

# Studi Efisiensi Sistem Prasedimentasi dan Subsurface Flow Wetland dalam Menurunkan Kadar Kekeruhan, Zat Organik, Nitrat, Fosfat, dan Total Coli

Trio Agustika, Nieke Karnaningroem dan Atiek Moesriati

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: atiekmoes@yahoo.com

**Abstrak**—Terdapat beberapa kandungan dalam air seperti kekeruhan, zat organik, nitrat, fosfat, dan total coli. Kandungan-kandungan tersebut dijadikan parameter dalam menentukan kualitas air. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji efektifitas penurunan kadar kekeruhan, nitrat, fosfat, zat organik, dan total coli pada Sungai Jagir di sekitar Taman Boezem Wonorejo. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sistem Prasedimentasi dan Subsurface Flow Wetland dengan variasi umur tanaman mangrove dan ukuran media pada wetland. Umur mangrove yang digunakan adalah 3 bulan dan 6 bulan. Sedangkan ukuran media yang digunakan adalah 16-32 mesh dan 32-50 mesh. Penelitian ini dilaksanakan selama dua minggu. Dari hasil penelitian didapatkan penurunan paling optimum sebagai berikut, kekeruhan sebesar 99,6%, sebesar 46,07% pada zat organik, sebesar 69,8% pada Nitrat, sebesar 76,19% pada Fosfat, dan pada Total coli sebesar 99,2%. Penurunan kadar tersebut disebabkan adanya proses filtrasi yang terjadi pada media pasir, dan juga adanya proses penyerapan nutrien yang dilakukan oleh tanaman mangrove itu sendiri.

**Kata Kunci**—Kekeruhan, Zat Organik, Nitrat, Fosfat, Total Coli, Prasedimentasi, Subsurface Flow Wetland.

## I. PENDAHULUAN

TAMAN wisata Boezem Wonorejo saat ini telah menjadi objek wisata yang cukup terkenal di Surabaya. Taman wisata yang berada di hilir sungai Jagir ini telah di jadikan tempat konservasi Mangrove oleh pihak pengelola, sehingga menjadi objek wisata yang tidak hanya menghibur tetapi juga untuk meningkatkan pengetahuan bagi para pengunjungnya. Saat ini pengunjung di Taman wisata Boezem Wonorejo terus meningkat apalagi saat memasuki akhir pekan.

Saat ini terdapat masalah yang sulit dihadapi oleh pihak pengelola yaitu tidak tersedianya air bersih untuk fasilitas kamar mandi, sehingga pihak pengelola harus membeli air bersih tersebut. Air sungai yang ada di sekitar Taman wisata Boezem Wonorejo memiliki kualitas yang buruk, sehingga tidak bisa langsung di gunakan oleh pihak pengelola untuk dijadikan air bersih dalam kegiatan sehari-hari.

Sesuai dengan Permenkes no 492 tahun 2010, air sungai yang ada di sekitar Boezem Wonorejo tentu belum memenuhi baku mutu untuk langsung digunakan. Menurut Permenkes kadar maksimum untuk kekeruhan adalah 5 NTU sedangkan di

Boezem kadar kekeruhannya 96 NTU. Untuk kadar maksimum total kolifor sebesar 0 MPN/100 ml sedangkan di Boezem kadar total koliformnya sebesar 17.000 MPN/100 ml. Kadar maksimum  $\text{KMnO}_4$  sebesar 10 mg/l sedangkan di Boezem kadar  $\text{KMnO}_4$  sebesar 15,17 mg/l. dari perbandingan diatas, di ketahui bahwa beban pencemaran di sungai Boezem Wonorejo cukup tinggi untuk langsung digunakan sebagai air bersih.

Dari permasalahan diatas peneliti mencoba menemukan solusi untuk mendapatkan air bersih yang dapat dimanfaatkan di sekitar lokasi Taman Wisata Boezem Wonorejo. Solusi yang dapat dilakukan untuk permasalahan ini adalah dengan mengelola air sungai jagir dengan menggunakan metoda Prasedimentasi, dan *subsurface Wetland*. Kemampuan *wetland* untuk pengolahan air limbah, terutama di daerah tropis. Padatan tersuspensi dapat dikurangi sebanyak 90%, sedangkan pengurangan nutrien (nitrogen dan fosfor) dapat mencapai 85% serta pengurangan organisme patogen mencapai 99,5% (Polprasert, 2001). Diharapkan nantinya dengan pengelolaan ini air yang dihasilkan bisa memenuhi baku mutu untuk dijadikan air bersih.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Persiapan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini dilakukan beberapa persiapan terlebih dahulu yaitu menentukan lokasi sampling penelitian, melakukan sampling kualitas air, menentukan reactor yang akan di gunakan, dan menyediakan bahan-bahan kimia yang akan dipakai dalam penelitian.

