

TA/TL/2021/1279

TUGAS AKHIR
UNJUK KERJA *ECOLOGICAL FLOATING BED* (EFB)
DENGAN MEDIA PENYANGGA SPONS
***POLYURETHANE* UNTUK PENYISIHAN AMONIA**
(NH₃) DAN FOSFAT (PO₄) PADA AIR LIMBAH
GREYWATER

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



RIDWAN
16513100

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2020

TUGAS AKHIR

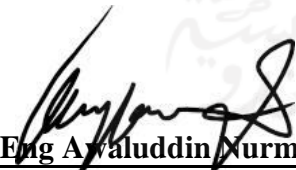
**UNJUK KERJA *ECOLOGICAL FLOATING BED* (EFB)
DENGAN MEDIA PENYANGGA SPONS
POLYURETHANE UNTUK PENYISIHAN AMONIA
(NH₃) DAN FOSFAT (PO₄) PADA LIMBAH
*GREYWATER***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**Ridwan
16513100**

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Dr. Eng Awaluddin Nurmiyanto,
S.T.,M.Eng.

NIK. 095130403

Tanggal:


Dr. Joni Aldilla Fajri S.T.,M.Eng.

NIK. 1651306

Tanggal:

Mengetahui,*
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Eko Siswoyo,S.T.,M.Sc.ES.,Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 25 Februari 2021

HALAMAN PENGESAHAN

**UNJUK KERJA *ECOLOGICAL FLOATING BED* (EFB)
DENGAN MEDIA PENYANGGA SPONS
POLYURETHANE UNTUK PENYISIHAN AMONIA
(NH₃) DAN FOSFAT (PO₄) PADA LIMBAH
GREYWATER**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis

Tanggal : 25 Februari 2021

Disusun Oleh:

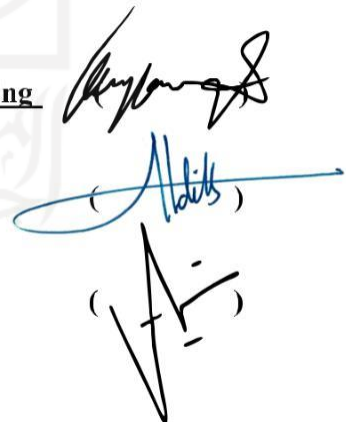
**RIDWAN
16513100**

Tim Penguji :

Penguji 1 Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng

Penguji 2 Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng

Penguji 3 Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T



(A. Nurmiyanto)
(J. Aldilla Fajri)
(A. Yulianto)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 28 Februari 2021

Yang membuat pernyataan,



RIDWAN

NIM: 16513100

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Juli 2020 ini ialah mengenai emisi dari lahan karst dengan judul: Unjuk Kerja *Ecological Floating Bed* (EFB) Dengan Media Penyangga Spons *Polyurethane* Untuk Menurunkan Amonia (NH₃) Dan Fosfat (PO₄) Pada Aair Limbah *Greywater*. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi tugas akhir penyelesaian program sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan, dorongan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT.
2. Bapak Sofyan Daud dan Ibu Siti Hajar sebagai bapak dan ibu kandung penulis yang selalu memberikan doa dan motivasi untuk penulis
3. Bapak Dr. Eng. Awwaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. selaku pembimbing 1, Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng selaku pembimbing 2, dan Bapak Dr. Andik Yulianto. S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah banyak memberi saran dan masukan selama penelitian ini.
4. Nurul Dinda Latifah, S.T. yang selalu membantu dan menemani penulis selama menyusun laporan.
5. Teman-teman penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak terdapat berbagai kekurangan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Yogyakarta, 28 Februari 2021



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

ABSTRAK

RIDWAN. *Unjuk Kerja Ecological Floating Bed (EFB) Dengan Media Penyangga Spons Polyurethane Untuk Pentisisihan Amonia (NH₃) Dan Fosfat (PO₄) Pada Air Limbah Greywater. Dibimbing oleh DR. ENG. AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.ENG. dan DR. JONI ALDILLA FAJRI S.T., M.ENG.*

Penambahan jumlah mahasiswa tiap tahunnya di Universitas Islam Indonesia menimbulkan bertambahnya pembangunan fasilitas berupa hunian, rumah makan, laundry, dll. Kenaikan ini berkontribusi meningkatkan jumlah limbah domestik, khususnya limbah *greywater*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas kinerja reaktor EFB dengan media penyangga spons *polyurethane* menggunakan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam penyisihan konsentrasi NH₃ dan PO₄ pada limbah *greywater*. Penelitian dilakukan selama 5 bulan, dari Juli-November 2020 di Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII. Pengambilan sampel terbagi menjadi dua tahapan yaitu pada konsentrasi rendah dan tinggi. Sampel yang digunakan berasal dari air limbah buatan/sintetis dengan kandungan NH₃ dan PO₄ dan parameter umum yang diuji berupa Suhu, pH, DO, Turbidity, EC. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang digunakan total berjumlah dua belas batang. Reaktor yang digunakan berjumlah 3 buah (kontrol, EFB, EFB+Spons) dengan tipe batch, berbahan dasar kaca dengan volume 100x40x40cm berisi 100 liter limbah buatan yang dirakit dan ditambahkan eceng gondok dan spons. Pengukuran NH₃ berdasarkan metode Standar Fenat mengacu pada SNI 06-6989.30-2005, analisis PO₄ berdasarkan metode asam askorbat mengacu kepada SNI 06-6989.31-2005, menggunakan spektrofotometer Ultraviolet-Visible (UV-VIS). Reaktor EFB dengan media penyangga spons mampu menurunkan NH₃ dan PO₄ dengan efisiensi removal berturut-turut sebesar 99,58% dan 2,25% pada tahap 1, 99,25% dan 38,14% pada tahap 2.

Kata kunci: Amonia, Eceng Gondok, *Ecological Floating Bed*, Fosfat, *Greywater*, spons *polyurethane*

ABSTRACT

RIDWAN. *Ecological Floating Bed (EFB) Performance with Polyurethane Supporting Media to Reduce Ammonia (NH₃) and Phosphate (PO₄) in Greywater. Supervised by DR. ENG. AWALUDDIN NURMIYANTO, ST, M.ENG. and DR. JONI ALDILLA FAJRI ST, M.ENG.*

The increase in the number of students each year at the Islamic University of Indonesia has led to increase in the construction of facilities in the form of housing, restaurants, laundry, etc. This condition contributed to increase the amount of domestic waste, especially greywater. The purpose of this research is to determine the effectiveness of the EFB reactor performance with sponge supporting media using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the removal of NH₃ and PO₄ concentrations in Greywater. The research was conducted for 5 months, from July-November 2020 at the Environmental Quality Laboratory of the FTSP UII.

Sampling is divided into two stages, at low and high concentrations. The samples that used came from artificial/synthetic wastewater with NH_3 and PO_4 content and the general parameters that analysed were temperature, pH, DO, Turbidity, EC. The total number of water hyacinths (*Eichhornia crassipes*) that used is twelve. The number of reactor is 3 (control, EFB, EFB+Spons) batch types, made of glass with 100x40x40cm volume, containing of 100 liters artificial/synthetic assembled and added with water hyacinth and sponge. NH_3 measurement based on the Phenate Standard method refers to SNI 06-6989.30-2005, PO_4 measurement based on the ascorbic acid method refers to SNI 06-6989.31-2005, using an Ultraviolet-Visible (UV-VIS) spectrophotometer. This EFB reactor with sponge supporting media respectively was able to reduce NH_3 and PO_4 with removal efficiency of 99.58% and 2.25% at stage 1, 99.25% and 38.14% in stage 2.

Keywords: Ammonia, Water Hyacinth, Ecological Floating Bed, Phosphate, Greywater, Polyurethane Sponge



DAFTAR ISI

PRAKATA	i
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Greywater</i>	5
2.2 Amonia (NH ₃)	6
2.3 Fosfat (PO ₄)	7
2.4 <i>Ecological Floating Bed</i>	7
2.5 Eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	10
2.6 Media Penyangga Spons	11
2.7 Penelitian Terdahulu	13
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	17
3.2 Metode Penelitian	17
3.3 Pembuatan Reaktor <i>Ecological Floating Bed</i>	18
3.4 Pembuatan Air Limbah Buatan	19
3.5 <i>Running</i> Reaktor	20
3.6 Oprasional Reaktor	21
3.6 23	
3.7 Prosedur Analisis Data	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Karakteristik Air Limbah	25
4.2 Efisiensi Removal	26
4.2.1 Amonia (NH ₃)	26
4.2.2 Fosfat (PO ₄)	28
4.3 Efek Beban Pencemaran	29
4.3.1 Amonia (NH ₃)	31
4.3.2 Fosfat (PO ₄)	38
4.5 Perbandingan Kinerja Tiap Reaktor	41
4.5.1 Amonia (NH ₃)	41
4.5.2 Fosfat (PO ₄)	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan	46

5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	52



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Karakteristik Sumber Pencemar <i>greywater</i>	5
Tabel 2 Karakteristik Konsentrasi <i>Greywater</i> di Indonesia	5
Tabel 3 Komponen <i>Ecological Floating Bed</i>	8
Tabel 4 Klasifikasi Tumbuhan Eceng Gondok	11
Tabel 5 Sifat Polyurethane (Kricheldorf, 2005)	13
Tabel 6 Resume Studi Penelitian Terdahulu.....	14
Tabel 7 Jenis jenis Reaktor Yang Digunakan.....	19
Tabel 8 Komposisi Air Limbah Buatan	19
Tabel 9 Tahapan Pengambilan Sampel Parameter Umum dan Khusus .	21
Tabel 10 Metode Pengukuran Parameter.....	21
Tabel 15 Interval Pengujian.....	23
Tabel 11 Kondisi Awal Parameter Uji Konsentrasi.....	25
Tabel 12 Perbandingan Konsentrasi Dengan Baku Mutu	25
Tabel 13 Parameter Umum	26
Tabel 14 Berikut perbandingan karakteristik air limbah buatan dan <i>greywater</i>	26
Tabel 16 Perbandingan Komposisi Bahan Campuran.....	30
Tabel 17 Perbandingan Nilai Konsentrasi Rendah Dan Tinggi	31



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 <i>Ecological Floating Bed</i> dengan Pipa PVC	9
Gambar 2 Proses Kerja <i>Ecological Floating Bed</i>	10
Gambar 3 Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	10
Gambar 4 Spons <i>Polyurethane</i>	12
Gambar 5 (a) Opened Cell PU; (b) Closed Cell PU	13
Gambar 6 Diagram Alir Metode Penelitian <i>Ecological Floating Bed</i> ...	18
Gambar 7 (a) Reaktor EFB Tampak Atas; (b) Reaktor EFB Tampak Samping	19
Gambar 8 Kegiatan Pembuatan Limbah Buatan	20
Gambar 9 Tumbuhan Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatic</i> F : A. Hari pertama Aklimatisasi ; B. Tumbuhan Kangkung Mati Hari ke Lima	22
Gambar 10 Reaktor Penelitian <i>Ecological Floating Bed</i> (EFB)	23
Gambar 11 Grafik Hasil Pengujian Senyawa Amonia (NH ₃)	27
Gambar 12 Diagram Efisiensi Removal Amonia (NH ₃) Pada Tiap Reaktor 28	
Gambar 13 Grafik Data Hasil Pengujian Senyawa Fosfat (PO ₄)	29
Gambar 14 Diagram Efisiensi Removal Fosfat (PO ₄) Pada Tiap Reaktor	29
Gambar 15 Grafik Konsentrasi Amonia (NH ₃)	32
Gambar 16 Grafik Pengukuran Nilai <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	34
Gambar 17 Grafik Pengukuran Nilai Suhu	35
Gambar 18 Grafik Pengukuran Nilai pH	36
Gambar 19 perbandingan warna air. A. hari ke 29 ; B. Hari ke 44	37
Gambar 20 Data Pengukuran Kekeruhan (<i>Turbidity</i>)	38
Gambar 21 Grafik Pengukuran Konsentrasi Fosfat (PO ₄)	39
Gambar 22 Penampakan Reaktor Yang Mengalami Pelapukan Eceng Gondok. A. Reaktor EFB ; B. Reaktor EFB+Spons.....	41
Gambar 23 Diagram Perbandingan Efisiensi Removal Amonia (NH ₃) Tahap 1 dan 2	42
Gambar 24 Spons <i>polyurethane</i> di reaktor EFB+Spons	43

Gambar 25 Diagram Perbandingan Efisiensi Removal Fosfat (PO_4) Tahap

1 dan 2..... 44





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدلاء بالاندو

DAFTAR LAMPIRAN

1	Parameter Amonia (NH ₃)	52
2	Parameter Fosfat (PO ₄)	52
3	Perbandingan Komposisi Rendah dan Tinggi	53
4	Data Pengukuran pH	53
5	Data Pengukuran Suhu	54
6	Data Pengukuran DO	54
7	Data Pengukuran <i>Turbidity</i>	55
8	Data Pengukuran <i>Electrical Conductivity</i>	55
9	Alat dan Bahan pengujian Amonia (NH ₃) dan Fosfat (PO ₄)	56
10	Flowchart Pengujia Amonia (NH ₃) dan Fosfat (PO ₄)	57
11	Foto Tiap Reaktor Hari ke-0	59
12	Foto Tumbuhan Eceng Gondok Dan Spons	60
13	Foto Media Penyangga Apung	60
14	Foto Spons Pada Akar Tumbuhan Eceng Gondok	61
15	Foto Spons Dengan <i>Biofilm</i>	61
16	Foto Tiap Reaktor Hari ke-29	62
17	Hasil Pengujian Laboratorium Amonia (NH ₃) dan Fosfat (PO ₄)	62
18	Hasil Pengujian Amonia (NH ₃) Tahap 1	63
19	Hasil Pengujian Fosfat (PO ₄) Tahap 1	63
20	Hasil Pengujian Amonia (NH ₃) Tahap 2	64
21	Hasil Pengujian Fosfat (PO ₄) Tahap 2.....	64
22	Data Pengujian Amonia (NH ₃)	65
23	Data Pengujian Fosfat (PO ₄)	65



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Universitas Islam Indonesia merupakan salah satu kampus terkemuka di Yogyakarta dengan kampus terpadunya yang terletak di Jalan Kaliurang Km 14,5. Hal ini menimbulkan konsekuensi bertambahnya pembangunan fasilitas baik untuk hunian maupun fungsi lain seperti rumah makan, *laundry*, dll di kawasan tersebut. Kenaikan kebutuhan permukiman berakibat menimbulkan kontribusi peningkatan jumlah air limbah domestik di lingkungan, khususnya *greywater*. *Greywater* sendiri merupakan air limbah domestik yang berasal dari aktivitas manusia seperti kegiatan mencuci, dan kegiatan mandi, tanpa tercampur oleh kotoran manusia. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Rian (2016), dilakukan pengukuran limbah *greywater* yang terdapat di kantin Universitas Islam Indonesia, Sleman, DIY didapatkan data untuk parameter amonia (NH_3) sebesar 4,14 mg/L, fosfat (PO_4) sebesar 2,43 mg/L, berdasarkan syarat baku mutu bahwa kandungan amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4) melebihi baku mutu mengacu pada Permen LHK No 68 tahun 2018 untuk amonia (NH_3) dan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 baku mutu air kelas III untuk fosfat (PO_4).

Ada berbagai macam kandungan *greywater* yang dapat mencemari badan air sehingga mengalami gangguan atau kerusakan. Dua jenis bahan pencemar yang terkandung di *greywater* yaitu fosfat (PO_4) dan amonia (NH_3), Menurut Ndani (2016), salah satu bahan pencemar yang dapat menurunkan kualitas air sungai adalah fosfat (PO_4). Keberadaan fosfat (PO_4) yang berlebihan pada badan air dapat menyebabkan kondisi penyuburan unsur hara pada perairan (eutrofikasi), sementara itu kadar amonia (NH_3) dalam perairan alami biasanya kurang dari 0,1 mg NH_3/L . Amonia (NH_3) dengan konsentrasi beberapa mg/L saja apabila terkandung pada sistem perairan dapat menjadi racun bagi kehidupan air, terutama bagi kehidupan biota air karena adanya amonia (NH_3) dapat mengurangi kandungan oksigen dalam air (Effendi, 2003).

Fosfat (PO_4) dapat menyebabkan stimulasi pertumbuhan tumbuhan dan menyebabkan eutrofikasi, yaitu tumbuhnya lumut dan *microalgae* yang berlebihan dalam badan air yang menerima limbah tersebut (Ahn, *et al.*, 2007). Kandungan fosfat (PO_4) yang berlebihan pada perairan dapat menyebabkan eutrofikasi. Yaitu pencemaran air yang disebabkan oleh munculnya nutrient yang berlebihan kedalam ekosistem air sehingga tumbuhan tumbuh dengan sangat cepat dibandingkan dengan pertumbuhan yang normal akibat tersedianya nutrisi yang berlebihan. Sedangkan amonia (NH_3) dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan perairan. Konsentrasi tersebut tergantung dari pH dan temperatur yang mempengaruhi air. Amonia (NH_3) berada dalam air sebagai amonium (NH_4^+). Kadar amonia bebas dalam air meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan temperatur. Kehidupan air terpengaruh oleh amonia pada konsentrasi 1 mg/L dan dapat menyebabkan ikan mati lemas karena dapat mengurangi kapasitas oksigen dalam air (Herlambang dan Marsidi, 2003).

