0,5 \times 0,51 \times 4,2$
 $Q = 1,071 \text{ m}^3/\text{hari}$
- 7) Perhitungan Waktu Detensi
Perhitungan waktu detensi pada yang dibutuhkan prototipe *Constructed wetlands subsurface flow* dalam penelitian ini menggunakan rumus sebagai berikut.
 $T = V_v : Q$
 $T = L \times W \times d \times n : Q$
Maka perhitungannya sebagai berikut.

$$Q = (1 \times 0,51 \times 0,3 \times 0,42) / 3$$

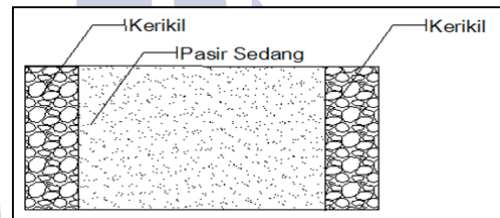
$$= 0,0214 \text{ m}^3/\text{d}$$

- 8) Sehingga diperoleh perencanaan seperti gambar berikut:



Gambar 4 Tampak Perencanaan *Wetlands*

Titik A merupakan *inlet constructed wetlands subsurface flow*. Arah aliran adalah dari titik A ke titik B. Luasan dengan tebal 15 cm pada gambar akan di isi dengan media kerikil. Sedangkan luasan dengan tebal 70 cm akan di isi dengan pasir lolos ayakan nomor 20 sampai dengan tertahan nomor 60, sehingga tampak seperti gambar di bawah ini.



Gambar 5 Tampak Atas Perencanaan *Wetlands*

Media pasir ini kemudian akan di tanami dengan bunga *Canna Sp* atau kana. *Cannaa Sp* akan di aklimatisasi selama 21 (dua puluh satu) hari. Aklimatisasi dilakukan untuk mengoptimalkan keadaan tanaman pada media reaktor. *Canna Sp* dalam konstruksi ini berperan sebagai media dalam membantu proses pemurnian air limbah kantin *Foodcourt Baseball Unesa* (lihat gambar 6).



Gambar 6 Tanaman *Canna sp* setelah di Aklimatisasi dengan Air Limbah

Air limbah dialirkan ke dalam *constructed wetlands* dengan waktu detensi 1 hari, 3 hari, dan 5 hari (lihat gambar 7). Waktu detensi pengujian di buat bervariasi agar dapat mengetahui efektifitas kinerja *constructed wetlands subsurface flow*.

Waktu detensi mempengaruhi efisiensi pereduksian material organik air limbah, sehingga dalam penelitian ini akan dapat diketahui efektifitas *constructed wetlands subsurface flow* dalam waktu 1 (satu) hari, 3 (tiga) hari dan 5 (lima) hari.



Gambar 7 Air Limbah Mengalir ke Dalam *Constructed Wetlands Subsurface*

Air limbah harus mengalir dengan debit yang sangat kecil, sehingga penyerapan dan filtrasi di dalam *constructed wetlands subsurface* terjadi dengan baik. Setelah tertahan dalam media selama waktu detensi yang ditentukan, pipa outlet di buka dan air limbah ditampung dalam bak penampungan. Kemudian diambil sampel nya dengan menggunakan botol plastik dan dimasukkan ke dalam *cooler box* untuk dibawa ke Laboratorium Organik ITS keesokan harinya (karena pengambilan sampel pada malam hari sehingga baru bisa dibawa ke laboratorium keesokan harinya).



Gambar 2.6 Air Limbah Tiba di Laboratorium Organik ITS

C. Parameter yang Diukur

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini di ambil sesuai dengan baku mutu air limbah domestik Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 yaitu pH, BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), Minyak dan lemak, serta P_{tot} (fosfat total) dan N_{tot} (nitrogen total) sebagai parameter tambahan. Analisis yang

dilakukan berupa membandingkan besar kandungan BOD, COD, pH, TSS, P_{tot} , N_{tot} , minyak dan lemak sebelum dan sesudah melewati reaktor serta menganalisis pergerakan jumlah kandungan pencemaran dengan variasi masa pengolahan. Serta memberikan kajian terhadap hasil yang diperoleh.