Dalam penelitian ini ada dua reaktor yang akan digunakan yaitu Prasedimentasi, dan Subsurface flow wetland. Kedua reaktor ini telah terbukti bisa menurunkan kandungan pencemar yang ada dalam air.

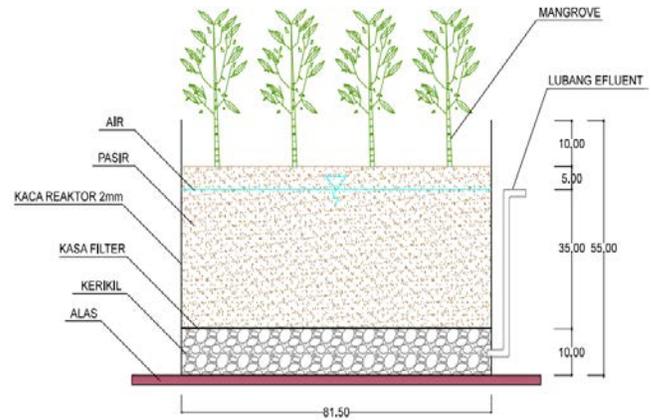
Untuk lokasi penelitian ini dilakukan di Taman Wisata Boezem Wonorejo dimana terdapat aliran sungai. Parameter yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah Total Coli, kekeruhan, zat organik, Nitrat, dan fosfat.

### B. Perencanaan reaktor

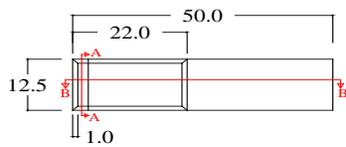
Pada Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini ada dua

Tabel 1  
Hasil analisis awal karakteristik

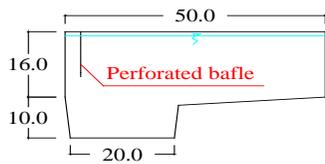
Parameter	Satuan	Hasil Analisa 1	Hasil Analisa 2	Baku mutu Permenkes 492 tahun 2010
Suhu	C	25,00	25,00	suhu udara ± 3
pH	-	7,30	7,60	6,5 - 8,5
Kekeruhan	NTU	96,00	210,00	5
TSS	mg/l	282,00	630,00	-
TDS	mg/l	456,00	257,00	500
Salinitas	ppt	0,46	0,25	-
Amonia	mg/l	0,16	1,63	1,5
Pospat	mg/l	0,33	0,25	-
Zat Organik	mg/l	15,17	25,28	10
Total Koliform	MPN/100m	17,00	24,00	0



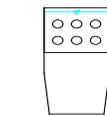
Gambar 2 Reaktor *Subsurface Flow Wetland*