Salah satu upaya untuk menyinghkan bahan pencemar dalam air adalah dengan menggunakan teknologi reaktor *Ecological floating Bed* (EFB). EFB adalah teknologi pemulihan melalui proses fisika, kimia, dan biologi yang ramah lingkungan dan ekonomis (Li *et al.*, 2007), menurut Kundan *et al.*, (2019) EFB

berhasil menurunkan polutan dengan memanfaatkan tumbuhan air yang dibiarkan mengapung dalam melakukan pengolahan berbagai macam jenis air limbah. EFB memanfaatkan teknik fitoremediasi tumbuhan air melalui akarnya untuk melakukan penyerapan bahan pencemar yang ada di air limbah, fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi pembersihan, penghilangan, atau pengurangan zat pencemar dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tumbuhan (Chussetijowati, 2010).

Tumbuhan yang digunakan sebagai tumbuhan fitoremediasi ada berbagai macam tumbuhan salah satunya adalah tumbuhan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sendiri merupakan tumbuhan yang mempunyai daya adaptasi yang cukup luas terhadap kondisi iklim dan media tanam di daerah tropis, sehingga dapat ditanam di berbagai daerah di Indonesia. Berdasarkan penelitiannya Lismining dan Indriatmoko (2016) dan Fariez *et al.*, (2015) tentang efektivitas fitoremediasi tumbuhan Eceng gondok di dapatkan persen efisiensi removal fosfat (PO_4) sebesar 92,68% dan persen efisiensi removal amonia (NH_3) sebesar 70%

Oleh karena itu penelitian dengan menggunakan teknologi reaktor *Ecological floating Bed* (EFB) dengan tumbuhan Eceng gondok diharapkan menjadi jawaban untuk menurunkan konsentrasi amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4) yang ada di badan air. Selain itu terdapat modifikasi media penyangga spons yang ditambah pada reaktor EFB yang berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembang biak mikroorganisme, dengan adanya spons diharapkan mampu meningkatkan efektivitas penyisihan konsentrasi amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4) akibat dari degradasi oleh mikroorganisme sehingga permasalahan pencemaran dibadan air dapat terselesaikan lebih optimal.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang terdapat di atas maka terdapat masalah, yaitu terjadinya pencemaran akibat tidak terolahnya limbah *greywater* oleh sebab itu disusun rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimana kinerja reaktor *Ecological floating Bed* (EFB) dalam penyisihan kandungan amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4) dalam air limbah *greywater* ?
2. Apakah Bagaimana reaktor *Ecological floating Bed* (EFB) dengan penambahan media penyangga spons akan lebih efektif dalam penyisihan kandungan amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4) pada air limbah *Greywater* jika dibandingkan dengan reaktor *Ecological floating Bed* EFB tanpa menggunakan media penyangga ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin di capai dari pelaksanaan penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui efektivitas kinerja reaktor *Ecological floating Bed* (EFB) dengan media penyangga spons *polyurethane* menggunakan tumbuhan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam penyisihan konsentrasi amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4) pada limbah *Greywater*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini baik bagi perguruan tinggi, masyarakat dan pemerintah, yaitu:

1. Bagi Perguruan Tinggi
Memberikan referensi opsi teknologi pengolahan limbah *Grey Water* dalam penyisihan konsentrasi amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4).
2. Bagi Masyarakat .
Memberikan solusi bagi masyarakat sekitar kampus Universitas Islam Indonesia dalam pengolahan limbah *greywater*.

1.5 Ruang Lingkup

Batasan masalah dalam penelitian meliputi:

1. Penelitian berlokasi di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia (FTSP UII) Gedung M. Natsir, Jalan Kaliurang KM 14,5, Sleman, Yogyakarta.
2. Parameter yang akan di uji adalah:
 - a. Parameter khusus adalah amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4).
 - b. Parameter umum adalah pH, suhu, Dissolve Oxygen (DO), *Turbidity*, dan *Electrical Conductivity* (EC).
3. Tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tumbuhan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).
4. Media penyangga yang digunakan dalam penelitian ini adalah media spons jenis *polyurethane*.
5. Air Limbah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air limbah buatan/sintetis.
6. Konsentrasi limbah buatan/sintetis mengacu pada konsentrasi limbah *greywater* yang dibuang ke badan air.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستد بالاندية

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1



No	Parameter	Nilai
1	N	0,01%
2	P	0,01%
3	K	0,008%
4	BOD	14,5 mg/L
5	COD	102,667 mg/L
6	DHL	1006,8 ($\mu\text{s/cm}$)
7	Ph	6,24

(Sumber : *Laboratorium Kimia Tanah dan Laboratorium Lingkungan Bioteknologi Perairan, 2014*)

Tingginya kuantitas dan kandungan polutan greywater berpotensi mencemari badan air penerima terutama sungai, dimana 60% - 70% pencemar air sungai berasal dari limbah domestik (Ismuyanto, 2010 dalam Suswati, A.C.S.P., Wibisono, G., 2013). Dampak dari pencemaran tersebut akan membahayakan dan menurunkan kualitas badan air penerima hingga menurunkan kualitas kesehatan masyarakat yang mengonsumsi air.

Pengolahan terhadap *greywater* sangat penting dilakukan sebagai usaha untuk mengurangi konsentrasi polutan dalam air buangan sehingga aman untuk dibuang ke badan air penerima. Pengolahan yang tidak optimal akan mengakibatkan bahaya polusi perairan maupun di tanah atau pencemaran yang kemudian menimbulkan ketidaknyamanan dalam kehidupan karena hilangnya estetika dan konservasi alam, dan akhirnya bahaya mengancam bagi kualitas manusia yang hidup disekitarnya (Endita et al., 2009).

2.2 Amonia (NH_3)

Amonia adalah senyawa kimia dengan rumus NH_3 yang merupakan salah satu indikator pencemaran lingkungan. Amonia adalah produk sampingan yang toksik dari pengeluaran nitrogen secara metabolis (de-aminasi) dari protein dan asam nukleat. Sebagian besar hewan akuatik mengeskresikan amonia dari cairan tubuhnya. (Campbell, 2004)

Amonia (NH_3) dan garam-garamnya merupakan senyawa yang bersifat mudah larut dalam air. Ion ammonium merupakan transisi dari amonia, selain terdapat dalam bentuk gas amonia juga dapat berbentuk kompleks dengan beberapa ion logam. Amonia banyak digunakan dalam proses produksi urea, industri bahan kimia, serta industri bubur dan kertas (Effendi, 2003).

Amonia merupakan senyawa anorganik yang diperlukan sebagai sumber energi dalam proses nitrifikasi bakteri aerobik. Pada air amonia berada dalam dua bentuk yaitu amonia tidak terionisasi dan amonia terionisasi. Amonia yang tidak terionisasi bersifat racun dan akan mengganggu syaraf pada ikan sedangkan amonia yang terionisasi memiliki kadar racun yang rendah. Daya racun amonia dalam air akan meningkat saat kelarutan oksigen rendah. Keberadaan bakteri pengurai sangat berpengaruh terhadap persediaan oksigen yang secara alami terlarut dalam air (Komarawidjaja, 2005).

Amonia yang terukur di perairan berupa amoniak total (NH_3 dan NH_4^+).

Amonia bebas tidak dapat terionisasi (amonia) sedangkan amonium (NH_4^+) dapat terionisasi. Persentase amonia meningkat dengan meningkatnya nilai pH dan suhu

perairan. Pada pH 7 atau kurang, sebagian besar amonia akan mengalami ionisasi. Sebaliknya pada pH lebih besar dari 7 amonia tak terionisasi yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah yang lebih banyak. Amonia bebas yang tak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas amonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu (Effendi, 2003).

Amonia dalam air permukaan berasal dari air seni dan tinja, juga dari oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau air buangan industri dan penduduk. Kadar amonia dalam air dapat dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Visible dengan panjang gelombang 640 nm. Metode uji untuk penentuan kadar amonia ini menggunakan metode secara fenat yaitu pembentukan senyawa kompleks indofenol yang berwarna biru dalam waktu berkisar 1 jam pada suhu ruang (Murti *et al.*, 2014).

2.3 Fosfat (PO_4)

Fosfat di perairan terdapat dalam berbagai bentuk, diantaranya dalam bentuk butiran-butiran kalsium fosfat (CaPO_4) dan besi fosfat (FePO_4) dan sebagian lagi dalam bentuk fosfat anorganik (orthophosphat). Pada umumnya, fosfat yang terdapat dalam suatu perairan dapat berasal dari kotoran manusia atau hewan, sabun, industri pulp dan kertas, detergen. Pada dasarnya makhluk hidup yang tumbuh di perairan memerlukan fosfat pada kondisi jumlah tertentu. Sebaliknya, kandungan fosfat yang berlebihan akan membahayakan kehidupan makhluk hidup tersebut. Kandungan fosfat yang besar dapat meningkatkan pertumbuhan alga yang mengakibatkan sinar matahari yang masuk ke perairan menjadi berkurang. (Effendi, 2003)

Dalam analisa, fosfat terlarut ditentukan setelah melalui proses filtrasi dan konsentrasi fosfat ditentukan berdasarkan reaktivitasnya terhadap reagen molibdat. Fosfat terfiltrasi yang reaktif terhadap reagen molibdat disebut dengan fosfat reaktif (filterable reactive phosphate, FRP) yang terdiri atas ortofosfat dan polifosfat serta fosfat organik yang mudah terhidrolisis oleh asam. Sementara, konsentrasi fosfat organik terfiltrasi (filterable organic phosphate, FOP) ditentukan melalui tahapan oksidasi sebelum direaksikan dengan reagen molibdat. Meskipun fosfat terdapat dalam berbagai bentuk, hanya ortofosfat dan fosfat lain yang mudah berubah menjadi ortofosfat, baik melalui proses fisika (desorpsi), kimia (pelarutan) maupun biologis (proses enzimatis), yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh alga di badan air.

Penentuan konsentrasi fosfat dari sampel perairan banyak dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Ada beberapa metode yang sudah diterapkan dalam penentuan kadar fosfat menggunakan spektrofotometri UV-Vis, diantaranya: 1) metode asam askorbat yang didasarkan pada terbentuknya warna kompleks biru molibden yang diukur pada panjang gelombang 880 nm dalam suasana membentuk asam fosfomolibdat yang dilanjutkan dengan reaksi reduksi oleh asam askorbat.

2.4

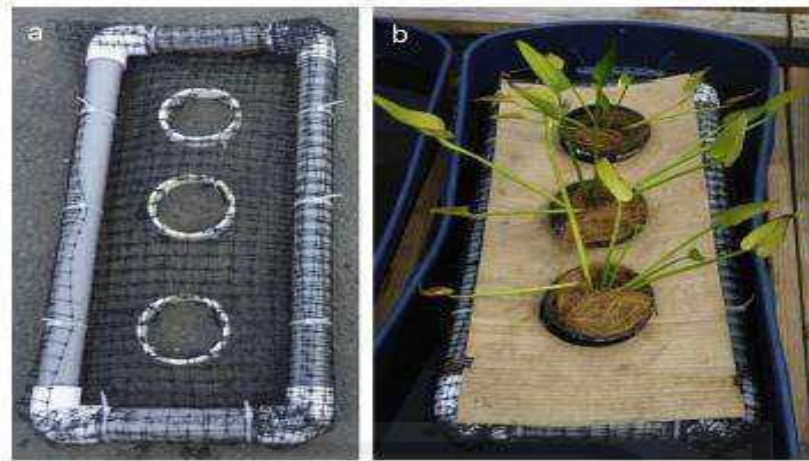
keanekaragaman hayati dan sejumlah strategi yang bisa diterapkan untuk menghilangkan polutan dari badan air seperti bio-manipulasi, removal sedimen, re-oksigenasi dan penggunaan *Ecological Floating Bed*, dll. (Nayak et al., 2018).

Sumber literatur yang tersedia membuktikan bahwa *Ecological Floating Bed* (EFB) adalah salah satu teknologi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk pengolahan berbagai jenis air limbah. *Ecological Floating Bed* menggunakan tumbuhan yang tumbuh mengapung yang ditopang di atas kerangka apung di air sehingga akar dapat tenggelam didalam air. Akar diperpanjang ke dalam air untuk menyerap polutan terlarut (Schneider dan Rubio, 1999) sedangkan daun dan batang tetap di atas permukaan air. Bahan yang digunakan untuk membuat EFB harus dalam kondisi terapung, berbagai bahan apung seperti pipa PVC, lembaran polistiren, bambu dan berbagai bahan yang terapung digunakan untuk mendesain rakit memberikan daya apung yang cukup untuk menahan tumbuhan. Kedalaman air dan rasio tutupan tumbuhan merupakan faktor utama saat merancang lahan basah terapung karena itu mempengaruhi difusi oksigen atmosfer ke badan air. Selain faktor-faktor di atas, jenis spesies tumbuhan air, biofilm dan media pertumbuhan akar juga mempengaruhi proses penghilangan polutan Kundan et al., (2019). Berikut komponen dan salah satu contoh penerapan *Ecological Floating Bed* (EFB):

Tabel 3 Komponen *Ecological Floating Bed*

Komponen	Keterangan
Bahan	Pipa PVC, lembaran polistiren, bambu, plastik net, dll
Tumbuhan	<i>Canna</i> , <i>Typha</i> , <i>Cyperus</i> , <i>Lolium</i> , <i>Chrysopogon</i> , <i>Ipomoea aquatic F</i> , dan <i>Eichhornia crassipes</i>
Media Penyangga	Bioball, Zeolit, karbon aktif, <i>Polyurethane</i> , dll

Terlepas dari proses seperti septic tank, pengolahan lumpur aktif, resirkulasi filter pasir, trickling filter, dll memiliki beberapa masalah operasional terjadi di proses seperti pembuatan lumpur, penyumbatan, waktu mulai yang lama, kebutuhan energi, pembentukan bau, ketidak seimbangan pH limbah, dll. Sebagian besar masalah ini dapat dihindari dengan menggunakan EFB yang terlihat seperti pada Gambar 2 untuk pengolahan air limbah. Dengan cara lain, sangat tidak mungkin untuk mengolah badan air yang tercemar dengan melewati segala jenis filter dan perawatan kimia metode juga tidak dapat diadaptasi karena dapat membunuh organisme air, menghancurkan ekosistem mereka. (Kadlec et al., 2000)



Sumber : Yu Wang *et al.*, 2014 (*Assessment of the nutrient removal effectiveness of floating treatment wetlands applied to urban retention ponds*)

Gambar 1 Ecological Floating Bed dengan Pipa PVC

Pada prinsipnya, sistem EFB memanfaatkan interaksi antara tumbuhan, mikroorganisme, air, dan atmosfer, mekanisme yang terjadi pada proses ini termasuk sedimentasi, penyerapan nutrien dan logam, perkembangan biofilm, degradasi kontaminan organik, pelepasan enzim ekstraseluler, dan flokulasi materi tersuspensi (Yeh *et al.* 2015). Dalam hal ini EFB mampu mengatasi untuk menjernihkan air yang ada di sungai, waduk, atau di danau. Namun, masalah penyumbatan dilapisan substrat dan area penutup biasanya membatasi penggunaan lahan basah yang di bangun. EFB mempunyai keunggulan yaitu biaya yang rendah, efektivitas dan akomodasi yang mudah, telah banyak digunakan sebagai teknologi ekologi remediasi di sungai, danau, atau waduk di Jepang, Australia, Inggris, USA, Italia, China, dan lain-lain. (Knowles, P., Dotro, *et al.*, 2011), selain itu EFB juga memiliki kelemahan yaitu proses fitoremediasi yang membutuhkan waktu yang cukup lama, bergantung pada cuaca atau iklim dan memiliki batas optimalisasi dalam menyerap polutan-polutan yang ada didalam air karna hanya bergantung dengan panjang akar pada tumbuhan.

Sistem merehabilitasi badan air seharusnya hanya memurnikan air tercemar tanpa mengganggu kehidupan akuatik dan habitatnya. Untuk alasan ini, EFB adalah pilihan yang lebih baik untuk mendekontaminasi yang terkontaminasi badan air. (Guo, Y. M., *et al* 2014)

Sumber : *Samal et al., 2019 (Ecological floating bed (EFB) for decontamination of polluted water bodies: Design, mechanism and performance*

Gambar 2 Proses Kerja *Ecological Floating*

Bed 2.5 Eceng gondok



Tabel 4 Klasifikasi Tumbuhan Eceng Gondok

Divisi



keseimbangan mikroorganisme yang tersuspensi di dalam bioreaktor (Tandukar et al., 2005).