D. Hasil Penelitian

Tabel 3.1 Perbandingan Inlet dengan hasil Pengolahan

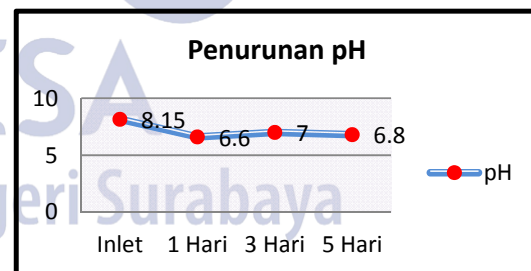
No	Parameter	Sat	Baku Mutu	Limbah	1 Hari	3 Hari	5 Hari
1	pH	-	6-9	8.15	6.6	7	6.8
2	TSS	mg/l	50	84	14	20	36
3	COD	mg/l	50	356	46	50	44
4	BOD	mg/l	30	220	28	31	26
5	Minyak & Lemak	mg/l	10	42	6	4	4
6	Nitrogen	mg/l	-	241.84	12.95	5.94	21.15
7	Fosfat	mg/l	-	21.95	0.125	0.18	0.53

Sumber: Data primer, 2015

Hasil pengolahan telah memenuhi standar baku mutu yang diijinkan untuk pembuangan air limbah ke badan air penerima atau sumber air berdasarkan Peraturan Gubernur No 72 Tahun 2013. Dengan demikian *constructed wetlands subsurface flow* dapat dikatakan berhasil mengolah limbah cair *Foodcourt Baseball Unesa* dan dapat diaplikasikan di dalam kegiatan sehari-hari. Berikut uraian dari masing-masing parameter.

1. pH

Setelah dilakukan pengujian terhadap nilai pH air limbah. Berikut hasil rekap nilai pH pada setiap kali percobaan.



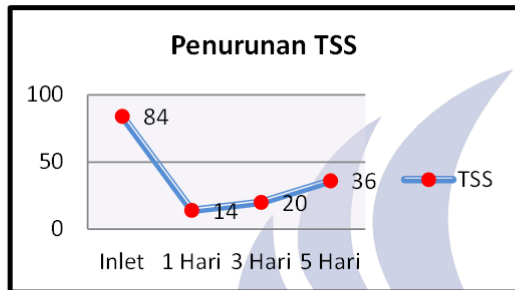
Gambar 3.1 Grafik Nilai pH

pH awal sebesar 8,50 kemudian menjadi 6,60 setelah melalui *constructed wetlands subsurface flow* dengan waktu detensi 1 (satu) hari, kemudian mengalami kenaikan menjadi 7,00 setelah melalui media *constructed wetlands* selama 3 (tiga) hari dan turun kembali menjadi 6,80 setelah melalui *constructed wetlands* selama 5 (lima) hari. pH yang bersifat basa atau asam dapat mempengaruhi proses penyisihan material organik dalam air limbah dan dapat menurunkan efisiensi pengolahan (Khiatudin,

2003). Proses yang dipengaruhi pH tersebut adalah proses biokimiawi yang berupa nitrifikasi dan denitrifikasi. Tercukupinya kebutuhan oksigen di sekitar akar tanaman membuat kondisi aerob pada *constructed wetlands subsurface flow* sehingga pH air limbah menjadi netral dan proses biodegradasi berlangsung dengan baik.

2. TSS

Hasil rekap penurunan nilai TSS (*Total Suspended Solid*) pada tiap kali pengujian adalah sebagai berikut.



