

EFISIENSI METODE *DEEP FLOW TECHNIQUE* UNTUK MENURUNKAN BOD, COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR DOMESTIK MENGGUNAKAN TUMBUHAN KAYU APU DAN KANGKUNG AIR

Raka Rulistyanto Prakoso Putra dan Okik Hendriyanto Cahyonugroho

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Email: okikhc@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Di Indonesia, terdapat berbagai pencemar lingkungan, salah satunya berasal dari aktifitas rumah tangga. Maka dari itu, muncul berbagai ide dalam penanganan lingkungan yang tercemar. Salah satunya menggunakan metode fitoremediasi. Dalam penelitian ini menggunakan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotest L*) dan kangkung air (*Ipomea aquatica*) yang ditanam menggunakan sistem hidroponik. Dalam hidroponik terdapat dua sistem, yaitu sistem DFT (*Deep Flow Technique*) dan NFT (*Nutrient Film Technique*). Pada penelitian ini menggunakan dua macam sistem, dengan penambahan aerasi dan tanpa aerasi, dengan variasi jarak antar tumbuhan 5cm, 10cm dan 15cm dan menggunakan dua jenis tumbuhan, yaitu kangkung air dan kayu apu. Lama penelitian yang dilakukan 15 hari, 7 hari pertama aklimatisasi dan 8 hari terakhir penelitian utama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan paling optimal terdapat pada tumbuhan kayu apu dengan jarak antar tumbuhan 5cm, dengan penambahan aerasi dan menggunakan sistem DFT mencapai BOD 58,41%, COD 32,36% dan TSS 62%.

Kata kunci: kayu apu, kangkung air, limbah cair domestik, sistem hidroponik.

ABSTRACT

In Indonesia, there are various environmental pollutants, one of which comes from household activities. Therefore, various ideas emerged in dealing with the polluted environment. One of them is using the phytoremediation method. This study using wood apu (pistia stratiotest l) and water spinach (ipomea aquatica) grown using a hydroponic system. In hydroponics, there are two systems, namely DFT (deep flow technique) and NFT (nutrient film technique). This study, using two kinds of systems, with the addition of aeration and without aeration, with variations in the distance between plants of 5cm, 10cm and 15cm and using two types of plants, namely water spinach and apu wood. The length of the study was 15 days, the first 7 days of acclimatization and the last 8 days of the main study. The results showed that the most optimal treatment was found in apu wood plants with a distance between plants of 5cm, with the addition of aeration and using the DFT system to achieve BOD 58.41%, COD 32.36% and TSS 62%.

Keywords: Apu wood, water spinach, domestic wastewater, hydroponic system.

PENDAHULUAN

Bertambahnya jumlah air limbah domestik yang tidak diimbangi dengan peningkatan badan air penerima baik dari aspek kapasitas maupun kualitasnya, sehingga mengakibatkan meningkatnya jumlah air limbah yang masuk kedalam badan air tersebut dapat melebihi daya tampung maupun daya dukungnya (Effendi,2003). Penanganan air limbah domestik selama ini dilakukan dengan cara *blackwater* dialirkan ke tangki septik dan *greywater* dialirkan ke drainase tanpa pengolahan.

Limbah cair domestik adalah hasil air yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk didalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, WC, tempat cuci 4. Maka dari itu diperlukan teknologi tepat guna aplikatif dan ekonomis yang bisa digunakan untuk mengurangi parameter pencemar lingkung salah satunya dengan fitoremediasi. Dengan menggunakan sistem hidroponik diharapkan mampu menjadi alternatif pengolahan limbah cair domestik.

Sistem hidroponik memiliki dua macam sistem,yaitu DFT (*deep flow technique*) dan NFT (*nutrient film technique*). Sistem hidroponik DFT adalah tatacara budidaya tumbuhan dengan cara menempatkan posisi akar tumbuhan pada dasar reaktor, kedalaman air sekitar 4-6 cm (Chadirin,2007). Sistem NFT merupakan salah satu cara bercocok tanam hidroponik dengan meletakkan akar tumbuhan pada dasar reaktor. Air tersebut didistribusikan secara kontinu dan mengandung nutrisi sesuai kebutuhan tumbuhan. Karena disekitar akar terdapat lapisan nutrisi, maka sistem ini adalah NFT (*nutrient film technique*) (Lingga,2011). Dengan menggunakan tumbuhan kayu apu dan kangkung air mampu digunakan untuk pengolahan limbah cair domestik.