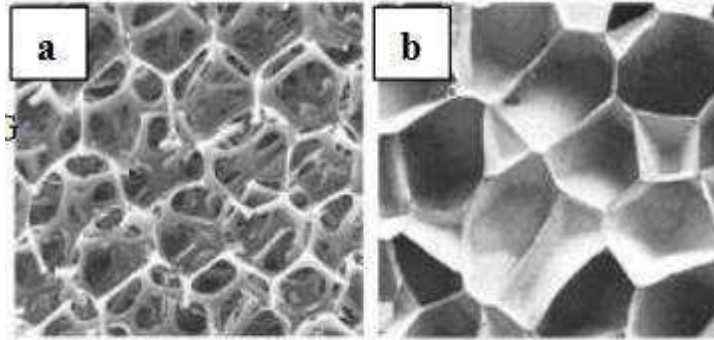
Spons digunakan dalam biofilter karena dapat mengurangi akumulasi pada lapisan permukaan membran dan mempertahankan biomassa dengan pertumbuhan terikat. Pada pertumbuhan biomassa pada permukaan spons dan lapisan akan berdampak pada penghapusan nitrogen, akan tetapi pangaruh ukuran dan jenis dapat berdampak pada kinerja sistem biologis (Alsahy et al., 2018). Media spons merupakan absorben yang memiliki struktur pori-pori yang halus. Media filter ini digunakan karena harganya ekonomis. Keuntungan media ini mudah dicuci dan dapat digunakan berulang kali (Pujiarti, 2014). media penyangga yang digunakan dalam *Ecological Floating Bed* adalah spons jenis *Polyurethane*, dalam dilihat pada gambar dibawah :



Sumber : Documentasi (2020)

Gambar 4 Spons *Polyurethane*

Polyurethane atau Poliuretan merupakan bahan polimer yang mempunyai ciri khas adanya gugus fungsi uretan ($-NHCOO-$) dalam rantai utama polimer. Gugus fungsi uretan dihasilkan dari reaksi antara isosianat dengan senyawa yang mengandung gugus hidroksil (Ashida, 2007). *Polyurethane* diklasifikasikan ke dalam 3 tipe, yaitu flexible foam, rigid foam dan semi rigid foam. Perbedaan sifat fisik dari 3 tipe polyurethane foam tersebut berdasarkan pada perbedaan berat molekul, fungsionalitas polyol dan fungsionalitas isocyanate. Berdasarkan struktur selnya, foam dibedakan menjadi dua, yaitu closed cell (seltertutup) dan opened cell (sel terbuka), seperti ditunjukkan pada gambar 2.4. Foam dengan struktur closed cell merupakan jenis rigid foam sedangkan foam dengan struktur opened cell adalah flexible foam. (Cheremisinoff,1989).



Sumber : Lee Et al Composites Science and Technology (2005)

Gambar 5 (a) Opened Cell PU; (b) Closed Cell PU

Berikut lampiran sifat dari *Polyurethane* pada tabel dibawah ini :

Tabel 5 Sifat Polyurethane (Kricheldorf, 2005)

Sifat fisik	
Massa jenis	1.12-1.24 gr/cm ³
Serapan air	0.15-0.19%
Penyusutan	0.4-1%
Sifat mekanik	
Kekuatan tarik	4500-9000 Psi
Perpanjangan hingga patah	60-550 %
Kekuatan terhadap impak Izod	1.5-1,8 ft-lb/in (tidak patah)
Sifat thermal	
Titik lebur	75-137 °C
Temperatur proses	370-550 °F

Sumber : Kricheldorf Handbook of Thermoplastic Elastomers (2005)

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu pada Tabel 6 adalah referensi bagi penulis dalam hal melaksanakan penelitian sehingga memudahkan penulis dalam menentukan langkah-langkah yang sistematis untuk penyusunan penelitian dari segi teori maupun konsep. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

Tabel 6 Resume Studi Penelitian Terdahulu

No	Sumber	Jenis Reaktor	Topik	Metode	Hasil
1	Kundan Samal <i>et al.</i> , (2019)	Ecological floating bed (EFB)	<i>Ecological floating bed</i> (EFB) untuk dekontaminasi badan air yang tercemar.	Percobaan dilakukan di enam kolam beton dengan luas sekitar 36 m ² . Dari 6 kolam beton, 3 ditanam dengan Eceng gondok air di rakit mengapung dengan jarak tanam 20 cm dan 30 cm. Bingkai rakit terbuat dari bambu. Polyethylene jaring dengan ketebalan 2 cm.	Literatur yang tersedia membuktikan bahwa Ecological Floating Bed (EFB) adalah salah satu teknologi hijau yang berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk pengolahan berbagai jenis air limbah.
2	Yanqing Sheng <i>et al.</i> , (2013)	Ecological floating bed (EFB)	Aplikai EFB dan berbagai teknik dalam menurunkan pencemaran yang ada didalam air sungai.	Menggunakan EFB termodifikasi dengan material filter dan biofilm yang diaplikasikan di sunga dengan tumbuhan paku ekor kuda (<i>Equisetum sp</i>) serta Eceng gondok air (<i>Ipomoea aquatica</i>)	Terjadi penurunan zat organik antara lain COD sebesar 23,5-70,6 %, NH ₄ ⁺ -N 33,9-49,2%, NO ₃ N sebesar 53,8-69,5%.
3	Xiaoyi Xu <i>et al.</i> , (2010)	Ecological floating bed (EFB)	Pemurnian bahan pencemar (polutan) berat dengan menggunakan EFB.	Penelitian dari bulan maret sampai agustus 2007 dan musim gugur bulan oktober 2007 sampai januari 2008. Parameter yang di ukur nitrogen, pospat dan cod, diukur tiap minggu untuk mengetahui kinerja EFB menggunakan spektrofotometer	Berkurangnya kadar kadar COD, N dan P selama musim gugur dan musim dingin. Hasil uji menunjukkan penurunan COD sebesar 23%, N sebesar 20,1% dan P sebesar 45%.

No	Sumber	Jenis Reaktor	Topik	Metode	Hasil
4	Kyambade et al. (2004)	constructed wetland	Pengaruh tumbuhan Cyperus papyrus dan Miscanthidium pada penurunan amonium, fosfor dan nitrogen dengan sistem constructed wetland	Menggunakan constructed wetland berdimensi 300 cm x 250 cm x 20 cm, dengan tumbuhan Cyperus papyrus dan Miscanthidium selama 6 bulan pada musim panas pada air limbah yang berasal dari secondary effluent. Dipantau secara teratur dan uji kandungan zat organik menggunakan spektrofotometer	Selama 6 bulan penelitian terjadi penurunan zat organik antara lain: -BOD sebesar 83,1% - NH ₄ sebesar 60,2% -TN sebesar 66,8% - TP sebesar 61,8%.
5	Xu et al. (2010)	<i>Floating Treatment Wetlands (FTW)</i>	Analisis penurunan kadar nitrat, fosfor dan COD menggunakan ecological floating bed (EFB) dengan tumbuhan Canna indica dan Cyperus alternifolius	Melakukan penelitian dari bulan maret sampai agustus 2007 dan musim gugur bulan oktober 2007 sampai januari 2008. Tingkat kelangsungan hidup dan tinggi diukur secara teratur. Nitrogen, pospat dan cod diukur tiap minggu untuk mengetahui kinerja EFB menggunakan spektrofotometer	Berkurangnya kadar kadar COD, N dan P selama musim gugur dan musim dingin. Hasil uji menunjukkan penurunan COD sebesar 23%, N sebesar 20,1% dan P sebesar 45%.

Berdasarkan tabel diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa reaktor *ecological floating bed* (EFB) mampu menyisihkan kandungan pencemar didalam air. Efisiensi penyisihan kadar pencemar dalam air berbeda beda dan dipengaruhi oleh jenis tumbuhan air yang digunakan, jenis perairan, karakteristik air, luas cakupan *floating bed* dan jenis media penyangga yang digunakan. Maka dari itu penulis dapat menarik hipotesis bahwa penggunaan *ecological floating bed* (EFB) menggunakan tumbuhan eceng gondok dengan media penyangga spons pada mampu menyisihkan kandungan polutan didalam air, khususnya kandungan amonia (NH₃) dan fosfat (PO₄).



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN

3.1





Gambar 6 Diagram Alir Metode Penelitian *Ecological Floating Bed*

x 3 x 3 cm dengan masing-masing empat (4) buah di tiap lubang pot di ikat disekitar akar tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) seperti Gambar 7(b) yang ditujukan sebagai media tumbuh microorganism yang hidup di reaktor, dan yang terakhir adalah reaktor *Ecological Floating Bed* seperti tanpa media penyangga spons sebagai bahan komparasi dengan reaktor menggunakan spons.

Tabel 7 Jenis jenis Reaktor Yang Digunakan

No	Jenis Reaktor	Volume
----	---------------	--------



No	Larutan	Komposisi	Jumlah	Satuan	Konsentrasi
4	Larutan Induk Pospat	2,195 gr KH ₂ PO ₄ + 1000 mL Aquades	100	ml	500 mg/L
5	Air Gula 0,1 M	-	1	Liter	-
6	Detergen	-	10	gram	-
7	Pupuk NPK	-	200	ml	-

Pada proses pembuatan air limbah buatan, larutan yang digunakan berasal dari bahan-bahan yang berasal dari laboratorium seperti bahan-bahan pembuatan larutan induk nitrat, nitrit, amonia dan fosfat, selain itu bahan-bahan yang lain bisa didapatkan di kehidupan sehari-hari seperti air gula, detergen, dan pupuk NPK. Kegiatan pembuatan air limbah buatan pada penelitian ini di tunjukkan pada Gambar 8.

Sumber : (Dokumentasi, 2020)

Gambar 8 Kegiatan Pembuatan Limbah Buatan

3.5

Tabel 9 Tahapan Pengambilan Sampel Parameter Umum dan Khusus

Konsentrasi Air Limbah Rendah									
Hari Ke-	0	1	2	3	4	7	10	14	20
Konsentrasi Air Limbah Tinggi									
Hari Ke-	27	28	29	42	43	44	48	51	55

Penentuan kadar ammonia (NH_3) dilakukan dengan metode spektrofotometer secara fenat (SNI 06-6989.30-2005) dengan panjang gelombang 640 nm, dan Penentuan kadar fosfat (PO_4) dilakukan dengan metode spektrofotometer secara asam askorbat (SNI 06-6989.31-2005). Prinsip kerja metode ini adalah pembentukan senyawa kompleks fosfomolibdat yang berwarna biru, selanjutnya direduksi dengan asam askorbat membentuk warna biru kompleks Molybdenum. Intensitas warna yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi fosfor. Warna biru yang timbul diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 700 nm-880 nm.

Pengujian sampel parameter umum dilakukan setiap melakukan pengujian parameter khusus selama proses *running* berlangsung, alat yang digunakan adalah *Dissolve Oxygen* (DO) meter untuk mengukur *Dissolve Oxygen* (DO), alat multimeter untuk mengukur pH dan Suhu, Konduktimeter untuk mengukur *Electical Conductivity* (EC), dan alat Turbidimeter untuk mengukur Turbidity. Tabel 8 menunjukkan Metode Pengukuran Tiap Parameter.

Tabel 10 Metode Pengukuran Parameter

	Parameter	SNI	Metode	Satuan
Khusus	Amonia	SNI 06-6989.30-2005	Spektrofotometer secara fenat	Mg/L
	Fosfat	SNI 06-6989.31-2005	Spektrofotometer secara asam askorbat	Mg/L
Umum	pH	SNI 06-6989.11-2004	Probe meter	-
	suhu	SNI 06-6989.23-2005	Probe meter	°C
	Do	SNI 06-6989.14-2004	Probe meter	Mg/L
	<i>Turbidity</i>	SNI 06-6989.25-2005	Spektrofotometer	NTU
	<i>Electrical Conductivity</i>	SNI 06-6989.1-2004	Probe meter	$\mu\text{s/cm}$

3.6

tumbuh dan berkembang pada kondisi *greywater*, tetapi dalam hal ini kangkung air (*Ipomoea aquatic F*) mengalami kematian pada hari ke lima (5) pada fase aklimatisasi, tumbuhan Kangkung air (*Ipomoea aquatic F*) menunjukkan gejala klorosis, yaitu daun berubah warna, semula hijau menjadi kuning kecoklatan selanjutnya mengalami kematian, yang diduga tumbuhan mengalami toksisitas akibat cekaman abiotik oleh kandungan limbah buatan pada reaktor, gejala toksisitas pada tumbuhan diduga akibat tumbuhan mengalami keracunan polutan yang ada pada reaktor (Sandi et al., 2010) berikut kondisi tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatic F*) pada Gambar 9.



Sumber : (Dokumentasi, 2020)

Gambar 9 Tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic F* : A. Hari pertama Aklimatisasi ; B. Tumbuhan Kangkung Mati Hari ke Lima

Oleh karna itu dilakukan pergantian jenis tumbuhan air yang digunakan yaitu menggunakan tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan tujuan memiliki data tahan yang lebih tinggi dan kemampuan menyerap polutan yang lebih baik dari pada tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic F*). Berdasarkan penelitian Lutfiana (2014) ketahanan dan pertumbuhan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) lebih baik bila dibandingkan tumbuhan lain seperti kangkung air (*Eichhornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia sp.*), diduga karena eceng gondok memiliki kemampuan yang luar biasa dalam menyerap nutrisi dan zat-zat lainnya. Eceng gondok dapat tumbuh dengan cepat dua kali lipat pada kondisi yang sesuai setiap 11-18 hari (Coetzee et al., 2009). Selanjutnya melakukan fase aklimatisasi untuk tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) selama delapan (8) hari, pada tahap aklimatisasi tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mampu tumbuh dan berkembang dengan baik dan menyelesaikan tahap aklimatisasi, dapat dilihat pada Gambar 10.

Sumber : (Dokumentasi, 2020)

Gambar 10 Reaktor Penelitian *Ecological Floating Bed* (EFB)

Setelah itu melakukan pengujian berdasarkan durasi dan interval yang sudah di sepakati dengan menjalankan dua (2) tahapan pengujian yaitu pada konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi. Pengujian dilakukan untuk tiap parameter khusus yaitu amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4), selain itu dilakukan pengujian untuk parameter umum yaitu pH, Suhu, *Dissolved Oxygen* (DO), *Electrical Conductivity*, dan *Turbidity* (Kekeruhan). Interval pengujian pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 15.

Tabel 11 Interval Pengujian

Konsentrasi Air Limbah Rendah									
Hari Ke-	0	1	2	3	4	7	10	14	20
Konsentrasi Air Limbah Tinggi									
Hari Ke-	27	28	29	42	43	44	48	51	55

Waktu tinggal reaktor dilakukan selama 55 hari dengan interval pengujian yang telah dijelaskan pada Tabel 15. Waktu pengujianya yaitu dari jam 09.00-14.00 WIB di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan FTSP UII.

3.6

Cin-Cout

$$\% \text{Removal} = \frac{\text{Cin}}{\text{Cout}} \times 100\% \dots\dots\dots$$



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1



Tabel 14 Parameter Umum

No	Parameter	Kontrol	EFB	EFB+Spons
1	pH	7,5	7,33	7,27
2	DO	1,2 mg/L	1,7 mg/L	2,2 mg/L
3	Suhu	27,1 °C	27,3 °C	27,52 °C
4	<i>Turbidity</i>	2,32 NTU	3,58 NTU	3,11 NTU
5	EC	0,896 μ s/cm	0,939 μ s/cm	0,835 μ s/cm

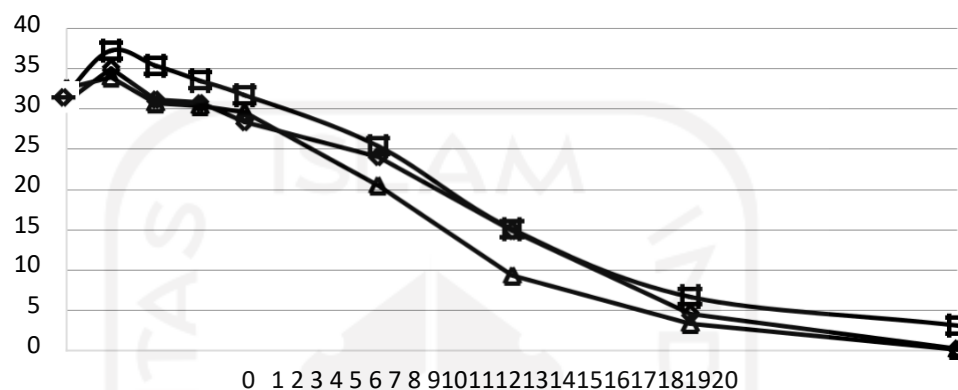
Setelah mendapatkan data konsentrasi masing-masing parameter baik parameter umum dan parameter khusus, lalu dibandingkan dengan data *greywater* yang sesungguhnya. Tujuan dilakukan perbandingan adalah untuk melihat karakteristik perbedaan konsentrasi yang terdapat pada air limbah buatan dan air limbah *greywater* sesungguhnya. perbandingan karakteristik air limbah buatan dan *greywater* terdapat pada Tabel 14.