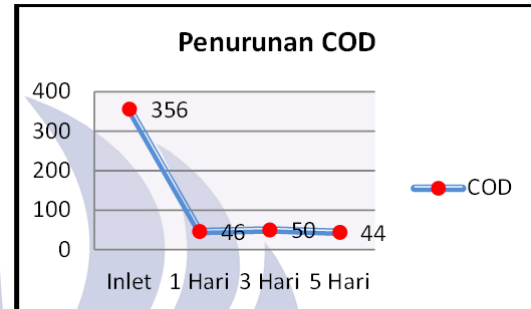
Gambar 3.2 Grafik Nilai TSS

TSS adalah padatan yang tersuspensi di dalam air, berupa bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas *milipore* 0,45 μ m (Wiwien, 2006). Air limbah cenderung memiliki TSS yang tinggi, karena sisa makanan yang bercampur dengan air. Besar kandungan awal TSS 84 mg/l, setelah melalui reaktor dengan waktu detensi 1 (satu) hari kandungan TSS menjadi 14 mg/l. Waktu detensi 3 (tiga) hari menghasilkan TSS yaitu 20 mg/l. Waktu detensi 5 (lima) hari menghasilkan jumlah TSS sebesar 36 mg/l. Jumlah TSS yang tinggi dalam air limbah dapat menimbulkan kekeruhan. Kekeruhan dalam air dapat mempengaruhi jumlah sinar matahari yang masuk sehingga mengganggu bakteri fototropik dalam melakukan degradasi material organik. Air limbah *Foodcourt Baseball* Unesa memiliki warna keruh, keabu-abuan. Penurunan TSS dalam penelitian ini terjadi karena terjadi proses fisika. Proses fisika berupa filtrasi dan adsorpsi oleh substrat seperti gravel dan pasir. Proses sedimentasi juga mengakibatkan air limbah yang tertahan di dalam pori-pori substrat akibat kecepatan aliran di dalam reaktor yang rendah serta waktu detensi. Air limbah yang mengalir di dalam reaktor akan mengganti posisi udara yang terdapat di dalam media pasir dan kerikil. Rongga udara pada *bed* reaktor diisi oleh partikel-partikel terlarut karena adanya gaya gravitasi dan aliran air yang sangat kecil di dalam reaktor. Penelitian ini menggunakan limbah asli

dari saluran *Foodcourt Baseball* Unesa yang keadaannya tidak memiliki bak ekualisasi, sehingga kandungan TSS cukup tinggi. Penelitian ini bersifat apa adanya sesuai dengan kondisi lapangan. Namun dengan kondisi demikian, *constructed wetlands* dapat menurunkan kandungan pencemar TSS hingga mencapai baku mutu yang diijinkan.

3. COD

Rekapitulasi hasil pengujian terhadap nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada tiap kali percobaan adalah sebagai berikut.



Gambar 3.3 Grafik Nilai COD

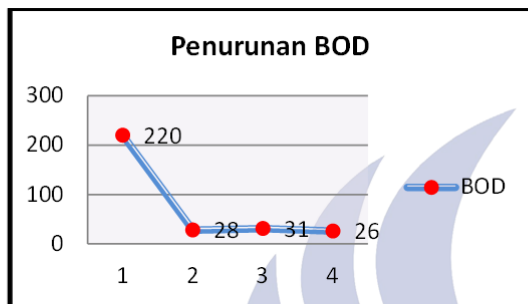
COD awal air limbah adalah sebesar 365 mg/l. Waktu detensi 1 hari dapat menurunkan COD menjadi 46 mg/l. Waktu detensi 3 hari menghasilkan COD sebesar 50 mg/l mengalami penurunan efisiensi. Waktu detensi 5 hari menghasilkan COD sebesar 44 mg/l. Hasil penelitian terhadap COD menunjukkan penurunan. Walaupun pada waktu detensi 3 hari mengalami kenaikan menjadi 50 mg/l tepat pada baku mutu yang diminta, namun turun kembali pada detensi waktu 5 hari. Hal ini membuktikan bahwa kebutuhan oksigen dipenuhi oleh akar tanaman *Canna sp* pada *constructed wetlands subsurface flow* sehingga membuat proses degradasi bahan pencemar oleh mikroorganisme berjalan dengan baik.

