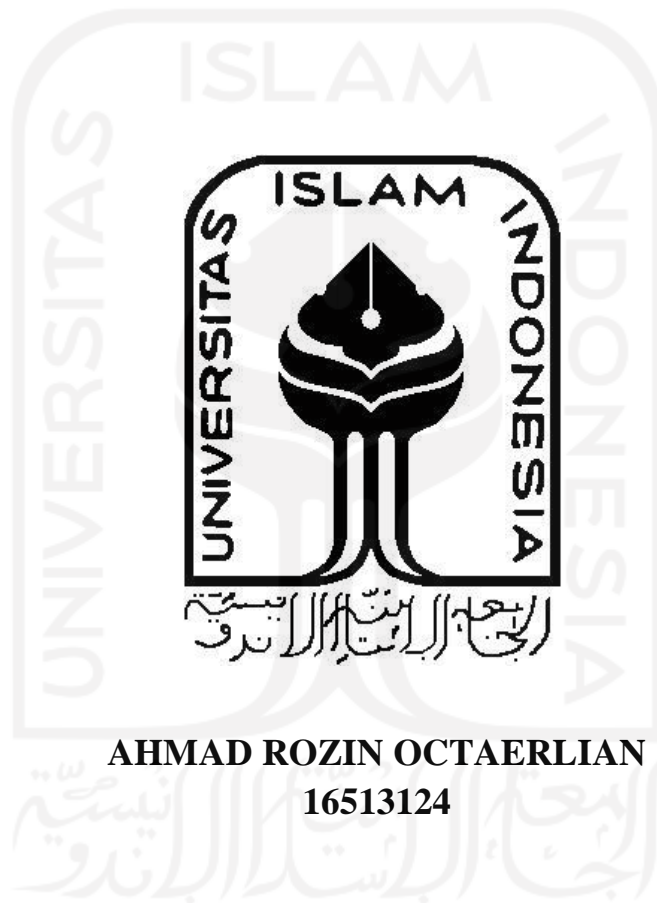


TA/TL/2021/1280

TUGAS AKHIR

**UNJUK KERJA *ECOLOGICAL FLOATING BED* (EFB)
DENGAN MEDIA PENYANGGA *POLYURETHANE
SPONGE* UNTUK PENYISIHAN NITRIT (NO_2^-) DAN
NITRAT (NO_3^-) PADA AIR LIMBAH *GREYWATER***

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



AHMAD ROZIN OCTAERLIAN

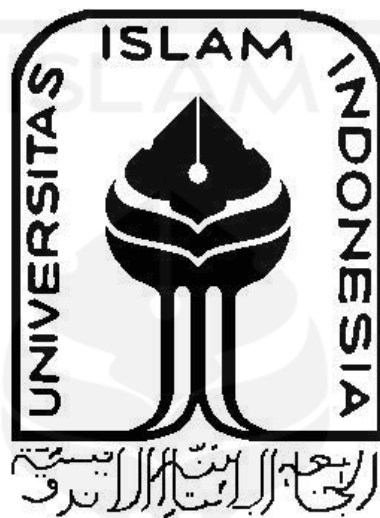
16513124

**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 *POLYURETHANE SPONGE* UNTUK PENYISIHAN NITRIT (NO_2^-) DAN NITRAT (NO_3^-) PADA AIR LIMBAH *GREYWATER*

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



AHMAD ROZIN OCTAERLIAN
16513124

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


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

NIK. 095130403

Tanggal:



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

NIK. 165131306

Tanggal:

Mengetahui,*

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


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

NIK. 025100406

Tanggal: 26 Februari 2021

HALAMAN PENGESAHAN

**UNJUK KERJA *ECOLOGICAL FLOATING BED* (EFB)
DENGAN MEDIA PENYANGGA *POLYURETHANE*
UNTUK PENYISIHAN NITRIT (NO₂⁻) DAN NITRAT
(NO₃⁻) PADA LIMBAH *GREYWATER***

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat

Tanggal : 26 Februari 2021

Disusun Oleh:

AHMAD ROZIN OCTAERLIAN
16513124

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



(*[Signature]*)
(*[Signature]*)
(*[Signature]*)

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, 14 Desember 2020

Yang membuat pernyataan,



Ahmad Rozin Octaerlian

NIM: 16513124

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 bulan Juli 2020 ini ialah **Unjuk Kerja Ecological Floating Bed (EFB) dengan menggunakan media penyangga Polyurethane untuk penyisihan Nitrit (NO₂-) dan Nitrat (NO₃) pada air limbah greywater**. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar sarjana di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia

Laporan Tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada Allah SWT yang telah senantiasa memberikan nikmat yang tidak terhingga sehingga penuli dapat menyelesaikan tugas akhir ini, Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Abdul Ramli, S.Sos dan Erwin Febriani selaku bapak dan ibu kandung penulis yang selalu memberikan dukungan, memberikan semangat, nasebhat serta doa yang tidak ada habisnya sedari dini, Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng selaku bapak pembimbing yang selalu memberi ilmu, motivasi serta dukungan dalam membimbing penulis baik dari sisi akademik maupun sisi non akademik dan tidak lupa teruntuk bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng selaku bapak yang selalu membimbing penulis baik dari akademik maupun non akademik hingga tugas akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pengurus laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII yang telah memberi segala saran dan masukan selama pengerjaan tugas akhir ini dan saya ucapkan terima kasih kepada saudara dan saudari saya satu tingkat di Teknik Lingkungan FTSP UII yang selalu memberi dukungan penuh selama masa kuliah penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk laporan ini agar lebih mendekati dari kata sempurna. Semoga laporan ini dapat menjadi referensi penelitian yang berguna bagi nusa dan bangsa.

Yogyakarta, 14 Desember 2020



Ahmad Rozin Octaerlian



ABSTRAK

AHMAD ROZIN OCTAERLIAN. Unjuk Kerja *Ecological Floating Bed* (EFB) dengan Media Penyangga *Polyurethane* Untuk Penyisihan Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) pada Air Limbah *Greywater*. Dibimbing Oleh DR. ENG. AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.ENG dan DR. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.ENG

Tingginya angka kepadatan penduduk sangat mempengaruhi kebutuhan domestik serta limbah domestik yang dihasilkan khususnya limbah cair berupa *greywater*. *Greywater* mengandung bahan kimia yang digunakan dalam aktifitas rumah tangga dan harus diolah agar tidak membahayakan lingkungan dan kesehatan. *Ecological Floating Bed* (EFB) merupakan inovasi pendekatan ekologi berupa teknologi pengolahan air limbah dengan memanfaatkan kemampuan tumbuhan dalam proses fitoremediasi. Penelitian ini menjelaskan tentang efektifitas kinerja reaktor EFB dengan tambahan media penyangga *polyurethane* dan tumbuhan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) untuk menyisihkan kandungan Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) pada air limbah. Penelitian ini menggunakan 3 tipe reaktor berupa Kontrol, EFB dan EFB+*polyurethane* guna mengetahui tipe reaktor yang paling efektif dalam menyisihkan Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-). Penelitian dilaksanakan selama 55 hari yang dibagi menjadi 2 tahap, pada tahap pertama merupakan tahap dengan konsentrasi beban organik rendah dan pada tahap kedua dengan konsentrasi beban organik tinggi. Pengujian Nitrit (NO_2^-) dilakukan sesuai dengan SNI 06-6989.9-2004 dengan metode N-(1-Naftil Etilendiamin Dihidroklorida) dan pengujian Nitrat (NO_3^-) dilakukan sesuai dengan SNI 06-2480-1991 dengan metode Brusin. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, efektifitas kinerja reaktor dengan *polyurethane* lebih baik dibandingkan dengan kedua reaktor lainnya. Hal ini dapat dilihat pada tahap pertama reaktor kontrol, EFB, dan EFB+*polyurethane* mampu menurunkan konsentrasi Nitrit (NO_2^-) sebesar 28.38%, 32.45%, 52.18% dan Nitrat (NO_3^-) sebesar 6.58%, 6.97%, 7.27%. Sedangkan pada tahap kedua masing masing reaktor mampu menurunkan konsentrasi Nitrit (NO_2^-) sebesar 18.70%, 48.25%, 66.74% dan Nitrat (NO_3^-) sebesar 2.03%, 39.06%, 58.20% dan dapat disimpulkan Reaktor EFB dengan penambahan media penyangga *polyurethane* lebih optimal menyisihkan Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-)

Kata kunci: Eceng Gondok, *Ecological Floting Bed*, *Greywater*, Nitrat, Nitrit, *Polyurethane*

ABSTRACT

Ecological Floating Bed (EFB) Performance with Polyurethane Buffer Media for Nitrite (NO₂-) and Nitrate (NO₃-) Removal in Greywater Wastewater. Supervised by DR. ENG. AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.ENG and DR. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.ENG

*The high population density greatly affects domestic needs as well as domestic waste produced, especially liquid waste in the form of greywater. Greywater contains chemicals used in household activities and must be processed so as not to harm the environment and health. Ecological Floating Bed (EFB) is an innovation ecological approach in the form of wastewater treatment technology by utilizing plant capabilities in the phytomediation process. This study describes the effectiveness of EFB reactor performance with the addition of polyurethane supporting media and water hyacinth plant (*Eichornia crassipes*) to remove Nitrite (NO₂-) and Nitrate (NO₃-) in wastewater. This study used 3 types of reactors in the form of Control, EFB and EFB+polyurethane to monitor the most effective reactor types in setting to remove Nitrite (NO₂-) and Nitrate (NO₃-). The research was conducted for 55 days which was divided into 2 stages, in the first stage was a stage with low organic load concentration and in the second stage with high concentration of organic load. Nitrite Testing (NO₂-) was conducted in accordance with SNI 06-6989.9-2004 with N-(1-Naftil Etilendiamine Dihydroxychloride) method and Nitrate testing (NO₃-) was conducted in accordance with SNI 06-2480-1991 by Brucine method. Based on the research conducted, the effectiveness of reactor performance with polyurethane is better compared to the other two reactors. This can be seen in the first stage of control reactors, EFB, and EFB+polyurethane capable of lowering the concentration of Nitrite (NO₂-) by 28.38%, 32.45%, 52.18% and Nitrate (NO₃-) by 6.58%, 6.97%, 7.27% While in the second stage each reactor is able to lower the concentration of Nitrite (NO₂-) by 18.70%, 48.25%, 66.74% and Nitrate (NO₃-) by 2.03%, 39.06%, 58.20% . if concluded EFB Reactor with the addition of polyurethane supporting media more optimally to remove Nitrite (NO₂-) and Nitrate (NO₃-)*

Keywords: Water Hyacinth, Ecological Floating Bed, Greywater, Nitrate, Nitrite, Polyurethane

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Greywater</i>	6
2.2 Nitrit (NO ₂ ⁻) dan Nitrat (NO ₃ ⁻)	7
2.3 Dampak Nitrit (NO ₂ ⁻) dan Nitrat (NO ₃ ⁻) di perairan	8
2.4 Ecological Floating Bed (EFB)	10
2.5 Eceng Gondok (<i>Eichornia Crassipes</i>)	12
2.6 Modifikasi <i>Sponge</i>	15
2.7 Penelitian terdahulu	16
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	20
3.2 Tahapan penelitian	21
3.3 Prosedur Analisis Data	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Karakteristik Air Limbah	30
4.2 Operasional Reaktor dan Efisiensi Removal	32
4.3 Efek Beban Pengolahan	41
4.4 Perbandingan Kinerja reaktor	55
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Simpulan	60

5.2	Saran	60
	DAFTAR PUSTAKA	62
	LAMPIRAN	67



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Karakteristik <i>Greywater</i>	6
Tabel 2 Penelitian Terdahulu	16
Tabel 3 Spesifikasi Reaktor	23
Tabel 4 Komposisi Air Limbah Sintetis pada Tahap 1 dan Tahap 2	24
Tabel 5 Waktu interval sampling	27
Tabel 6 Pengukuran parameter utama dan pendukung	27
Tabel 7 Komposisi umum <i>greywater</i> alami	30
Tabel 8 Konsentrasi Parameter Utama	31
Tabel 9 Perbandingan Konsentrasi Nitrit dan Nitrat terhadap acuan	32
Tabel 10 Hasil pengukuran parameter Umum	32
Tabel 11 Waktu Operasional Sesudah Perombakan	36
Tabel 12 Data pengukuran Nitrit dan Nitrat	43
Tabel 13 Konsentrasi parameter utama dan Parameter pendukung	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram Skematis <i>Ecological Floating Bed</i> (EFB).....	11
Gambar 2 Eceng Gondok (<i>Eichornia Crassipes</i>)	13
Gambar 3 Modifikasi EFB dengan <i>sponge iron</i> dan zeolite.....	15
Gambar 4 Perakitan Reaktor EFB	20
Gambar 6 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 7 Reaktor <i>Ecological Floating Bed</i> (EFB).....	23
Gambar 8 Kerangka reaktor EFB	
Gambar 9 Tampak atas reaktor EFB.....	23
Gambar 10 Tampak samping EFB	
Gambar 11 Tampak samping <i>Sponge</i>	24
Gambar 12 Tampak samping reaktor	
Gambar 13 Tampak samping	24
Gambar 14 Pembuatan Air limbah sintesis	26
Gambar 15 Reaktor EFB dengan menggunakan tumbuhan Kangkung Air (<i>Ipomea Aquatica F</i>)	33
Gambar 16 Kondisi Kangkung Air (<i>Ipomea Aquatica F</i>) pada tahap aklimatisasi	34
Gambar 17 Habitat Eceng Gondok (<i>Eichornia crassipes</i>)	35
Gambar 18 Reaktor EFB dengan menggunakan tumbuhan Eceng Gondok (<i>Eichornia crassipes</i>)	36
Gambar 19 Grafik Perubahan Suhu	38
Gambar 20 Grafik Perubahan Suhu	38
Gambar 21 Grafik Perubahan pH	39
Gambar 22 Grafik Perubahan Turbidty	40
Gambar 23 Grafik perubahan DO.....	41
Gambar 24 Grafik kurva kalibrasi nitrit (NO ₂ -)	42
Gambar 25 Grafik kurva kalibrasi nitrat (NO ₃ -).....	42
Gambar 26 Grafik Konsentrasi Nitrit (NO ₂).....	44
Gambar 27 Efisiensi Removal Nitrit (NO ₂ -).....	44
Gambar 28 Grafik Konsentrasi Nitrat (NO ₃ -).....	46
Gambar 29 Efisiensi Removal Nitrat (NO ₃ -).....	46
Gambar 30 Kondisi sampel sebelum pengenceran	49
Gambar 31 Kondisi sampel setelah pengenceran	49
Gambar 32 Kondisi Eutrofik Reaktor Kontrol	54
Gambar 33 Grafik Perbandingan Efisiensi Removal Nitrit (NO ₂ -)	56
Gambar 34 Grafik perbandingan Efisiensi Removal Nitrat (NO ₃ -)	56
Gambar 35 Letak media Penyangga <i>Polyurethane</i> pada reaktor EFB+ <i>Sponge</i>	57
Gambar 36 Diagram Skematis Penyisihan beban organik.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

Hasil pengujian Nitrit (NO_2^-)	71
Hasil pengujian Nitrat (NO_3^-)	71
Perbandingan Komposisi Rendah dan Tinggi	72
Data Pengukuran pH	72
Data Pengukuran Suhu	73
Data Pengukuran DO	73
Data Pengukuran <i>Turbidity</i>	74
Data Pengukuran <i>Electrical Conductivity</i>	74



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecamatan Ngaglik berada di bagian timur kabupaten Sleman memiliki luas sebesar 38,52 km² atau sekitar 24,35% dari luas Kabupaten Sleman. Kecamatan ngaglik termasuk dalam wilayah *aglomerasi* perkotaan Yogyakarta yang dimana hal ini menyebabkan tingginya angka laju pertumbuhan penduduk. Pesatnya pertumbuhan penduduk, kegiatan pembangunan ekonomi dan perubahan tata guna lahan diberbagai wilayah menimbulkan masalah yang sangat signifikan diantaranya pemukiman kumuh, pencemaran lingkungan dan sebagainya. Tingginya Permasalahan Air limbah saat ini tidak bisa diabaikan karna dapat memberikan kontribusi pencemaran lingkungan yang cukup besar dan dampak yang ditimbulkan dari segi Kesehatan sangat berbahaya bagi manusia (Rahardjo, 2011) Hal tersebut terjadi pada kawasan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia yang merupakan daerah dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Tingginya angka kepadatan penduduk sangat mempengaruhi kebutuhan domestik serta limbah domestik yang dihasilkan khususnya limbah cair domestik berupa *greywater*. hampir seluruh kota di Indonesia mengalami masalah pencemaran air limbah. Sungai yang merupakan bagian dari lingkungan hidup saat ini terjadi perubahan ekosistem yang ditunjukkan dengan degradasi kualitas dan kuantitas air (Brontowiyono et al., 2013)

Limbah cair domestik adalah air buangan manusia yang berasal dari perumahan, institusi atau daerah komersial yang dibuang dalam bentuk zat cair. Limbah cair domestik terdiri dari 99.7% air dan 0.3% bahan lain seperti bahan padat, koloid dan terlarut. sebagian dari bahan organik, anorganik maupun gas yang terdapat di dalam limbah cair domestik diurai oleh mikroorganisme menjadi suatu senyawa yang dapat menimbulkan bau tidak sedap (South & Nazir, 2016) Limbah domestik yang dihasilkan dari Kawasan padat pemukiman berpengaruh terhadap

kandungan Nitrat (NO_3) dan Nitrit (NO_2). Peningkatan beban cemaran Nitrat (NO_3) dan Nitrit (NO_2) dipengaruhi oleh saluran pembuangan limbah (Aswadi, 2006) Nitrat (NO_3) dan nitrit (NO_2) adalah ion-ion anorganik alami, yang merupakan bagian dari siklus nitrogen. Aktifitas mikroba di tanah atau air menguraikan sampah yang mengandung nitrogen organik pertama-pertama menjadi ammonia, kemudian dioksidasikan menjadi nitrit dan nitrat. Oleh karena nitrit dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi nitrat, maka nitrat adalah senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah maupun air yang terdapat di permukaan. (Emilia, 2019)

Pengaruh nitrit pada kesehatan manusia yaitu dapat menyebabkan methemoglobinemia dan efek racun kandungan nitrit dalam air lebih besar dari 0 mg/L. Bahan makanan yang tercemar oleh nitrit ataupun bahan makanan yang diawetkan menggunakan nitrat dan nitrit dapat menyebabkan methemoglobinemia simptomatik pada anak-anak. Walaupun sayuran jarang menjadi sumber keracunan akut, mereka memberi kontribusi >70% nitrat dalam diet manusia tertentu. Kembang kol, bayam, brokoli, dan umbi-umbian memiliki kandungan nitrat alami lebih banyak dari sayuran lainnya. Sisanya berasal dari air minum (+ 21%) dan dari daging atau produk olahan daging (6%) yang sering memakai natrium nitrat (NaNO_3) sebagai pengawet maupun pewarna makanan (Soeparman, 2001)

Kualitas air di seluruh dunia kian merosot karena terkontaminasi oleh muatan polutan dari berbagai industri. ekosistem perairan juga terganggu yang mempengaruhi flora dan fauna. Perairan yang didominasi oleh tumbuhan memiliki kapasitas tinggi untuk mengakumulasi nutrisi tinggi dan menciptakan kondisi yang menguntungkan rhizosfer untuk degradasi organik mikroba yang dapat diterapkan dalam proses restorasi danau yang tercemar, aliran alami dan lahan basah. Fitoremediasi telah diterima dengan baik di seluruh dunia sebagai salah satu teknologi hijau paling sukses untuk pengolahan air limbah domestik. Teknologi ini memanfaatkan makrofit akuatik untuk menghilangkan dan mengekstraksi makronutrien dari air limbah domestik dengan demikian, fitoremediasi saat ini menjadi populer sebagai teknologi alternatif dalam pengelolaan air limbah hal ini karena kemampuannya untuk melindungi lingkungan dan Kesehatan masyarakat

secara ekonomis dengan biaya lebih rendah dibandingkan dengan pengolahan air limbah konvensional (Suswati & Wibisono, 2013)