Tabel 15 Berikut perbandingan karakteristik air limbah buatan dan *greywater*

No	Parameter	Satuan	Kontrol	EFB	EFB+Spons
----	-----------	--------	---------	-----	-----------

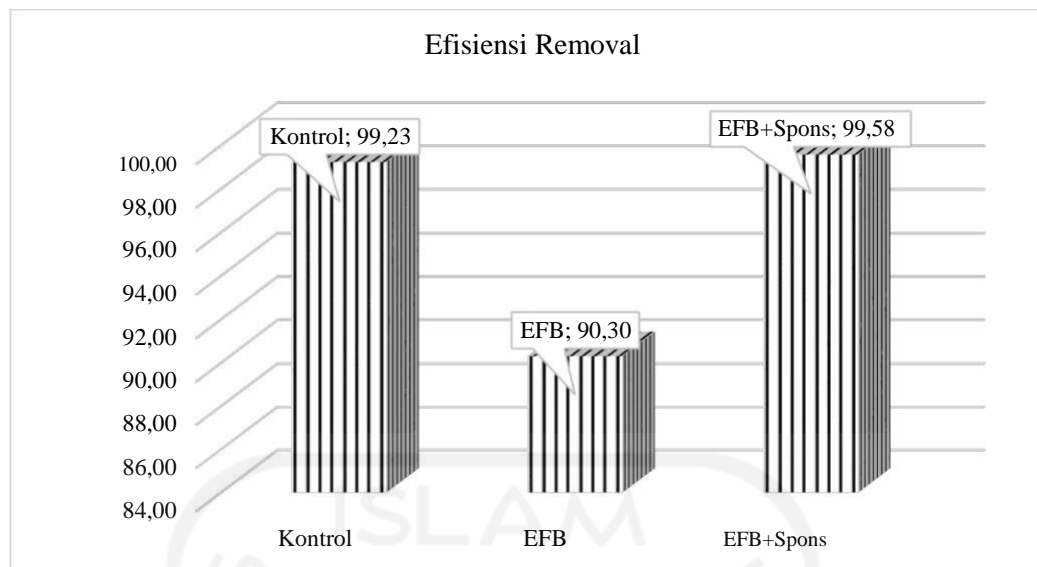


dengan efisiensi removal sebesar 90,30 % dengan waktu pengujian selama dua puluh hari (20) didapatkan konsentrasi akhir sebesar 3,09 mg/L. Sedangkan untuk reaktor EFB+Spons didapatkan data konsentrasi awal sebesar 32,56 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 99,58 % dengan waktu pengujian selama dua puluh hari (20) didapatkan konsentrasi akhir sebesar 0,14 mg/L. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Grafik Hasil Pengujian Senyawa Amonia (NH_3)

Dari gambar grafik 11, terlihat bahwa tiap reaktor mengalami penurunan konsentrasi yang signifikan, reaktor dengan nilai efisiensi removal paling besar ke kecil berturut-turut adalah, reaktor EFB+Spons yaitu sebesar 99,58 %, reaktor kontrol sebesar 99,23 %, dan yang paling kecil yaitu reaktor EFB sebesar 90,30 % dari kadar amonia (NH_3) awal. Dapat di tarik kesimpulan dari pengujian yang di peroleh bahwa penggunaan teknologi *Ecological Floating Bed* (EFB) efektif dalam menurunkan konsentrasi amonia (NH_3) didalam air limbah. Efisiensi removal pada tiap reaktor ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Diagram Efisiensi Removal Amonia (NH_3) Pada Tiap Reaktor

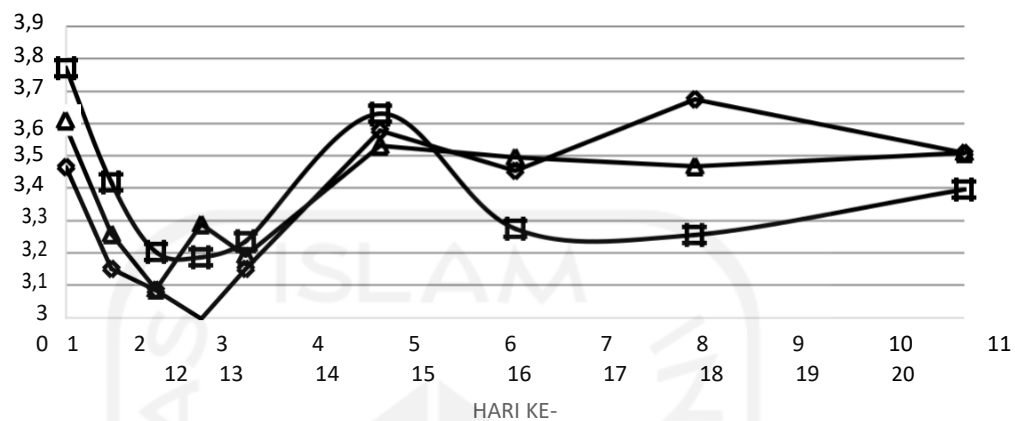
4.2.2 Fosfat (PO_4)

Posfor (P) biasanya terdapat di alam maupun air limbah dalam bentuk fosfat. Senyawa fosfat dalam air limbah dapat berupa senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Semua polifosfat dan fosfat organik dalam air secara bertahap akan dihidrolisa menjadi bentuk orthofosfat yang stabil, melalui dekomposisi secara biologi. Sebagaimana diketahui bahwa fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Effendi, 2003).

Pengujian fosfat (PO_4) dengan menggunakan *Ecological Floating Bed* (EFB) ditujukan karena senyawa fosfat (PO_4) di perairan berasal dari limbah peternakan, limbah manusia terutama detergen, pertanian terutama penggunaan pupuk anorganik seperti NPK dan TSP/*Triple Super Phosphat*), limbah industri serta dari proses alamiah di lingkungan itu sendiri (Friedet al., 2003). Beberapa penelitian menggambarkan bahwa fosfat (PO_4) merupakan unsur penting penyebab terjadinya eutrofikasi, hasil pengujian senyawa fosfat (PO_4) pada penelitian terdapat pada Lampiran 2.

Berdasarkan data Lampiran 2, terjadi kenaikan dan penurunan dari konsentrasi fosfat (PO_4), untuk reaktor kontrol, terlihat penurunan konsentrasi fosfat (PO_4) dari hari ke 0 sampai hari ke 3, selanjutnya terjadi kenaikan konsentrasi fosfat (PO_4) dari hari ke 3 sampai hari ke 7, dan selanjutnya ada penurunan pada hari ke 10, setelah itu ada kenaikan lalu penurunan konsentrasi fosfat (PO_4) pada hari ke 14 dan 20. Untuk reaktor EFB juga mengalami fluktuasi konsentrasi yang terjadi, dari grafik di atas terlihat dari hari ke 0 sampai hari ke 3 terjadi penurunan konsentrasi fosfat (PO_4), selanjutnya mengalami kenaikan konsentrasi fosfat (PO_4) dari hari ke 3 sampai hari ke 7, dan mengalami penurunan konsentrasi fosfat (PO_4) berturut turut dari hari ke 7 sampai hari ke 14, dan selanjutnya pada hari ke 20 mengalami sedikit kenaikan.. Reaktor EFB+Spons juga mengalami fluktuasi pada konsentrasi fosfat (PO_4), terlihat pada grafik, pada hari ke 0 sampai hari 2 mengalami penurunan konsentrasi fosfat (PO_4), setelah itu mengalami kenaikan lalu penurunan konsentrasi fosfat (PO_4) pada hari ke 3 dan ke 4, setelah itu mengalami kenaikan konsentrasi fosfat (PO_4) sampai hari ke 7, selanjutnya

mengalami penurunan konsentrasi fosfat (PO_4) sampai hari ke 14, dan di hari ke 20 mengalami sedikit kenaikan konsentrasi. Berikut grafik hasil pengujian fosfat (PO_4) terdapat pada gambar dibawah ini.



Gambar 13 Grafik Data Hasil Pengujian Senyawa Fosfat (PO_4)

Pada tiap reaktor terjadi penurunan dan kenaikan konsentrasi dari fosfat (PO_4). Dari pengukuran konsentrasi fosfat (PO_4) yang dilakukan dua puluh (20) hari didapatkan besaran efisiensi removal yaitu untuk reaktor kontrol sebesar - 1,22 %, untuk reaktor EFB sebesar 9,96%, dan yang terakhir reaktor EFB+Spons sebesar 2,25%. Diagram efisiensi removal terdapat pada gambar dibawah ini.

Gambar 14 Diagram Efisiensi Removal Fosfat (PO_4) Pada Tiap Reaktor

4.3 Efek Beban Pencemaran

Pada penelitian ini terdapat anomali yang tidak diharapkan yaitu penurunan konsentrasi pada reaktor kontrol sama seperti reaktor EFB dan EFB+Spons, padahal

yang di ketahui bahwa reaktor kontrol hanya terisi air limbah buatan tanpa ada tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), berbeda dengan reaktor EFB yang menggunakan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan reaktor EFB+Spons yang menggunakan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan spons jenis *polyurethane* untuk menurunkan konsentrasi pencemar. Maka dari itu dilakukan penambahan konsentrasi tiap parameter uji pada tiap reaktor. Penambahan larutan buatan menggunakan komposisi bahan-bahan campuran yang serupa dengan penambahan tahap 1 tetapi dengan jumlah yang ditingkatkan. Dalam pembuatan larutan tahap 2 volume air dibiarkan pada volume terakhir tahap 1 tanpa penambahan air kran. Tabel 16 menunjukkan perbandingan komposisi bahan campuran pada tahap 1 dan tahap 2 pada tiap reaktor.

Tabel 16 Perbandingan Komposisi Bahan Campuran

No	Larutan	Komposisi	Jumlah	Satuan	Konsentrasi
Konsentrasi Rendah					
1	Larutan Induk Nitrat	0,722 gr KNO ₃ + 2 mL CHCl ₃ + 1000 mL Aquades	1	Liter	100 mg/L
2	Larutan Induk Nitrit	1,232 gr NaNO ₂ + 1000 ml Aquades	1	Liter	250 mg/L
3	Larutan Induk Amonia	3,819 g NH ₄ Cl + 1000 mL Aquades	250	ml	1000 mg/L
4	Larutan Induk Pospat	2,195 g KH ₂ PO ₄ + 1000 mL Aquades	100	ml	500 mg/L
5	Air Gula 0,1 M		1	Liter	-
6	Detergen		10	gram	-
7	Pupuk NPK		200	ml	-
Konsentrasi Tinggi					
1	Larutan Induk Nitrat	0,722 gr KNO ₃ + 2 mL CHCl ₃ + 1000 mL Aquades	1,5	Liter	100 mg/L
2	Larutan Induk Nitrit	1,232 gr NaNO ₂ + 1000 ml Aquades	1,5	Liter	250 mg/L
3	Larutan Induk Amonia	3,819 g NH ₄ Cl + 1000 mL Aquades	350	ml	1000 mg/L
4	Larutan Induk Pospat	2,195 g KH ₂ PO ₄ + 1000 mL Aquades	150	ml	500 mg/L
5	Air Gula 0,16 M	-	1	Liter	-
6	Detergen	-	15	gram	-
7	Pupuk NPK	-	300	ml	-

Pada tahap 1 hasil efisiensi removal yang didapatkan pada tiap reaktor (Kontrol, EFB, dan EFB+Spons) hampir sama selanjutnya dilakukan pengujian pada tahap 2. Tujuan dilakukan penambahan konsentrasi yang lebih tinggi pada tahap 2 untuk tiap reaktor adalah untuk melihat kinerja/performa penurunan konsentrasi pencemar pada reaktor EFB dan EFB+Spons terhadap reaktor kontrol serta melihat lebih dalam perbandingan laju penurunan antara tiap reaktor tersebut. Proses yang dilakukan adalah menambahkan larutan induk lebih dari konsentrasi pertama (rendah), dengan harapan bahwa konsentrasi larutan kedua (besar) lebih

besar 1,5x dari larutan pertama (rendah). Tabel 17 merupakan hasil perbandingan dari konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi.

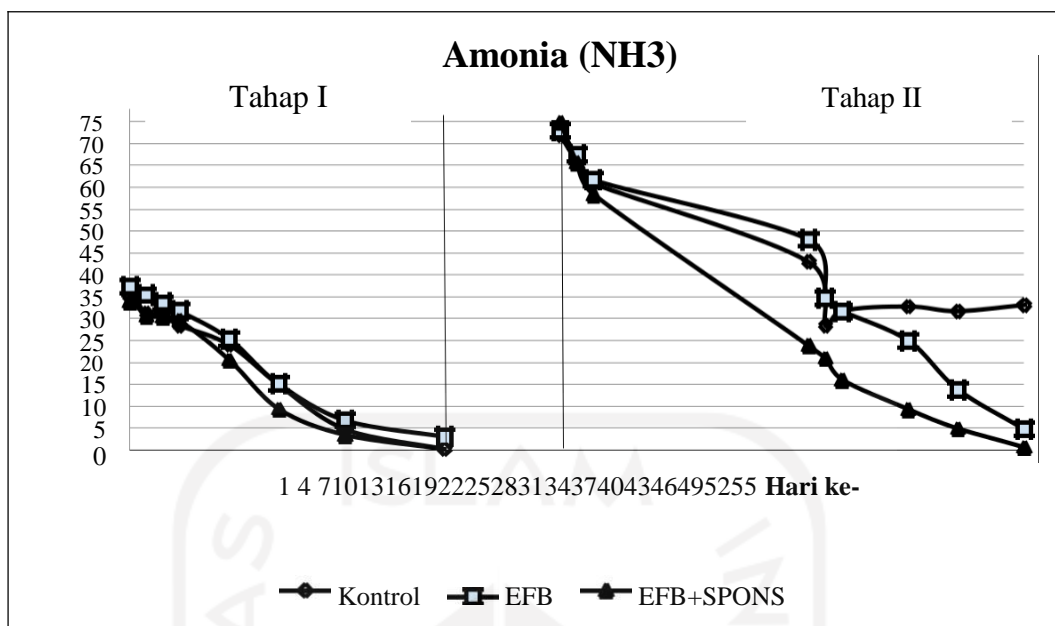
Tabel 17 Perbandingan Nilai Konsentrasi Rendah Dan Tinggi

No	Parameter	Kontrol	EFB	EFB+Spons
Konsentrasi Rendah				
1	Amonia	30,91 mg/L	31,89 mg/L	32,56 mg/L
2	Fosfat	3,47 mg/L	3,77 mg/L	3,59 mg/L
3	pH	7,5	7,33	7,27
4	DO	1,2 mg/L	1,7 mg/L	2,2 mg/L
5	Suhu	27,1 °C	27,3 °C	27,52 °C
6	Turbidity	2,32 NTU	3,58 NTU	3,11 NTU
7	EC	0,896 μ s/cm	0,939 μ s/cm	0,835 μ s/cm
Konsentrasi Tinggi				
1	Amonia	71,85 mg/L	69,85 mg/L	74,84 mg/L
2	Fosfat	4,38 mg/L	5,68 mg/L	5,65 mg/L
3	pH	7,29	5,75	5,4
4	DO	1,9 mg/L	2,2 mg/L	2,4 mg/L
5	Suhu	27,6 °C	27,5 °C	27,6 °C
6	Turbidity	64 NTU	38,7 NTU	18,95 NTU
7	EC	1,755 μ s/cm	1,918 μ s/cm	1,755 μ s/cm

Berdasarkan Tabel 17 dapat dilihat perbandingan yang cukup signifikan khususnya parameter amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4), untuk amonia sendiri pada reaktor kontrol terlihat perbedaan antara konsentrasi rendah dan tinggi yaitu 30,91 mg/L dan 71,85 mg/L, pada reaktor EFB terjadi perbedaan antara konsentrasi rendah dan tinggi yaitu 31,89 mg/L dan 69,85 mg/L, dan yang terakhir pada reaktor EFB+spons terjadi perbedaan antara konsentrasi rendah dan tinggi yaitu 32,56 mg/L dan 74,84. Selanjutnya pada parameter fosfat juga terdapat perbedaan konsentrasi antara tahap 1 dan tahap 2, untuk reaktor kontrol pada parameter fosfat terjadi perbedaan antara konsentrasi rendah dan tinggi yaitu 3,47 mg/L dan 4,38, untuk reaktor EFB terjadi perbedaan antara konsentrasi rendah dan tinggi yaitu sebesar 3,77 mg/L dan 5,68 mg/L, dan yang terakhir untuk reaktor EFB+Spons terjadi juga perbedaan antara konsentrasi rendah dan tinggi yaitu 3,59 mg/L dan 5,65 mg/L.

4.3.1 Amonia (NH_3)

Pada perbandingan tahap 1 kinerja/performa dari tiap reaktor dapat dikatakan sangat baik karena tiap reaktor mampu menurunkan konsentrasi amonia (NH_3) dengan baik selama kurun waktu dua puluh (20) hari, akan tetapi berdasarkan data lampiran 1 didapatkan bahwa kinerja penyisihan konsentrasi amonia (NH_3) pada tahap 2 berbeda dengan tahap 1. Grafik penyisihan konsentrasi amonia (NH_3) ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 15 Grafik Konsentrasi Amonia (NH₃)

Berdasarkan Gambar 15 laju penurunan yang signifikan terjadi pada reaktor EFB dan EFB+Spons baik pada tahap 1 dan tahap 2, dapat ditarik kesimpulan bahwa kinerja/performa tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam menurunkan konsentrasi amonia (NH₃) pada tahap 1 dan tahap 2 sangat baik, reaktor EFB dan EFB+Spons mampu menurunkan konsentrasi amonia (NH₃) yang berbeda yaitu untuk reaktor EFB pada tahap 1 menurunkan konsentrasi amonia (NH₃) sebesar 31,89 mg/L menjadi 3,09 mg/L, dan tahap 2 dari konsentrasi amonia (NH₃) sebesar 72,95 mg/L menjadi 4,66 mg/L, sedangkan untuk reaktor EFB+Spons mampu menurunkan konsentrasi amonia (NH₃) pada tahap 1 yaitu sebesar 32,56 mg/L menjadi 0,14 mg/L dan pada tahap 2 mampu menurunkan konsentrasi amonia (NH₃) yaitu sebesar 74,84 mg/L menjadi 0,57 mg/L dalam waktu yang relatif singkat.