Pistia stratiotes L atau kayu apu. Tumbuhan ini adalah salah satu jenis tumbuhan air tawar yang tumbuh alami di daerah tropis. Kayu apu berkembang secara alami di perairan sungai ataupun rawa, dan juga menempel pada lumpur. Tumbuhan itu sendiri tumbuh digenangan air yang tenang ataupun mengalir dengan lamban (Priyono,2007). *Ipomea aquatica* atau disebut juga dengan kangkung air. Kangkung air memiliki warna bunga putih

kemera-merahan, ukuran batang dan daun lebih besar dibandingkan dengan kangkung darat,berbatang hijau dan berbiji sedikit (Nugroho dan Sutrisno,2008). Kangkung merupakan salah satu tanaman yang mudah menyerap logam berat dari media tumbuhnya (Seregeg dan Saeni,1995).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan hidroponik dengan sistem DFT

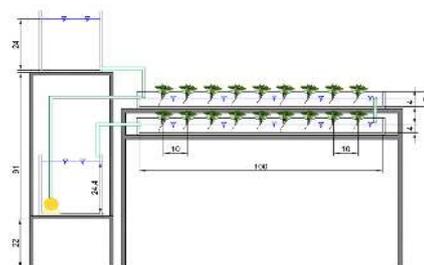
Alat dan Bahan

Alat

1. Reaktor : 190cm x 13,5cm x 7,5cm
2. Termometer
3. Aerator : 0,030 Mpa
4. pH meter

Bahan

1. Limbah cair domestik : 15 liter
2. Tumbuhan kangkung air
3. Tumbuhan kayu apu



Gambar-1 : Reaktor Dengan Sistem Deep Flow technique

Tahapan Penelitian

1. Persiapan penelitian
 - a. Menyiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan selama penelitian.
 - b. Mensterilisasikan peralatan yang akan digunakan selama penelitian.
2. Aklimatisasi selama 15 hari.

Aklimatisasi 7 hari pertama.

 - a. Masukkan 15 liter air bersih pada masing-masing bak penampung 15 liter.
 - b. Tambahkan aerasi pada sistem hidroponik agar tumbuhan bisa

menyesuaikan dengan kondisi reaktor yang baru.

- c. Sistem yang digunakan menggunakan sirkulasi air terus menerus selama 15 hari.

Aklimatisasi 8 hari terakhir

- a. Tambahkan 15 liter limbah cair domestik pada reaktor yang sudah di aklimatisasi selama 7 hari.
 - b. Sirkulasi terus menerus selama 8 hari pada reaktor dengan variasi jenis tumbuhan yang berbeda, dan jarak antar tumbuhan pada reaktor
 - c. Nyalakan aerator hingga 8 hari berikutnya selama 24 jam.
3. Percobaan utama
- a. Masukkan limbah cair domestik pada reaktor sebanyak 15 liter.
 - b. Proses yang digunakan yaitu proses sirkulasi terus menerus pada reaktor.
 - c. Nyalakan aerator secara kontinyu selama 8 hari pada reaktor yang sudah ditentukan.

Analisa Data

Analisa data parameter yang diuji antara lain BOD, COD, TSS pada penelitian efisiensi metode *deep flow technique dan nutrient film technique* untuk menurunkan kadar BOD, COD, TSS pada limbah cair domestik menggunakan tumbuhan kayu apu dan kangkung air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik awal limbah cair domestik

Tabel-1 : Karakteristik Limbah Domestik

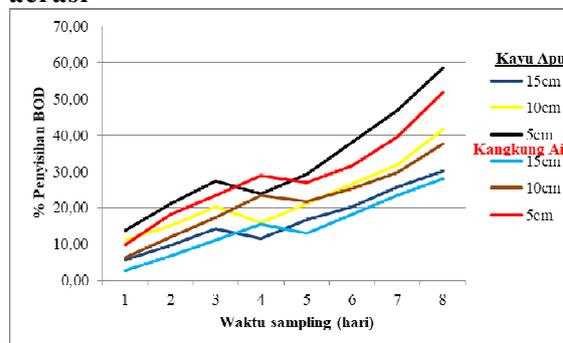
No	Parameter	Konsentrasi Awal (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)
1	BOD	113	30
2	COD	329,3	100
3	TSS	200	30