Material organik terdiri dari 45-50% karbon (C), yang mana unsur karbon ini merupakan sumber energi bagi mikroorganisme (DeBusk, 1999). Mikroorganisme yang ada dalam *constructed wetlands subsurface flow* membutuhkan oksigen untuk melakukan pembusukkan material organik yang terdiri dari karbon dioksida selama proses pertumbuhannya. Daerah substrat di sekitar akar akan melakukan proses degradasi dengan kondisi aerobik sedangkan bagian substrat yang tidak terjangkau oleh akar proses degradasi berlangsung dengan kondisi anaerobik. Proses anaerobik terjadi di bagian dasar atau *bed constructed wetlands subsurface flow*. Muhimmah, (2006) menjelaskan bahwa bahan

organik yang telah diuraikan menjadi bentuk sederhana di adsorpsi oleh tanaman untuk membentuk biomassa tanaman, COD koloid dan terlarut diturunkan melalui aktivitas mikroorganisme dan interaksi fisikokimia antara zona akar dengan matriks substrat.

4. BOD

Hasil rekapitulasi nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*) terhadap tiap kali percobaan dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.4 Grafik Nilai BOD

BOD adalah kebutuhan oksigen biokimiawi bagi proses deoksigenasi dalam suatu perairan atau air limbah. Semakin tinggi kadar BOD maka baku mutunya semakin buruk. Menurut Hemond dan Benoit, (1988) di dalam buku *Wetlands For Tropical Application*, (2011) menjelaskan prosentase penyisihan BOD dapat mencapai 100%. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil penurunan kadar BOD seperti pada Gambar 4.6. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kandungan BOD dari 220 mg/l menjadi 28 mg/l kemudian naik lagi menjadi 31 mg/l kemudian turun kembali menjadi 26 mg/l. Tetapi pada penelitian ini penurunan terhadap COD maksimal sebesar 88,18%.

Penurunan BOD terjadi dikarenakan adanya proses pengolahan secara biologi dan fisika. Proses biologi berupa fotosintesis dari tanaman, respirasi, fermentasi, nitrifikasi, denitrifikasi dan aktivitas mikroorganisme. Proses fisika berupa sedimentasi saat air mengalir secara lambat dan tertahan didalam *constructed wetlands subsurface flow*, filtrasi oleh media pasir, filtrasi oleh akar tanaman dibantu dengan mikroorganismenya, agregasi terjadi akibat penyaringan, sedimentasi dan pencahayaan UV. Hal ini sejalan dengan penjelasan Sundaravadivel dan Vignesvaran, 2010, membuktikan bahwa kontaminan berupa BOD dapat diturunkan kadar nya dengan *constructed wetlands subsurface flow* karena pada bagian daun, akar dan media tanah terjadi proses *microbial*

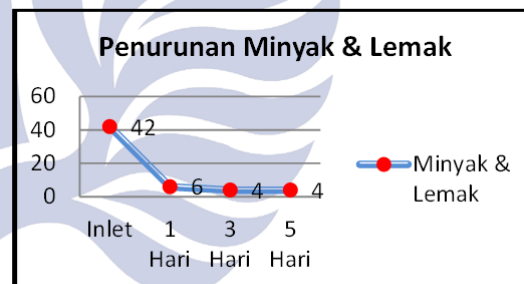
respiration dan proses pengendapan pada media pasir dalam reaktor.

Penurunan BOD juga terjadi dengan bantuan mikroorganisme terjadi akibat aktifitas aerobik dan anaerobik yang dilakukan oleh mikroorganisme di dalam *constructed wetlands subsurface flow*. Kedua proses ini membuat *constructed wetlands* lebih berpotensi untuk menyisihkan komponen organik dari air limbah.