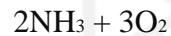
Ada beberapa penyebab penurunan konsentrasi amonia (NH₃) didalam air, yaitu diakibatkan proses *Phytofiltrasi* atau *rhizofiltrasi* yaitu akar tumbuhan yang berada di dalam permukaan air menyerap kandungan amonia (NH₃), menurut Li (2007), setidaknya salah satu pendekatan yang digunakan untuk menghilangkan amonia (NH₃) melalui pemanfaatan tumbuhan air yaitu dengan *rhizofiltrasi* tumbuhan apung, penurunan tersebut terjadi pada reaktor EFB dan EFB+Spons yang di sebabkan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mampu menyerap dan mengakumulasi senyawa amonia (NH₃) dalam jaringan akar dan daun. Proses absorpsi amonia (NH₃) pada eceng gondok dapat dikategorikan sebagai fitoremediasi yang dibuktikan dengan penurunan pada tahap 1 dan tahap 2.

Penyisihan konsentrasi amonia (NH₃) menunjukkan bahwa tidak hanya tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) itu sendiri yang berperan dalam meng-absorpsi amonia (NH₃) secara keseluruhan, tetapi juga komponen yang diluar bagian dari tumbuhan (Zimmo, *et al.*, 2004; Jayaweera, *et al.*, 2004). Tingkat penyerapan amonia (NH₃) rata-rata oleh tumbuhan sangat bervariasi, karena penyerapan langsung dengan akar tidak dapat melebihi batas tertentu, penghilangan

amonia (NH_3) lebih lanjut dibantu oleh mikroorganismenya yang berada pada sekitar permukaan akar melalui proses nitrifikasi (Evdokimova, *et al.*, 2010).

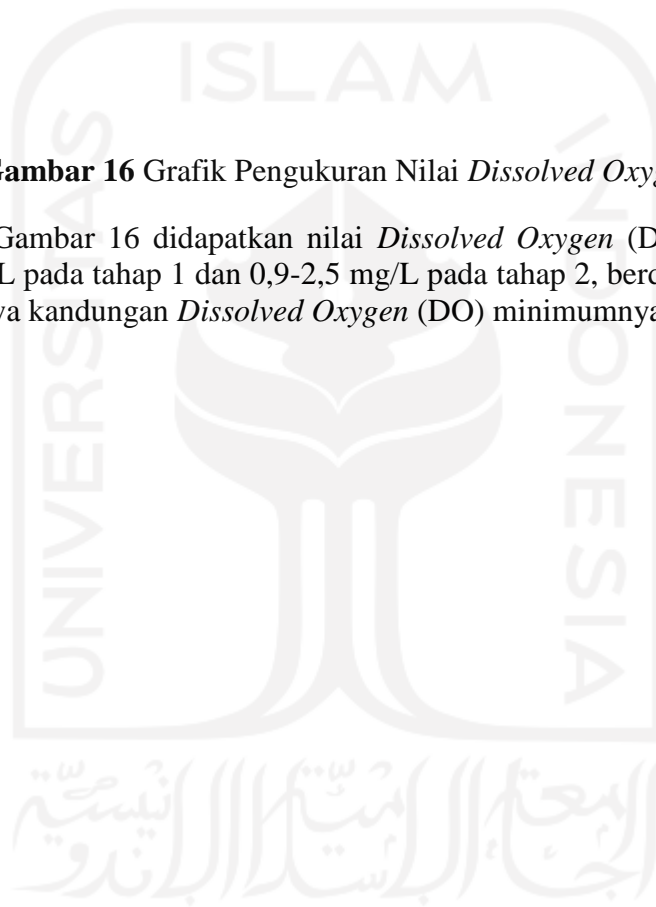
Penurunan kadar amonia (NH_3) terjadi karena amonia (NH_3) dalam air limbah tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan namun terlebih dahulu dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat dengan bantuan bakteri. Proses penurunan selanjutnya yang terjadi pada tiap reaktor air limbah adalah proses nitrifikasi. Proses nitrifikasi didefinisikan sebagai konversi nitrogen ammonium (N-NH_4) menjadi nitrit (N-NO_2) yang kemudian menjadi nitrat (N-NO_3) yang dilakukan oleh bakteri autotropik dan heterotropik. Senyawa amonia (NH_3) pada air limbah tiap reaktor secara umum di proses mikrobiologis oleh bakteri autotropik dan heterotropik melalui proses nitrifikasi hingga membentuk nitrit dan nitrat. Proses nitrifikasi ini berlangsung dalam kondisi aerobik yaitu pada kondisi membutuhkan jumlah oksigen terlarut yang cukup untuk melakukan proses tersebut (Widayat, *et al.*, 2010). Tahapan nitrifikasi dapat dijelaskan sebagai berikut :

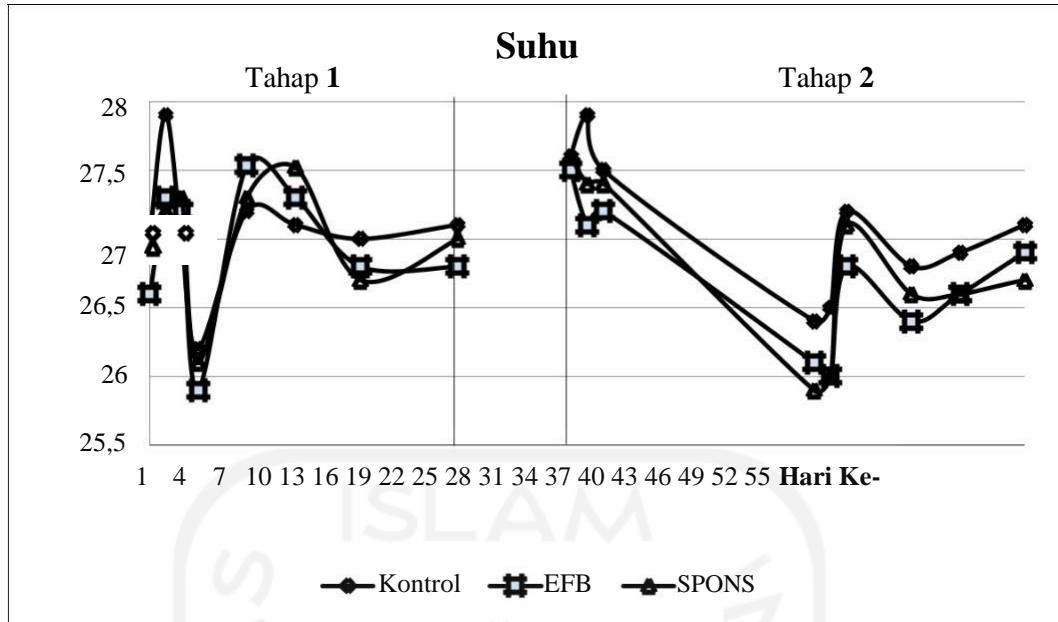
Nitrosomonas



Gambar 16 Grafik Pengukuran Nilai *Dissolved Oxygen* (DO)

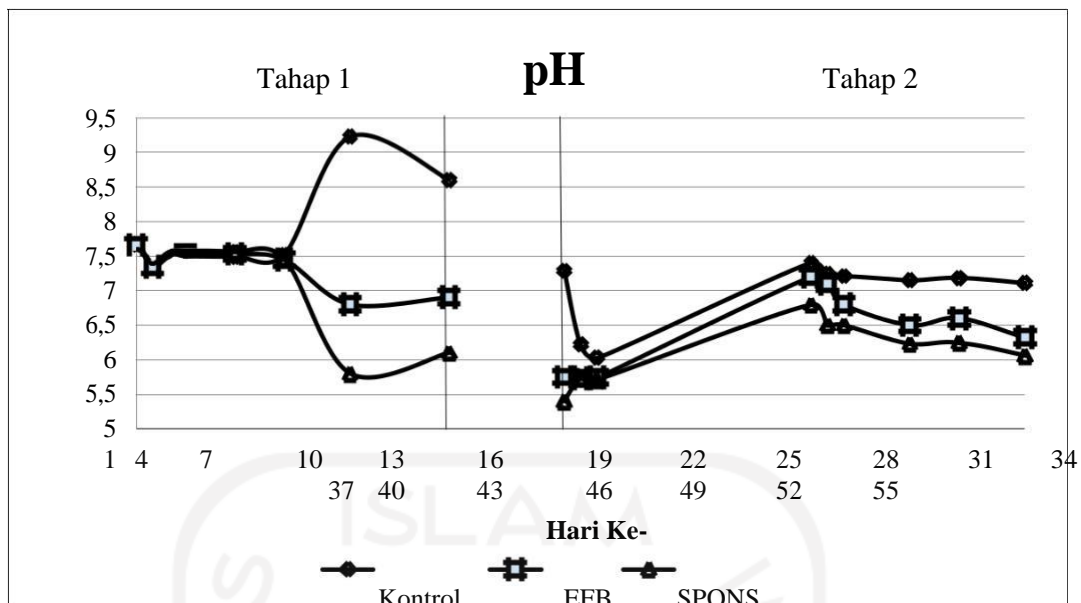
Dari Gambar 16 didapatkan nilai *Dissolved Oxygen* (DO) dengan kisaran 1,2-2,9 mg/L pada tahap 1 dan 0,9-2,5 mg/L pada tahap 2, berdasarkan penjelasan di atas bahwa kandungan *Dissolved Oxygen* (DO) minimumnya





Gambar 17 Grafik Pengukuran Nilai Suhu

Selain *Dissolved Oxygen* (DO) dan suhu, nilai pH juga mempengaruhi kinerja pada tiap reaktor, nilai pH berpengaruh terhadap proses pertumbuhan dari tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) maka dari itu peran nilai pH harus di perhatikan untuk menjaga tumbuhan eceng gondok tetap tumbuh (*Eichhornia crassipes*). Berdasarkan data yang diperoleh nilai pH rata-rata tiap reaktor berkisar di angka 7.5,. Nilai pH optimum pertumbuhan *nitrosomonas* dan *nitrobacter* pada proses nitrifikasi antara 7,5–8,5 faktor tersebut yang menjadi salah satu penyebab terjadinya penyerapan senyawa amonia (NH_3) oleh akar tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan algae. Pada pH di bawah 6 pertumbuhan bakteri nitrifikasi yaitu *nitrosomonas* dan *nitrobacter* terhambat (Barnes et al., 2005). Nilai pH masih dikatakan aman untuk proses pertumbuhan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan dapat dilihat dari tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang masih tetap hidup. Grafik pengukuran nilai pH ditunjukkan pada gambar dibawah ini



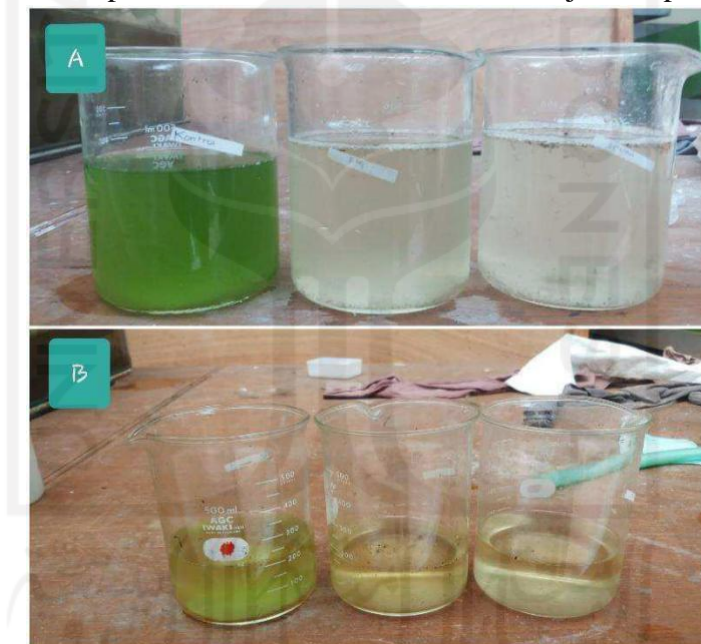
Gambar 18 Grafik Pengukuran Nilai pH

Tetapi dalam hal ini ada perbedaan jumlah besaran penyisihan yang terjadi pada kedua reaktor tersebut, hasil dari penyisihan reaktor EFB+Spons lebih besar bila dibandingkan dengan reaktor EFB pada tahap 1 dan tahap 2, hal tersebut diakibatkan penambahan media penyangga Spons yang diletakan di sekitar akar tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang berfungsi sebagai media tempat hidup mikroorganisme, peranan spons yang berada dekat dengan akar tumbuhan sebagai rumah mikroorganisme sehingga menambah pengaruh besaran penyerapan amonia (NH_3) di reaktor. Senyawa nitrat dan amonia dalam air digunakan oleh mikroorganisme dalam proses biosintesis (asimilasi) untuk membentuk sel baru yang akan menghasilkan nitrogen organik, maka dari itu hasil dari efisiensi removal yang terjadi pada reaktor EFB+Spons lebih besar daripada reaktor EFB.

Kinerja/performa yang berbeda terjadi pada reaktor kontrol yaitu terlihat pada grafik di atas, pada tahap 1 kinerja/performa dari reaktor kontrol dalam menurunkan konsentrasi amonia (NH_3) sangat baik yaitu dari 30,91 mg/L menjadi 0,24 mg/L, tetapi setelah dilakukan penambahan konsentrasi amonia (NH_3) yang lebih tinggi maka kinerja/performa reaktor kontrol tidak sebaik pada tahap 1, pada tahap ini penurunan konsentrasi amonia (NH_3) juga terjadi, tetapi tidak sebaik tahap sebelumnya dan kinerja/performa penurunan konsentrasi amonia (NH_3) lebih rendah bila di bandingkan dengan reaktor EFB dan EFB+Spons pada tahap yang sama. Penurunan yang terjadi oleh reaktor kontrol pada konsentrasi amonia (NH_3) tahap 2 yaitu sebesar 71,85 mg/L menjadi 33,11 mg/L. Seperti yang dipahami bahwa menurut Affandi (2003) penurunan yang terjadi akibat dari simbiosis antara algae yang menyerap nitrogen dalam bentuk hasil nitrifikasi oleh algae yang digunakan untuk membentuk asam amino, klorofil dan protein serta pengaruh mikroorganisme yang mengurai amonia menjadi nitrit oleh bakteri *nitrosomonas* dan mengubah nitrat menjadi nitrat oleh bakteri *nitrobakter*. Selain terjadi kenaikan juga terlihat bahwa terdapat kenaikan konsentrasi amonia (NH_3) yang terjadi pada reaktor kontrol, menurut munawar (2013) hal ini dikarenakan terjadinya eutrofikasi

(penyuburan) pada algae dimana pada proses pengukuran terjadi blooming (pertumbuhan yang cepat) pada algae hijau sehingga populasi alga hijau semakin bertambah. Sehingga pada waktu tersebut populasi algae terlalu banyak (over load) sedangkan DO yang tersedia dalam reaktor kontrol relatif tetap, dan ketika algae melakukan respirasi maka terjadi kompetisi untuk mendapatkan oksigen. Hal ini menyebabkan ada sebagian algae yang tidak dapat melakukan respirasi karena tidak mendapatkan oksigen sehingga algae itu mati. Algae yang mati tersebut akan terurai dan didegradasi oleh bakteri menjadi amonia (NH_3) kembali. Hal itulah yang membuat adanya penambahan amonia (NH_3).