Ecological Floating Bed (EFB) merupakan salah satu inovasi pendekatan ekologi berupa teknologi pengolahan air limbah dengan menggunakan tanaman berakar mengambang di permukaan air. Akar tanaman menggantung di dalam air menyediakan area permukaan yang besar untuk pertumbuhan biofilm. yang memiliki fungsi guna mengendalikan polusi dalam air diantaranya TSS, BOD, COD, Nitrogen (N), Fosfor (P) dan logam lainnya. (Samal et al., 2019) Penggunaan tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipe*) sebagai medium filtrasi karena tumbuhan eceng gondok memiliki kepadatan optimum yang memberikan penyisihan maksimum beban organik nitrogenik – fosforik dan beban pencemar lainnya. Berdasarkan penelitian (Satya et al., 2014) Eceng gondok mampu menyisihkan kadar Nitrit (NO_2^-) dengan persentase removal yang berkisar antara 98,21% -98,93%, dan untuk kadar Nitrat (NO_3^-) persentase removal berkisar antara 58,33% -83,33%. Kemampuan media penyangga *polyurethane* sebagai tempat tinggal mikroba merupakan salah satu alternatif pendukung yang dapat menunjang kinerja *Ecological Floating Bed* (EFB) untuk menyisihkan polutan yang terdapat di dalam air. Hal ini yang menjadi latar belakang penelitian yang dilaksanakan di lingkungan fakultas teknik sipil dan perencanaan Universitas Islam Indonesia (FTSP UII) dengan teknologi *Ecological Floating Bed* menggunakan tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipe*) yang di modifikasi dengan media penyangga *polyurethane* untuk mengetahui penyisihan kadar Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) dalam air limbah *greywater*

1.2 Perumusan Masalah

Tercemarnya badan air akibat tidak terolahnya air limbah *Greywater* menjadi suatu permasalahan lingkungan yang belum terselesaikan. Dengan hadirnya *Ecological Floating Bed* (EFB) diharapkan dapat menjadi teknologi pengolahan air limbah *Greywater*. Berdasarkan uraian tersebut maka disusun dua rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana efektivitas kinerja reaktor *Ecological Floating Bed* (EFB) dalam menyisihkan kadar Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) pada air limbah *greywater*?
2. Bagaimana efektivitas kinerja reaktor *Ecological Floating Bed* (EFB) dengan penambahan media penyangga *polyurethane* dalam menyisihkan kadar Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) pada air limbah *greywater*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian yaitu mengetahui efektivitas kinerja reaktor *Ecological Floating Bed* (EFB) dalam menyisihkan kadar Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) pada air limbah *Greywater*

1.4 Manfaat Penelitian

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

1. Sebagai referensi bahan penelitian khususnya opsi teknologi pengolahan air limbah *Greywater*
2. Sebagai solusi bagi masyarakat sekitar kampus Universitas Islam Indonesia dalam mengolah air limbah *Greywater*.

1.5 Ruang Lingkup

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka perlu adanya ruang lingkup penelitian meliputi:

1. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Air limbah yang digunakan merupakan air limbah sintesis dengan karakteristik air limbah yang mengacu pada *greywater* yang dibuang ke sungai.
3. Tumbuhan air yang digunakan dalam penelitian yaitu Eceng Gondok (*Eichornia Crassipe*)

4. Media penyangga yang digunakan dalam penelitian yaitu *Sponge* dengan jenis *Polyurethane*
5. Reaktor yang digunakan meliputi Reaktor kontrol, Reaktor EFB dan reaktor EFB dengan penambahan media *polyurethane*
6. Parameter yang akan diuji adalah
 - a. Parameter Utama yaitu Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-)
 - b. Parameter Umum yaitu derajat keasaman (pH), *Temperature* (Suhu), *Dissolved Oxygen* (DO), *Electrical Conductivity* (EC) dan *Turbidity* (Kekeruhan)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Greywater*

Menurut (Direktorat Cipta Karya Departmen Pekerjaan umum, 2016) besar timbulan air limbah domestik berkisar 80-120 L/orang/hari dan untuk *greywater* sekitar 60-75% dari total volume air limbah domestik dengan kandungan rendah nutrien dan materi patogen. *Greywater* adalah air limbah yang dihasilkan dari kegiatan domestik manusia tanpa tercampur limbah kotoran manusia seperti feses dan urin. Karakteristik *greywater* banyak mengandung Fosfat, Potasium dan nitrogen. *greywater* dialirkan begitu saja ke badan air karna unsur-unsur yang terdapat dalam *greywater* merupakan nutrien bagi tumbuhan. Hal ini dikenal dengan istilah eutrofikasi yang dimana hal ini merupakan suatu peristiwa badan air kaya akan materi organik. Namun disisi lain peristiwa ini dapat menurunkan kualitas badan air karna oksigen terlarut di badan air akan mengalami penurunan (Tchobanoglous et al., 1991)

Menurut (Morel & Diener, 2006) karakteristik *greywater* dalam bukunya yang berjudul *Greywater Management* secara umum yakni Temperatur *Greywater* tidak pernah melampaui suhu air biasa dengan rerata suhu berkisar antara 18 – 30 °C. Untuk suhu air yang agak tinggi dapat bersumber dari kegiatan mandi ataupun bersumber dari kegiatan memasak dari dapur. Suhu tinggi tersebut tidak memberikan dampak pada proses pengolahan secara biologis karena proses aerobik dan anaerobik terjadi dalam kisaran suhu 15 – 50°C, dengan suhu optimal berkisar antara 25 – 35°C (Crites, R. and Tchobanoglous, 2005) *Greywater* mempunyai karakteristik warna abu – abu yang kadang agak gelap dan berbau. Bau pada *Greywater* diakibatkan karena adanya material organik. Warna gelap dikarenakan banyaknya komposisi air limbah *Greywater* yaitu air sisa cuci pakaian, air sisa cuci piring dan air bekas mandi. (Maulana, 2016)

Tabel 1 Karakteristik *Greywater*

Parameter	Konsentrasi
TSS	50 – 300 mg/L
Nitrogen	5 – 50 mg/L

Fosfor	4 - 14 mg/L
Ph	6,5 – 8,4

Sumber : (Maulana, 2016)

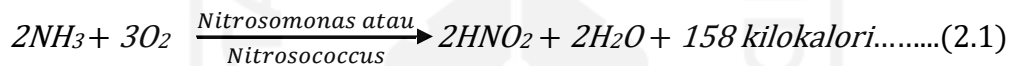
Seiring dengan meningkatnya angka pertumbuhan penduduk maka kebutuhan akan perumahan juga semakin meningkat. Dengan adanya peningkatan perumahan tentu saja sangat berpengaruh terhadap kuantitas air limbah *Greywater* yang ada pada daerah tersebut. Air limbah *greywater* merupakan limbah yang dinilai dengan kadar pencemarnya rendah jika dibandingkan dengan limbah dari kegiatan industri. Namun jika air limbah *greywater* tidak dikelola dengan baik atau dengan kata lain air limbah *greywater* langsung dibuang ke /selokan tanpa di olah terlebih dahulu akan mengakibatkan muara dari badan air berpotensi tercemar diantaranya seperti terjadi perubahan warna menjadi kecoklatan dan mengeluarkan bau tak sedap. Tercemarnya badan air tidak hanya dapat mengakibatkan ekosistem didalam air mati namun zat polutan yang terdapat dalam air tersebut dapat menjadi sumber penyakit disentri kolera dan lain lain (South & Nazir, 2016)

2.2 Nitrit (NO₂-) dan Nitrat (NO₃-)

Pembentukan Nitrit (NO₂-) dan Nitrat (NO₃-) pada siklus nitrogen dilakukan oleh Bakteri *Rhizobium* untuk memfiksasi Nitrogen dan bakteri *Pseudomonas denitrifican* untuk proses dinitrifikasi dan nitrifikasi. Pada nitrifikasi melibatkan 2 proses yaitu nitratasi oleh bakteri *Nitrobacter* dan nitritasi oleh bakteri *Nitrosomonas* (Setiowati et al., 2016) Nitrit dan Nitrat adalah hasil dari proses oksidasi nitrogen oleh aktifitas mikroba di air, tanah dan tanaman yang dimana Nitrat (NO₃-) merupakan senyawa yang dapat terdegradasi menjadi Nitrit (NO₂-) dapat ber-interaksi dengan senyawa lain di dalam proses pencernaan sehingga membentuk zat beracun yang bersifat karsinogenik yang dimana nitrit akan mengubah hemoglobin menjadi methaemoglobin yang dikenal dengan istilah nitrosamine (Hord et al., 2009)

Aktivitas domestik yang mencemarkan perairan memberi dampak cemaran pada beberapa parameter diantaranya cemaran oleh bahan organik yang menyebabkan kadar ammonia dan hidrogen sulfida mengalami peningkatan. Pada umumnya ammonia yang larut didalam air membentuk senyawa ammonium yang

cenderung akan mengikat oksigen. Nitrogen organik mengalami reaksi hidrolisis menghasilkan amonia yang merupakan sumber makanan bakteri nitrogen, kemudian proses oksidasi terjadi oleh bakteri nitrosomonas yang dimana pada fase ini mengubah amonia menjadi nitrit dan selanjutnya dengan adanya bakteri *Nitrobacter* mengoksidasi nitrit menjadi nitrat (NO₃-) maka Nitrat (NO₃-) merupakan senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah maupun air yang terdapat di permukaan. Proses nitrifikasi terdiri dari dua tahapan yang masing-masing diperankan oleh kelompok organisme yang berbeda yaitu pada tahapan yang pertama dinamakan nitritasi dimana pada tahap ini merupakan oksidasi senyawa amonia menjadi nitrit oleh bakteri *Nitrosomonas* atau *Nitrosococcus*



Pada tahapan yang kedua dinamakan nitratasi dimana pada tahap ini merupakan oksidasi senyawa nitrit menjadi nitrat oleh bakteri *Nitrobacter*.



Berdasarkan Perda DIY no.4 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah batas maksimum konsentrasi nitrit dan nitrat yaitu 1 dan 20 mg/L dan menurut Permenkes no 492 tahun 2010 batas maksimum konsentrasi Kadar Nitrit dan Nitrat di perairan yaitu 3 dan 50 mg/L.

2.3 Dampak Nitrit (NO₂-) dan Nitrat (NO₃-) di perairan

Sumber nitrit dapat berupa limbah industri dan limbah domestik. Kadar nitrit pada perairan relatif karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Perairan alami mengandung nitrit sekitar 0,001 mg/liter. Di perairan, nitrit ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit, lebih sedikit daripada nitrat, karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Nitrit merupakan bentuk peralihan antara amonia dan nitrat (nitrifikasi) dan antara nitrat dan gas nitrogen (denitrifikasi) yang terbentuk dalam kondisi anaerob. Nitrat adalah bentuk nitrogen sebagai nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan

bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna di perairan. Kadar nitrat lebih dari 5 mg/liter menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja hewan. Kadar nitrogen yang lebih dari 0,2 mg/liter menggambarkan terjadinya eutrofikasi perairan. Eutrofikasi adalah masalah lingkungan yang serius di seluruh dunia yang disebabkan oleh proses alami dan pengaruh antropogenik. Alasan paling umum untuk eutrofikasi danau adalah kelebihan pasokan nutrisi, yang menyebabkan pertumbuhan berlebih tanaman atau alga di ekosistem perairan kelebihan pasokan nutrisi sebagian besar disebabkan oleh pengaruh antropogenik, seperti kegiatan perkotaan, industri dan pertanian (Li et al., 2007)

Eutrofikasi adalah masalah lingkungan yang serius di seluruh dunia yang disebabkan oleh proses alami dan pengaruh antropogenik. Alasan paling umum untuk eutrofikasi danau adalah kelebihan pasokan nutrisi, yang menyebabkan pertumbuhan berlebih tanaman atau alga di ekosistem perairan (Yu et al., 2020). kelebihan pasokan nutrisi sebagian besar disebabkan oleh pengaruh antropogenik, seperti kegiatan perkotaan, industri dan pertanian (Paerl et al., 2011) Eutrofikasi dapat dikatakan sebagai suatu fenomena pengkayaan nutrient di suatu perairan berupa bahan anorganik yang dibutuhkan oleh tanaman atau tumbuhan sehingga mengakibatkan tingginya produktivitas primer perairan. Nutrient yang dimaksud adalah fosfor dan nitrogen. Untuk mengetahui tingkat eutrofikasi yang terjadi pada umumnya dapat dilihat dari tingkat kecerahan dan kandungan klorofil-a yang sangat mempengaruhi perkembangan alga. (Mowe et al., 2019) Perilaku manusia yang tidak acuh terhadap lingkungan seperti Penggunaan wadah pestisida yang dibuang ke daerah irigasi ataupun lahan pertanian merupakan salah satu hal terjadinya eutrofikasi perairan daerah pertanian (J. Zhao et al., 2020)

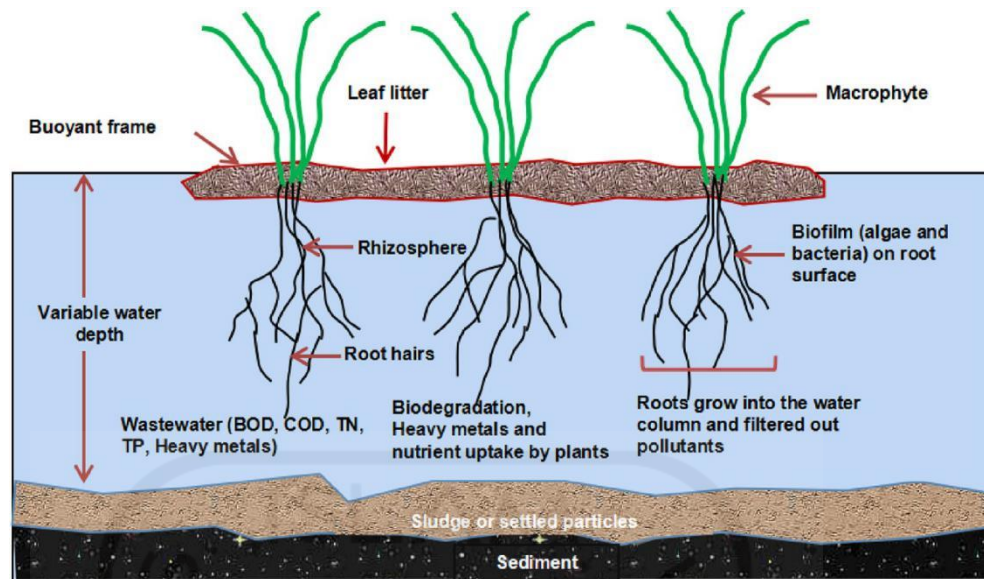
Senyawa nitrogen dalam kadar yang rendah tidak akan menimbulkan efek ataupun gangguan pada manusia namun sebaliknya apabila dalam kadar yang tinggi akan dapat menyebabkan suatu penyakit yang juga dapat menyebabkan kematian. Selain itu dapat menyebabkan *methoemoglobinaemia* pada bayi yang diberi makanan melalui proses pencampuran dengan air yang mengandung nitrit ataupun nitrat. Berdasarkan survei Kesehatan lingkungan Kawasan pesisir pulau sappuli yang berada di Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan diperoleh data yang

menggambarkan bahwasanya untuk kehidupan sehari-hari seperti mandi, mencuci, membilas dan lain sebagainya menggunakan air dari sumur gali sebagai sumber air bersih. Dengan adanya aktivitas tersebut mengindikasikan bahwa jalan masuknya kadar nitrat (NO_3^-) kedalam tubuh manusia melalui aktivitas pemenuhan kebutuhan air bersih dan air minum sehari-hari masyarakat. Jika tidak dilakukan upaya pengolahan sebelumnya tentu akan memberi dampak berupa keracunan (*Blue Baby Disease*) yang menyerang pada manusia yang rentan dalam hal ini terhadap ibu dan anak bayi (Khaer & Budirman, 2019)

2.4 Ecological Floating Bed (EFB)

Ecological Floating Bed (EFB) adalah teknologi perbaikan air terbaru yang dikembangkan dari lahan basah tradisional yang dibangun dan teknologi ini telah menjadi teknologi yang lebih disukai karna reputasinya yang ramah lingkungan, operasi yang fleksibel, perawatan sederhana serta efisiensi dalam mengolah air permukaan eutrofik (F. Zhao et al., 2012) *Ecological Floating Bed* (EFB) memiliki efisiensi penyisihan polutan tinggi seperti C, N & P dimana nilai C mewakili nilai COD yang terkandung, sedangkan nilai N dan P merupakan nilai nitrogen dan fosfor di dalam air. Teknologi ini dapat pula menghambat pertumbuhan alga yang secara efektif mencegah eutrofikasi dan menyediakan habitat bagi hewan air dan burung (Benvenuti et al., 2018)

EFB di desain dengan menggunakan tanaman air seperti tikar yang mengambang di permukaan air lalu akar tanaman menggantung ke dalam air membentuk area seperti perangkap atau jebakan sebagai tempat pertumbuhan biofilm (Bi et al., 2019) Pengangkut biofilm memiliki luas permukaan spesifik yang lebih tinggi ($3000-7000 \text{ m}^2/\text{m}^3$) daripada akar tanaman ($7-114 \text{ m}^2/\text{m}^3$) yang membantu dalam pemerataan fluktuasi aliran dan jebakan polutan. Diagram skematis *Ecological Floating Bed* (EFB) dapat dilihat pada gambar 1. hal yang harus diperhatikan dalam mendesain EFB yaitu pemilihan spesies makrofit yang sesuai, pemasangan benda apung yang benar dan kedalaman air yang dibutuhkan di dalam reaktor. (Samal et al., 2018)



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

Gambar 1 Diagram Skematis *Ecological Floating Bed* (EFB)

Ecological Floating Bed (EFB) telah menjadi teknologi pemurnian umum dalam air eutrofik. Keunggulan teknologi ini selain dapat merestorasi air dengan baik hasil produk dari tanaman yang digunakan pada teknologi ini dapat dimanfaatkan Kembali oleh hewan yang berada di sekitar reaktor. namun teknologi ini memiliki kekurangan diantaranya kapasitas pemurnian oleh tanaman memiliki volatilitas tertentu, kondisi lingkungan seperti musim, kecepatan angin dan ketinggian air. Dengan adanya hal-hal tersebut dalam proses pemurnian air dapat menghabiskan waktu yang cukup banyak dan masa pakai EFB kurang dari 6 tahun. (Deng & Ni, 2013)

Pemurnian air dalam reaktor EFB dipengaruhi oleh dua faktor penting diantaranya yaitu faktor pertama adalah tumbuhan, hal ini didasarkan karena pada tumbuhan penyisihan senyawa organik dilakukan dengan menggunakan akarnya, faktor lainnya yaitu suhu, dimana laju pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh suhu yang berbeda beda namun pada suhu optimal tanaman tumbuh dengan kuat dan efek pemurnian air dapat dilihat dengan jelas. Apabila suhu terlalu tinggi atau terlalu rendah maka pertumbuhan tanaman akan terhambat dengan demikian efek pemurnian dari air yang tercemar dapat terpengaruh. EFB reaktor *Ecological Floating Bed* (EFB) terjadi absorpsi senyawa N & P. tumbuhan air yang terdapat dalam reaktor berperan penting dalam melakukan penyerapan senyawa organik

dalam air eutrofik. Tumbuhan air membuat akumulasi biomassa dengan cepat sebagai jalan reproduksi vegetatif seperti halnya pada unsur hara yang dapat dibuang dalam proses pertumbuhan tanaman, nitrogen organik dan fosfor dalam air dapat diserap langsung oleh tanaman melalui akarnya kemudian protein atau komponen organik lainnya diserap lalu disintesis untuk memfasilitasi perkembangan tumbuhan. Oleh karena itu, tanaman memiliki kapasitas yang kuat dalam mengikat nitrogen dan fosfor. Saat tanaman air digeser keluar nitrogen dan fosfor diserap oleh mereka dikeluarkan dari air juga sehingga pemurnian air tercapai. Dalam penelitian tentang pemurnian EFB di kolam budidaya intensif tumbuhan kangkung air memiliki tingkat absorpsi tertinggi untuk penyisihan total nitrogen dan total fosfor dalam 100 hari yaitu 52,35 dan 5,39 kg (Deng & Ni, 2013)