Pengujian terhadap BOD dan COD pada penelitian ini ternyata memiliki kesamaan, yaitu pada waktu detensi 3 hari efisiensi penurunan mengalami penurunan sehingga nilai BOD dan COD lebih besar dari waktu detensi 1 hari. Mikroorganisme aerobik, bakteri, *actinomycetes* dan *fungi* atau jamur menggunakan oksigen dari udara dalam tanah dan bertanggung jawab dalam merubah kandungan pencemar menjadi bentuk bahan organik terlarut sehingga dapat diserap oleh tanaman (Foth, 1988 dalam Muhimmah 2006).

5. Minyak dan Lemak

Hasil rekap penurunan kandungan minyak dan lemak setelah melalui *constructed wetlands* dalam tiap kali percobaan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.5 Grafik Nilai Minyak dan Lemak

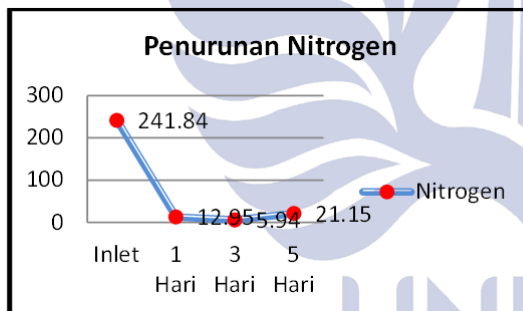
Hasil penelitian menunjukkan kandungan minyak dan lemak yang dimiliki oleh limbah cair *Foodcourt Baseball Unesa* adalah sebesar 42 mg/l, baku mutu yang diijinkan adalah 10 mg/l. Minyak dan lemak di dalam air limbah berasal dari sisa makanan di kantin. Kondisi kantin yang tidak dilengkapi dengan *grease trap* atau saringan penangkap minyak dan lemak mengakibatkan kandungan minyak dan lemak di dalam aliran air limbah terakumulasi sehingga membentuk lapisan minyak di atas permukaan air. Lapisan ini semakin menebal sehingga menghalangi sinar matahari masuk kedalam dasar saluran. Kurangnya cahaya matahari dalam air limbah menyebabkan matinya mikroorganisme fototropik, organisme inilah yang melakukan perombakan material organik dalam air limbah.

Upaya yang dapat dilakukan untuk lebih mengontrol kandungan minyak dan lemak dalam air limbah *Foodcourt Baseball Unesa* adalah dengan menggunakan *grease trap* agar tidak memberatkan kinerja *constructed wetlands*. Kandungan minyak dan lemak yang tinggi dapat mengakibatkan kematian pada media tanaman.

Constructed wetlands subsurface flow memiliki kemampuan untuk membantu volatilisasi atau penguapan minyak dan lemak. Memfilter dengan menggunakan substrat pasir dan kerikil. Mengendapkan minyak dan lemak yang terlarut air karena gravitasi. Serta membantu fotooksida karena *constructed wetlands* memiliki suplai oksigen dari tumbuhan yang cukup. Minyak dan lemak di olah di dalam *constructed wetlands subsurface flow* dengan cukup baik. Sebagian besar minyak dan lemak terurai karena adanya filtrasi oleh substrat. Minyak dan lemak terangkat dan membentuk lapisan minyak pada sisi *inlet* sehingga memudahkan proses volatilisasi minyak dan lemak oleh sinar matahari.

6. Nitrogen

Rekapitulasi hasil penurunan kandungan nitrogen pada tiap kali percobaan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.6 Grafik Nilai Nitrogen

Hasil penelitian menunjukkan kadar nitrogen limbah kantin sebesar 241,84 mg/l dapat diturunkan menjadi 12,95 mg/l dengan waktu detensi 1 hari. Waktu detensi 3 hari mengalami penurunan kandungan nitrogen menjadi 5,94 mg/l. Waktu detensi 5 hari mengalami penurunan efisiensi penyisihan dan menghasilkan nitrogen sebesar 21,15 mg/l.