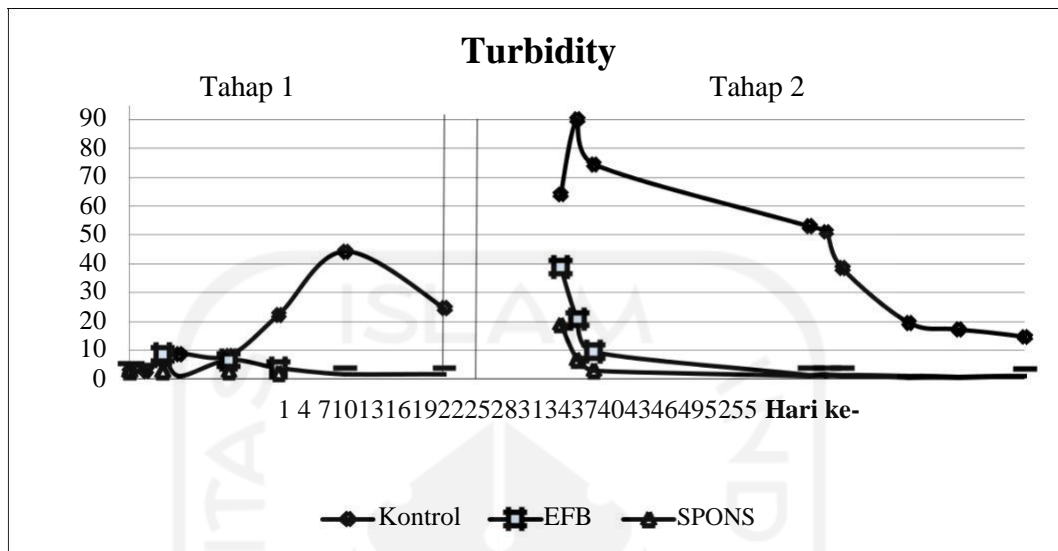
Hal tersebut juga di dukung dengan faktor bahwa algae memiliki fase hidup yaitu fase adaptasi, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian. Berdasarkan grafik tahap 2 terjadi kenaikan konsentrasi amonia (NH_3) dikarenakan telah memasuki fase stasioner, pada fase ini pembelahan sel mulai mengalami penurunan dan laju reproduksi sama dengan laju kematian, jika dibandingkan dengan fase eksponensial yang mengalami pembelahan sel dengan laju pertumbuhan tetap. Setelah itu memasuki fase kematian yaitu laju kematian lebih besar dari pada laju pertumbuhan (Affandi, 2003). Perbandingan warna air pada reaktor kontrol pada hari ke 29 dan hari ke 44 ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19 perbandingan warna air. A. hari ke 29 ; B. Hari ke 44

Dapat dilihat secara penampakan fisik pada Gambar 19, gambar A untuk reaktor kontrol terlihat warna hijau yang lebih pekat bila dibandingkan dengan gambar B, dapat di tarik kesimpulan bahwa pada gambar A di hari ke 29 mengalami fase eksponensial yaitu jumlah pertumbuhan algae yang optimal, dan pada gambar B dihari ke 44 mengalami fase stasioner yaitu jumlah pertumbuhan algae sama dengan kematian algae, perbedaan warna yang terjadi diakibatkan algae yang mati mengalami pengendapan dan dekomposisi yang menyebabkan kenaikan amonia (NH_3) pada reaktor tahap 2. Pernyataan diatas didukung data kekeruhan (*Turbidity*), kekeruhan disebabkan karena air mengandung banyak partikel yang

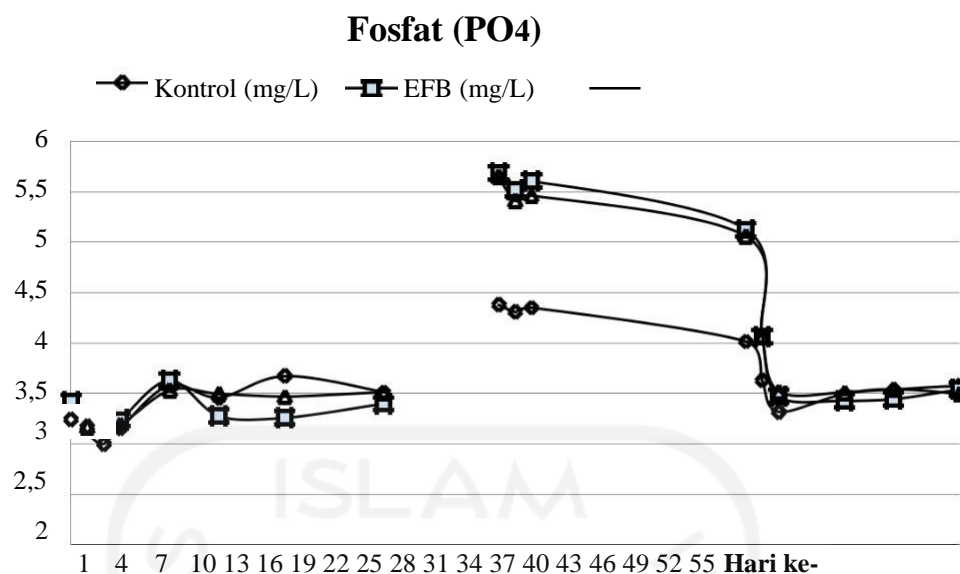
tersuspensi yang memberikan warna yang berlumpur dan kotor, pada lampiran 8 yang menyatakan bahwa nilai kekeruhan (*Turbidity*) pada reaktor kontrol untuk hari ke 29 sebesar 74,42 NTU menurun menjadi 38,51 NTU pada hari ke 44. Data grafik kekeruhan (*Turbidity*) ditunjukkan pada Gambar 20.



Gambar 20 Data Pengukuran Kekeruhan (*Turbidity*)

4.3.2 Fosfat (PO_4)

Pada pengukuran tahap 1 terjadi fluktuasi tiap reaktor yaitu pada reaktor kontrol, reaktor EFB, dan Reaktor EFB+Spons, pada tahap 1 terjadi penurunan dan kenaikan konsentrasi fosfat (PO_4) di tiap reaktor pada selang waktu selama dua puluh (20) hari. Akan tetapi berdasarkan lampiran 2 terjadi perbedaan hasil yang terjadi pada tahap 2, untuk lebih jelasnya pada gambar 21 ditunjukkan grafik pengukuran konsentrasi fosfat (PO_4).



Gambar 21 Grafik Pengukuran Konsentrasi Fosfat (PO₄)

Berbeda dengan tahap 1 yang mengalami fluktuasi nilai konsentrasi fosfat (PO₄), pada tahap 2 terjadi penurunan nilai konsentrasi pada tiap reaktor. Berdasarkan lampiran 2 pada reaktor kontrol mengalami penurunan nilai konsentrasi fosfat (PO₄) yaitu sebesar 4,38 mg/L menjadi 3,58 mg/L, selanjutnya untuk reaktor EFB terjadi penurunan nilai konsentrasi fosfat (PO₄) yaitu sebesar 5,68 mg/L menjadi 3,54 mg/L, dan yang terakhir pada reaktor EFB+Spons terjadi penurunan nilai konsentrasi fosfat (PO₄) yaitu sebesar 5,65 mg/L menjadi 3,50 mg/L. Pada tahap 2 terjadi penurunan nilai konsentrasi fosfat (PO₄) pada tiap reaktor tetapi terdapat perbedaan kinerja/performa antara reaktor tersebut, pada reaktor kontrol penurunan konsentrasi fosfat (PO₄) sebesar 0,8 mg/L, sedangkan pada reaktor EFB dan EFB+Spons mampu menurunkan masing masing sebesar 2,14 mg/L dan 2,15 mg/L selama kurun waktu dua puluh delapan (28) tahap 2. Maka dari berdasarkan pengukuran tahap 2 kinerja/performa terbaik yaitu pada reaktor EFB+Spons, selanjutnya pada reaktor EFB, dan yang terakhir pada reaktor kontrol.

Hal yang mempengaruhi penurunan konsentrasi fosfat (PO₄) dikarenakan prinsip kerja sistem EFB yaitu dengan memanfaatkan simbiosis antara tumbuhan dengan mikroorganisme dalam media reaktor di sekitar sistem perakaran (*Rhizosphere*) tumbuhan tersebut (Ningsih, 2017). Tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mempunyai peranan yang penting dalam proses pembersihan limbah karena akar tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan tempat melekatnya bakteri (Khatuddin, 2003). Bahan organik seperti fosfat (PO₄) yang terdapat dalam air limbah akan dirombak dari senyawa kompleks menjadi lebih sederhana oleh mikroorganisme dan akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrient untuk tumbuh dan berkembang, sedangkan sistem perakaran tumbuhan akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai sumber energi/katalis untuk rangkaian proses metabolisme bagi kehidupan mikroorganisme.

Bentuk fosfat (PO_4) pada perairan yang dapat langsung dimanfaatkan oleh tumbuhan yaitu ortofosfat, sedangkan polifosfat dengan bantuan bakteri akan dihidrolisis menjadi ortofosfat yang kemudian dapat dimanfaatkan oleh eceng gondok. Pada tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang perakarannya terdapat mikroba, perubahan polifosfat menjadi ortofosfat berlangsung lebih cepat. Menurut Effendi (2004) perubahan polifosfat menjadi ortofosfat pada air limbah yang mengandung bakteri berlangsung lebih cepat dibandingkan pada air bersih. Fosfat dalam eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mempunyai fungsi dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer, pembelahan dan pembesaran sel serta proses proses di dalam tumbuhan. Proses Penyerapan dilakukan oleh ujung akar kemudian akan masuk ke batang untuk dijadikan nutrisi bagi tumbuhan tersebut. Fosfor bagi tumbuhan berfungsi membentuk asam nukleat (DNA dan RNA), menyimpan serta memindahkan energi *Adenusin Tri Phosphate* (ATP) dan *Adenosin Di Phosphate* (ADP) merangsang pembelahan sel, dan membantu proses asimilasi serta respirasi (USU.ac.id, 2012). Peranan fosfat (PO_4) yang terpenting adalah memacu pertumbuhan akar dan pembentukan sistem perakaran serta memacu pertumbuhan generatif tumbuhan (Nabeel, et al., 2013).

Selain terjadi penurunan konsentrasi fosfat (PO_4) juga terjadi kenaikan konsentrasi dari fosfat (PO_4), hal itu dapat terjadi karena beberapa faktor yaitu, karena jumlah fosfat dalam air limbah tidak sebanding dengan kemampuan eceng gondok dalam menyerap fosfat (PO_4), selai itu jumlah fosfat (PO_4) dapat meningkat apabila fosfat (PO_4) dalam air limbah berikatan dengan ion besi valensi tiga atau ferri ($\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$) yang bersifat tidak larut dan mengendap di air. Tetapi, pada kondisi anaerob, ion besi valensi tiga (ferri) mengalami reduksi menjadi ion besi valensi dua (ferro) yang bersifat larut dan melepaskan fosfat ke perairan, sehingga meningkatkan keberadaan fosfat di perairan). Jumlah fosfat (PO_4) yang meningkat ini tidak dapat dimanfaatkan secara baik oleh eceng gondok karena kondisi akar tumbuhan tersebut yang kurang dapat menyuplai penyerapan fosfat (PO_4) pada reaktor.

Selain dari penjelasan di atas, salah satu penyebab tidak stabilnya konsentrasi fosfat (PO_4) pada reaktor EFB dan EFB+Spons karena terjadi pelapukan dari tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang meningkatkan kandungan kimia dari dari reaktor tersebut. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mengandung bahan organik sebesar 78,47%, C organik 21,23%, N total 0,28%, P total 0,0011%, dan K total 0,016% (Kristanto, 2003). Sehingga dari penjelasan di atas didapatkan bahwa kandungan fosfat di dalam reaktor EFB dan EFB+Spons di pengaruhi dari kandungan kimia tumbuhan eceng gondok yaitu sebesar 0,0011 % kandungan P total, Sebagaimana diketahui bahwa fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Pada Gambar 22 menunjukkan reaktor EFB dan EFB+Spons yang mengalami pelapukan tumbuhan eceng gondok.



Sumber : Dokumentasi (2020)

Gambar 22 Penampakan Reaktor Yang Mengalami Pelapukan Eceng Gondok. A. Reaktor EFB ; B. Reaktor EFB+Spons

Data fluktuasi yang diperoleh dari pengamatan ini tidak hanya terjadi pada reaktor yang terdapat tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), tetapi juga terjadi pada reaktor kontrol, penurunan yang terjadi pada reaktor kontrol disebabkan oleh senyawa fosfat (PO_4) merupakan unsur hara yang dibutuhkan bagi tumbuhan tingkat tinggi dan algae. Alga mampu mengabsorpsi nutrisi dari lingkungan sekitarnya dan berfotosintesis dengan bantuan sinar matahari untuk menghasilkan oksigen. Karena kemampuannya melakukan proses fotosintesis sehingga menghasilkan oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme pengurai air limbah untuk mengoksidasi bahan organik menjadi sel – sel baru. Fosfat (PO_4) dimanfaatkan alga sebagai sumber energi universal dalam melakukan aktivitas di dalam sel baik dalam proses fotosintesis, respirasi maupun pembentukan protein, hal ini didukung dengan suhu yang memungkinkan terjadi pertumbuhan algae, suhu pada reaktor kontrol yaitu berkisar $26-27,9^{\circ}C$ dan suhu optimum untuk pertumbuhan algae berkisar antara $25-31^{\circ}C$ (Schaduw et al., 2013). Maka dari itu pengaruh algae yang terdapat pada reaktor kontrol yang menjadi penyebab terjadinya penurunan yang terjadi pada reaktor kontrol.

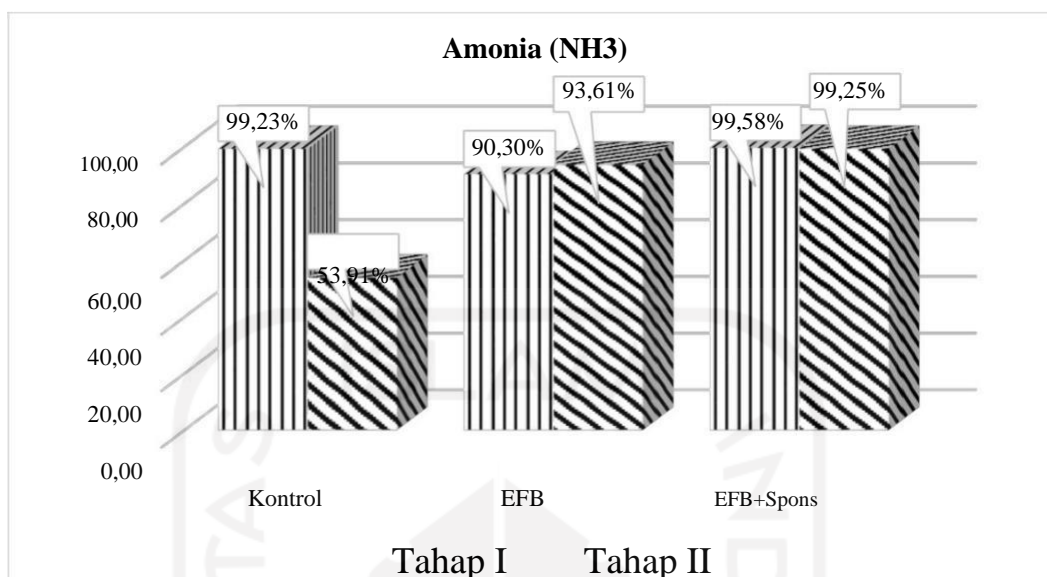
4.5 Perbandingan Kinerja Tiap Reaktor

Perbandingan dilakukan pada tiap reaktor untuk melihat seberapa jauh pengaruh dari spons jenis *polyurethane* terhadap penyisihan konsentrasi amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4). Sebagaimana yang diketahui bahwa spons jenis *polyurethane* digunakan sebagai media penyangga yang digunakan pada penelitian ini. Berikut pengaruh spons jenis *polyurethane* terhadap laju pertumbuhan konsentrasi amonia (NH_3) dan fosfat (PO_4).

4.5.1 Amonia (NH_3)

Pada penelitian yang dilakukan dengan 2 tahapan didapatkan nilai efisiensi removal yang berbeda di tiap reaktor, berdasarkan data yang di peroleh bahwa nilai efisiensi removal untuk konsentrasi amonia (NH_3) terbesar adalah pada reaktor

EFB+Spons, terbesar kedua adalah reaktor EFB dan yang terakhir adalah reaktor kontrol. Gambar 23 merupakan diagram efisiensi removal pada tahap 1 dan tahap 2.



Gambar 23 Diagram Perbandingan Efisiensi Removal Amonia (NH_3) Tahap 1 dan 2

Berdasarkan Gambar 23 menunjukkan bahwa nilai efisiensi removal untuk reaktor kontrol pada tahap 1 yaitu sebesar 99,23% dan pada tahap sebesar 53,91%, selanjutnya untuk reaktor EFB nilai efisiensi removal pada tahap 1 yaitu sebesar 90,30% dan tahap 2 yaitu sebesar 93,61% dan yang terakhir untuk reaktor EFB+Spons nilai efisiensi removal pada tahap 1 sebesar 99,58% dan tahap 2 sebesar 99,25%. Proses pengujian pada tahap 1 selama 20 hari dan proses pengujian pada tahap 2 yaitu selama 28 hari.

Dari data yang diperoleh bahwa efisiensi removal terbesar pada reaktor EFB+Spons hal ini di pengaruhi oleh spons jenis *polyurethane* yang berfungsi sebagai rumah tumbuh dan berkembang mikroorganisme, selain itu jenis spons *polyurethane* memiliki keunggulan yaitu luas permukaan yang tinggi yang berpengaruh terhadap jumlah bakteri yang tumbuh dan berkembang pada spons tersebut, selain itu keunggulan dari spons jenis *polyurethane* adalah mampu bertahan lama terus efektif dalam waktu yang relatif lama dapat dibuktikan dengan nilai efisiensi removal yang tinggi yaitu sebesar 99,58% dan 99,25% pada reaktor EFB+Spons dengan waktu pengujian selama 55 hari.

Spons jenis *polyurethane* yang terletak dekat dengan akar yang menyebabkan kinerja penyisihan pada konsentrasi amonia (NH_3) menjadi efektif, hal ini dikarenakan nutrisi yang diserap oleh tumbuhan air dan mikroorganisme tumbuh pada akar dan pada permukaan tumbuhan apung (Li et al., 2010). Gambar 24 menunjukkan spons jenis *polyurethane* pada reaktor EFB+Spons .