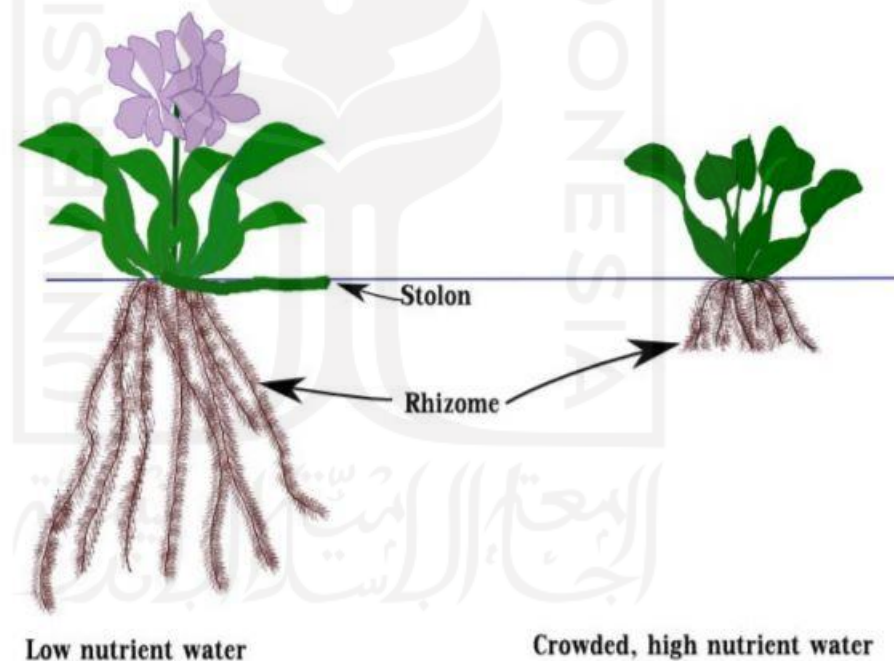
2.5 Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) merupakan salah satu jenis tanaman air yang mengapung yang sering dianggap sebagai gulma di perairan namun tanaman ini dimanfaatkan sebagai tanaman air penyerap polutan. Tanaman ini dapat berkembang biak secara generatif maupun vegetative namun pada umumnya perkembangbiakan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) secara generatif. Dalam masa pertumbuhan Eceng Gondok dibutuhkan cahaya yang cukup dengan suhu optimum 27 - 30° C hal ini yang menyebabkan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dapat berkembang biak dengan baik pada lingkungan yang tropis. Selain itu salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) yaitu derajat keasaman (pH) yang dimana kisaran pH optimum untuk pertumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) antara 6 – 8 (Jaikumar, 2012)

Kandungan unsur hara yang terdapat didalam air dapat mempengaruhi variasi perkembangbiakan dan pertumbuhan Eceng Gondok. Dalam masa pertumbuhannya Eceng Gondok masih dapat tumbuh dalam perairan yang kandungan unsur haranya sedikit dan pada perairan yang unsur haranya banyak tanaman ini dapat berkembang biak dengan cepat. Unsur hara yang dibutuhkan oleh Eceng Gondok sama seperti tumbuhan lainnya yang diantaranya dibagi menjadi dua yaitu Unsur Mikro dan Unsur Makro. Unsur Mikro dalam kandungan hara yaitu

Mn, Zn dan Cu, Serta Unsur Makro dalam kandungan hara yaitu N, K, P, Mg, Ca, dan Fe.(Xie & Yu, 2003)

Kecepatan dan banyaknya penyerapan kemampuan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk menurunkan total bakteri coliform dan fecal bakteri coliform limbah kota dipengaruhi oleh berbagai macam faktor diantaranya yaitu Umur dan ukuran tumbuhan, jenis zat pencemar serta total waktu kontak berlangsung dan lain-lain. Tanaman ini dapat menyerap nitrogen dari dalam air dengan dipengaruhi oleh faktor perbedaan bobot basah tanaman dan perbedaan beban nitrogen. kemampuan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) menyerap nitrogen sebagai nutrient ditunjukkan dengan adanya perubahan fisik dari tanaman diantaranya yaitu penambahan jumlah helai, perubahan tinggi rata-rata tanaman serta adanya penambahan pada diameter rumpun tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) (Rahmaningsih, 2006)



Sumber : Truijen & van der Heijden, 2013 (*Constructed wetland and aquatic treatment systems for fish farms in Egypt : desk study report*)

Gambar 2 Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

Klasifikasi tanaman eceng gondok dapat dijabarkan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Sub Kingdom	: Viridiplantae
Super Divisi	: Embryophyta
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Super Ordo	: Liliales
Ordo	: Commelinales
Famili	: Pontederiaceae
Genus	: Eichhornia Kunth
Spesies	: Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms

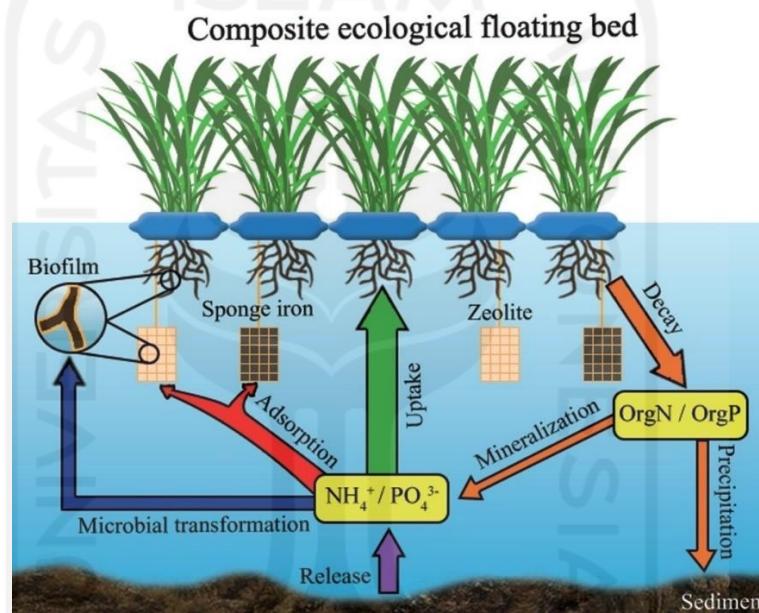
Eceng gondok mampu menghisap air dan menguapkannya ke udara melalui proses evaporasi. Eceng gondok memiliki keunggulan dalam kegiatan fotosintesis, penyediaan oksigen dan penyerapan sinar matahari. Bagian dinding permukaan akar, batang dan daunnya memiliki lapisan yang sangat peka sehingga pada kedalaman yang ekstrem sampai 8 meter di bawah permukaan air masih mampu menyerap sinar matahari serta zat-zat yang larut di bawah permukaan air. Akar, batang, dan daunnya juga memiliki kantung-kantung udara sehingga mampu mengapung di air. Keunggulan lain dari eceng gondok adalah dapat menyerap senyawa nitrogen dan fosfor dari air yang tercemar, berpotensi untuk digunakan sebagai komponen utama pembersih air limbah dari berbagai industri dan rumah tangga (Ratnani et al., 2011)

Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) merupakan salah satu tumbuhan yang memberikan penyisihan polutan organik secara maksimum. Eceng gondok mampu menyisihkan Amonia dengan persentase removal berkisar antara 18,82% - 46,88%, Nitrit 98,21% - 98,93%, Nitrat 58,33% - 83,33%, Total Nitrogen 59,46% - 66,06%,

Total Pospor 92,86%- 93,62%, Turbiditas 94,28% - 100% dan konduktifitas 16,34% - 23,54% (Satya et al., 2014)

2.6 Modifikasi *Sponge*

Sponge adalah media penyangga yang dapat berfungsi sebagai filter yang selektif serta dapat menjadi tempat hidup mikroorganismenya. Kemampuan *sponge* sebagai media tidak hanya dapat mengurangi konsentrasi pencemar tetapi dapat mempertahankan keseimbangan mikroorganismenya yang tersuspensi didalam bioreaktor (Tandukar et al., 2005)



Sumber : Wang et al., 2020 (stability and purification efficiency of composite ecological floating bed with suspended inorganic functional filler in a field study)

Gambar 3 Modifikasi EFB dengan *sponge iron* dan zeolite

Sponge memiliki banyak kegunaan karena memiliki strukturnya berpori. dengan karakteristik *sponge* memiliki struktur berpori membuat *Sponge* memiliki banyak fungsi diantaranya yaitu sebagai media filter serta tempat pertumbuhan mikroorganismenya. Dalam prosesnya tekanan aliran air limbah Sebagian akan bergerak melewati seluruh bagian dari pori pori *sponge*, sisa aliran air limbah akan mengalir kontinyu membawa partikel yang terdapat di permukaan media

Sponge dapat bersimbiosis dengan mikroorganismenya dalam hal ini bakteri yang dapat menghasilkan senyawa bioaktif. Hubungan simbiotik ini mencakup ketersediaan nutrisi dengan membantu translokasi metabolisme diantaranya

nitrifikasi, fiksasi nitrogen dan fotosintesis. Karna peranan ini bakteri yang bersimbiosis dengan sponge diduga memiliki potensi yang besar dalam menghasilkan senyawa-senyawa bioaktif yang selama ini di isolasi dari *sponge*. (Feng,2001) Media Sponge digunakan karena merupakan media yang multifungsi serta harganya relatif murah dan keuntungan menggunakan media ini yaitu mudah dicuci dan dapat digunakan berulang kali (Puji, 2011)

. *Sponge Polyurethane* mampu mendistribusi air limbah yang masuk melewati lubang pori yang cukup homogen dan tersebar secara merata, dengan strukturnya yang berpori dan memiliki porositas yang tinggi hal ini dapat membantu dalam perkembangbiakan mikroorganismenya (Ramadhanie, 2017) Jenis polimer yang paling banyak digunakan manusia dalam bidang Kesehatan yaitu *Polyurethane*. Salah satu manfaat polimer jenis *Polyurethane* yaitu sebagai tempat pertumbuhan mikroorganismenya yang dimana pertumbuhan mikroorganismenya pada busa dapat terjadi selama pemakaian dan penyimpanan (Neswati et al., 2019)

2.7 Penelitian terdahulu

Aplikasi terhadap *Ecological Floating Bed* (EFB) sudah pernah dilakukan pada waktu dan lokasi yang berbeda. Aplikasi dilakukan dari berbagai aspek baik ekonomi dan teknis. Beberapa penelitian terdahulu yang merujuk pada kesamaan penelitian dan dijadikan sebuah acuan dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2 Resume Penelitian Terdahulu

Nama peniliti	judul	Metode	Hasil
(Samal et al., 2019)	<i>Ecological floating bed (EFB) for decontamination of polluted water bodies: Design, mechanism and performance</i>	Percobaan dilakukan di enam kolam beton dengan luas sekitar 36 m ² Dari 6 kolam beton, 3 ditanam dengan kangkung air di rakit mengapung dengan jarak tanam 20 cm dan 30 cm.	Literatur yang tersedia membuktikan bahwa <i>Ecological Floating Bed</i> (EFB) adalah salah satu teknologi hijau yang berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk pengolahan

		Bingkai rakit terbuat dari bambu. <i>Polyethylene</i> jaring dengan ketebalan 2 cm.	berbagai jenis air limbah.
(Sheng et al., 2013)	<i>A combined application of different engineering and biological techniques to remediate heavily polluted river</i>	Menggunakan EFB termodifikasi dengan material filter dan biofilm yang diaplikasikan di sungai dengan tanaman <i>Equisetum sp</i> serta <i>Ipomoea aquatica</i>	Terjadi penurunan zat organik antara lain: COD sebesar 23,5 - 70,6 % NH ₄ ⁺ -N sebesar 33,9 – 49,2% NO ₃ ⁻ -N sebesar 53,8 - 69,5%
(Li et al., 2007)	<i>Nitrogen removal from eutrophic water by floating-bedgrown water spinach (Ipomoea aquatica Forsk.) with ion implantation</i>	Menggunakan reaktor EFB dengan ukuran 33cm x 33cm x 3 cm pada bagian bawah reaktor diberi pasir dengan ketinggian 2cm dan menggunakan tanaman kangkung tanpa ion implementasi sebagai control.	Penelitian ini menunjukkan bahwa kultivar kangkung air dengan implementasi ion lebih efektif untuk penyisihan ion Nitrogen dari simulasi eutrofik dan produktivitas air dengan implementasi ion lebih baik daripada kontrol
(Maulana, 2016)	Penggunaan Tanaman Genjer (<i>Limnocharis Flava</i>) Pada Sistem Akuaponik Untuk Mengolah Limbah Greywater	Menggunakan 3 buah unit akuaponik bervolume 5liter untuk menanam tanaman Genjer (<i>Limnocharis Flava</i>) menggunakan media pasir malang yang nantinya akan di aliri oleh limbah greywater.	Efektifitas tanaman Genjer (<i>Limnocharis flava</i>) dalam menurunkan kadar Nitrogen amonium dan Fosfor total dengan metode akuaponik Penurunan kadar Nitrogen amonium dan Fosfor total pada

			air limbah dapat mencapai 90% untuk penurunan kadar Nitrogen amonium dan 62% untuk penurunan kadar Fosfor
(Ramadhanie, 2017)	Unjuk kerja <i>tray bioreactor</i> dengan media penyangga <i>polyurethane sponge</i> dalam meningkatkan kualitas air olahan parameter BOD dan Amonia pada IPAL komunal	Menggunakan <i>tray bioreactor</i> dengan skala laboratoium yang terdiri atas 3 kompartemen <i>tray</i> , terbuat dari bahan plastik yang kemudian diisi oleh media <i>sponge</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa Kedua reaktor dengan menggunakan media <i>Sponge</i> sudah mampu menurunkan kadar BOD sebesar 75% dan Amonia sebesar 54% dari air effluen IPAL Komunal Mendiyo, Yogyakarta
(Kumalasari et al., 2018)	<i>Constructed wetlands</i> dengan tumbuhan enceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) sebagai alternatif pengolahan air limbah industri tapioka	Menggunakan reaktor <i>constructed wetland</i> yang digunakan yaitu tipe <i>Free water surface</i> (FWS) dengan ukuran panjang, lebar dan tinggi 1,0 m, 0,5 m dan 0,5 m sebanyak enam buah disesuaikan dengan variasi konsentrasi air limbah industri tapioka yang diuji. Reaktor terbuat dari papan yang dilapisi plastik tebal untuk mencegah kebocoran dan diletakkan dalam sebuah rumah kaca	Tumbuhan enceng gondok dalam reaktor <i>constructed wetlands</i> tipe <i>free water surface</i> memiliki kemampuan tinggi dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan sianida dalam air limbah industri tapioka mencapai masing-masing 97,9 %, 84,4 %, 45,6 %, dan 99,87 %.

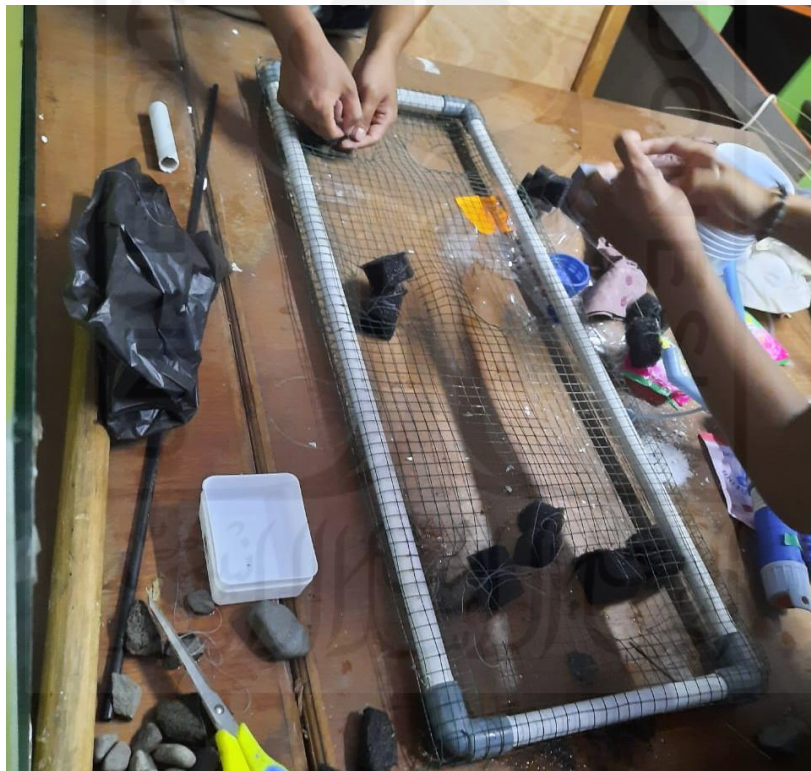
Berdasarkan tabel diatas maka dapat disimpulkan bahwa *ecological floating bed* (EFB) terbukti mampu menyisihkan zat organik dalam air. Efisiensi penyisihan zat organik dalam air sangat dipengaruhi oleh tanaman yang digunakan, tipe perairan, karakteristik air, luas cakupan reaktor dan jenis media penyangga yang digunakan. Maka dari itu penulis dapat menarik hipotesis bahwa penggunaan tumbuhan Eceng gondok (*Eichornia Crassipe*) dengan tambahan media penyangga *Polyurethane* pada *Ecological Floating Bed* (EFB) akan meningkatkan efisiensi penyisihan konsentrasi Nitrit (NO_2) dan Nitrat (NO_3) dalam air.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 6 bulan terhitung dimulai dari bulan Juli 2020 sampai pada bulan Desember 2020. Adapun beberapa tahapan seperti pengambilan sampel air limbah *Greywater* yang digunakan merupakan limbah sintetis dengan karakteristik yang di sesuaikan dan Perakitan reaktor dilaksanakan di selasar Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII sedangkan untuk pengukuran kadar Nitrit (NO_2) dan Nitrat (NO_3) dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan FTSP UII.