(Sumber: Hasil Analisa, 2019)

Berdasarkan **tabel-1** menunjukkan bahwa hasil parameter awal, di dapatkan bahwa nilai BOD, COD dan TSS limbah cair domestik rumah susun Pucang Sidoarjo yaitu BOD 113 mg/L, COD 329,3 mg/L dan TSS 200 mg.L. Dari hasil yang didapatkan bahwa parameter BOD, COD dan TSS masih kurang standar dar baku mutu limbah cair domestik pada Peraturan Pemerintah dan Kehutanan No.68 Tahun 2016.

Penelitian Utama

Hubungan antara Waktu sampling (hari) dengan % Penyisihan BOD dan jarak antar tumbuhan kayu apu dan kangkung air menggunakan sistem DFT dan tanpa aerasi



Grafik-1 : Hubungan antara Waktu sampling (hari) dengan % Penyisihan BOD dan jarak antar tumbuhan kayu apu dan kangkung air menggunakan sistem DFT dan tanpa aerasi

Hal ini dikarenakan proses adaptasi kayu apu dengan lingkungan tumbuh yang baru dengan kandungan hara dan zat kimia yang berbeda dengan lingkungan asalnya (Hariyanti, 2016).

Hasil penelitian menunjukkan pada grafik terlihat besar penyisihan BOD pada jarak antar tumbuhan 5 cm mengalami penyisihan yang sangat signifikan selama 8 hari menggunakan tumbuhan kayu apu dengan penambahan aerasi dan sistem DFT. Menurunnya nilai kadar BOD turun diduga disebabkan karena adanya pembeda jarak dan penambahan aerasi pada seluruh reaktor sehingga terjadi penyisihan terus, namun pada hari ke-4 seluruhnya mengalami penurunan efisiensi penyisihan BOD.

Grafik hubungan antara waktu tinggal (hari) dengan % penyisihan BOD dan jarak antar tumbuhan kangkung air menggunakan sistem DFT dan penambahan aerasi. Pada grafik terlihat besar penyisihan BOD pada jarak antar tumbuhan 5 cm mengalami penyisihan yang sangat signifikan selama 8 hari menggunakan kayu apuh dengan penambahan aerasi dan sistem DFT. Pada seluruh reaktor dengan pembeda jarak terjadi penyisihan terus, namun pada hari ke-5 seluruhnya mengalami penurunan efisiensi penyisihan BOD.

Sebaliknya untuk penyisihan BOD pada jarak antar tumbuhan 10 cm dan 15 cm mengalami penyisihan yang tidak begitu signifikan dikarenakan diantara tiga reaktor paling efektif adalah reaktor yang menggunakan jarak antar tumbuhan 5cm, karena jumlah

“EFISIENSI METODE DEEP FLOW TECHNIQUE UNTUK MENURUNKAN BOD, COD DAN TSS...” (RAKA RULISTYANTO P. DAN OKIK HENNDRIYANTO C.)

tumbuhan lebih banyak pada reaktor ini di bandingkan dengan jarak antar tumbuhan 10cm dan 15cm.

Menggunakan tumbuhan kayu apu menunjukkan besarnya persentase removal kadar BOD pada pengaruh variasi jarak antar tumbuhan dan waktu sampling dengan tumbuhan kayu apu mengalami penyisihan secara signifikan pada waktu sampling ke 1 parameter BOD pada masing-masing reaktor relatif kecil. Hal ini dikarenakan waktu sampling yang relatif singkat antara limbah cair dengan tumbuhan kayu apu. Untuk nilai efisiensi penyisihan BOD 113 mg/l dan hasil akhir 5,77% sebesar 106,48 mg/l. Untuk efektifitas paling tinggi pada reaktor ke-3 dengan efisiensi penyisihan BOD sebesar 13,89% dengan BOD akhir 97,3 mg/l.