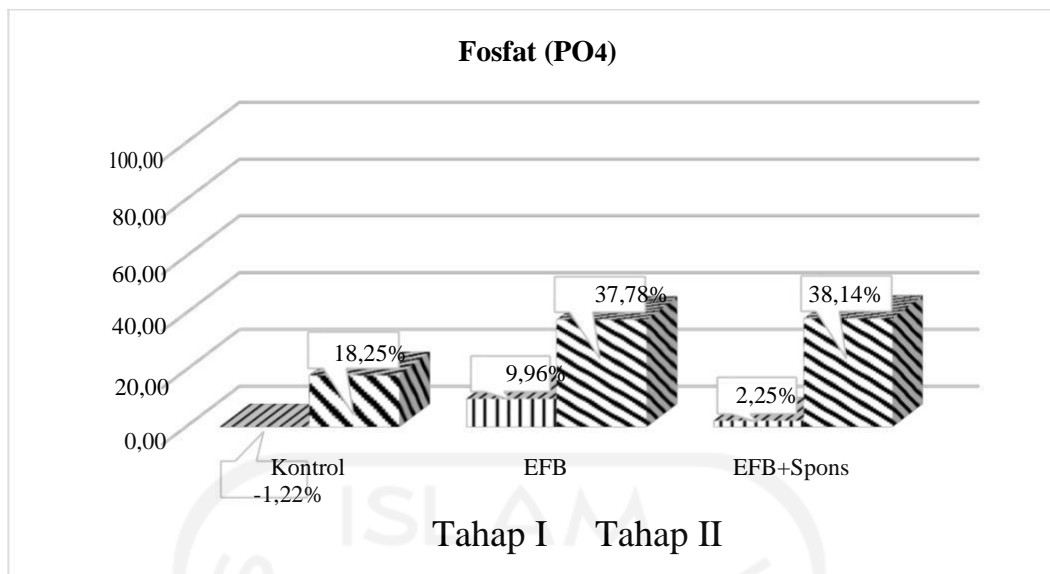


Gambar 24 Spons *polyurethane* di reaktor EFB+Spons

Spons *polyurethane* pada reaktor terletak mengelilingi dari luas permukaan akar, proses yang terjadi adalah sistem perakaran berfungsi sebagai habitat mikroorganisme (Nduvamana et al., 2007) mengurai amonia (NH_3) menjadi ion nitrat dalam proses nitrifikasi dengan mikroorganisme *Nitrosomonas* dan *Nitrobacte*, (Benvenuti et al., 2018) selanjutnya diserap oleh akar tumbuhan untuk proses tumbuh dan berkembangnya, setelah itu tumbuhan menyalurkan oksigen ke akar tumbuhan yang dimanfaatkan oleh mikroorganisme yang berfungsi sebagai energi bagi kelangsungan hidupnya mikroorganisme melakukan pernafasan, yaitu dengan melakukan pemecahan zat makanan pada mediumnya (Prawirohartono, 2000). Maka dari itu terjadi simbiosis yang baik antara akar tumbuhan dan mikroorganisme yang berada pada permukaan akar dan juga didukung oleh media penyangga spons jenis *polyurethane* yang menjadi tempat tumbuh dan berkembang biaknya mikroorganisme.

4.5.2 Fosfat (PO_4)

Pada pengukuran konsentrasi fosfat (PO_4) terdapat perbedaan kinerja tiap reaktor pada tahap 1 dan tahap 2, pada tahap 1 konsentrasi fosfat (PO_4) terjadi fluktuasi di tiap reaktor, Pada tahap 2 tiap reaktor mampu menurunkan konsentrasi fosfat (PO_4), tetapi dalam hal ini terdapa perbedaan performa antara tiap reaktor dapat dilihat pada besaran efisiensi removal yang terjadi. Pada Gambar 25 menunjukkan diagram efisiensi removal tiap reaktor pada tahap 1 dan tahap 2.



Gambar 25 Diagram Perbandingan Efisiensi Removal Fosfat (PO₄) Tahap 1 dan 2

Dapat di lihat pada diagram di atas, untuk reaktor tidak terjadi penurunan konsentrasi fosfat (PO₄) pada tahap I dan pada tahap 2 besaran efisiensi removal osfat (PO₄) sebesar 18,25%, selanjutnya untuk reaktor EFB pada tahap 1 besaran efisiensi removal fosfat (PO₄) yaitu sebesar 9,96% dan tahap 2 sebesar 37,78 %, dan yang terakhir untuk reaktor EFB+Spons besaran efisisensi removal fosfat (PO₄) yaitu sebesar 2,25% pada tahap 1 dan tahap 2 sebesar 38,14%. Berdasarkan data yang di peroleh bahwa pengaruh spons jenis *polyurethane* tidak berdampak secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi fosfat (PO₄) pada reaktor EFB+Spons, data yang diperoleh bahwa pengaruh spons jenis *polyurethane* pada reaktor EFB+Spons tidak lebih baik dibandingkan reaktor EFB pada tahap 1, selanjutnya pada tahap 2, reaktor EFB+Spons memiliki kinerja/performa tidak jauh berbeda dengan reaktor EFB yaitu dengan efisiensi removal untuk EFB+Spons sebesar 38,14% dan untuk reaktor EFB sebesar 37,78%. Hal itu dapat terjadi karena beberapa faktor yaitu, karena jumlah fosfat dalam air limbah tidak sebanding dengan kemampuan eceng gondok dalam menyerap fosfat (PO₄), selaian itu jumlah fosfat (PO₄) dapat meningkat apabila fosfat (PO₄) dalam air limbah berikatan dengan ion besi valensi tiga atau ferri (Fe₂(PO₄)₃) yang bersifat tidak larut dan mengendap di air. Tetapi, pada kondisi anaerob, ion besi valensi tiga (ferri) mengalami reduksi menjadi ion besi valensi dua (ferro) yang bersifat larut dan melepaskan fosfat ke perairan, sehingga meningkatkan keberadaan fosfat di perairan). Jumlah fosfat (PO₄) yang meningkat ini tidak dapat dimanfaatkan secara baik oleh eceng gondok karena kondisi akar tumbuhan tersebut yang kurang dapat menyuplai penyerapan fosfat (PO₄) pada reaktor.

Kinerja/performa dari spons jenis *polyurethane* tidak efektif dikarenakan kemampuan dari mikroorganismenya dalam mengurai fosfat (PO₄) menjadi lebih sederhana memiliki batas tersendiri akibat dari nilai konsentrasi fosfat (PO₄) yang tinggi, sehingga suplai nutrient yang diserap oleh akar tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) tidak mampu menyerap lebih efektif lagi terhadap konsentrasi fosfat (PO₄) pada air limbah tersebut. Selain itu juga kinerja yang efektif di pengaruhi akibat dari zat organik yang berasal dari tumbuhan eceng

gondok (*Eichhornia crassipes*) yang mati, menyebabkan terjadinya dekomposisi pada zat organik tersebut dengan menghasilkan fosfat (PO_4) baru hasil dari penguraian zat organik yang ada..



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Reaktor *Ecological floating Bed* (EFB) dengan media penyangga spons jenis *polyurethane* mampu menyisihkan amonia (NH_3) pada tahap 1 sebesar 32,56 mg/L menjadi 0,14 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 99,58% dan menyisihkan amonia (NH_3) pada tahap 2 sebesar 74,84 mg/L menjadi 0,54 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 99,25%, selanjutnya mampu menyisihkan fosfat (PO_4) pada tahap 1 sebesar 3,59 mg/L menjadi 3,51 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 2,25% dan menyisihkan fosfat (PO_4) pada tahap 2 sebesar 5,65 mg/L menjadi 3,50 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 38,14%,

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan media penyangga pembanding, agar terlihat perbedaan kinerja pada tiap media penyangga.
2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pemeliharaan tiap reaktor yang terdapat tumbuhan air yaitu dengan membersihkan tumbuhan yang sudah mati.
3. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan jenis tumbuhan yang bervariasi, untuk melihat perbandingan kinerja dari tiap-tiap tumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnesia. 2009. **Pembuatan Kompos Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) dengan Penambahan Bioaktivator yang Berbeda dan Uji Kualitas Kompos pada Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.).** Tugas Akhir. Universitas Hassanudin. Makassar.
- Ashida, K. 2007. **Polyurethane and Related Foams Chemistry and Technology.** CRC Press/Taylor & Francis, Boca Raton
- Barnes, D., and P.J. Blisse. 2005. **Biological Control of Nitrogen In Wastewater Treatment.** London. New York
- Benvenuti, T., Hamerski, F., Giacobbo, A., Bernardes, A.M., Ferreira, J.Z., Rodrigues, M.A.S., 2018. **Constructed floating wetland for the treatment of domestic sewage: a realscale study.** J. Environ. Chem. Eng. 6, 5706– 5711.
- Bitton, G. 1994. **Wastewater Microbiology.** Willey-Liss. New York.
- Champbell, Neil A, dkk. 2004. **Biologi Edisi Kedua.** Erlangga. Jakarta.
- Chen, C. J., Zhang, R., Wang, L., Wu, W. X. & Chen, Y. X. **Removal of nitrogen from wastewater with perennial ryegrass/artificial aquatic mats bioflm combined system.** J. Environ. Sci. 25(4), 670–676 (2013).
- Cheremisinoff, N.F. 1989. **Handbook of Engineering Polymeric Materials.** Society of the Plastics Ind., New York
- Chih-Yu Wang, David J. Sample. 2014. **Assessment of the nutrient removal effectiveness of floating treatment wetlands applied to urban retention ponds.**
- Chussetijowati J, et al. 2010. **Fitoremediasi Radionuklida ¹³⁴Cs Dalam Tanah Menggunakan Tanaman Bayam (*Amaranthus* sp.).** Prosiding Seminar Nasional ke-16 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir. ITS. Surabaya.
- Coetzee, J. A.; M. P. Phill.; M. H. Julien; T. D. Center dan H. A. Cordo. 2009. 11. ***Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm-Laub.** (Pontederiaceae)
- Djenar, NS dan Budiastuti, H. 2008. **Absorpsi Polutan Amoniak Di Dalam Air Tanah Dengan Memanfaatkan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*).** Jurnal Spektrum Teknologi. Vol. 15 No. 2.
- Eddy, Syaiful. 2009. **Jurnal Pemanfaatan Teknik Fitoremediasi Pada Lingkungan Tercemar Timbal (Pb).** Universitas PGRI Palembang.
- Eddy, Syaiful. 2010. **Jurnal Kemampuan Enceng Gondok Sebagai Agen Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (Pb).** Universitas PGRI Palembang.
- Fariez, Chairul, dan Said, ZA. 2016. **Fitoremediasi Air Tercemar Polutan Amonia Dengan Memanfaatkan Eceng Gondok (**

- G.A. Evdokimova, L.A. Ivanova, N.P. Mozgova, V.A. Myazin, N.V. Fokina, **Floating Bioplato For Purification Of Waste Quarry Waters From Mineral Nitrogen Compounds In The Arctic.** *J. Environ. Sci. Health* 2016, 51 (10), 833-838.
- Gunawan P. 2007. **Pengolahan Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Kertas Seni.** *Balai Litbang Kehutanan Sumatera.* Gondok Padang. Reviews. USA. 501–662
- Guo, Y. M. et al. **A Restoration-Promoting Integrated Foating Bed And Its Experimental Performance In Eutrophication Remediation.** *J. Environ. Sci.* 26, 1090–1098 (2014).
- Hanrahan, G., Paulo Gardoinski, Martha Gledill, and Paul Worsfold. 2002. **Environmental Monitoring of Nutrients, dalam Environmental Monitoring Handbook.** Frank R. Burden (editor), McGraw-Hill, New York
- Hefni Effendi. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan.** Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Herlambang, A., Marsidi, R., 2003. **Proses Denitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang mengandung Nitrat.** *Jurnal Teknologi Lingkungan.* Vol 4(1): 46-55.
- International Water Association (IWA). 2000. **Constructed Wetlands for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation.** (IWA Publishing).
- Karil, A. R. F., Yusuf, M., & Maslukah, L. 2015. **Studi sebaran konsentrasi nitrat dan fosfat di perairan Teluk Ujungbatu Jepara.** *Journal of Oceanography,* 4(2), 386- 392.
- Kementrian Kesehatan RI. 2011. **Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan.** Jakarta.
- Khiji, S and F.E Baren. 2008. **Rhizofiltration of Heavy Metals from the Tannery Sludge by the Anchored Hydrophyte, Hydrocotyle Umbellate L.** *African Journal of Biotechnology* 7 (20): 3711-3717
- Knowles, P., Dotro, G., Nivala, J. & García, J. **Clogging In Subsurface-Fow Treatment Wetlands: Occurrence And Contributing Factors.** *Ecol. Eng.* 37, 99–112 (2011).
- Komarwidjaya, W. 2005. **Rumput laut Gracilaria sp, sebagai Fitoremediasi Bahan Organik Perairan Tambak Budidaya.** *Jurnal Teknik Lingkungan,* P3TL-BPPT, 6(2) : 410-415
- Kricheldorf, HR. 2005. **Handbook of Thermoplastic Elastomers.** Composite Science and Technology. Newyork
- Kristanto, B, A. 2003. **Pemanfaatan Eceng Gondok (**

- Kundan Samal, Soham Kar, Shivanshi Trivedi. **Ecological Floating Bed (Efb) For Decontamination Of Polluted Water Bodies**. School of Civil Engineering, Kalinga Institute of Industrial Technology-Deemed to be University Bhubaneswar, 751024, Odisha, India.
- Kusuma, L. A. 2009. **Kultur Jaringan Tanaman Jarak**. <https://leqi.wordpress.com/2007/aklimatisasi-bibit-hasil-kultur-jaringan.pdf>.
- Kyambadde, J., Kansime, F., Gumaelius, L., Dalhammar, G., 2004. **A Comparative Study Of Cyperus Papyrus And Miscanthidium Violaceum-Based Constructed Wetlands For Wastewater Treatment In A Tropical Climate**. *Water Res.* 38, 475–485. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.10.008>.
- Lawrence, J.R., Thomas R. Neu, and Kevin C. Marshall. 2002. **Colonization, Adhesion, Aggregation, and Biofilm, dalam Christon J Hurst**. *Manual of Environmental Microbiology*, 2nd ed., ASM Press, Washington, D.C.
- Lee L. J. Et al. **Composites Science and Technology** 65 (2005) 2344-2363
- Li, M., Wu, Y.J., Yu, Z.L., Sheng, G.P., Yu, H.Q., 2007. **Nitrogen Removal From Eutrophic Water by Floating-Bed-Grown Water Spinach (**



- Nurrohman, Rian. 2016. **Oxidation Ditch Algae Reaktor (ODAR) Dalam Pengolahan Nutrien Pada Limbah Greywater Perkotaan**. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Prawirohartono, S. 2000. **Saint Biologi 1A Untuk SMU Kelas 1 Tengah Tahun Pertama**. PT Bumi Aksara, Jakarta.
- Purnama, P dan D.I. Kusumaningtyas. 2015. **Penentuan Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi Metode Pengukuran Fosfat (PO₄, -P) dengan Spektrofotometer Secara Asam Askorbat**. Jurnal Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan. Jatiluhur. BLT. Vol. 13 No.1
- Rahmawan, A. J., Effendi, H., & Suprihatin, S. 2019. **Potensi Rumput Vetiver**



Yeh N, Yeh P, Chang YH. 2015. **Artificial Floating Islands for Environmental Improvement**. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 47: 616–622. doi:10.1016/j.rser.2015.03.090.