Denah Reaktor Prasedimentasi

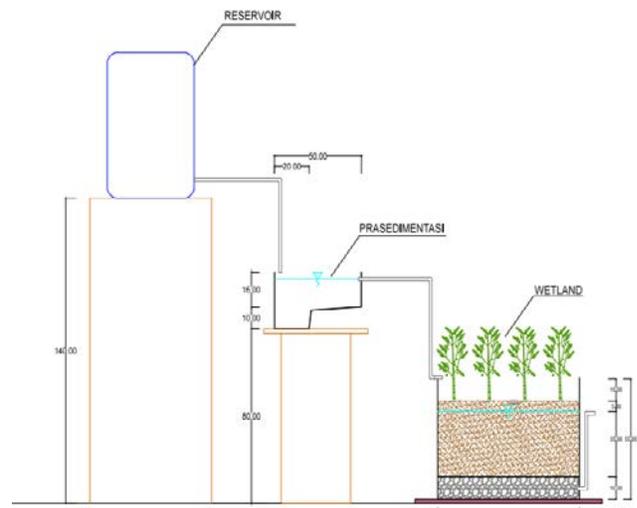


Potongan B - B



Potongan A - A

Gambar 1 Reaktor Prasedimentasi



Gambar 3 Denah Reaktor

yaitu Prasedimentasi, dan *subsurface Wetland*. Pada penelitian ini dilakukan analisis awal karakteristik Sungai Jagir. Analisis yang dilakukan adalah analisa total Coli, kekeruhan, zat organik, Nitrat, dan fosfat. Untuk menguji parameter tersebut dilakukan analisis di Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya sebanyak 2 kali. Berikut Tabel 1 hasil analisis awal karakteristik Sungai Jagir.

Berdasarkan hasil analisis direncanakan desain reaktor sebagai berikut.

1. Reaktor Prasedimentasi

- Kaca ketebalan 5 mm
- Selang
- Pengatur debit
- Rencana reaktor :
  - Panjang : 50 cm
  - Lebar : 12,5 cm
  - Kedalaman : 15 cm
  - *Freeboard* : 1 cm

2. Reaktor *Subsurface Flow Wetland*

- Kaca
- Selang

- Pengatur debit
- Rencana reaktor :
  - Panjang : 81,5 cm
  - Lebar : 48,5 cm
  - Kedalaman reaktor : 55 cm
  - Kedalaman media pasir : 35 cm
  - Kedalaman media kerikil: 10 cm
  - *Freeboard* : 10 cm
  - Tinggi air di media : 30 cm

Berikut ini adalah Gambar 3 yaitu denah reaktor yang merupakan rangkaian dari seluruh reaktor pada penelitian. Pada penelitian ini ada dua variabel yang digunakan yaitu umur mangrove (3 bulan dan 6 bulan) dan ukuran media (16 mesh dan 32 mesh).



Gambar 5 Subsurface Flow Wetland



Gambar 6 Sampel Air

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel air baku di Boezem Wonorejo, tepatnya dekat dermaga kapal. Pada penelitian kali ini di lakukan selama 14 hari dengan pembagian waktu minggu pertama dan minggu kedua. Pembagian waktu tersebut bertujuan untuk membedakan variabel pada saat penelitian. Dalam penelitian ini ada dua variabel yang digunakan, yang pertama adalah umur tanaman (3 bulan dan 6 bulan) dan yang kedua adalah ukuran media ( 16 mesh dan 32 mesh). Kedua variabel tersebut diterapkan pada reaktor *Subsurface Wetland*, karena pada reaktor tersebut membutuhkan tanaman dan media sebagai konstruksinya.

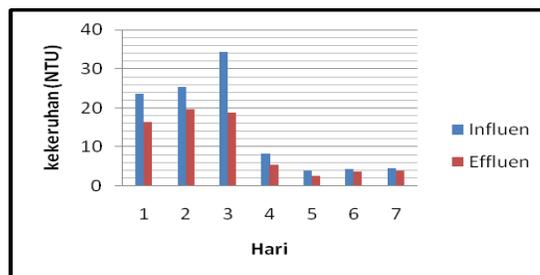
Air yang telah berada pada reservoir atas masuk ke reaktor Prasedimentasitasi dengan debit sebesar 150 ml. Setelah itu air yang keluar dari reaktor prasedimentasi akan melewati pipa untuk menuju reaktor *Wetland*. Pipa tersebut yang dirujuk memang benar-benar ada dan setiap gambar atau tabel di bagi menjadi 3 dimana masing-masing pipa menuju reaktor *Wetland* yang berbeda. Reaktor *wetland* pertama menggunakan media pasir dengan ukuran 32 mesh dengan ditanami mangrove, lalu reaktor kedua menggunakan media pasir dengan ukuran 16 mesh dengan ditanami mangrove juga

Tabel 2  
Analisa Kekeruhan Minggu 1

	Reservoir (NTU)	Prasedimentasi (NTU)	Wetland 16 mesh (NTU)	Wetland 32 mesh (NTU)	Wetland Kontrol (NTU)
Selasa	23,7	16,3	0,38	0,16	0,19
Rabu	25,4	19,6	0,44	0,16	0,25
Kamis	34,4	18,7	0,2	0,07	0,16
Jumat	8,4	5,4	0,32	0,1	0,14
Sabtu	3,84	2,56	0,42	0,13	0,27
Minggu	4,42	3,66	0,25	0,22	0,23
Senin	4,67	3,86	0,24	0,18	0,2