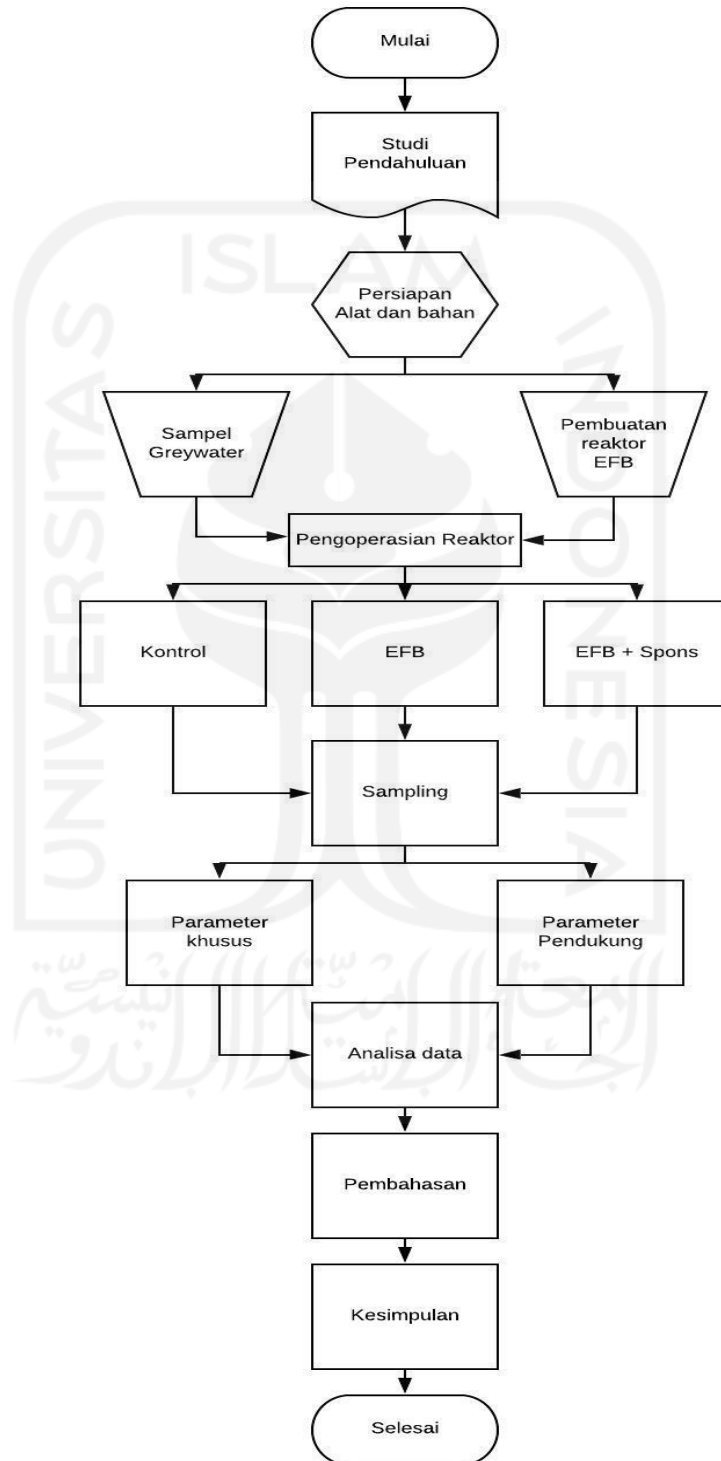


Sumber : (Dokumentasi,2020)

Gambar 4 Perakitan Reaktor EFB

3.2 Tahapan penelitian

Tahapan penelitian ini menjelaskan mengenai alur pelaksanaan penelitian secara garis besar yang dapat dilihat melalui bagan alir berikut ini :



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang dilakukan secara bersama oleh empat (4) mahasiswa Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Penelitian yang dilakukan mengenai Unjuk Kerja *Ecological Floating Bed* (EFB) dengan Media Penyangga *polyurethane* Untuk Penyisihan Nitrit (NO_2^-) Dan Nitrat (NO_3^-) Pada Limbah *Greywater*. Air limbah yang digunakan berupa air limbah sintesis dengan karakteristik yang disesuaikan dengan *Greywater*. Perbedaan penelitian yang dilaksanakan penulis dengan 3 mahasiswa lainnya terletak pada parameter khusus yang diuji.

3.2.1 Desain reaktor

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini berupa aquarium yang di desain secara batch berbahan dasar kaca dengan panjang 100cm, lebar 40cm, tinggi 40cm yang bervolume 112 liter. Bagian dalam aquarium (*Floating Bed*) dirakit dengan pot berdiameter 10cm lalu diikat dengan tali rami goni yang berfungsi sebagai wadah dari tumbuhan eceng gondok (*Eichornia Crassipe*) tumbuhan eceng gondok yang digunakan ialah tumbuhan yang sehat dan memiliki ciri fisik yang sama. Tumbuhan eceng gondok diletakkan pada pot dengan susunan kerangka menggunakan pipa berukuran 0,5 inch dan elbow 0.5 inch. di bagian dalam aquarium akan diisi limbah *greywater* sebesar 0.112 m^3 . Bagian atas aquarium dilapisi jaring yang berfungsi sebagai wadah penutup agar tidak adanya material yang tidak diinginkan masuk kedalam reaktor. Tumbuhan eceng gondok (*Eichornia Crassipe*) yang digunakan berasal dari sungai yang berada di Kawasan kampus Universitas Islam Indonesia.

Pada penelitian ini dibuat 3 reaktor yang memiliki fungsi masing masing. Reaktor pertama digunakan sebagai reaktor kontrol yang dimana pada reaktor ini hanya berisi limbah *greywater*. Reaktor kedua berupa *Ecological Floating Bed* yang termodifikasi dengan menggunakan *Polyurethane* yang berfungsi sebagai media pertumbuhan mikroorganisme dan reaktor yang ketiga berupa *Ecological Floating Bed* tanpa menggunakan *Polyurethane* yang berfungsi sebagai bahan komparasi dengan reaktor yang menggunakan *Polyurethane*. Pada penelitian ini tidak ada penambahan mikroorganisme pada media penyangga *Polyurethane* karena diharapkan mikroorganisme hidup secara alami menempati *Polyurethane* sebagai tempat tinggalnya.

Tabel 3 Spesifikasi Reaktor

Reaktor	Jenis	Ukuran	Media	Tumbuhan
1	Kontrol	100cm x 40cm x 40cm	-	-
2	EFB	100cm x 40cm x 40cm	-	Eceng Gondok
3	EFB+Polyurethane	100cm x 40cm x 40cm	Polyurethane	Eceng Gondok



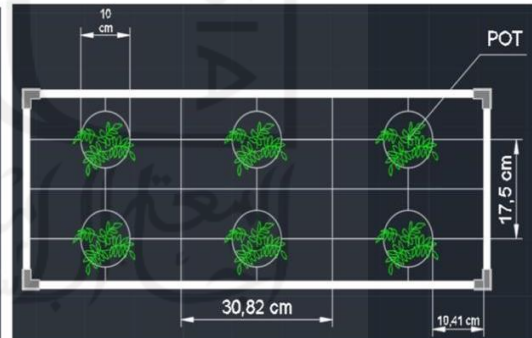
Sumber : (Dokumentasi,2020)

Gambar 6 Reaktor *Ecological Floating Bed* (EFB)



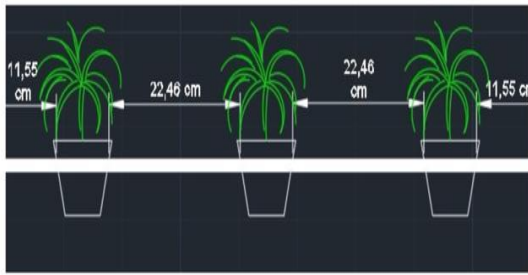
Sumber : (Dokumentasi,2020)

Gambar 7 Kerangka reaktor EFB

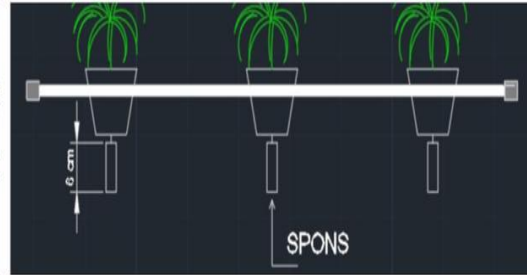


Sumber : (Dokumentasi,2020)

Gambar 8 Tampak atas reaktor EFB

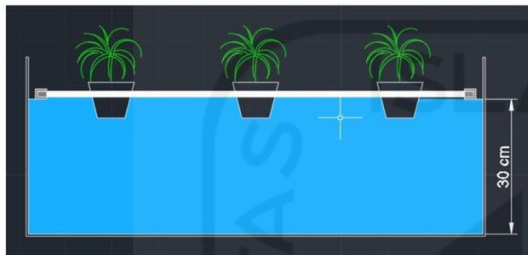


Sumber : (Dokumentasi,2020)



Sumber : (Dokumentasi,2020)

Gambar 9 Tampak samping EFB Gambar 10 Tampak samping *Sponge*



Sumber : (Dokumentasi,2020)



Sumber : (Dokumentasi,2020)

Gambar 11 Tampak samping reaktor EFB

Gambar 12 Tampak samping EFB+Sponge

3.2.2 Pembuatan Air limbah sintesis

Air limbah sintesis merupakan air limbah yang dibuat secara sengaja dengan menggunakan bahan-bahan kimia ataupun organik yang bertujuan untuk mengimitasi kondisi air limbah sesungguhnya dengan konsentrasi beban organik yang disesuaikan. Oleh karena itu diperlukan komposisi yang tepat untuk membuat air limbah sintetik ini. Adapun komposisi air limbah yang digunakan sebagai berikut :

Tabel 4 Komposisi Air Limbah Sintesis pada Tahap 1 dan Tahap 2

No	Komposisi	Bahan	Jumlah	Satuan
Tahap 1				
1	0,722 gr KNO_3 + 2 ml $CHCl_3$ + 1000 ml Akuades	Larutan Induk Nitrat 100 mg/l	1	Liter

2	1,232 gr NaNO ₂ + 1000 ml Akuades	Larutan Induk Nitrit 250 mg/l	1	Liter
3	3,819 gr NH ₄ Cl + 1000 ml Akuades	Larutan Induk Amonia 1000 mg/l	0,25	Liter
4	2,195 gr KH ₂ PO ₄ + 1000 ml Akuades	Larutan Induk Pospat 500 mg/l	0,1	Liter
5	20 gr C ₆ H ₁₂ O ₆ + 1000 ml Air	Air Gula 0,1 M	1	Liter
6		Detergen	10	Gram
7		Pupuk NPK	0,2	Liter
8		Air	96,45	Liter
Total Volume Reaktor			100	Liter
Tahap 2				
1	0,722 gr KNO ₃ + 2 ml CHCl ₃ + 1000 ml Akuades	Larutan Induk Nitrat 100 mg/l	1,5	Liter
2	1,232 gr NaNO ₂ + 1000 ml Akuades	Larutan Induk Nitrit 250 mg/l	1,5	Liter
3	3,819 gr NH ₄ Cl + 1000 ml Akuades	Larutan Induk Amonia 1000 mg/l	0,35	Liter
4	2,195 gr KH ₂ PO ₄ + 1000 ml Akuades	Larutan Induk Pospat 500 mg/l	0,15	Liter
5	30 gr C ₆ H ₁₂ O ₆ + 1000 ml Air	Air Gula 0,16 M	1	Liter
6		Detergen	15	Gram
7		Pupuk NPK	0,3	Liter
8		Air	15,2	Liter
Total Volume Reaktor			100	Liter

Pembuatan komposisi air limbah berdasarkan SNI 6989:2:2009 untuk larutan induk COD, SNI 06-6989.30-2005 untuk larutan induk amonia, SNI-06-6989.31-2005 untuk larutan induk pospat, SNI 06-6989.9-2004 untuk larutan induk nitrit dan SNI 06-2480-1991 untuk larutan induk nitrat. Pembuatan air limbah sintetis dilakukan dengan cara menambahkan masing-masing komposisi ke dalam reaktor yang berisi air secara bergantian hingga air didalam reaktor bervolume 0.112m^3 atau 112 liter. Kegiatan ini dilakukan sebelum mengoperasikan reaktor. Kegiatan pembuatan air limbah sintesis dengan karakteristik yang disesuaikan *greywater* dapat dilihat pada gambar 14



Sumber : (Dokumentasi,2020)

Gambar 13 Pembuatan Air limbah sintetis

3.3.3 Operasional Reaktor

Pengoperasian diawali dengan mengisi reaktor EFB dengan menggunakan limbah *Greywater*. Pada tahapan ini air limbah *Greywater* yang digunakan berupa air limbah sintetis dengan karakteristik yang disesuaikan dengan air limbah *Greywater*. Tahapan yang harus dilakukan sebelum menjalankan reaktor adalah aklimatisasi tumbuhan Eceng gondok (*Eichornia Crassipe*) selama 8 hari dengan dilakukan *sampling* setiap 2 hari. Aklimatisasi dilakukan selama 8 hari agar tanaman Eceng gondok terbiasa dengan lingkungan baru dan menjaga kestabilan kangkung agar tidak terjadi fluktuasi dalam penyisihan parameter yang telah ditetapkan.

Pengoprasian reaktor dibagi menjadi 2 tahap. pada tahap pertama pengoprasian reaktor dilakukan selama 20 hari pada konsentrasi Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) yang rendah. Sedangkan pada tahap kedua dilakukan selama 35 hari

pada konsentrasi limbah yang tinggi. Pengoperasian reaktor dilakukan dalam 2 tahapan agar terlihat perbedaan kinerja reaktor. waktu interval sampling tertera pada tabel 5

Tabel 5 Waktu interval sampling

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

Selama penelitian dilaksanakan parameter utama yang di uji yaitu Nitrit (NO_2) dan Nitrat (NO_3) sedangkan untuk parameter pendukung yang akan diukur diantaranya yaitu Suhu, Derajat keasaman (pH), *Turbidity*, *Electrical Conductivity* (EC) dan *Dissolved oxygen* (DO). Acuan pengukuran dalam penelitian ini tertera pada tabel 6

Tabel 6 Pengukuran parameter utama dan pendukung

Parameter	SNI	Metode	Satuan
Nitrit	SNI 06-6989.9-2004	N-(1-Naftil Etilendiamin Dihidroklorida secara spektrofotometri	mg/l
Nitrat	SNI 06-2480-1991	Brusin secara spektrofotometri	mg/l
Suhu	SNI 06-6989:23:2005	Probe meter	$^{\circ}\text{C}$
pH	SNI 06-6989:11:2019	Potensiometri dengan menggunakan pH probe meter	-
Turbidity	SNI 06-6989.25-2005	spektrofotometri	NTU
EC	SNI 06-6989:1:2004	Probe meter	$\mu\text{s/cm}$
DO	SNI 06-6989.14-2004	Probe meter	mg/l

3.3.4 Pengukuran Kadar Nitrit (NO_2 -)

Berdasarkan SNI 06-6989.9-2004 pengukuran kadar nitrit dilakukan dengan metode N-(1-Naftil Etilendiamin Dihidroklorida). Prinsip Pengukuran kadar nitrit adalah berdasarkan pembentukan warna kemerah-merahan bila terjadi reaksi antara nitrit dengan asam sulfaniat dan N-(1-Naftil Etilendiamin Dihidroklorida) pada pH

2- 2,5. Intensitas warna yang dihasilkan diukur dengan menggunakan alat spektrofotometer pada Panjang gelombang 543 nm.

3.3.5 Pengukuran Kadar Nitrat (NO₃-)

Berdasarkan SNI 06-2480-1991 Pengukuran kadar nitrat dilakukan dengan metode Brusin. Prinsip Pengukuran kadar nitrat adalah reaksi antara nitrat dan brusin yang akan menghasilkan warna kuning yang dapat digunakan untuk menduga adanya nitrat secara kolorrime. Intensitas warna yang dihasilkan diukur dengan menggunakan alat spektrofotometer pada Panjang gelombang 410 nm.

3.3.6 Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu mengacu pada SNI 06-6989:23:2005 dengan menggunakan alat thermometer dengan cara dicelupkan kedalam air dalam reaktor. Sehingga air raksa yang ada pada thermometer akan naik/turun sesuai dengan suhu air. Batas dari ketinggian air raksa tersebut yang akan menjadi nilai suhu air dalam reaktor.

3.3.7 Pengukuran pH

Pengukuran pH atau derajat keasaman mengacu pada SNI 06-6989:11:2019 dengan menggunakan alat pH meter. Pengukuran dilakukan dengan membilas elektroda dengan air suling, kemudian bilas elektroda dengan sampel uji. Langkah selanjutnya masukkan elektroda pada sampel uji hingga menunjukkan pembacaan yang tetap dan catat hasil pengukurannya.

3.3.8 Pengukuran Turbidity

Pengukuran *turbidity* dilakukan dengan menggunakan alat turbidimeter. Prinsip kerjanya yaitu alat akan memancarkan cahaya pada sampel dan cahaya tersebut akan diserap dan dipantulkan sampel tersebut. Cahaya yang menembus sampel akan diukur dan dikonversikan menjadi angka.

3.3.9 Pengukuran Electrical Conductivity (EC)

Pengukuran *electrical conductivity* (EC) atau yang biasa disebut dengan daya hantar listrik mengacu pada SNI 06-6989:1:2004. Pengukuran *electrical conductivity* menggunakan alat konduktimeter. Cara kerja alat ini adalah dengan membilas elektroda dengan sampel uji sebanyak 3 kali, kemudian celupkan

elektroda kedalam sampel uji hingga menunjukkan pembacaan yang tetap. Selanjutnya catat hasil pembacaan angka pada konduktimeter.

3.3.10 Pengukuran Dissolved Oxygen (DO)

Pengukuran *dissolved oxygen* dilakukan dengan menggunakan alat DO meter. Cara kerja alat DO meter adalah dengan membilas probe dengan akuades dan masukkan dalam sampel air hingga tenggelam. Selama pengukuran pastikan probe digoyangkan agar menghindari kesalahan pembacaan alat.

3.4 Prosedur Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi awal Nitrit (NO₂) dan Nitrat (NO₃) kemudian dibandingkan dengan konsentrasi akhir Nitrit (NO₂) dan Nitrat (NO₃) pada air limbah yang terdapat pada reaktor kontrol, reaktor EFB dan reaktor EFB+*Polyurethane* kemudian dilakukan perbandingan agar mengetahui tingkat efektifitas dari masing-masing reaktor. selain itu analisis yang dilakukan yaitu dengan berdasarkan persentase removal untuk mengetahui tingkat efisiensi *Eichornia Crassipe* dan *Polyurethane Sponge* dalam reaktor dalam mengolah air limbah sintetis dengan karakteristik yang disesuaikan dengan *greywater*.

$$\% \text{Removal} = \% \text{Removal} = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

C_{in} = Konsentrasi awal

C_{out} = Konsentrasi akhir

Setelah dilakukan perhitungan persentase removal maka dapat ditentukan reaktor terbaik dari ketiga reaktor untuk menurunkan kadar Nitrit dan Nitrat dalam air. Selanjutnya untuk mengetahui efektivitas *Ecological Floating Bed* (EFB) dalam menurunkan Nitrit (NO₂) dan Nitrat (NO₃) dalam air akan dibandingkan dengan Standar Maksimal Baku Mutu Air Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Limbah

Air limbah dapat dibedakan berdasarkan sumbernya diantaranya yaitu air limbah yang berasal dari hasil buangan kegiatan rumah tangga disebut dengan air limbah domestik dan air limbah yang berasal dari hasil buangan industri disebut dengan air limbah industri. Adapun air limbah yang sengaja dibuat dengan komposisi sesuai dengan kebutuhan disebut dengan air limbah sintetis. Pada penelitian ini awalnya ingin menggunakan limbah *greywater* yang terdapat di selokan yang terletak di sisi timur Gedung Muhammad Natsir FTSP UII. Namun terjadi kendala pada saat melakukan sampling limbah *greywater* kondisi eksisting dari selokan sedang mengalami kekeringan. Hal tersebut terjadi karna disebabkan oleh faktor musim yang pada waktu itu sedang mengalami musim kemarau. Oleh karna itu dengan menggunakan air limbah sintetis dengan karakteristik yang disesuaikan dengan *greywater* pada umumnya merupakan alternatif yang paling tepat sebagai pengganti sampel limbah *greywater* alami.