Zamora, S., Sandoval, L., Marín-Muñíz, J. L., Fernández-Lambert, G., & Hernández-Orduña, M. G. 2019. **Impact Of Ornamental Vegetation Type And Different Substrate Layers On Pollutant Removal In Constructed Wetland Mesocosms Treating Rural Community Wastewater**. *Processes*, 7(8), 531.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Parameter Amonia (NH₃)

No	Hari Ke-	Kontrol	EFB	EFB+SPONS
Konsentrasi Rendah				
1	0	30,91	31,89	32,56
2	1	35,01	37,24	33,90
3	2	31,15	35,35	30,66
4	3	30,74	33,50	30,38
5	4	28,40	31,69	29,55
6	7	24,02	25,35	20,53
7	10	14,84	15,06	9,34
8	14	4,57	6,72	3,40
9	20	0,24	3,09	0,14
Efisiensi Removal (%)		99,23	90,30	99,58
Konsentrasi Tinggi				
16	27	71,85	72,95	74,84
17	28	65,82	67,36	65,60
18	29	60,89	61,71	58,27
19	42	42,95	47,98	23,81
20	43	28,41	34,68	20,94
21	44	31,78	31,63	16,00
22	48	32,73	24,91	9,24
23	51	31,63	13,71	4,82
24	55	33,11	4,66	0,57
Efisiensi Removal (%)		53,91	93,61	99,25

Lampiran 2 Parameter Fosfat (PO₄)

No	Hari ke-	Kontrol (mg/L)	EFB (mg/L)	EFB+Spons (mg/L)
Konsentrasi Rendah				
1	0	3,47	3,77	3,59
2	1	3,15	3,42	3,26
3	2	3,08	3,20	3,09
4	3	3,00	3,19	3,29
5	4	3,15	3,24	3,19
6	7	3,58	3,63	3,53
7	10	3,45	3,27	3,50
8	14	3,67	3,25	3,47
9	20	3,51	3,40	3,51
Efisiensi Removal (%)		-1,22	9,96	2,25
Konsentrasi Tinggi				
10	27	4,38	5,68	5,65
11	28	4,31	5,51	5,41
12	29	4,35	5,60	5,46
13	42	4,01	5,12	5,06
14	43	3,63	4,06	4,07
15	44	3,31	3,47	3,52
16	48	3,49	3,42	3,51
17	51	3,53	3,44	3,54
18	55	3,58	3,54	3,50
Efisiensi Removal (%)		18,25	37,78	38,14

Lampiran 3 Perbandingan Komposisi Rendah dan Tinggi

No	Larutan	Komposisi	Jumlah	Satuan	Konsentrasi
Konsentrasi Rendah					
1	Larutan Induk Nitrat	0,722 gr KNO ₃ + 2 mL CHCl ₃ + 1000 mL Aquadess	1	Liter	100 mg/L
2	Larutan Induk Nitrit	1,232 gr NaNO ₂ + 1000 ml Aquadess	1	Liter	250 mg/L
3	Larutan Induk Amonia	3,819 g NH ₄ Cl + 1000 mL Aquadess	250	ml	1000 mg/L
4	Larutan Induk Pospat	2,195 g KH ₂ PO ₄ + 1000 mL Aquadess	100	ml	500 mg/L
5	Air Gula 0,1 M		1	Liter	-
6	Detergen		10	gram	-
7	Pupuk NPK		200	ml	-
Konsentrasi Tinggi					
1	Larutan Induk Nitrat	0,722 gr KNO ₃ + 2 mL CHCl ₃ + 1000 mL Aquadess	1,5	Liter	100 mg/L
2	Larutan Induk Nitrit	1,232 gr NaNO ₂ + 1000 ml Aquadess	1,5	Liter	250 mg/L
3	Larutan Induk Amonia	3,819 g NH ₄ Cl + 1000 mL Aquadess	350	ml	1000 mg/L
4	Larutan Induk Pospat	2,195 g KH ₂ PO ₄ + 1000 mL Aquadess	150	ml	500 mg/L
5	Air Gula 0,16 M	-	1	Liter	-
6	Detergen	-	15	gram	-
7	Pupuk NPK	-	300	ml	-

Lampiran 4 Data Pengukuran pH

		pH		
Tanggal	Hari ke-	Kontrol	EFB	SPONS
12/10/2020	0	7,5	7,33	7,27
13/10/2020	1	7,67	7,66	7,6
14/10/2020	2	7,41	7,34	7,39
15/10/2020	3	7,53	7,49	7,56
16/10/2020	4	7,5	7,55	7,57
19/10/2020	7	7,49	7,53	7,56
22/10/2020	10	7,52	7,45	7,46
26/10/2020	14	9,23	6,8	5,8

02/11/2020	20	8,6	6,9	6,1
09/11/2020	27	7,29	5,75	5,4
10/11/2020	28	6,22	5,73	5,73
11/11/2020	29	6,03	5,74	5,71
24/11/2020	42	7,4	7,2	6,8
25/11/2020	43	7,24	7,1	6,5
26/11/2020	44	7,21	6,8	6,5
30/11/2020	48	7,15	6,5	6,23
03/12/2020	51	7,18	6,6	6,25
07/12/2020	55	7,11	6,32	6,06

Lampiran 5 Data Pengukuran Suhu

Suhu				
Tanggal	Hari ke-	Kontrol	EFB	SPONS
12/10/2020	0	26	26,2	26,9
13/10/2020	1	27	26,6	26,9
14/10/2020	2	27,9	27,3	27,2
15/10/2020	3	27	27,2	27,3
16/10/2020	4	26,2	25,9	26,1
19/10/2020	7	27,2	27,53	27,3
22/10/2020	10	27,1	27,3	27,52
26/10/2020	14	27	26,8	26,7
02/11/2020	20	27,1	26,8	27
09/11/2020	27	27,6	27,5	27,6
10/11/2020	28	27,9	27,1	27,4
11/11/2020	29	27,5	27,2	27,4
24/11/2020	42	26,4	26,1	25,9
25/11/2020	43	26,5	26	26
26/11/2020	44	27,2	26,8	27,1
30/11/2020	48	26,8	26,4	26,6
03/12/2020	51	26,9	26,6	26,6
07/12/2020	55	27,1	26,9	26,7

Lampiran 6 Data Pengukuran DO

DO				
Tanggal	Hari ke-	Kontrol	EFB	SPONS
12/10/2020	0	1,2	1,7	2,2
13/10/2020	1	2,8	2,9	2,5
14/10/2020	2	2,9	2,8	2,3
15/10/2020	3	2,7	2,4	2
16/10/2020	4	1	1,2	1,2
19/10/2020	7	2,4	2,7	2

22/10/2020	10	2	2,4	2,1
26/10/2020	14	1,6	2,2	2,2
02/11/2020	20	2,4	2,1	1,8
09/11/2020	27	1,9	2,2	2,4
10/11/2020	28	1,8	2,1	2,5
11/11/2020	29	1,9	2,2	2,5
24/11/2020	42	1,8	1,7	1,2
25/11/2020	43	0,9	1,4	1,7
26/11/2020	44	1,2	1,8	2,3
30/11/2020	48	1,3	1,8	2,5
03/12/2020	51	1,1	1,5	1,8
07/12/2020	55	1,4	1,6	1,9

Lampiran 7 Data Pengukuran *Turbidity*

<i>Turbidity</i>				
Tanggal	Hari ke-	Kontrol	EFB	SPONS
12/10/2020	0	2,32	3,58	3,11
13/10/2020	1	2,66	2,98	2,67
14/10/2020	2	2,78	2,49	0,41
15/10/2020	3	6,54	8,51	2,57
16/10/2020	4	8,7	0,96	0
19/10/2020	7	8,01	6,54	2,57
22/10/2020	10	22,25	3,72	2,09
26/10/2020	14	44,12	1,64	0,95
02/11/2020	20	24,6	1,6	1,2
09/11/2020	27	64	38,7	18,95
10/11/2020	28	90	20,74	6,87
11/11/2020	29	74,42	9,52	2,95
24/11/2020	42	53	1,48	1,04
25/11/2020	43	51	1,51	1,01
26/11/2020	44	38,51	1,33	0,94
30/11/2020	48	19,44	1,07	0,53
03/12/2020	51	17,21	0,83	0,41
07/12/2020	55	14,57	1,12	1,03

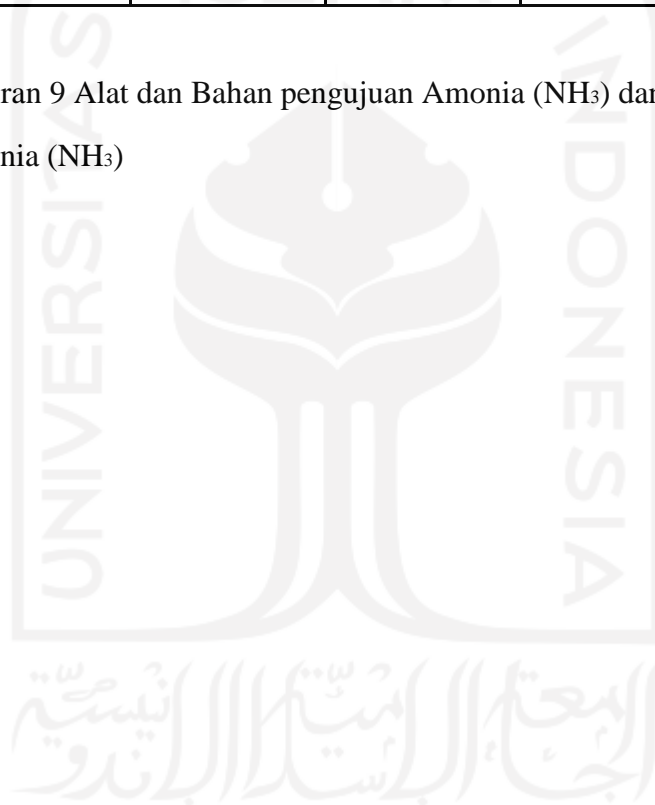
Lampiran 8 Data Pengukuran *Electrical Conductivity*

<i>Electrical Conductivity</i>				
Tanggal	Hari ke-	Kontrol	EFB	SPONS
12/10/2020	0	0,896	0,939	0,835
13/10/2020	1	0,612	0,937	0,909
14/10/2020	2	0,927	1,004	0,922
15/10/2020	3	1,001	0,925	0,915
16/10/2020	4	0,752	0,934	0,828

19/10/2020	7	0,925	1,001	0,915
22/10/2020	10	0,926	0,946	0,919
26/10/2020	14	0,972	0,956	0,933
02/11/2020	20	0,964	0,966	0,925
09/11/2020	27	1,755	1,918	1,755
10/11/2020	28	1,61	2,12	1,9
11/11/2020	29	1,53	1,93	1,87
24/11/2020	42	1,55	1,75	1,66
25/11/2020	43	1,56	1,71	1,68
26/11/2020	44	1,78	1,81	1,72
30/11/2020	48	1,97	2,03	1,93
03/12/2020	51	1,77	1,54	1,31
07/12/2020	55	1,42	1,33	1,07

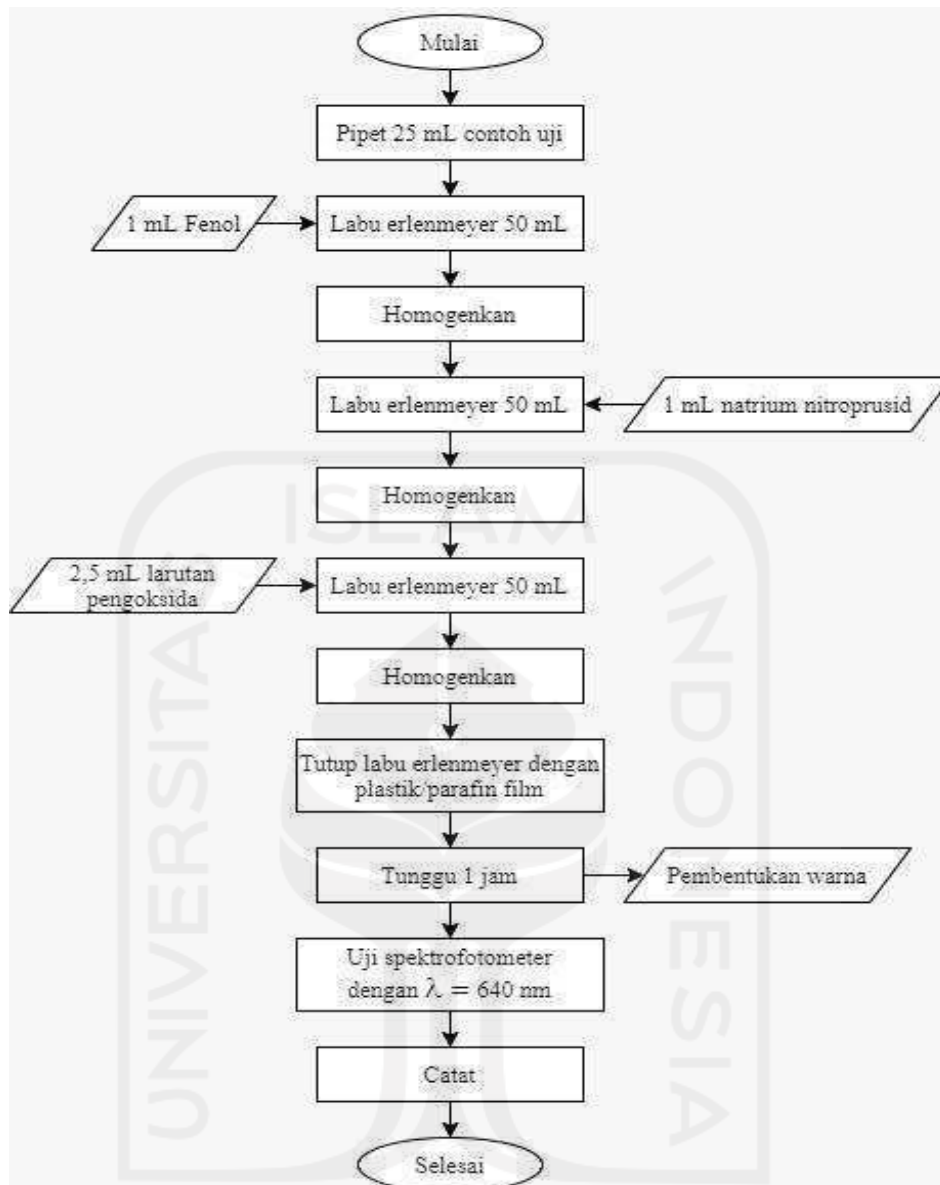
Lampiran 9 Alat dan Bahan pengujian Amonia (NH_3) dan Fosfat (PO_4)

1. Amonia (NH_3)

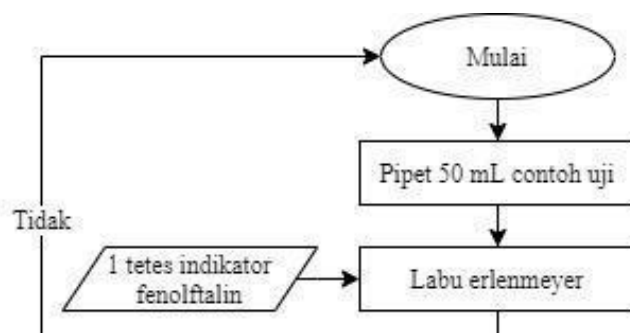


- Pipet tetes





2. Fosfat (PO₄)





Lampiran 11 Foto Tiap Reaktor Hari ke-0



Lampiran 12 Foto Tumbuhan Eceng Gondok Dan Spons



Lampiran 13 Foto Media Penyangga Apung



Lampiran 14 Foto Spons Pada Akar Tumbuhan Eceng Gondok



Lampiran 15 Foto Spons Dengan *Biofilm*



Lampiran 16 Foto Tiap Reaktor Hari ke-29



Lampiran 17 Hasil Pengujian Laboratorium Amonia (NH_3) dan Fosfat (PO_4)



Lampiran 18 Hasil Pengujian Amonia (NH_3) Tahap 1



Lampiran 19 Hasil Pengujian Fosfat (PO_4) Tahap 1



Lampiran 20 Hasil Pengujian Amonia (NH_3) Tahap 2



Lampiran 21 Hasil Pengujian Fosfat (PO_4) Tahap 2

Lampiran 22 Data Pengujian Amonia (NH₃)

AMONIA (NH ₃)							
NO	TANGGAL	KONTROL		EFB		SPONS	
		1	2	1	2	1	2
1	12/10/2020	3,131	3,098	3,414	3,013	3,180	3,381
2	13/10/2020	3,536	3,519	3,912	3,592	3,157	3,674
3	14/10/2020	3,320	2,958	3,562	3,561	2,941	3,238
4	15/10/2020	2,990	3,206	3,321	3,430	3,105	3,017
5	16/10/2020	2,851	2,872	3,131	3,256	2,972	2,983
6	19/10/2020	2,397	2,445	2,555	2,555	2,089	2,049
7	22/10/2020	1,549	1,443	1,443	1,594	0,929	0,957
8	26/10/2020	0,441	0,483	0,668	0,689	0,384	0,305
9	02/11/2020	0,028	0,024	0,315	0,312	0,016	0,016
10	09/11/2020	3,561	3,678	3,831	3,519	3,812	3,729
11	10/11/2020	3,321	3,311	3,465	3,322	3,312	3,298
12	11/11/2020	3,034	3,102	3,167	3,051	2,983	2,889
13	24/11/2020	4,327	4,327	4,819	4,849	2,415	2,384
14	25/11/2020	2,942	2,784	3,391	3,598	2,058	2,164
15	26/11/2020	3,165	3,240	3,204	3,170	1,602	1,624
16	30/11/2020	3,254	3,342	2,534	2,487	0,923	0,943
17	03/12/2020	3,132	3,243	1,532	1,233	0,476	0,499
18	07/12/2020	3,092	3,581	0,531	0,412	0,062	0,056

Lampiran 23 Data Pengujian Fosfat (PO₄)

FOSFAT (PO ₄)							
NO	TANGGAL	KONTROL 1	KONTROL 2	EFB 1	EFB 2	SPONS 1	SPONS 2
1	12/10/2020	1,948	1,920	2,092	2,117	2,025	1,981
2	13/10/2020	1,749	1,768	1,859	1,956	1,824	1,813
3	14/10/2020	1,733	1,710	1,793	1,782	1,726	1,719
4	15/10/2020	1,662	1,682	1,691	1,866	1,839	1,830
5	16/10/2020	1,779	1,739	1,785	1,828	1,797	1,767
6	19/10/2020	1,979	2,015	1,968	2,082	1,985	1,955
7	22/10/2020	1,903	1,953	1,814	1,841	1,993	1,908
8	26/10/2020	2,036	2,064	1,829	1,804	1,985	1,885
9	02/11/2020	1,949	1,966	1,901	1,889	1,941	1,975
10	09/11/2020	2,432	2,452	3,211	3,132	3,116	3,189
11	10/11/2020	2,411	2,398	3,133	3,021	3,045	2,991
12	11/11/2020	2,421	2,431	3,184	3,067	3,109	2,984
13	24/11/2020	2,204	2,274	2,821	2,895	2,845	2,801
14	25/11/2020	1,988	2,061	2,294	2,237	2,219	2,328
15	26/11/2020	1,817	1,882	1,938	1,933	1,961	1,963
16	30/11/2020	1,932	1,966	1,901	1,921	1,941	1,975
17	03/12/2020	1,954	1,991	1,953	1,889	1,987	1,964
18	07/12/2020	2,023	1,970	1,969	1,978	1,976	1,925