Tabel 3  
Analisa Kekeruhan minggu 2

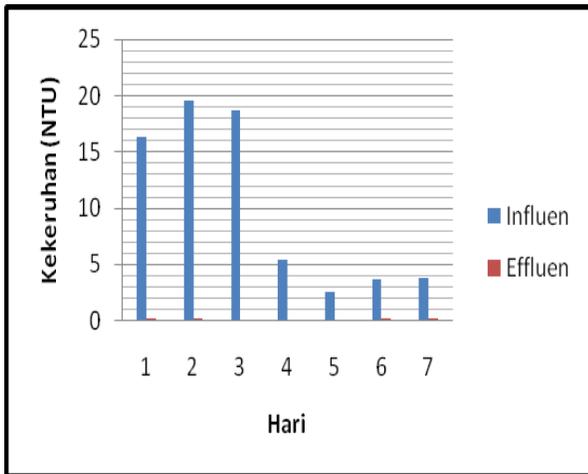
	Reservoir (mg/l)	Prasedimentasi (mg/l)	Wetland 16 mesh (mg/l)	Wetland 32 mesh (mg/l)	Wetland Kontrol (mg/l)
Selasa	30,97	18,01	13,59	15,17	14,22
Rabu	30,02	27,49	17,70	18,01	18,96
Kamis	27,18	21,80	15,48	16,12	14,85
Jumat	26,54	18,64	14,85	14,54	16,43
Sabtu	21,49	20,22	14,54	14,22	15,17
Minggu	27,18	21,80	16,75	15,48	15,80
Senin	30,65	28,12	15,17	16,75	16,12



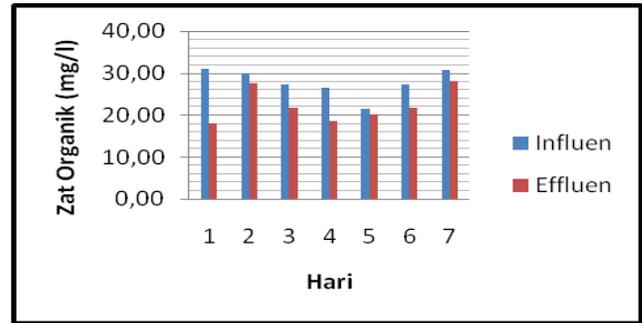
Gambar 7 Grafik Analisis Kekeruhan Prasedimentasi Minggu Pertama

dan pada reaktor ketiga hanya menggunakan pasir dengan ukuran media 32 mesh pada minggu pertama dan 16 mesh pada minggu ke 2. Reaktor *wetland* ketiga bertujuan sebagai reaktor kontrol dari reaktor *wetland* yang telah di tanami mangrove. Air baku yang masuk pada *wetland* di atur debitnya masing-masing sebesar 50 ml. Gambar reaktor *wetland* dapat dilihat pada Gambar 5.

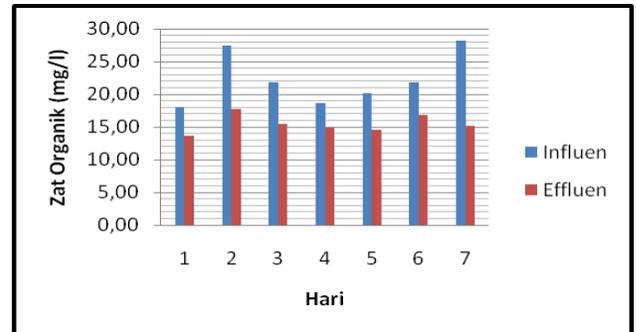
Untuk analisa sampel dari penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan ITS. Untuk prosedur penelitian disesuaikan dengan prosedur Metoda Penelitian Air (MPA). Semua air sampel diambil dengan menggunakan botol yang telah di bersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan air PDAM. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 1 kali