Untuk memastikan kualitas air limbah sintesis yang dibuat serupa dengan air limbah asli dibutuhkan suatu acuan. Acuan yang digunakan dalam penelitian yaitu dengan Standar Maksimal Baku Mutu Air di Indonesia Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air serta penelitian lain yang relevan. Menurut *Peeples* (2006) komposisi umum dalam air limbah *greywater* tertera pada tabel 7

Tabel 7 Komposisi umum *greywater* alami

Parameter	Unit	Greywater range
Suspended solids	mg/L	45-330
Turbidity	NTU	22-200
COD	mg/L	90-290
Ammonia	mg/L	<0.1-25.4
Nitrite	mg/L	<0.1-0.8
Nitrate	mg/L	<1.8-3.0

Total Kjeldahl Nitrogen	mg/L	2.1 – 31.5
Total phosporus	mg/L	0.6 – 27.3
Sulfate	mg/L	7.9 - 110
pH		6.6 – 8.7
Conductivity	mS/c.	325-1140
Sodium	mg/L	29-230

Sumber : *Peeples, 2006 (Overview of greywater management health consideration)*

Berdasarkan komposisi yang telah tertera pada tabel 4 maka didapatkan hasil konsentrasi Nitrit (NO₂-) dan Nitrat (NO₃-) sebesar 3.49 mg/L & 4.97 mg/L pada reaktor Kontrol, 3.21 mg/l & 4.96 mg/l pada reaktor EFB dan 2.98 mg/L & 4.77 mg/L pada reaktor EFB+Sponge. Konsentrasi parameter utama lainnya yang telah didapatkan tertera pada tabel 8

Tabel 8 Konsentrasi Parameter Utama

No	Parameter	Satuan	Reaktor		
			Kontrol	EFB	EFB+Sponge
1	Nitrit	mg/l	3.49	3.21	2.98
2	Nitrat	mg/l	4.97	4.96	4.77
3	Amonia	mg/l	30.91	31.89	32.56
4	Pospat	mg/l	3.47	3.77	3.59
5	COD	mg/l	98.33	95.83	94.15
6	TSS	mg/l	814	724	338.5
7	TDS	mg/l	596	629	557

Berdasarkan tabel 8 maka konsentrasi awal kadar Nitrit (NO₂-) dan Nitrat (NO₃-) sebesar 3.49 mg/l pada reaktor kontrol, 3.21 mg/l pada reaktor EFB, 2.98 mg/l pada reaktor EFB+Sponge dan untuk kadar Nitrat (NO₃-) pada reaktor kontrol sebesar 4.97 mg/l, pada reaktor EFB sebesar 4.96 mg/l dan pada reaktor EFB+Sponge sebesar 4.77 mg/l. Setelah didapatkan data konsentrasi masing-masing lalu dibandingkan dengan Standar Maksimal Baku Mutu Air di Indonesia Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 dan data *greywater* pada umumnya. Tujuan dilakukan perbandingan adalah untuk melihat karakteristik perbedaan konsentrasi yang terdapat pada air limbah buatan (sintetis) dan air limbah *greywater* yang sebenarnya. Tabel karakteristik air limbah *greywater*

Jika dibandingkan dengan PP No. 82 Tahun 2001 konsentrasi Nitrit (NO₂) dan Nitrat (NO₃) yaitu 0.06 dan 10 mg/L, dapat di asumsikan bahwasanya

konsentrasi Nitrit (NO_2^-) pada masing masing reaktor melebihi standar baku mutu. Untuk konsentrasi Nitrat (NO_3^-) pada reaktor kontrol, EFB maupun EFB+Sponge masih berada dibawa standar baku mutu. Sedangkan jika dibandingkan dengan komposisi umum greywater yang tertera pada tabel 7 untuk konsentrasi Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) melebihi diatas kisaran rata-rata, Perbandingan konsentrasi Nitrit dan Nitrat terhadap acuan tertera pada tabel 9

Tabel 9 Perbandingan Konsentrasi Nitrit dan Nitrat terhadap acuan

No	Parameter	Konsentrasi			PP No. 82 Tahun 2001	greywater
		Kontrol	EFB	EFB+ Sponge		
1	Nitrit (NO_2^-)	3.49 mg/l	3.21 mg/l	2.98 mg/l	0.06 mg/l	<0.1-0.8 mg/l
2	Nitrat (NO_3^-)	4.97 mg/l	4.96 mg/l	4.77 mg/l	10 mg/l	<1.8-3.0 mg/l

Selain parameter utama terdapat juga parameter umum diantaranya yaitu pH, DO, suhu, konduktivitas dan turbidity (Kekeruhan). Parameter umum dibutuhkan karena merupakan data tambahan dan data pendukung dari penelitian. Hasil pengukuran parameter umum yang telah didapatkan tertera pada 10

Tabel 10 Hasil pengukuran parameter Umum

No	Parameter	Satuan	Reaktor		
			Kontrol	EFB	EFB+Sponge
1	pH		7.5	7.33	7.27
2	DO	mg/L	1.2	1.7	2.2
3	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	26	26.2	26.9
4	Konduktivitas	$\mu\text{s}/\text{cm}$	896	939	835
5	Turbidity	NTU	2.32	3.58	3.11

4.2 Operasional Reaktor

4.2.1 Running Reaktor

Pengoperasian Reaktor diawali dengan mengisi ketiga reaktor dengan menggunakan air limbah sintesis dengan karakteristik yang disesuaikan dengan limbah *greywater*, lalu selanjutnya meng-aklimatisasi tumbuhan kangkung air (*Ipomea Aquatica F*) selama 8 hari agar tumbuhan kangkung terbiasa dengan lingkungan baru dan menjaga kestabilan tumbuhan kangkung agar tidak terjadi fluktuasi dalam penyisihan parameter yang telah ditetapkan.



Sumber : (Dokumentasi,2020)

Gambar 14 Reaktor EFB dengan menggunakan tumbuhan Kangkung Air (*Ipomea Aquatica F*)

Namun pada masa aklimisasinya tumbuhan yang diharapkan bisa menyisihkan polutan tersebut tidak mampu tumbuh dengan baik sehingga tumbuhan kangkung air (*Ipomea Aquatica F*) mengalami perubahan fisik seperti daun dan batangnya layu serta mengalami perubahan warna yang sangat jelas. layunya tumbuhan kangkung air (*Ipomea Aquatica F*) dikarenakan selain kangkung air tidak bisa bertahan hidup dengan konsentrasi beban organik yang telah ditentukan, layunya tumbuhan kangkung air karena adanya beban kejutan yang dialami oleh tumbuhan yang disebabkan oleh kondisi lingkungan yang memiliki konsentrasi beban organik yang lebih tinggi daripada biasanya atau yang sering disebut dengan *shock loading*. Layunya tumbuhan kangkung akibat *Shock loading* disebabkan oleh akar tanaman yang tidak bekerja secara optimal dalam mengalirkan air ke daun yang sangat membutuhkan untuk menjalankan fungsinya selain itu ditambah dengan adanya sinar matahari yang panas dan lama membuat tanaman layu, lalu menguning dan akhirnya berguguran sehingga kebutuhan unsur hara suatu tumbuhan tidak terpenuhi. Kondisi Kangkung air (*Ipomea Aquatica F*) pada tahap aklimisasi dapat dilihat pada gambar 16



Sumber : (Dokumentasi,2020)

Gambar 15 Kondisi Kangkung Air (*Ipomea Aquatica F*) pada tahap aklimatisasi

Kematian tumbuhan kangkung air dapat disebabkan oleh perubahan kondisi lingkungan yang awalnya tumbuhan kangkung air tumbuh pada daerah rawa atau persawahan dengan kondisi akar yang berada di dalam tanah namun pada lingkungan barunya akar dari tumbuhan kangkung dibiarkan menggantung. Matinya tumbuhan kangkung air mengakibatkan penelitian ini ditunda sementara hingga menemukan Kembali tumbuhan pengganti yang tepat Pencarian tumbuhan pengganti merujuk kepada tumbuhan air lainnya yaitu Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang dimana habitat dari tumbuhan ini tumbuh di tanah basah,rawa, kolam dangkal, danau maupun sungai.



Sumber : (Dokumentasi,2020)

Gambar 16 Habitat Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Untuk menguji kemampuan tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam menyisihkan polutan diperlakukan sama dengan tumbuhan sebelumnya tumbuhan kangkung air (*Ipomea Aquatica F*) yaitu dengan cara mengaklimatisasi tumbuhan di dalam reaktor. Pada masa aklimatisasi tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) mampu tumbuh dengan baik hingga selesainya masa aklimatisasi tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dapat dikatakan mampu bertahan hidup dengan baik di dalam reaktor.



Sumber : (Dokumentasi,2020)

Gambar 17 Reaktor EFB dengan menggunakan tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Hal tersebut merupakan faktor utama pemilihan tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) menjadi tumbuhan penyisih polutan didalam reaktor. Dengan adanya kendala pergantian tumbuhan air yang tepat untuk digunakan pada penelitian ini menyebabkan berubahnya interval waktu pengujian yang digunakan dari interval yang telah direncanakan sebelumnya. Perubahan yang terjadi yaitu mempersingkat interval pengujian dan durasi penelitian.waktu interval pengujian dan durasi penelitian tertera pada tabel 13

Tabel 11 Waktu Operasional Sesudah Perombakan

Tahap	Durasi	Interval
Aklimatisasi	4 hari	1 hari sekali
<i>Running 1</i>	10 hari	3 hari sekali
<i>Running 2</i>	21 hari	7 hari sekali

Pada hari ke-27 operasional reaktor dilakukan penambahan konsentrasi ke masing masing reaktor. Penambahan konsentrasi dilakukan dengan cara memasukkan kembali komposisi air limbah sintesis seperti pada saat tahap pembuatan air limbah namun kali ini konsentrasi ditingkatkan menjadi 2 kali lebih tinggi dari konsentrasi awal yang telah dibuat. Dilakukannya Penambahan

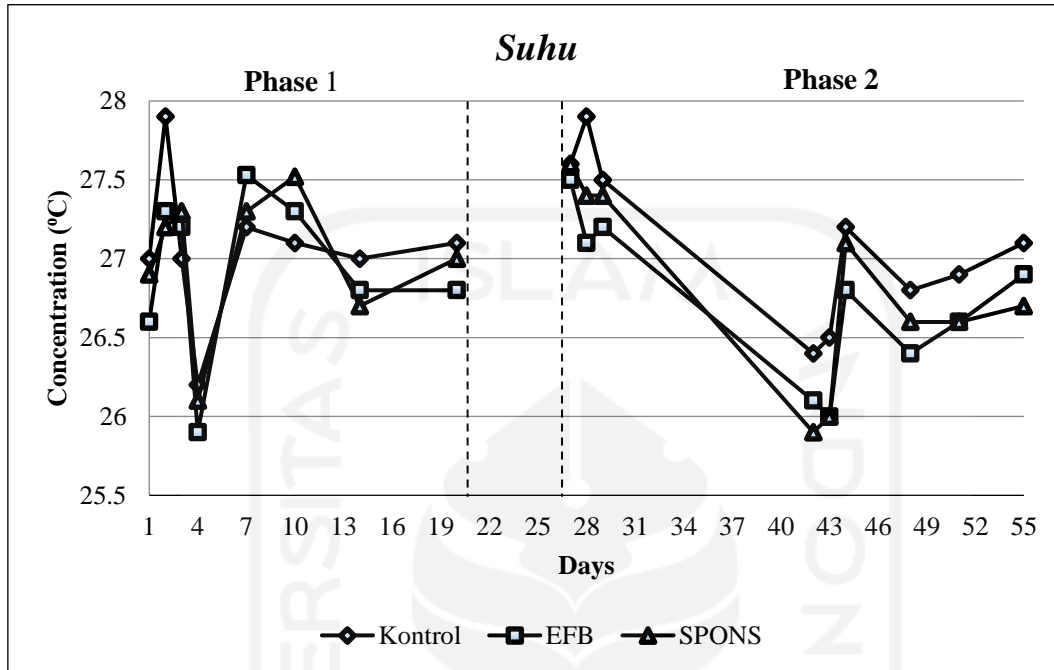
konsentrasi di hari ke-27 karena berdasarkan data yang diperoleh selama 20 hari terakhir belum dapat menunjukkan hasil yang optimal dan dapat di asumsikan bahwasanya kinerja reaktor *Ecological Floating Bed* belum efektif dalam menyisihkan senyawa organik dalam kurun waktu dan konsentrasi yang telah ditentukan.

Dengan adanya penambahan konsentrasi di hari ke-27 maka penelitian ini akan dibagi menjadi dua fase yaitu fase pertama dengan range waktu dari hari ke-0 hingga hari ke-20 merupakan fase unjuk kerja reaktor *Ecological Floating Bed* untuk menyisihkan beban organik yang rendah dan fase kedua dengan range waktu dari hari ke-27 hingga hari ke-55 merupakan fase unjuk kerja reaktor *Ecological Floating Bed* untuk menyisihkan beban organik yang tinggi. Pada saat running reaktor selain melakukan pengukuran parameter utama dilakukan juga pengukuran parameter umum berupa parameter fisik diantaranya yaitu pH, DO, suhu, konduktivitas dan turbidity (Kekeruhan). Pengambilan sampel parameter umum dan parameter utama dilakukan tertera pada tabel 10

4.2.3 Pengukuran Suhu

Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh suhu. Setiap spesies ataupun varietas tanaman memiliki rentan terhadap suhu tertentu yaitu suhu minimum optimum dan maksimum maka tanaman tidak akan tumbuh. Suhu optimum akan menyebabkan laju pertumbuhan menjadi tinggi sedangkan suhu diatas maksimum akan mengakibatkan tanaman tidak mengalami pertumbuhan dan tanaman akan mati jika tidak dapat beradaptasi. Suhu optimum pertumbuhan eceng gondok yaitu 20-30° dan Pertumbuhan bakteri nitrifikasi memerlukan suhu yang berkisar antar 8 - 30°C dengan suhu optimum sebesar 30°C (Karmila & Andriani, 2019) berdasarkan hasil pengukuran, suhu dalam reaktor mengalami perubahan secara fluktuatif. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi cuaca disekitar lingkungan. Suhu yang terdapat pada ketiga reaktor berkisar antara 26 - 28 °C. Suhu tertinggi pada reaktor terdapat pada hari ke-2 dan hari ke-28 dimana pada hari tersebut besar suhu menunjukkan angka 27.9°C. pada reaktor EFB suhu tertinggi terdapat pada hari ke-7 dan hari ke-27 dimana pada hari tersebut besar suhu menunjukkan angka 27.5°C. pada reaktor EFB+Sponge suhu tertinggi terdapat pada hari ke-27 dimana pada hari tersebut besar suhu menunjukkan angka 27.6°C. berdasarkan data pengamatan

penyisihan kandungan Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) terbesar pada hari ke-42 yang dimana suhu pada reaktor menunjukkan angka 26 °C. Grafik perubahan suhu tertera pada gambar 25

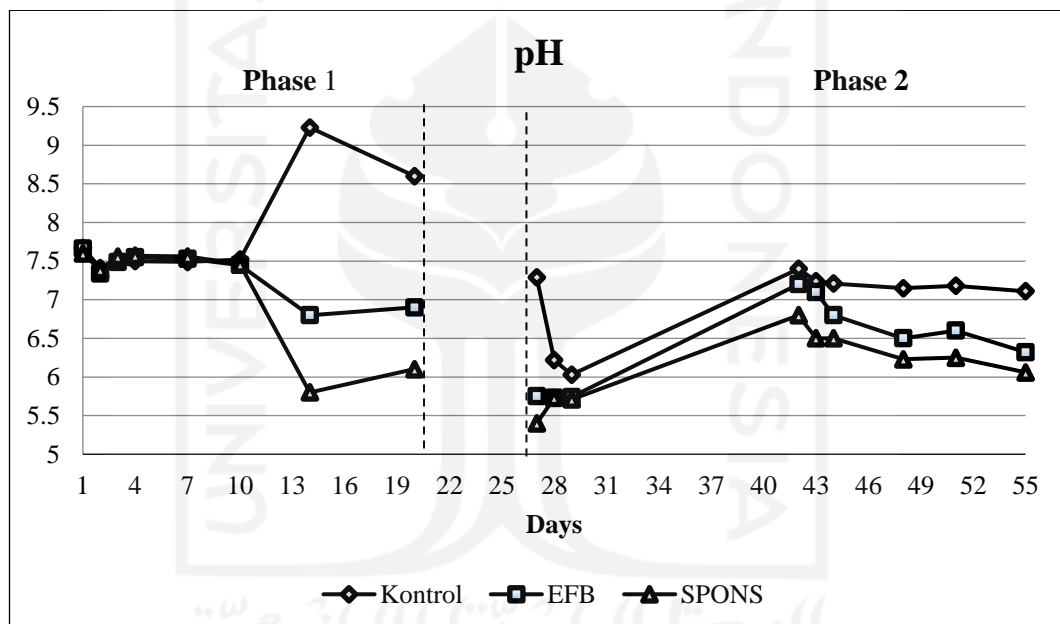


Gambar 19 Grafik Perubahan Suhu

4.2.4 Pengukuran *Puissance de Hydrogen* (pH)

pH (*Puissance de Hydrogen*) merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menentukan tingkat asam atau basa dalam suatu larutan. Tinggi ataupun rendahnya nilai pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan oksigen (O_2) maupun karbondioksida (CO_2) kondisi air yang memiliki nilai pH lebih besar dari 9,2 dan lebih kecil dari 4,8 sudah dianggap tercemar (Rukminasari et al., 2014) suatu larutan dikatakan dalam kondisi netral apabila nilai $\text{pH} = 7$, jika $\text{pH} > 7$ menunjukkan larutan memiliki sifat basa sedangkan $\text{pH} < 7$ menunjukkan larutan memiliki sifat asam. tumbuh di pH optimum berkisar di angka 6,5 – 7,5, jika kondisi pH dibawah 6 maka pertumbuhan dari bakteri akan terhambat. berdasarkan hasil pengukuran, nilai pH berkisar dari 7 hingga 8 namun pada hari ke-14 reaktor kontrol mengalami kenaikan hingga menyentuh angka 9,23 yang menunjukkan pada reaktor kontrol terjadi perubahan sifat dari netral menjadi basa. Pada hari ke-27 reaktor EFB mengalami penurunan pH hingga menyentuh angka 5.75 yang

menunjukkan pada reaktor EFB terjadi perubahan sifat dari netral menjadi asam dan pada reaktor EFB+Sponge mengalami penurunan di hari ke-27 hingga menyentuh angka 5,4 yang menunjukkan reaktor EFB+Sponge terjadi perubahan sifat dari netral menjadi asam. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dapat berkerja dalam suasana asam. Berdasarkan penelitian Ratnani et al., (2011) Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) mampu mendegradasi beban organik dalam suasana asam dengan menunjukkan angka pH sebesar 4 namun pada suasana asam dengan menunjukkan angka pH dibawah 4 maka akan mengakibatkan keracunan hingga dapat menyebabkan kematian pada tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipe*). Grafik perubahan nilai pH tertera pada gambar 26