Nitrogen adalah substansi penting bagi pertumbuhan tanaman khususnya tanaman *macrophyte*. Nitrogen merupakan sumber makanan bagi tumbuhan. Buckman, 1982 dalam Muhimma, 2006 menjelaskan bahwa tumbuhan membutuhkan 16 unsur hara yang beberapa diantaranya adalah nitrogen, fosfat, karbon dioksida, oksigen dan hidrogen. Kandungan-

kandungan tersebut tersedia di dalam *constructed wetlands subsurface flow* sehingga penyerapan nitrogen oleh tanaman dapat terjadi. *Constructed wetlands Subsurface Flow* dapat mengubah nitrogen menjadi nitrit melalui proses nitrifikasi kemudian nitrit diubah menjadi nitrat dengan bantuan bakteri *nitrobacter*. Nitrat adalah senyawa paling sederhana yang dapat diserap oleh tumbuhan. Tumbuhan memerlukan nitrogen untuk proses pertumbuhannya. Khususnya tumbuhan yang masih muda, penyerapan terhadap unsur nitrogen oleh tanaman terjadi secara maksimal. Nitrogen juga direduksi dengan proses mineralisasi dari material organik air limbah yang di ubah menjadi amonium. *Biological uptake* mengubah amonium dan nitrat menjadi nitrogen organik. Nitrogen organik adalah senyawa yang aman dan dapat diuraikan dengan kemampuan alami air. Nitrogen organik juga mudah di serap oleh tanaman. Proses penurunan nitrogen juga terjadi akibat proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang mengubah nitrat menjadi gas nitrogen. Gas ini akan dikeluarkan di udara terbuka oleh tanaman. Penguapan ini disebut dengan volatilisasi. Volatilisasi memanfaatkan pH tinggi untuk memproduksi gas amonia.

7. Fosfat

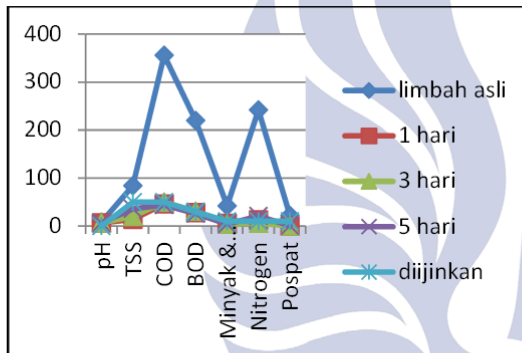
Fosfat adalah salah satu bahan pencemar dalam air limbah yang mengakibatkan terjadinya *algae bloom* pada air sungai. Bentuk kerugian yang disebabkan oleh *algae bloom* ini adalah kurangnya oksigen dalam air limbah karena diambil oleh tanaman enceng gondok dan alga lainnya, sehingga oksigen untuk kegiatan biodegradasi bahan pencemar oleh mikroorganisme terganggu. Sehingga pada kondisi *algae bloom* ini *water improvement* secara alami tidak dapat tercapai. Berikut adalah rekap nilai fosfat pada tiap kali percobaan. Nilai Fosfat karakteristik limbah *Foodcourt Baseball Unesa* adalah sebesar 21,95 mg/l. Setelah melalui *constructed wetlands* dengan waktu detensi 1 hari mengalami penurunan sebesar 0,125 mg/l. Waktu detensi 3 hari mengakibatkan penurunan menjadi 0,18 mg/l dan waktu detensi 5 hari mengalami penurunan menjadi sebesar 0,53 mg/l.