Gambar 8 Grafik Analisis Kekeruhan *Wetland* 32mesh 3bulan



Gambar 9 Grafik Analisis Zat Organik Prasedimentasi minggu Kedua



Gambar 10 Grafik Analisis zat organik *Wetland* 16mesh 6 bulan

Tabel 4  
Analisis Zat Organik Minggu 1

	Reservoir (mg/l)	Prasedimentasi (mg/l)	<i>Wetland</i> 16 mesh (mg/l)	<i>Wetland</i> 32 mesh (mg/l)	<i>Wetland</i> Kontrol (mg/l)
Selasa	15,80	28,44	12,96	18,01	18,96
Rabu	19,28	17,06	22,12	15,80	17,38
Kamis	23,70	27,18	22,12	16,12	19,91
Jumat	24,02	19,28	22,12	25,28	23,07
Sabtu	24,96	17,38	18,96	23,07	22,12
Minggu	39,50	33,81	35,39	24,02	20,54
Senin	32,86	27,49	30,02	33,81	30,34

Tabel 5  
Analisis Zat Organik Minggu 2

	Reservoir (mg/l)	Prasedimentasi (mg/l)	<i>Wetland</i> 16 mesh (mg/l)	<i>Wetland</i> 32 mesh (mg/l)	<i>Wetland</i> Kontrol (mg/l)
Selasa	0,72	0,37	0,21	0,06	0,14
Rabu	0,67	0,47	0,24	0,08	0,12
Kamis	0,74	0,44	0,31	0,17	0,24
Jumat	0,64	0,26	0,16	0,12	0,15
Sabtu	0,56	0,42	0,02	0,25	0,13
Minggu	0,30	0,28	0,27	0,10	0,10
Senin	0,29	0,26	0,25	0,10	0,06

sehari yaitu pada siang hari. Pada Gambar 6 menunjukkan hasil sampel.

Tabel 6  
Analisis Nitrat Minggu 1

	Reservoir (mg/l)	Prasedimentasi (mg/l)	<i>Wetland</i> 16 mesh (mg/l)	<i>Wetland</i> 32 mesh (mg/l)	<i>Wetland</i> Kontrol (mg/l)
Selasa	0,27	0,27	0,08	0,34	0,19
Rabu	0,34	0,17	0,14	0,20	0,15
Kamis	0,32	0,32	0,27	0,39	0,28
Jumat	0,30	0,31	0,27	0,31	0,36
Sabtu	0,39	0,44	0,30	0,19	0,33
Minggu	0,21	0,31	0,23	0,28	0,23
Senin	0,17	0,29	0,21	0,19	0,21

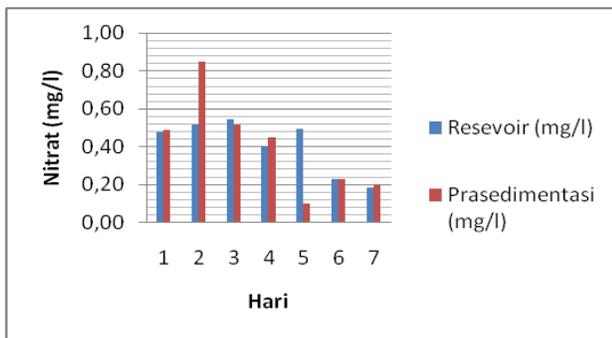
**B. Analisis Kekeruhan**

Dalam Penelitian ini analisa kekeruhan dilakukan menggunakan alat Turbidimeter dan aquades sebagai blanko. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan ITS. Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

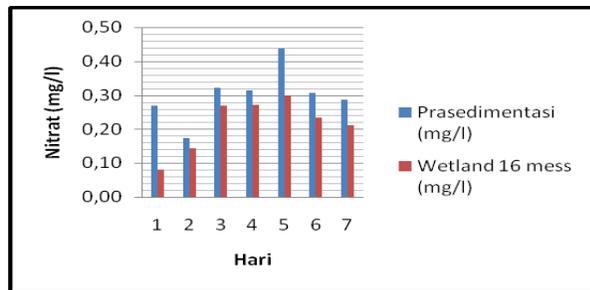
Berdasarkan tabel diatas, pada minggu pertama menunjukkan penggunaan mangrove dengan umur 3 bulan sedangkan minggu kedua digunakan mangrove dengan umur 6 bulan pada reaktor *Wetland*. Penurunan yang terjadi pada Prasedimentasi disebabkan proses pengendapan. Sedangkan penurunan kekeruhan yang terjadi pada reaktor *Wetland* disebabkan oleh proses sedimentasi dan filtrasi pada media. Penurunan kekeruhan terbaik pada reaktor Prasedimentasi terjadi pada minggu pertama yang terlihat pada Gambar 7.