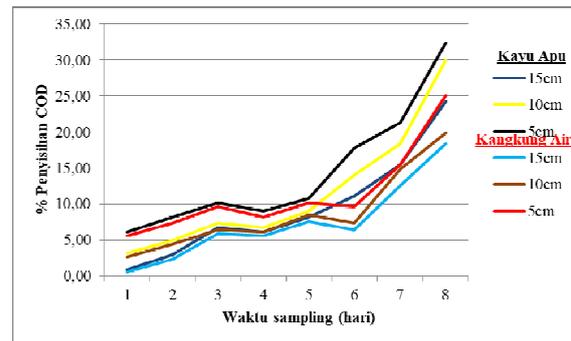
Pada waktu sampling ke-3 terus terjadi kenaikan efisiensi penyisihan BOD. Untuk nilai efisiensi penyisihan kadar BOD hari ke-3 14,16% dengan hasil akhir BOD sebesar 97 mg/l. Pada hari ke-4 pada semua reaktor mengalami penurunan efisiensi penyisihan BOD, pada reaktor ke-1 11,50% sebesar 95 mg/l. Hingga hari ke-8 pada reaktor ke-3 menjadi yang terbaik dibandingkan dengan reaktor ke-1 dan ke-2 dengan efisiensi penyisihan BOD mencapai 58,41% sebesar 47 mg/l.

Menggunakan tumbuhan kangkung air menunjukkan besarnya persentase removal kadar BOD pada pengaruh variasi jarak antar tumbuhan dan waktu sampling dengan tumbuhan kayu apu mengalami penyisihan secara signifikan pada waktu sampling ke-1 parameter BOD pada masing-masing reaktor relatif kecil. Untuk nilai efisiensi penyisihan BOD paling rendah pada reaktor ke-1 2,71% sebesar 109,94 mg/l. Untuk efektifitas paling tinggi pada reaktor ke-3 dengan efisiensi penyisihan BOD 9,93% sebesar 101,78 mg/l.

Pada waktu sampling ke-3 dan ke-4 efisiensi penyisihan BOD terus mengalami peningkatan. Untuk nilai efisiensi penyisihan BOD hari ke-3 paling rendah pada reaktor ke-1 yaitu 11,15% sebesar 100,40 mg/l. Pada hari ke-4 mengalami peningkatan efisiensi penyisihan BOD 15,58% sebesar 95,40 mg/l. Namun, pada hari ke-5 mengalami penurunan efisiensi penyisihan BOD mencapai 12,92% sebesar 98,40 mg/l.

Hubungan antara Waktu sampling (hari) dengan % Penyisihan COD dan jarak antar tumbuhan kayu apu dan kangkung

air menggunakan sistem DFT dan dengan aerasi



Grafik-2 : Hubungan antara waktu sampling (hari) dengan % penyisihan COD dan jarak antar tumbuhan kayu apu dan kangkung air menggunakan sistem DFT dan tanpa aerasi.

Pada grafik terlihat besar penyisihan COD pada jarak antar tumbuhan 5 cm mengalami penyisihan yang sangat signifikan selama 8 hari menggunakan kayu apuh dengan penambahan aerasi dan sistem DFT. Pada seluruh reaktor dengan pembeda jarak terjadi penyisihan terus, namun pada hari ke-4 seluruhnya mengalami penurunan efisiensi penyisihan COD.

Sebaliknya untuk penyisihan COD pada jarak antar tumbuhan 10 cm dan 15 cm mengalami penyisihan yang tidak begitu signifikan dikarenakan diantara tiga reaktor paling efektif adalah reaktor yang menggunakan jarak antar tumbuhan 5cm, karena jumlah tumbuhan lebih banyak pada reaktor ini di bandingkan dengan jarak antar tumbuhan 10cm & 15cm.

Hal tersebut sejalan dengan penelitian (Fachrurozi, 2010) yang mengungkapkan jika daya tahan tumbuhan kayu apu terhadap limbah kurang baik dengan dibuktikan dalam penelitian pada air limbah tahu tumbuhan kayu apu setelah digunakan sebagai agen fitoremediator pengolahan limbah selama 1 (satu) minggu menyebabkan kondisi tumbuhan rusak dan membusuk.