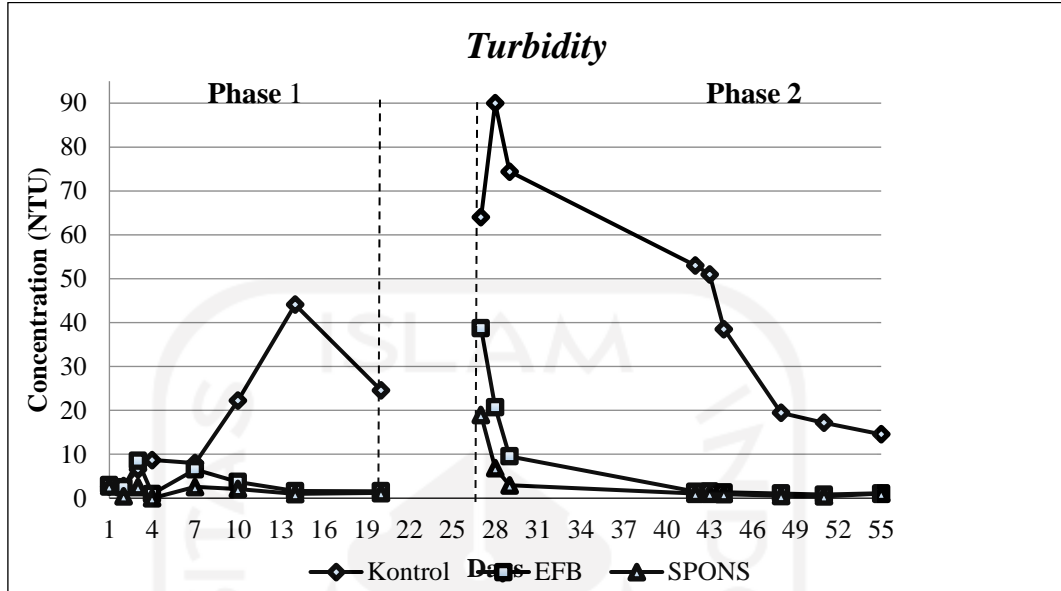


Gambar 20 Grafik Perubahan pH

4.2.5 Pengukuran Turbidity

Turbidity atau kekeruhan merupakan kandungan dari bahan organik maupun anorganik yang terdapat di badan air sehingga mempengaruhi rantai kehidupan organisme yang ada di perairan tersebut. *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). merupakan satuan standar untuk mengukur kekeruhan pada suatu cairan. (Oktafiadi, 2016) Menurut Salwiyah (2010), kekeruhan optimum suatu perairan yaitu berkisar antara 5-30 NTU sehingga dapat dikatakan kekeruhan pada reaktor masih dalam batas optimum. Namun pada hari ke-28 reaktor kontrol mengalami kenaikan nilai

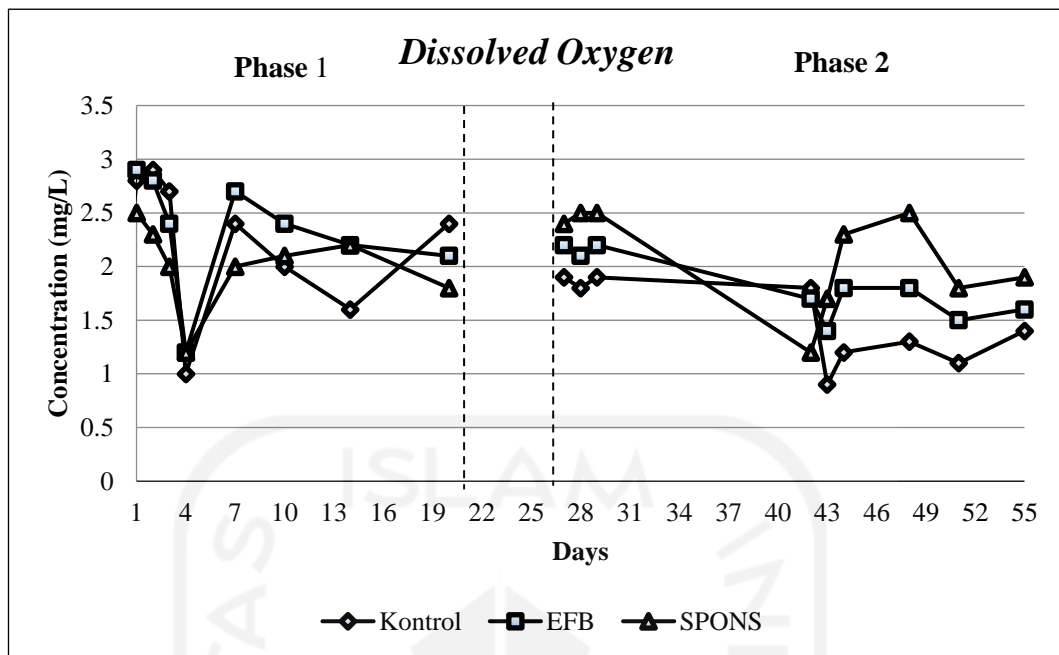
kekeruhan yang sangat tinggi hingga menyentuh angka 90 NTU yang menunjukkan pada reaktor kontrol mengalami kekeruhan. Grafik perubahan turbidity tertera pada gambar 27



Gambar 21 Grafik Perubahan Turbidty

4.2.6 Pengukuran Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) merupakan salah satu parameter mengenai kualitas air semakin tinggi konsentrasi *Dissolved Oxygen* (DO) maka semakin baik kualitas air tersebut. Tersedianya oksigen terlarut didalam air sangat menentukan kehidupan di perairan tersebut (Prahutama, 2013) Menurut PP No. 82 Tahun 2001, baku mutu kandungan DO disungai adalah 6 Mg/L. berdasarkan hasil pengukuran, kandungan DO pada reaktor kontrol dan EFB berkisar antara 1 mg/l – 2.9 mg/l sedangkan pada reaktor EFB+Sponge berkisar antara 1.2 mg/l – 2.5 mg/l. dari ketiga reaktor menunjukkan bahwa kandungan DO tidak memenuhi baku mutu. berdasarkan data pengamatan penyisihan kandungan Nitrit (NO₂-) dan Nitrat (NO₃-) terbesar pada hari ke-42 yang dimana kandungan DO pada reaktor EFB+Sponge sebesar 1.2 mg/l. Menurut wild et al, (1980) dalam Said & Tresnawaty, (2001) menyatakan bahwa pada keberadaan oksigen terlarut sangat berpengaruh dalam proses nitrifikasi. Proses nitrifikasi dapat berjalan dengan baik apabila kandungan DO minimum >1 mg/l. Grafik perubahan kandungan DO tertera pada gambar 28



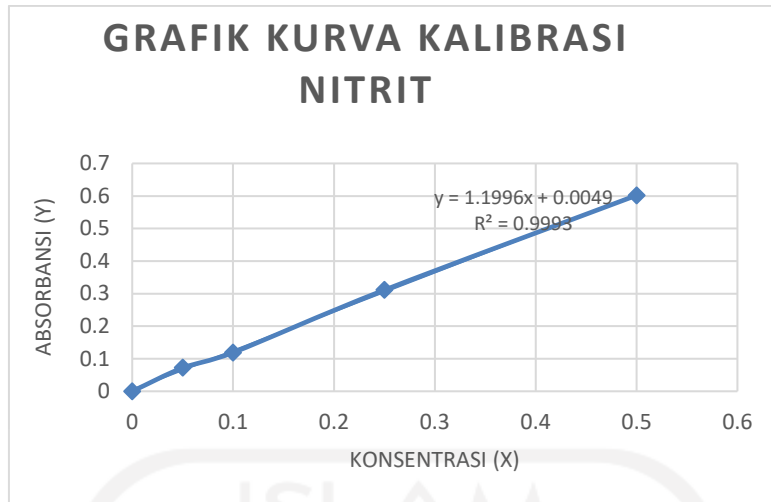
Gambar 22 Grafik perubahan DO

4.3 Efek Beban Pengolahan

4.3.1 Parameter utama Nitrit (NO₂⁻) dan Nitrat (NO₃⁻)

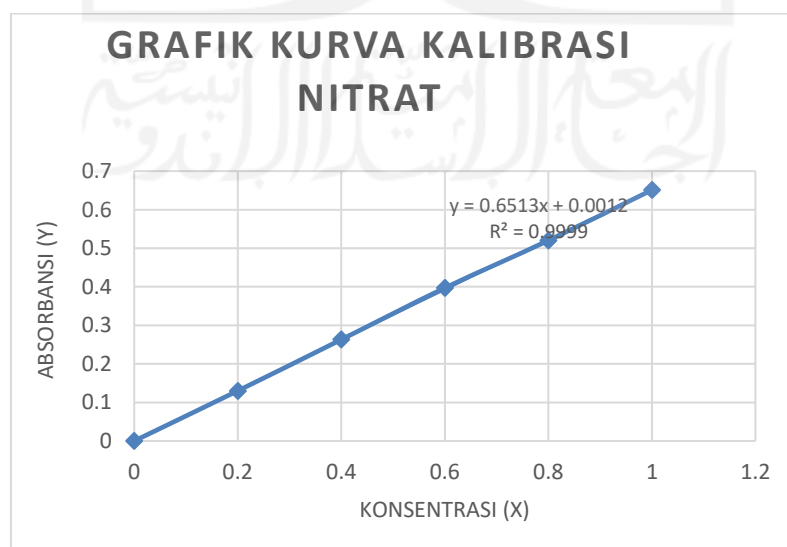
Nitrit dan Nitrat adalah komponen yang mengandung nitrogen berikatan dengan atom oksigen, nitrit mengikat 2 atom oksigen sedangkan nitrat mengikat 3 atom oksigen. Nitrit dan nitrat merupakan produk dari hasil oksidasi nitrogen oleh aktifitas mikroba di tanaman, tanah dan air (Romsiah & Meidalena, 2017)

Pengukuran konsentrasi nitrit (NO₂⁻) dilakukan dengan metode N-(1-Naftil Etilendiamin Dihidroklorida). Prinsip Pengukuran kadar nitrit adalah berdasarkan pembentukan warna kemerah-merahan bila terjadi reaksi antara nitrit dengan asam sulfaniat dan N-(1-Naftil Etilendiamin Dihidroklorida) pada pH 2- 2,5. Intensitas warna yang dihasilkan diukur dengan menggunakan alat spektrofotometer pada Panjang gelombang 543 nm. Untuk menghitung konsentrasi nitrit dalam sampel menggunakan kurva kalibrasi dengan persamaan linear $y = 1,1996x + 0.0049$, dimana kurva kalibrasi tertera pada gambar 24



Gambar 23 Grafik kurva kalibrasi nitrit (NO_2^-)

berdasarkan hasil pengujian, konsentrasi Nitrit (NO_2^-) pada fase pertama reaktor kontrol sebesar 3.492 mg/l, pada reaktor EFB sebesar 3,217 mg/l dan pada reaktor EFB+Sponge sebesar 2,984 mg/l. Pengukuran Konsentrasi Nitrat (NO_3^-) dilakukan dengan metode Brusin. Prinsip Pengukuran kadar nitrat adalah reaksi antara nitrat dan brusin yang akan menghasilkan warna kuning yang dapat digunakan untuk menduga adanya nitrat secara kolorimetri. Intensitas warna yang dihasilkan diukur dengan menggunakan alat spektrofotometer pada Panjang gelombang 410 nm, Untuk menghitung konsentrasi nitrat dalam sampel menggunakan kurva kalibrasi dengan persamaan linear $y = 0.6513x + 0.0012$, dimana kurva kalibrasi tertera pada gambar 25



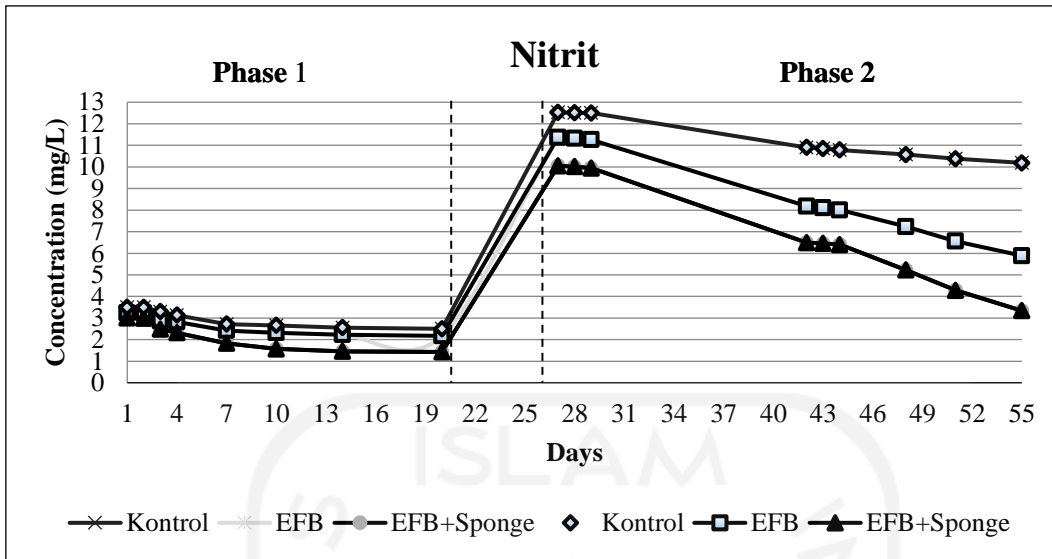
Gambar 24 Grafik kurva kalibrasi nitrat (NO_3^-)

Berdasarkan pengujian, konsentrasi nitrat awal pada reaktor kontrol sebesar 4,970 mg/L, pada reaktor EFB sebesar 4,961 mg/L dan pada reaktor EFB+Sponge sebesar 4,775 mg/L. Selama 14 hari pengoperasian reaktor Konsentrasi Nitrit dan Nitrat pada masing masing reaktor mengalami penurunan, Pada reaktor kontrol konsentrasi nitrit awal sebesar 3,492 mg/L menjadi 2.554 mg/L dan untuk konsentrasi nitrat awal sebesar 4,970 mg/L menjadi 4.680 mg/L. Pada reaktor EFB konsentrasi nitrit awal sebesar 3,217 mg/L menjadi 2,226 mg/L dan untuk konsentrasi nitrat awal sebesar 4,961 mg/L menjadi 4.629 mg/L. Pada reaktor EFB+Sponge konsentrasi nitrit awal sebesar 2,984 mg/L menjadi 1.459 mg/L dan untuk konsentrasi nitrat awal sebesar 4.775 mg/L menjadi 4.448 mg/L. hasil pengujian konsentrasi nitrit dan nitrat tertera pada tabel 12

Tabel 12 Data pengukuran Nitrit dan Nitrat

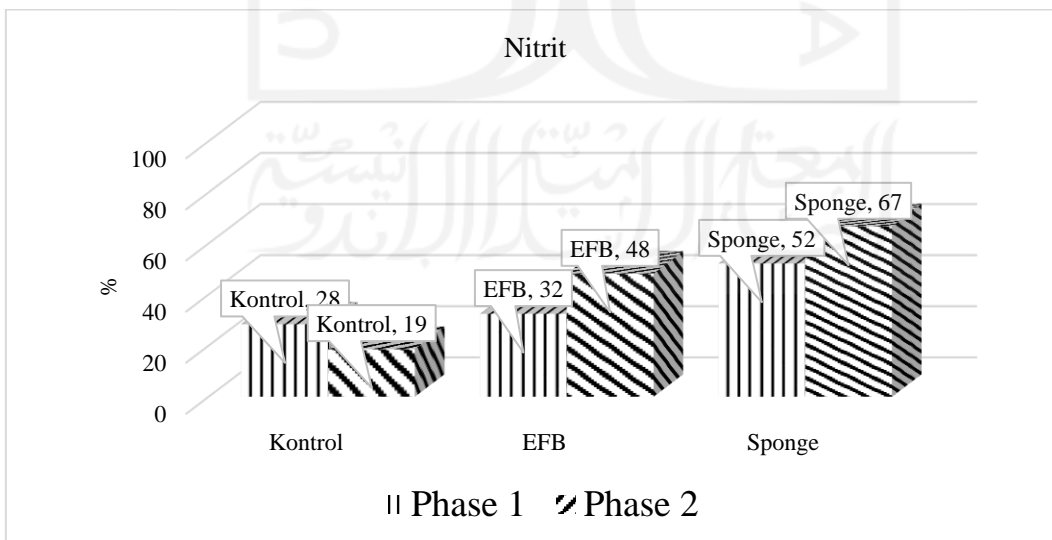
Tanggal	Hari Ke	Nitrit (NO ₂ -)			Nitrat (NO ₃ -)		
		Kontrol	EFB	Sponge	Kontrol	EFB	Sponge
12/10/2020	0	3.49	3.21	2.98	4.97	4.96	4.77
13/10/2020	1	3.50	3.23	3.00	4.98	4.97	4.78
14/10/2020	2	3.49	3.22	2.99	4.97	4.96	4.77
15/10/2020	3	3.29	2.87	2.49	4.94	4.84	4.73
16/10/2020	4	3.13	2.82	2.31	4.92	4.76	4.69
19/10/2020	7	2.71	2.41	1.82	4.72	4.66	4.63
22/10/2020	10	2.65	2.32	1.56	4.68	4.64	4.62
26/10/2020	14	2.55	2.22	1.45	4.68	4.62	4.61
2/11/2020	20	2.50	2.17	1.42	4.64	4.61	4.42
9/11/2020	27	12.53	11.37	10.05	16.59	16.27	15.38
10/11/2020	28	12.50	11.32	10.01	16.50	16.10	15.09
11/11/2020	29	12.49	11.26	9.94	16.41	16.08	15.02
24/11/2020	42	10.90	8.18	6.49	15.36	11.92	7.82
25/11/2020	43	10.85	8.10	6.45	15.32	11.77	7.61
26/11/2020	44	10.78	8.00	6.40	15.15	11.51	7.52
30/11/2020	48	10.57	7.23	5.22	14.84	10.63	7.19
3/12/2020	51	10.37	6.56	4.28	14.63	9.99	6.84
7/12/2020	55	10.18	5.88	3.34	14.59	9.91	6.43

Berdasarkan data pada tabel 12 maka didapatkan grafik perubahan konsentrasi nitrit yang tertera pada gambar 26



Gambar 25 Grafik Konsentrasi Nitrit (NO₂)

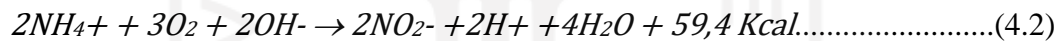
Dengan adanya penurunan konsentrasi Nitrit (NO₂-) maka dapat diketahui efisiensi removal pada masing-masing reaktor. Berdasarkan hasil perhitungan sampel Pada tahap pertama efisiensi removal yang terdapat pada reaktor kontrol sebesar 28.38%, dengan konsentrasi akhir sebesar 2.501 mg/L pada reaktor EFB sebesar 32.45% dengan konsentrasi akhir sebesar 2.173 mg/L dan pada reaktor EFB+Sponge sebesar 52.18% dengan konsentrasi sebesar 1.427 mg/L. grafik efisiensi removal tertera pada gambar 27



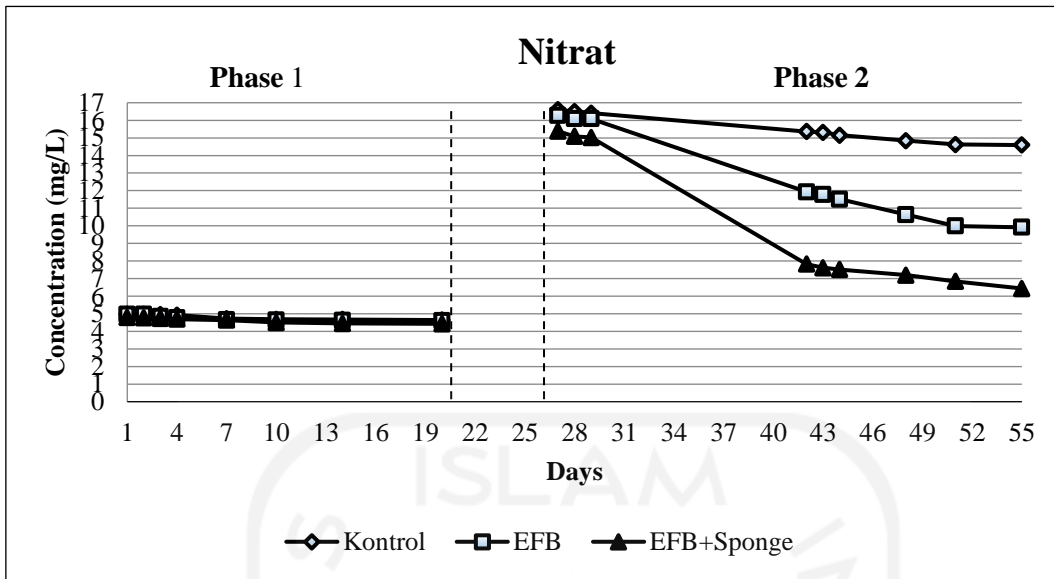
Gambar 26 Efisiensi Removal Nitrit (NO₂-)