Terdapat banyak proses yang terjadi untuk menurunkan kadar fosfat di dalam *constructed wetlands subsurface flow*, beberapa diantaranya oleh *Department of Land and Water Conservation*, 1998 adalah filtrasi, sedimentasi, *biological* atau *plant uptake*, presipitasi, dan adsorpsi. Efektifitas

penyisihan fosfat dipengaruhi oleh pH dan level oksigen di dalam *constructed wetlands*, dan material organik dalam air limbah. Pereduksian Fosfat cukup tinggi oleh tanaman karena fosfat dibutuhkan untuk pertumbuhan. Ketika kadar biomassa dalam tumbuhan tersebut tercukupi, barulah penyerapan fosfor oleh tanaman berkurang. Sama seperti penurunan nitrogen. Ketika fosfat yang dibutuhkan oleh tumbuhan telah terpenuhi, fosfat yang terdapat air limbah tidak diserap oleh tanaman sehingga terakumulasi dan terjadi peningkatan nilai fosfat.

8. Perbandingan Limbah dengan Hasil Pengolahan

Karakteristik air limbah pada *inlet* memiliki kandungan pencemar yang lebih besar dengan karakteristik air limbah *outlet*. Hal ini terjadi karena terjadi pengolahan di dalam *constructed wetlands* mengalami penurunan dari waktu ke waktu.



Gambar 3.8 Grafik Parameter Uji Setelah Melalui *Constructed Wetlands Subsurface Flow*

pH air mengalami fluktuasi nilai pH tetapi pH yang dihasilkan masih di dalam batas baku mutu air limbah yang diijinkan. TSS, COD, dan BOD mengalami penurunan dan kemudian kenaikan tetapi masih di bawah baku mutu air limbah yang diijinkan. Sebagian besar parameter uji yaitu pH, TSS, COD, BOD, minyak dan lemak, nitrogen, dan fosfat limbah cair *Foodcourt Baseball Unesa* mengalami penurunan sesuai dengan baku mutu Peraturan Gubernur Nomor 72 Tahun 2013 sehingga setelah limbah dialirkan ke dalam *constructed wetlands subsurface flow* maka air limbah yang dihasilkan aman untuk di buang ke badan air penerima.

Menurut sugiharto, 1987, penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi pereduksian kandungan pencemar dengan *constructed wetlands subsurface*

flow cukup baik. Efisiensi penyisihan TSS terbesar diperoleh pada waktu detensi 1 hari, proses penyisihan terjadi sebesar 83,33% dari kandungan awal sebesar 84 mg/l menjadi 14 mg/l. Penyisihan COD terbesar terjadi pada waktu detensi 5 hari sebesar 87,64% dari kandungan awal COD 356 mg/l menjadi 44 mg/l. Penyisihan BOD terbesar terjadi pada waktu detensi 5 hari sebesar 88,18% dari kandungan BOD awal sebesar 220 mg/l menjadi 26 mg/l. Penyisihan minyak dan lemak terbaik dan mengalami kestabilan pada waktu detensi 3 dan 5 hari yaitu sebesar 90,48% dari kandungan awal sebesar 42 mg/l menjadi 4 mg/l.