Menggunakan tumbuhan kayu apu menunjukkan besarnya persentase removal kadar COD pada pengaruh variasi jarak antar tumbuhan dan waktu sampling dengan tumbuhan kayu apu mengalami penyisihan secara signifikan pada waktu sampling ke-1 parameter COD pada masing-masing reaktor relatif kecil. Hal ini dikarenakan waktu sampling yang relatif singkat antara limbah cair dengan tumbuhan kayu apu. Untuk nilai

efisiensi penyisihan COD awal sebesar 329,3 mg/l dan hasil akhir di antara tiga reaktor yang terbaik pada reaktor ke-3 sebesar 309,12 mg/l dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 6,12%.

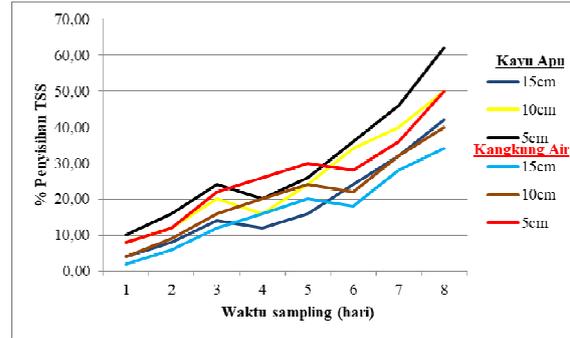
Pada waktu sampling ke-3 terus mengalami peningkatan efisiensi penyisihan COD, pada reaktor ke-1 6,71% sebesar 307,20 mg/l. Pada hari ke-4 efisiensi penyisihan COD mengalami penurunan. Untuk nilai efisiensi penyisihan COD hari ke-4 6,12% sebesar 309,12 mg/l. Hingga hari ke-8 efisiensi penyisihan COD terbaik pada reaktor ke-3 32,36% sebesar 222,72 mg/l.

Menggunakan tumbuhan kangkung air menunjukkan besarnya persentase removal kadar COD pada pengaruh variasi jarak antar tumbuhan dan waktu sampling dengan tumbuhan kayu apu mengalami penyisihan secara signifikan pada waktu sampling ke-1 parameter COD pada masing-masing reaktor relatif kecil. Hal ini dikarenakan waktu sampling yang relatif singkat antara limbah cair dengan tumbuhan kangkung air. Untuk nilai COD awal sebesar 329,3 mg/l dan hasil akhir di antara tiga reaktor yang terbaik pada reaktor ke-3 dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 5,54% sebesar 311,04 mg/l.

Pada waktu sampling ke-3 efisiensi penyisihan COD terus mengalami peningkatan. Untuk nilai efisiensi hari ke-3 pada reaktor ke-1 5,83% sebesar 310,08 mg/l. Pada hari ke-4 terjadi penurunan efisiensi penyisihan COD pada semua reaktor, reaktor ke-1 5,54% sebesar 311,04 mg/l. Hingga hari ke-8 efisiensi penyisihan COD terbaik pada reaktor ke-3 25,07 % sebesar 246,72 mg/l.

Penurunan COD dalam air limbah terjadi karena tumbuhan dibantu oleh mikroorganisme yang hidup secara alami yang menyebabkan senyawa organik pada limbah cair dapat terurai menjadi senyawa lebih sederhana (Sari, 1995). Karena unsur-unsur kimia organik maupun anorganik yang diserap oleh tumbuhan dapat menyebabkan proses kimiawi yang membutuhkan penambahan oksigen menjadi menurun (Jauhi, Wiryanto, & Setyono, 2002).

Hubungan antara Waktu sampling (hari) dengan % Penyisihan TSS dan jarak antar tumbuhan kayu apu dan kangkung air menggunakan sistem DFT dan dengan aerasi



Grafik-3 : Hubungan antara waktu sampling (hari) dengan % Penyisihan TSS dan jarak antar tumbuhan kayu apu dan kangkung air menggunakan sistem DFT dan penambahan aerasi.

Pada grafik terlihat besar penyisihan TSS pada jarak antar tumbuhan 5 cm mengalami penyisihan yang sangat signifikan selama 8 hari menggunakan kayu apu dengan penambahan aerasi dan sistem DFT. Pada seluruh reaktor dengan pembeda jarak terjadi penyisihan terus, namun pada hari ke-4 seluruhnya mengalami penurunan efisiensi penyisihan TSS.