Hasil efektivitas penurunan senyawa Nitrit (NO₂-) yang dihasilkan selama 20 hari kerja reaktor berkisar antara 28.38% - 52.18%. Efektivitas tertinggi terdapat

pada reaktor EFB+Sponge sebesar 52.18% sedangkan efektivitas terendah terdapat pada reaktor kontrol sebesar 28.38%. penurunan konsentrasi Nitrit (NO₂-) Disebabkan oleh konsentrasi senyawa amoniak mengalami penurunan pada waktu yang bersamaan. Penyisihan nitrit dikarenakan adanya bakteri *Nitrobacter* yang merubah nitrit (NO₂-) menjadi nitrat (NO₃) yang merupakan bagian inti dari proses nitrifikasi (Fandya, 2011) Di musim panas konsentrasi senyawa ini bisa sangat rendah, hal ini disebabkan amoniak diserap oleh tumbuhan pada saat asimilasi, selain itu juga dipengaruhi oleh suhu air, dimana suhu yang tinggi dapat mempengaruhi proses nitrifikasi. Sebagian besar amoniak di alam akan dioksidasi menjadi bentuk nitrit (NO₂-) dan kemudian menjadi nitrat (NO₃-). Senyawa nitrat dan amoniak dalam air digunakan oleh tumbuhan dan mikroorganismes dalam proses biosintesis untuk membentuk sel baru yang akan menghasilkan nitrogen organik. Senyawa nitrit merupakan bahan peralihan yang terjadi pada siklus biologi. Nitrit dihasilkan dari suatu proses oksidasi biokimia ammonium yang memiliki sifat yang tidakstabil terhadap oksigen. Nitritasi adalah tahap oksidasi ion amonium (NH₄⁺) menjadi ion nitrit (NO₂⁻) yang dilaksanakan oleh bakteri nitrosomonas menurut reaksi berikut :

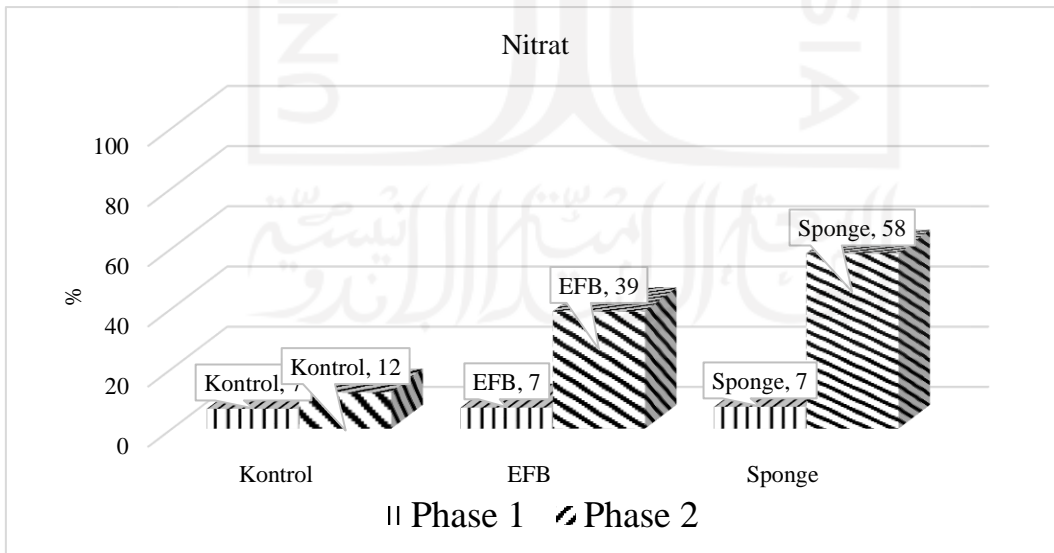


Reaksi tersebut memerlukan 3,43 gram O₂ untuk mengoksidasi 1 gram nitrogen menjadi nitrit (Widayat & Herlambang, 2010) selain melalui proses alami nitrit juga dapat dihasilkan dari aktivitas manusia seperti penggunaan pupuk nitrogen, limbah industri dan limbah organik manusia. Berdasarkan data pada tabel 13 maka didapatkan grafik perubahan konsentrasi nitrat yang tertera pada gambar 28



Gambar 27 Grafik Konsentrasi Nitrat (NO_3^-)

Berdasarkan hasil perhitungan sampel, efisiensi removal yang terdapat pada reaktor kontrol sebesar 6.58 %, dengan konsentrasi akhir sebesar 4.643 mg/L pada reaktor EFB sebesar 6.97 % dengan konsentrasi akhir sebesar 4.615 mg/L dan pada reaktor EFB+Sponge sebesar 7,27% dengan konsentrasi akhir sebesar 4.428 mg/L.

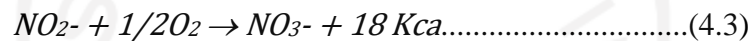


Gambar 28 Efisiensi Removal Nitrat (NO_3^-)

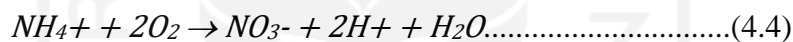
Hasil efektivitas penurunan senyawa Nitrat (NO_3^-) yang dihasilkan selama 20 hari kerja reaktor berkisar antara 6.58% - 7.27% Efektivitas tertinggi terdapat pada

reaktor EFB+Sponge sebesar 7.27% sedangkan efektivitas terendah terdapat pada reaktor kontrol sebesar 6.58%. Penyisihan nitrat (NO_3^-) disebabkan karena nitrat (NO_3^-) merupakan salah satu dari kelompok nitrogen yang dapat teroksidasi, Nitrat merupakan hasil akhir dari nitrifikasi yang akan diangkut oleh tanaman atau akan terdifusi menuju akar yang akan dikonversi menjadi N_2 dan N_2O pada proses denitrifikasi (Fandya, 2011)

Apabila oksigen dalam air terbatas maka nitrat akan dengan cepat ditransformasikan menjadi gas nitrogen atau nitrogen oksida oleh proses yang disebut dengan denitrifikasi. Tahapan kerja Nitrobacter yaitu oksidasi ion nitrit (NO_2^-) menjadi ion nitrat (NO_3^-) dengan reaksi berikut :



Hingga dapat disimpulkan bahwasanya proses nitrifikasi didefinisikan sebagai konversi nitrogen ammonium (N-NH_4) menjadi ion nitrit (N-NO_2) yang kemudian menjadi nitrat (N-NO_3) Secara keseluruhan proses nitrifikasi dapat dilihat dari persamaan berikut :



Hadirnya mikroorganisme baik di tanah maupun perairan berperan penting dalam proses nitrifikasi, Nitrit merupakan senyawa yang dibentuk oleh bakteri nitrosomonas yang kemudian di oksidasi oleh bakteri Nitrobacter menjadi nitrat (Widayat & Herlambang, 2010) selain dengan adanya proses nitrifikasi senyawa nitrat dapat berasal dari industri bahan peledak, cat dan pupuk. menurunnya kadar nitrat (NO_3^-) pada reaktor disebabkan oleh kebutuhan suatu tumbuhan. menurut Zulkifli (2011) dalam Vidyawati (2019) menyatakan bahwa dalam memenuhi kebutuhan nutrisinya tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipe*) dapat langsung menyerap senyawa Nitrat (NO_3^-). Kadar Nitrat (NO_3^-) di perairan lebih tinggi daripada Nitrit (NO_2^-) menandakan bahwa siklus nitrogen masih berlangsung dengan baik karena nitrat di alam lebih stabil daripada nitrit dan Nitrat merupakan bentuk terakhir senyawa dari siklus nitrogen (Setiowati et al., 2016)

Berdasarkan data yang telah didapat selama 20 hari kadar nitrit sebesar 2.554 mg/l pada reaktor kontrol, 2.226 mg/l pada reaktor EFB dan 1.459 mg/l pada reaktor EFB+Sponge. Untuk kadar nitrat sebesar 4.68 mg/l pada reaktor kontrol, 4.62 mg/l pada reaktor EFB dan 4.48 mg/l pada reaktor EFB+Sponge. Jika

dibandingkan dengan baku mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk konsentrasi Nitrit (NO_2) dan Nitrat (NO_3) sebesar 0.06 mg/l dan 10 mg/l. dapat di asumsikan bahwa konsentrasi Nitrit masih melebihi nilai batas baku mutu sedangkan untuk nitrat telah memenuhi persyaratan baku mutu.

Penambahan konsentrasi pada masing-masing reaktor dilatar belakangi karena dengan beban organik pada fase pertama belum menunjukkan hasil yang optimal. Pada perbandingan efisiensi *removal* di tahap 1 hasil yang didapatkan pada semua reaktor hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi rendah masing masing reaktor memiliki kemampuan menyisihkan Nitrit dan Nitrat yang hampir sama. Oleh sebab itu dilakukan penambahan larutan pada hari ke – 27 dan dianggap sebagai tahap 2. Hal ini dilakukan agar dapat terlihat perbedaan tiap reaktor dalam menyisihkan Nitrit dan Nitrat sehingga maka dapat bisa disimpulkan dari masing-masing reaktor yang memiliki kinerja yang paling efektif untuk menyisihkan Nitrit dan Nitrat

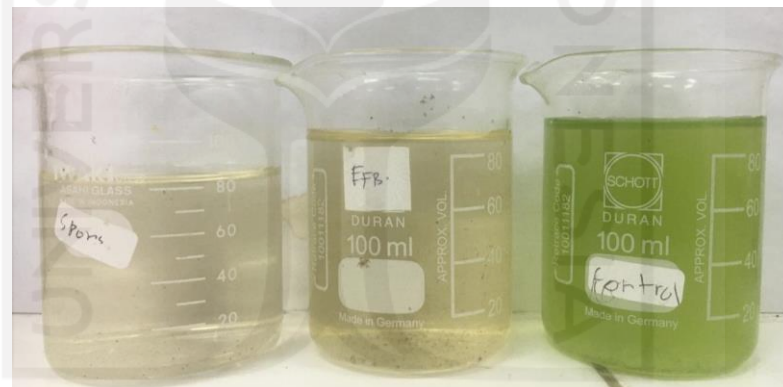
Penambahan konsentrasi dilakukan pada hari ke-27 dengan cara meningkatkan 2 kali lebih besar dari konsentrasi awal. Berdasarkan komposisi yang tertera pada tabel 4 maka didapatkan konsentrasi Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) pada reaktor kontrol yaitu sebesar 12.53 mg/l & 16.59 mg/l, pada reaktor EFB sebesar 11.37 mg/l & 16.27 mg/l dan pada reaktor EFB+Sponge sebesar 10.05 mg/l & 15.38 mg/l. konsentrasi parameter utama lainnya tertera pada tabel 14

Tabel 13 Konsentrasi parameter utama dan Parameter pendukung

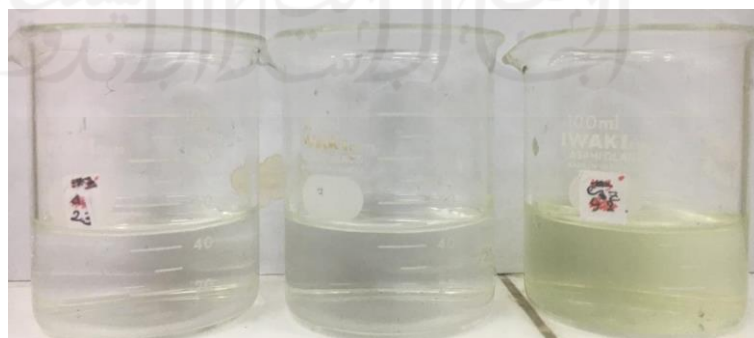
No	Parameter	Kontrol	EFB	EFB+Spons
Konsentrasi Rendah				
1	Nitrit	3.49 mg/l	3.21 mg/l	2.98 mg/l
2	Nitrat	4.97 mg/l	4.96 mg/l	4.77
1	pH	7,5	7,33	7,27
2	DO	1,2 mg/L	1,7 mg/L	2,2 mg/L
3	Suhu	27,1 °C	27,3 °C	27,52 °C
4	<i>Turbidity</i>	2,32 NTU	3,58 NTU	3,11 NTU
5	EC	0,896 $\mu\text{s/cm}$	0,939 $\mu\text{s/cm}$	0,835 $\mu\text{s/cm}$
Konsentrasi Tinggi				
1	Nitrit	12.53 mg/l	11.37 mg/l	10.05 mg/l
2	Nitrat	16.59 mg/l	16.27 mg/l	15.38 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 $\mu\text{s/cm}$	1,918 $\mu\text{s/cm}$	1,755 $\mu\text{s/cm}$

Dalam pengujian sampel untuk menghitung konsentrasi nitrit pada fase kedua dilakukan pengenceran sampel sebanyak 10 kali. Pengenceran sampel dilakukan dengan cara mengambil 5 ml sampel lalu ditambah dengan aquades hingga batas garis pada labu ukur 50ml. Pengenceran sampel dilakukan karena alat pengukur absorbansi atau spektrofotometer yang tersedia dengan Panjang gelombang 543nm dan 410nm tidak mampu membaca nilai absorbansi $>5A$. Analisa nitrit dan penentuan kadar nitrit harus dilaksanakan segera setelah pengambilan sampel sebab nitrit dapat dioksidasi dengan cepat oleh oksigen bebas yang terlarut dalam air dan mikroorganisme nitrifikasi sehingga menjadi senyawa nitrat. kondisi sampel sebelum dan sesudah di encerkan dapat dilihat pada gambar 29 dan 30



Gambar 29 Kondisi sampel sebelum pengenceran



Gambar 30 Kondisi sampel setelah pengenceran

Dengan adanya penambahan konsentrasi pada fase kedua beban organik pada masing-masing reaktor meningkat sehingga didapatkan konsentrasi awal Nitrit

(NO₂⁻) fase kedua pada reaktor kontrol sebesar 12.53 mg/l, pada reaktor EFB sebesar 11.37 mg/l dan pada reaktor EFB+Sponge sebesar 10,05 mg/l. sama halnya dengan Nitrit (NO₂⁻) penambahan konsentrasi Nitrat (NO₃⁻) dilakukan dengan cara meningkatkan 2 kali lebih besar dari konsentrasi awalnya sehingga didapatkan konsentrasi awal Nitrat (NO₃⁻). fase kedua pada reaktor kontrol sebesar 16.59 mg/l, pada reaktor EFB sebesar 16.27 mg/l dan pada reaktor EFB+Sponge sebesar 15.38 mg/l. Dengan adanya penurunan konsentrasi Nitrit (NO₂⁻) pada fase kedua maka dapat diketahui efisiensi removal pada masing-masing reaktor sebesar 18.70% pada reaktor kontrol, 48.25% pada reaktor EFB dan 66.74% pada reaktor EFB+Sponge. Hasil efektivitas penurunan senyawa Nitrit (NO₂⁻) yang dihasilkan selama 28 hari kerja reaktor berkisar antara 18-70% - 66.74%. Efektivitas tertinggi terdapat pada reaktor EFB+Sponge sebesar 66.74% sedangkan efektivitas terendah terdapat pada reaktor kontrol sebesar 18.70%.

Berdasarkan gambar 26 Kandungan senyawa Nitrit (NO₂⁻) pada hari ke-27 hingga hari ke-55 terus mengalami penurunan. Penurunan konsentrasi Nitrit (NO₂⁻) tertinggi terjadi pada hari ke-29 hingga hari ke-42 nilai konsentrasi Nitrit (NO₂⁻) pada hari ke-29 sebesar 12.49 mg/l pada reaktor kontrol menjadi 10.90 mg/l dengan persentase removal sebesar 12,74%, 11.26 mg/l menjadi 8.18 mg/l pada reaktor EFB dengan persentase removal sebesar 27.31%, dan 9.94 mg/l menjadi 6.49 mg/l pada reaktor EFB+Sponge dengan persentase removal sebesar 34.70%.

Nitrit dapat dihasilkan melalui proses oksidasi ion Amonia (NH₄⁺) menjadi ion Nitrit (NO₂⁻) dengan menggunakan bakteri *Nitrosomonas*. Proses sering disebut dengan proses nitritasi. Turunnya konsentrasi senyawa Nitrit (NO₂⁻) dipengaruhi oleh konsentrasi senyawa amonia pada reaktor yang mengalami penurunan pada waktu yang sama, sehingga mikroorganisme fotosintetik dapat menghasilkan nitrit (NO₂⁻) melalui proses nitritasi dalam jumlah yang kecil. Penurunan konsentrasi Nitrit (NO₂⁻) pada reaktor sangat dipengaruhi oleh simbiosis antara tumbuhan eceng gondok dan mikroorganisme dalam perairan. menurut Ratnani et al., (2011) pengaruh fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan eceng gondok (*Eichornia Crassipe*) dapat menyisihkan kandungan Nitrit (NO₂⁻) pada perairan dengan memanfaatkan hubungan kerjasama antara tumbuhan eceng gondok (*Eichornia Crassipe*) dengan mikroorganisme yang dapat mengubah zat kontaminan atau zat

pencemar menjadi zat yang kurang toksik. Bahan organik yang terdapat mengalami degradasi melalui proses oksidasi secara aerob yang nantinya akan menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih stabil. penurunan konsentrasi nitrit pada reaktor disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu sifat nitrit yang tidak stabil terhadap oksigen. Menurut Vidyawati & Fitrihidajati, (2019) Kandungan senyawa Nitrit (NO_2^-) dalam perairan sangat tidak stabil karena adanya oksigen dengan cepat akan teroksidasi menjadi Nitrat (NO_3^-) yang dimana pada proses ini disebut dengan nitrifikasi.

Dengan adanya penurunan konsentrasi Nitrat (NO_3^-) pada fase kedua maka dapat diketahui efisiensi removal pada masing-masing reaktor sebesar 12.03% pada reaktor kontrol, 39.06% pada reaktor EFB dan 58.20% pada reaktor EFB+Sponge. Grafik efisiensi removal tertera pada gambar 34 Hasil efektivitas penurunan senyawa Nitrat (NO_3^-) yang dihasilkan selama 28 hari kerja reaktor berkisar antara 12.03% - 58.20%. Efektivitas tertinggi terdapat pada reaktor EFB+Sponge sebesar 58.20% sedangkan efektivitas terendah terdapat pada reaktor kontrol sebesar 12.03%. Kandungan senyawa Nitrat (NO_3^-) pada hari ke-27 hingga hari ke-55 terus mengalami penurunan. Penurunan konsentrasi Nitrat (NO_3^-) tertinggi terjadi pada hari ke-29 hingga hari ke-42. nilai konsentrasi Nitrat (NO_3^-) pada hari ke-29 sebesar 16.41 mg/l pada reaktor kontrol menjadi 15.36 mg/l dengan persentase removal sebesar 6.36%, 16.08 mg/l menjadi 11.92 mg/l pada reaktor EFB dengan persentase removal sebesar 25.86% dan 15.02 mg/l menjadi 7.82 mg/l pada reaktor EFB+Sponge dengan persentase removal sebesar 47.91%.

Nitrat (NO_3^-) merupakan senyawa nitrogen yang dapat teoksidasi dan merupakan hasil akhir dari proses nitrifikasi yang akan di serap oleh tumbuhan atau terdifusi menuju akar yang nantinya akan diubah menjadi N_2 dan N_2O pada proses denitrifikasi Penurunan kadar Nitrat (NO_3^-) dipengaruhi oleh tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipe*) yang mampu langsung menyerap Nitrat (NO_3^-) sebagai kebutuhan nutrisinya. Selain itu. Berdasarkan penelitian juhaeti (2005) dalam Vidyawati & Fitrihidajati (2019) menyatakan bahwa pertumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipe*) sangat dipengaruhi oleh unsur hara. Penyerapan unsur hara seperti Nitrat (NO_3^-) dan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia*

Crassipe) mampu menyerap nitrogen yang mana dalam hal ini dapat mengurangi konsentrasi kontaminan pada limbah di perairan.