Penyisihan nitrogen terbesar terjadi pada waktu detensi 3 hari yaitu sebesar 97,54% dari kandungan nitrogen awal sebesar 241,84 mg/l menjadi 5,94 mg/l. Penyisihan Fosfat terbesar terjadi pada waktu detensi 1 hari dengan prosentase efektifitas sebesar 99,43% dari kandungan Fosfat awal yaitu sebesar 21,95 mg/l menjadi 0,125 mg/l. Hasil penelitian membuktikan bahwa *constructed wetlands subsurface flow* dapat mengolah limbah cair *Foodcourt Baseball Unesa* dengan baik dan sesuai dengan standar baku mutu air limbah sesuai dengan Peraturan Gubernur Nomor 72 Tahun 2013.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Karakteristik limbah cair *Foodcourt Baseball Unesa* dengan pH 8,15, TSS sebesar 84 mg/l, kandungan COD sebesar 365 mg/l, BOD sebesar 220 mg/l, serta minyak dan lemak sebesar 42 mg/l, kandungan nitrogen sebesar 241,84 mg/l dan fosfat sebesar 21,95 mg/l.
2. Pengolahan limbah cair *Foodcourt Baseball Unesa* dengan metode *constructed wetlands subsurface flow* sangat efektif.
3. Nilai penurunan terhadap pH sangat baik dari 8,15 menjadi pH normal 7.
4. Nilai penurunan terhadap TSS dari nilai awal sebesar 84 mg/l menjadi 14 mg/l atau terjadi efisiensi penurunan sebesar 83,33%.
5. Nilai penurunan COD dari nilai COD awal yaitu 356 mg/l menjadi 44 mg/l atau terjadi efisiensi penurunan sebesar 87,64%.
6. Nilai penurunan BOD dari nilai BOD awal 220 mg/l menjadi 26 mg/l atau terjadi efisiensi penurunan sebesar 88,18%.
7. Nilai penurunan minyak dan lemak dari 42 mg/l menjadi 4 mg/l atau terjadi efisiensi penurunan sebesar 90,48%.

8. Nilai penurunan nitrogen dari 241,84 mg/l menjadi 5.94 mg/l atau terjadi efisiensi penurunan sebesar 97,54%.
9. Nilai penurunan fosfat dari 21.95 mg/l menjadi 0.125 atau terjadi penurunan sebesar 97,59%.

Saran

1. Sistem pengolah limbah cair *Foodcourt Baseball* Unesa menggunakan *constructed wetlands subsurface flow* berdasarkan hasil penelitian menghasilkan penurunan yang signifikan sehingga dapat di gunakan sebagai sistem pengolah limbah cair *Foodcourt Baseball* Unesa.
2. Tanaman untuk media *constructed wetlands subsurface flow* dapat divariasikan dengan tanaman lain sehingga penelitian lebih lanjut dapat dilakukan.
3. Sistem *constructed wetlands* juga dapat diaplikasikan secara komunal maupun individual pada bangunan rusunawa dan kompleks perumahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Crites dan Tchobanoglous G, 1998. *Small Decentralized Wastewater Management System*. Mc-Graw-Hill Co. Singapore.
- Dhokhikah, Yeny. 2006. Pengolahan Air Bekas Domestik dengan Sistem *Constructed Wetland* Aliran *Subsurface* untuk Menurunkan COD, TS, dan Deterjen. Tesis. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- DLWC.1998. *Department of Land and Water Conservation New Soth Wales Department of Land and Water Conservation New South Wales (1998) The Constructed Wetlands Manual Volume 1, Orbit Offset Pty Ltd, Australia.*
- EPA (Environmental Protection Agency) *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*, 2000. United States.
- Hemond dan Benoit, 1988 dalam *Wetlands for Tropical Application*.
- Mardianto, Wiwien, Isna Apriani, Rita Hayati 2011. Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Sistem Kombinasi ABR Dan Wetland Dengan Sistem Kontinyu. Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Metcalf dan Eddy, 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. Mc-Graw-Hill. USA.
- Muhimmah, Inganatul, 2006. Penurunan COD, BOD dan Nitrogen Total dari Lindi Menggunakan *Subsurface Flow Constructed wetlands*. Tesis Pascasarjana Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS. Surabaya
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013
- SNI Nomor 6989-59 Tahun 2008 Air dan Air Limbah-Bagian 59 Tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.
- Tanaka, Ng, dan Jinadasa, 2011. *Wetlands For Tropical Applications Wastewater Treatment by Constructed Wetlands*. Imperial College Press. Singapore.
- Vigneswaran dan Kandasamy, 2008. *Constructed Wetlands*. Nova Science Publishers, Inc. New York.
- Widyaningsih, Vini 2011. Pengolahan Limbah Cair Kantin Yongma FISIP UI. Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia. Depok
- W.J. Ng dan Gunaratne, 2011. *Design of Tropical Constructed Wetlands*.