Tabel 7  
Analisis Nitrat Minggu 2

	Reservoir (mg/l)	Prasedimentasi (mg/l)	Wetland 16 mesh (mg/l)	Wetland 32 mesh (mg/l)	Wetland Kontrol (mg/l)
Selasa	0,48	0,49	0,22	0,16	0,46
Rabu	0,51	0,85	0,42	0,61	0,78
Kamis	0,54	0,51	0,26	0,24	0,45
Jumat	0,40	0,45	0,18	0,17	0,36
Sabtu	0,49	0,09	0,08	0,07	0,09
Minggu	0,23	0,23	0,07	0,09	0,18
Senin	0,18	0,20	0,11	0,07	0,15



Gambar 11 Grafik Analisis Nitrat Prasedimentasi Minggu Kedua



Gambar 12 Grafik Analisis nitrat Wetland 16mesh 3 bulan

Penurunan kekeruhan terbaik pada reaktor *Wetland* terjadi pada reaktor *Wetland* 32 mesh dan mangrove 3 bulan yang terlihat pada Gambar 8.

C. Analisis Zat Organik

Zat organik sebagai angka permanganate adalah banyaknya mg/l  $KMnO_4$  yang dibutuhkan dalam mengoksidasi zat organik yang terkandung dalam satu liter air. hitung nilai Permanganat dengan menggunakan rumus berikut.

$$KmnO_4 (L) = \frac{10}{1000} \{ [(10+a) \times N] - (1 \times 0,1) \} \times 31,6 \times P$$

Dimana : a = ml titrasi larutan Kalium Permanganat  
 N = normalitas larutan Kalium Permanganat  
 P = Pengenceran

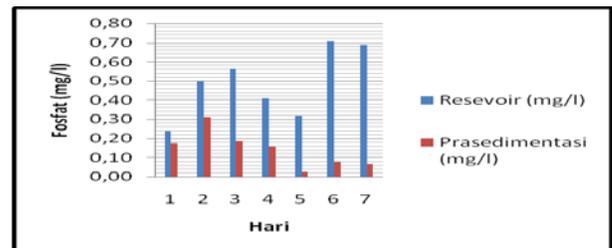
Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 8  
Analisis Fosfat Minggu 1

	Reservoir (mg/l)	Prasedimentasi (mg/l)	Wetland d 16 mesh (mg/l)	Wetland d 32 mesh (mg/l)	Wetland Kontrol (mg/l)
Selasa	0,24	0,17	0,07	0,05	0,16
Rabu	0,50	0,31	0,15	0,22	0,28
Kamis	0,56	0,18	0,09	0,08	0,16
Jumat	0,41	0,16	0,06	0,05	0,13
Sabtu	0,32	0,03	0,02	0,02	0,02
Minggu	0,71	0,08	0,02	0,03	0,06
Senin	0,69	0,06	0,03	0,02	0,05

Tabel 9  
Analisis Fosfat Minggu 2

	Reservoir (mg/l)	Prasedimentasi (mg/l)	Wetland 16 mesh (mg/l)	Wetland 32 mesh (mg/l)	Wetland Kontrol (mg/l)
Selasa	0,72	0,37	0,21	0,06	0,14
Rabu	0,67	0,47	0,24	0,08	0,12
Kamis	0,74	0,44	0,31	0,17	0,24
Jumat	0,64	0,26	0,16	0,12	0,15
Sabtu	0,56	0,42	0,02	0,25	0,13
Minggu	0,30	0,28	0,27	0,10	0,10
Senin	0,29	0,26	0,25	0,10	0,06



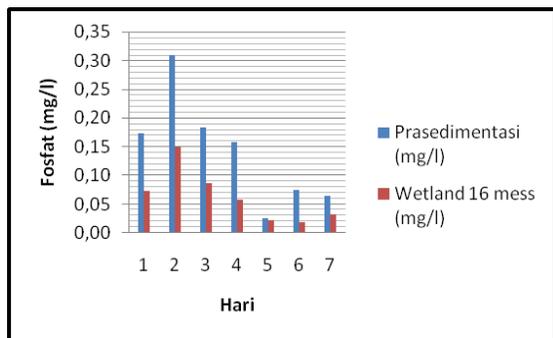
Gambar 13 Grafik Analisis Fosfat Prasedimentasi Minggu Kedua