Sebaliknya untuk penyisihan TSS pada jarak antar tumbuhan 10 cm dan 15 cm mengalami penyisihan yang tidak begitu signifikan dikarenakan diantara tiga reaktor paling efektif adalah reaktor yang menggunakan jarak antar tumbuhan 5cm, karena jumlah tumbuhan lebih banyak pada reaktor ini dibandingkan dengan jarak antar tumbuhan 10cm dan 15cm.

Pada penelitian terdahulu dikemukakan bahwa dengan jarak penanaman yang terlalu jauh dapat menyebabkan pembentukan flok-flok kurang sempurna, sehingga efisiensi penyisihan TSS menjadi rendah (Andriyani, 2004). Penyisihan kadar TSS setelah melalui proses pengolahan menggunakan tumbuhan kayu apu (*Pistiastratiotes L.*) dikarenakan adanya proses penyerapan oleh tumbuhan, penurunan senyawa organik terlarut dan mengendapnya hasil dari penyerapan bahan organik oleh tumbuhan tersebut.

Semakin banyaknya perakaran yang dimiliki tumbuhan kayu apu, maka semakin banyak juga partikel-partikel yang menempel pada akar tersebut (Fachrurozi dkk., 2010).

Menggunakan tumbuhan kayu apu menunjukkan besarnya persentase removal kadar TSS pada pengaruh variasi jarak antar tumbuhan dan waktu sampling dengan tumbuhan kayu apu mengalami penyisihan secara signifikan pada waktu sampling ke-1

“EFISIENSI METODE DEEP FLOW TECHNIQUE UNTUK MENURUNKAN BOD, COD DAN TSS...” (RAKA RULISTYANTO P. DAN OKIK HENNDRIYANTO C.)

parameter TSS pada masing-masing reaktor relatif kecil. Hal ini dikarenakan waktu sampling yang relatif singkat antara limbah cair dengan tumbuhan kangkung air. Untuk nilai TSS awal sebesar 200 mg/l dan hasil akhir di antara tiga reaktor yang terbaik pada reaktor ke-3 dengan efisiensi penyisihan TSS 10% sebesar 180 mg/l.

Pada waktu sampling ke-3 efisiensi penyisihan TSS terus mengalami peningkatan. Untuk nilai efisiensi hari ke-3 pada reaktor ke-1 14% sebesar 172 mg/l. Pada hari ke-4 pada semua reaktor mengalami penurunan efisiensi penyisihan TSS, reaktor ke-1 12% sebesar 176 mg/l. Hingga hari ke-8 efisiensi penyisihan TSS terbaik pada reaktor ke-3 62 % sebesar 76 mg/l.

Menggunakan tumbuhan kangkung air menunjukkan besarnya persentase removal kadar TSS pada pengaruh variasi jarak antar tumbuhan dan waktu sampling dengan tumbuhan kayu apu mengalami penyisihan secara signifikan pada waktu sampling ke-1 parameter TSS pada masing-masing reaktor relatif kecil. Untuk nilai efisiensi penyisihan TSS pada semua reaktor antara 2% - 8% sebesar 196 mg/l – 184 mg/l. Hasil akhir di antara tiga reaktor yang terbaik yaitu pada reaktor ke-3 sebesar 184 mg/l. Untuk efisiensi paling tinggi penyisihan TSS sebesar 8%.

Pada waktu sampling ke-3 terus mengalami peningkatan efisiensi penyisihan TSS, pada reaktor ke-1 12% sebesar 176 mg/l. Pada hari ke-4 terus terjadi peningkatan efisiensi penyisihan TSS. Untuk nilai efisiensi hari ke-4 pada reaktor ke-3 26% sebesar 148 mg/l. Pada hari ke-6, semua reaktor mengalami penurunan efisiensi penyisihan TSS, pada reaktor ke-3 28% sebesar 144 mg/l. Hingga hari ke-8 efisiensi penyisihan TSS terbaik pada reaktor ke-3 50% sebesar 100 mg/l.

KESIMPULAN

1. Sistem hidroponik NFT dengan tumbuhan kangkung air mampu menyisihkan kadar BOD sebesar 36,81%, COD sebesar 22,74%, dan TSS sebesar 44%.
Sistem hidroponik NFT dengan tumbuhan kayu apu mampu menyisihkan kadar BOD sebesar 45,45%, COD sebesar 31,49%, TSS sebesar 54%.
Sistem hidroponik DFT dengan tumbuhan kangkung air mampu menyisihkan kadar

BOD sebesar 52,73%, COD sebesar 25,07%, TSS sebesar 50%.

Sistem hidroponik DFT dengan tumbuhan kayu apu mampu menyisihkan kadar BOD sebesar 54,54%, COD sebesar 32,36%, TSS sebesar 62%.

2. Dengan sistem hidroponik diperlukan adanya variasi waktu sampling sehingga dapat diketahui berapa terjadinya penurunan kadar BOD, COD, TSS pada limbah cair domestik yaitu pada hari ke 8.
3. Dengan sistem hidroponik dapat diketahui karakteristik tumbuhan kangkung air dalam menyerap kadar yang ada pada limbah cair domestik. Bahwa akar tumbuhan sebelum pengolahan 2cm. Setelah terjadi pengolahan selama 8 hari akar tumbuhan mencapai 5,5cm.
Untuk tumbuhan kayu apu dalam menyerap kadar yang ada pada limbah cair domestik. Bahwa akar tumbuhan sebelum pengolahan 3cm. setelah terjadi pengolahan selama 8 hari akar tumbuhan mencapai 7cm dengan kondisi beberapa daun ada yang layu.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrini Widiyantia, H. S. A., Nana Mulyana Arifjayac "Implementasi Biorentensi Untuk Pengairan Tanaman Hidroponik Di Griya Katulampa." Natural Resources and Environmental Management.
- Edi, S. (2014). "Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kangkung Darat (*Ipomeareptans Poir*)." **Vol 3.**
- Elida Novital)*, A. A. G. H., Sri Wahyuningsih1) ((2019)). "Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Jenis Tanaman Air." Agroteknologi **Vol. 13.**
- Hefni Effendi1)*, B. A. U., Giri Maruto Darmawangsa2), Rebo Elfida Karo-Karo3) (2015). "Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias sp.*) Dengan Kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan Pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) dalam Sistem Resirkulasi." Ecolab **Vol. 9.**
- KUMALASARI, N. (2005). "Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS dan Cn Limbah Cair Tapioka dengan Constructed Wetlands Menggunakan

Tanaman Kangkung Air), (*Ipomoeae Aquatica*)."

- Lutfiana Sari Indah, B. H., Prijadi Soedarsono¹ (2014). "Kemampuan *Eceng Gondok* (*Eichhornia sp.*), *Kangkung Air* (*Ipomea sp.*), dan *Kayu Apu* (*Pistia sp.*) dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium)." **3**. Rahan Rahadian*), E. S., Sri Sumiyati**) ((2017)). "Efisiensi Penurunan COD dan TSS Dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes l.*) Studi Kasus: Limbah Laundry." Teknik Lingkungan, Vol. 6.
- Syafrudin, C. W. B. Z. "Pengaruh Waktu Tinggal Dan Jumlah Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD, COD dan Warna."
- Wirawan, e. a. "Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakantanaman Kayu Apu (*PISTIA STRATIOTES L.*) Dengan Teknik Tanam Hidroponik Sistem Dft (*DEEPFLOWTECHNIQUE*)." Sumberdaya Alam dan Lingkungan.
- Karnaningroem, W. U. d. N. "Aerasi dan Biorack Wetland sebagai Pengolah Limbah Laundry."
- M. Fachrurozi, L. B. U., Dyah Suryani "Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes L.* Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu Di Dusun Klero Sleman Yogyakarta."
- Maria Yustiningsih, Y. G. N., Agustina Berek (Januari 2019). "Deep Flow Technique (DFT) Hidroponik Menggunakan Media Nutrisi Limbah Cair Tahu Dan Kayu Apu (*PISTIA STRATIOTES L*) Untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman." Biologi and Pendidikan Biologi **3**.
- Tangahu, D. G. R. d. B. V. o. j. a. (2017). "Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu." TEKNIK ITS **6**.