Berdasarkan tabel diatas, pada minggu pertama menunjukkan menggunakan mangrove dengan umur 3 bulan sedangkan minggu kedua digunakan mangrove dengan umur 6 bulan pada reaktor *Wetland*. Penurunan zat organik yang terjadi pada Prasedimentasi disebabkan proses sedimentasi. Sedangkan penurunan zat organik yang terjadi pada reaktor *Wetland* disebabkan oleh proses penyerapan zat organik yang dilakukan oleh akar mangrove dan penyerapan oleh mikroorganisme pada media. Penurunan zat organik terbaik pada reaktor Prasedimentasi terjadi pada minggu kedua yang terlihat pada Gambar 9.

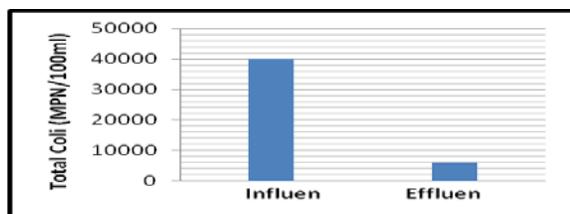
Penurunan zat organik terbaik pada reaktor *Wetland* terjadi pada reaktor *Wetland* 16 mesh dan mangrove 6 bulan yang terlihat pada Gambar 10.

D. Analisis Nitrat

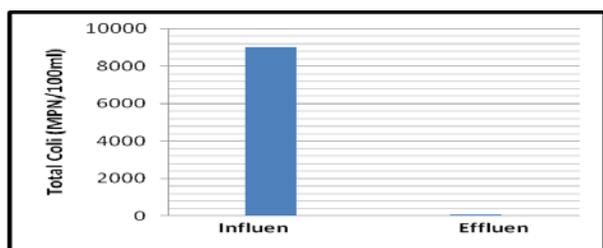
Dalam analisis nitrat ini menggunakan metoda analisa nitrat dengan brucin asetat. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7. Berdasarkan tabel diatas, pada minggu pertama menunjukkan menggunakan mangrove dengan umur 3 bulan sedangkan minggu kedua digunakan mangrove dengan umur 6



Gambar 14 Grafik Analisis nitrat Wetland 16mesh 6 bulan



Gambar 15 Grafik analisis Total Coli Prasedimentasi pertama



Gambar 16 Grafik Analisis Total Coli Wetland 32mesh 6 bulan

bulan pada reaktor *Wetland*. Penurunan nitrat yang terjadi pada Prasedimentasi disebabkan proses sedimentasi. Sedangkan penurunan nitrat yang terjadi pada reaktor *Wetland* disebabkan oleh proses penyerapan nitrat yang dilakukan oleh akar mangrove untuk proses pertumbuhan terutama pertumbuhan pada batang tanaman. Penurunan nitrat terbaik pada reaktor Prasedimentasi terjadi pada minggu kedua yang terlihat pada Gambar 11. Penurunan nitrat terbaik pada reaktor *Wetland* terjadi pada reaktor *Wetland* 16 mesh dan mangrove 3 bulan yang terlihat pada Gambar 12.

#### E. Analisis Fosfat

Dalam analisis Fosfat menggunakan metoda klorid timah untuk fosfat. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9. Berdasarkan tabel diatas, pada minggu pertama menunjukkan penggunaan mangrove dengan umur 3 bulan sedangkan minggu kedua digunakan mangrove dengan umur 6 bulan pada reaktor *Wetland*. Penurunan Fosfat yang terjadi pada Prasedimentasi disebabkan proses sedimentasi. Sedangkan penurunan fosfat yang terjadi pada reaktor *Wetland* disebabkan oleh proses penyerapan fosfat yang dilakukan oleh akar mangrove untuk proses pertumbuhan terutama pertumbuhan pada akar tanaman. Penurunan fosfat terbaik pada reaktor Prasedimentasi terjadi pada minggu kedua yang terlihat pada Gambar 13. Penurunan fosfat terbaik pada reaktor *Wetland* terjadi pada reaktor *Wetland* 16 mesh dan mangrove 6 bulan yang terlihat pada Gambar 14.

#### F. Analisis Total Coli

Dalam analisis Total coli menggunakan metoda *Most Probability Number*. Dari hasil analisis di dapat penurunan prasedimentasi terbaik pada minggu pertama sesuai Gambar 15. Penurunan total coli terbaik pada reaktor *Wetland* terjadi pada reaktor *Wetland* 32 mesh dan mangrove 6 bulan yang terlihat pada Gambar 16.

### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan:

1. Berdasarkan hasil penelitian, terlihat bahwa mangrove yang berumur 3 bulan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan kekeruhan dan nitrat. Sedangkan mangrove yang berumur 6 bulan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan zat organik, fosfat, dan total coli
2. Berdasarkan hasil penelitian, terlihat bahwa ukuran pasir 16-32 mess memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan zat organik, nitrat, dan fosfat. Sedangkan pada ukuran pasir 32-50 mess memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan kekeruhan dan total coli.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepada Ir. M. Razif, MM., Alfani Purnomo ST, MT., Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD., yang telah memberikan teladahnya pada penulisan artikel ini..

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] APHA, (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20<sup>th</sup> edition. Washington.
- [2] Brix, H and Hans-hendrik Schierup.(1990). *Soil oxygenation in constructed reed beds: The role of macrophyte and soil-atmosphere interface oxygen transport*. Cooper, P.F. Findlater, B.C.(eds) 53-66. Pergamon press. Oxford.U.K
- [3] Campbell, C.S. and Odgen, M.H. (1999). *Constructed wetlands in the sustainable landscape*. John wiley, New york
- [4] Crites, R. dan Tchobanoglous, G, (1998), *Small and Decentralized Waste Water Management Systems*. United States : McGraw-hill.
- [5] Eliasson, J. (2002). *Sand Media Spesification*. Rule Development Committee Issue Research Report-draft.
- [6] Hadi, W.(2003). *Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya
- [7] Huisman, L., and W.E Wood, (1974), *Slow Sand Filtration*, WHO, Geneva
- [8] Khatuddin, M. (2003) *melestarikan sumber daya air dengan teknologi rawa buatan*. Gajah mada university pers. Yogyakarta
- [9] Masduqi, A dan Assomadi, A. F., (2012), *Operasi dan proses pengolahan air*. Surabaya: ITS Press
- [10] Novotny, V and Olem, H.(1993). *Water quality: Prevention, Identification, and Management of Difuse Pollution*. Van Nostrand Reinhold, New York
- [11] Pancawardani, F., (2004). *Uji tumbuhan Heliconia Rostrata dan Cyperus Papyrus dalam mereduksi COD dan TSS limbah KM/WC dan kantin ITS Surabaya*, tugas akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya
- [12] Polprasert, c., van der Steen, N.P., Veenstra, S., and Gijzen, H.J., (2001). *Wastewater Treatment II: Natural System for Wastewater Management*. Delft: International Institute for Infrastructure, Hydraulics and Environmental Engineering (IHE Delft)

- [13] Qasim, S.R., Motley, E.M., dan Zhu, G. 2000. *Water Works Engineering, Planning, Design, and Operation*. United States of America: Prentice Hall PTR
- [14] Reynolds, T. dan Paul, A. 1995. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2 edition*. Boston: PWS Publishing Company
- [15] Sigeo, D. C. 2005. *Freshwater Microbiology, Biodiversity and Dynamic of Microorganism in the Aquatic Environment*. West Sussex, England: John Willey & Sons
- [16] Santika, S. S. dan Alaerts, G, (1987), *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional
- [17] Wood, A.(1990). *Constructed Wetland For Waste Water Treatment And Engineering Design Consideration. Proceeding Of The Internasional Conferencion The Use Of Constructed Wetland In Water Polution Control*. London : Pergamon Press.
- [18] Yung, K. (2003). *Biosand Filtration: Application In The Developing World*
- [19] Yunita, C., (2003). *Pengaruh variasi media tanaman terhadap penurunan PV dan TSS pada pengolahan effluen IPLT keputih sukolilo Surabaya dengan memanfaatkan tanaman Cattail (Thyphalatifolia) menggunakan sistem constructed wetland*, tugas akhir. Jurusan teknik lingkungan ITS, Surabaya