Dalam proses nitrifikasi konsentrasi senyawa Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) memiliki faktor pengontrol yang diantaranya yaitu seperti Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*), Suhu (*Temperature*) serta derajat keasaman (pH). proses nitrifikasi terjadi dalam kondisi aerob sehingga dengan kondisi aerob keberlangsungan oksigen sangat penting dalam proses nitrifikasi berdasarkan data pengamatan pada gambar 30 kandungan DO pada reaktor kontrol dan EFB berkisar antara 1 mg/l – 2.9 mg/l sedangkan pada reaktor EFB+Sponge berkisar antara 1.2 mg/l – 2.5 mg/l. dari ketiga reaktor menunjukkan bahwa kandungan DO tidak memenuhi baku mutu yang tertera pada PP No. 82 Tahun 2001, baku mutu kandungan DO disungai adalah 6 Mg/L. hal ini mengindikasikan bahwa kondisi DO air dalam reaktor sangat rendah. Kondisi perairan yang minim kandungan oksigen biasa disebut juga dengan kondisi anoksik. Akan tetapi karena adanya proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen dan sebagian akan dikeluarkan melalui akar maka mikroorganisme yang berada pada daerah perakaran akan mendapatkan oksigen. pada proses nitrifikasi dapat dikatakan berjalan dengan baik jika kandungan oksigen terlarut minimumnya sebesar $> 1\text{mg/l}$. Menurut Penelitian Tchobanoglous et al., (1991) Keberadaan Oksigen terlarut (DO) dalam perairan khususnya pada proses nitrifikasi jika kandungan DO dibawah dari 1 mg/l maka proses nitrifikasi akan berjalan dengan lambat.

Suhu atau *temperature* sangat penting fungsinya sebagai faktor pertumbuhan bakteri yang terdapat dalam air. Pertumbuhan bakteri nitrifikasi memerlukan suhu yang berkisar antar 8 - 30°C dengan suhu optimum sebesar 30°C. berdasarkan gambar 27 Suhu yang terdapat pada ketiga reaktor berkisar antara 26 - 28 °C. berdasarkan penelitian Seagar et al (1988) dalam (Said & Tresnawaty, 2001) mengatakan proses nitrifikasi pada musim panas akan mempengaruhi konsentrasi amoniak yang ada, konsentrasi amoniak akan sangat rendah hal ini disebabkan karena amoniak diserap oleh tumbuhan sehingga proses nitrifikasi berjalan dengan lancar sedangkan pada musim dingin saat pertumbuhan bakteri berkurang dan proses nitrifikasi berjalan dengan lambat yang menyebabkan konsentrasi amoniak pada perairan tinggi. Suhu yang optimal bagi pertumbuhan Eceng gondok

(*Eichornia Crassipe*) berkisar antara 26 – 30 °C. dapat dikatakan bahwa suhu selama penelitian berlangsung masih berada dalam rentang suhu yang optimal bagi pertumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipe*). Suhu ideal adalah 25-30°C, Peningkatan setiap 1°C tsuhu dari kisaran ideal dapat menyebabkan penurunan efisiensi pengolahan, maka terjadi peningkatan daya racun dari polutan terhadap organisme akuatik. Selain itu, menurut Widjaja (2004), Suhu optimal untuk fotosintesis tumbuhan air berkisar antara 25-30°C.

Besar derajat keasaman pada proses nitrifikasi juga sangat mempengaruhi pertumbuhan suatu bakteri. bakteri yang terdapat pada proses nitrifikasi yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Pada proses biologi, nitrifikasi dipengaruhi oleh pH. pH optimum untuk bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* berkisar antara 6,5 – 8,5 (Li et al., 2007) Berdasarkan gambar 28 nilai pH berkisar dari 7 hingga 8, Kisaran nilai pH tersebut sangat mendukung kehidupan mikroorganisme dan pertumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipe*) dan sangat baik untuk proses penyisihan beban organik. namun pada hari ke-14 reaktor kontrol mengalami kenaikan hingga menyentuh angka 9,23 yang menunjukkan pada reaktor kontrol terjadi perubahan sifat dari netral menjadi basa. Pada hari ke-27 reaktor EFB mengalami penurunan pH hingga menyentuh angka 5.75 yang menunjukkan pada reaktor EFB terjadi perubahan sifat dari netral menjadi asam dan pada reaktor EFB+Sponge mengalami penurunan di hari ke-27 hingga menyentuh angka 5,4 yang menunjukkan reaktor EFB+Sponge terjadi perubahan sifat dari netral menjadi asam. Hal tersebut tidak menghambat kinerja tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipe*) dalam menyisihkan beban organik. Hal ini didukung oleh penelitian Ratnani et al., (2011) yang mengatakan bahwa Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) mampu mendegradasi beban organik dalam suasana asam dengan menunjukkan angka pH minimum sebesar 4 namun pada angka pH dibawah 4 maka akan mengakibatkan keracunan hingga dapat menyebabkan kematian pada tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipe*). Jika kondisi pH dibawah 6 maka pertumbuhan dari bakteri akan terhambat. Terhambat pertumbuhan akan mengakibatkan proses nitrifikasi akan berjalan dengan lambat (Setiowati et al., 2016)

Pada umumnya senyawa nitrogen dapat menyebabkan pencemaran bagi lingkungan dan dapat memberikan dampak gangguan kesehatan terhadap manusia.

Salah satu bentuk pencemaran lingkungan karna adanya senyawa nitrogen yaitu eutrofikasi yaitu dengan kehadiran senyawa nitrat yang tinggi yang dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang dalam jumlah yang tidak terbatas sehingga air kekurangan oksigen terlarut yang dapat menyebabkan kondisi perairan menjadi septik. Pada konsentrasi yang optimum, unsur hara N dan P menguntungkan bagi pertumbuhan fitoplankton namun ketika konsentrasi unsur-unsur tersebut tinggi, terjadi pertumbuhan fitoplankton yang berlebih (*blooming*) atau eutrofikasi dan dapat mengakibatkan pencemaran air yang mengakibatkan kualitas air akan menurun, dan terjadi perubahan fisik berubah menjadi keruh (Rustadi, 2009) hal tersebut mendukung data pengukuran turbidity yang tertera pada gambar 29 yang menunjukkan bahwa pada hari ke-28 angka kekeruhan sebesar 90 NTU hal ini disebabkan air pada reaktor banyak mengandung padatan tersuspensi. dan kondisi fisik air menjadi berwarna kehijauan, berbau tidak sedap hingga tingkat kekeruhan yang tinggi menandakan bahwa reaktor kontrol mengalami kondisi eutrofik. Kondisi reaktor kontrol dapat dilihat pada gambar 37



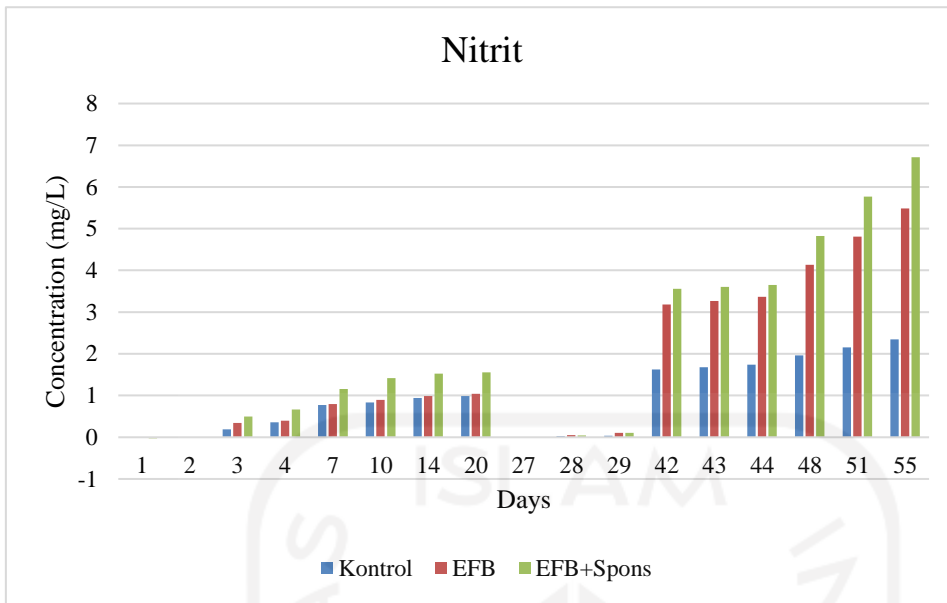
Gambar 31 Kondisi Eutrofik Reaktor Kontrol

Berdasarkan data pengamatan pada tabel 12 baik itu reaktor kontrol, EFB maupun EFB+Sponge mengalami penurunan hal ini disebabkan oleh adanya Kerjasama antara tumbuhan dan mikroorganisme. Penyebab utama turunnya kadar Nitrit (NO_2^-) pada masing-masing reaktor yaitu selain nitrit mempunyai sifat yang tidak stabil terhadap oksigen dan pada waktu yang bersamaan konsentrasi senyawa

amoniak juga mengalami penurunan. Tingginya Konsentrasi Nitrit (NO_2^-) dipengaruhi oleh konsentrasi senyawa amoniak (NH_4^+) di oksidasi oleh bakteri *Nitrosomonas*. Pada reaktor EFB+Sponge konsentrasi Nitrit (NO_2^-) mengalami penurunan yang sangat banyak hal ini dipengaruhi oleh adanya tempat tinggal mikroorganisme berupa *Sponge* jenis *Polyurethane*.. Tingginya kadar Nitrat (NO_3^-) merupakan bentuk senyawa nitrogen terakhir dari proses nitrifikasi. Kadar Nitrat terus menurun pada karena Tumbuhan air menyerapnya untuk memenuhi kebutuhan Nutrisi dan pada proses denitrifikasi Nitrat (NO_3^-) akan dirubah menjadi N_2 dan N_2O . menurut Affandi (2003) penurunan nitrogen 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 mikroroganisme yang mengurai amonia menjadi nitrit oleh bakteri *nitrosomonas* dan mengubah nitrat menjadi nitrat oleh bakteri *nitrobacter*.

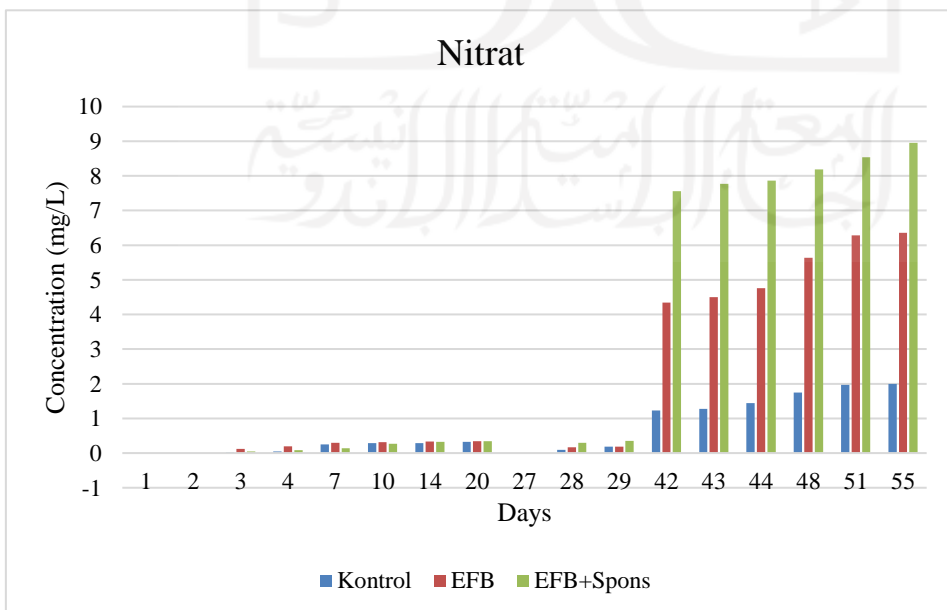
4.4 Perbandingan Kinerja reaktor

Perbandingan dilakukan pada tiap reaktor untuk mengetahui efektivitas dari penggunaan media penyangga *Sponge* jenis *polyurethane* terhadap penyisihan konsentrasi Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-). Berdasarkan data diperoleh pengujian kadar Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) dilakukan pada dua fase yang dimana pada fase pertama merupakan fase konsentrasi beban organik yang rendah dengan waktu pengujian selama 20 hari dan pada fase kedua merupakan fase konsentrasi beban organik yang tinggi dengan waktu pengujian selama 28 hari. Pada fase pertama telah diperoleh efisiensi removal terhadap Nitrit (NO_2) pada Reaktor kontrol sebesar 28.38%, pada reaktor EFB sebesar 32.45% dan 52.18% pada reaktor EFB+Sponge. Pada fase kedua telah diperoleh efisiensi removal pada reaktor kontrol sebesar 18,70%, pada reaktor EFB sebesar 48,25% dan 66.74% pada reaktor EFB+Sponge. Grafik perbandingan tertera pada gambar 33



Gambar 32 Grafik Perbandingan Efisiensi Removal Nitrit (NO_2^-)

Untuk konsentrasi senyawa Nitrat (NO_3^-) Pada fase pertama telah diperoleh efisiensi removal terhadap pada Reaktor kontrol sebesar 6.58%, pada reaktor EFB sebesar 6.97% dan 7.27% pada reaktor EFB+Sponge. Pada fase kedua telah diperoleh efisiensi removal pada reaktor kontrol sebesar 12,03%, pada reaktor EFB sebesar 39.06% dan 58.2% pada reaktor EFB+Sponge. Grafik perbandingan tertera pada gambar 34



Gambar 33 Grafik perbandingan Efisiensi Removal Nitrat (NO_3^-)

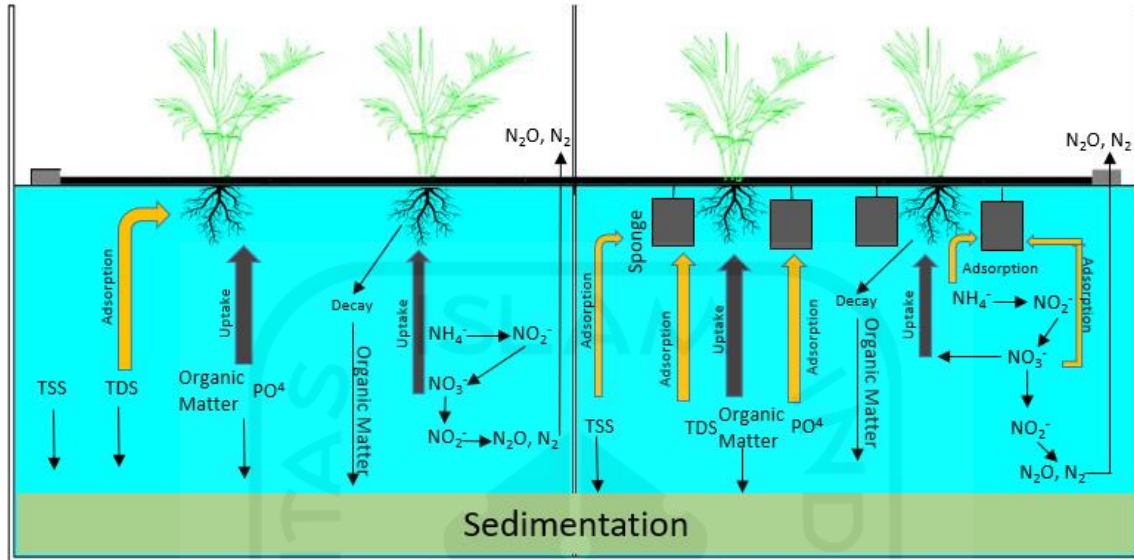
Berdasarkan Gambar 38 dan 39 Dapat diketahui bahwa efisiensi removal terbesar merujuk pada reaktor EFB+Sponge hal ini di pengaruhi oleh tersedianya media penyangga *Sponge* jenis *polyurethane* yang berfungsi sebagai tempat tinggal mikroorganisme dan memiliki keunggulan pada efektivitas daya tahan dengan waktu yang cukup lama. berdasarkan penelitian Ramadhanie (2017) media penyangga *Sponge* jenis *polyurethane* memiliki keunggulan yaitu dapat mendistribusikan air limbah yang masuk melewati lubang pori yang cukup homogen & tersebar secara merata dan keunggulan yang paling utama pada media penyangga *Sponge* jenis *polyurethane* yaitu memiliki porositas yang tinggi sehingga dapat membantu dalam perkembangbiakan mikroorganisme dan bahan organik serta dapat berperan penting dalam menyisihkan beban organik pada air limbah. Letak media penyangga *Sponge* jenis *polyurethane* tertera pada gambar 40



Gambar 34 Letak media Penyangga *Polyurethane* pada reaktor EFB+Sponge

Menurut Lee (2001) dalam Petrosia et al., (2018) menyatakan bahwa Kemampuan *Sponge* dalam menghasilkan senyawa bioaktif disebabkan karena hubungan simbiotik dengan mikroorganisme dalam hal ini bakteri. Hubungan ini mencakup penyediaan nutrisi dengan membantu translokasi metabolisme termasuk proses nitrifikasi, fiksasi nitrogen, fotosintesis dan membantu pertahanan kimiawi serta

berperan dalam *biofouling*. Karena peranan ini maka bakteri yang bersimbiosis dengan *sponge* diduga memiliki potensi yang besar dalam menghasilkan senyawa-senyawa bioaktif yang selama ini diisolasi dari *Sponge*.



Gambar 35 Diagram Skematis Penyisihan beban organik

Berdasarkan Gambar 36 proses terjadinya memurunnya konsentrasi Nitrit (NO_2^-) terjadi karna adanya proses nitritasi dengan memanfaatkan mikroba berupa bakteri Nitrosomonas. Menurut Fachrurozi (2014) penyisihan bahan organik dalam air pada umumnya dipengaruhi oleh kecepatan mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik, jumlah dan keadaan mikroorganisme itu sendiri. *Sponge* memiliki banyak kegunaan karna memiliki strukturnya berpori. dengan karakteristik *sponge* memiliki struktur berpori membuat *Sponge* memiliki banyak fungsi diantaranya yaitu sebagai adsorben dan media filter serta tempat pertumbuhan mikroorganisme. Dengan adanya pertumbuhan mikroorganisme yang terdapat pada sponge maka dapat mampu menurunkan senyawa nitrit dan nitrat pada air limbah. Proses ini merupakan bagian dari proses nitrifikasi yang dimana selanjutnya nitrit akan di oksidasi menjadi nitrat dengan bantuan mikroba berupa bakteri Nitrobacter. Sifat nitrit yang tidak stabil akan keberadaan oksigen merupakan faktor penyebab utama turunnya konsentrasi nitrit di dalam sampel. Nitrifikasi merupakan reaksi oksidasi, yaitu proses pembentukan nitrit atau nitrat dari amonia. Proses nitrifikasi, melibatkan bakteri pengoksidasi amonia yang bersifat autotrofik yaitu bakteri menggunakan CO₂ sebagai sumber karbon. untuk

konsentrasi Nitrat (NO_3^-) juga mengalami penurunan hal ini terjadi karena kandungan oksigen terlarut dalam reaktor terbatas sehingga dapat dikatakan dalam kondisi anaerob. Lalu terjadi proses denitrifikasi yang dimana Nitrat akan direduksi Kembali menjadi nitrit yang kemudian menghasilkan hasil produk sampingan berupa gas N_2O maupun N_2 yang langsung dilepas ke atmosfer. Hal ini didukung oleh penilitan (Hutagalung dan Rozak, 1997) yang menyatakan Komposisi nitrogen anorganik sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen bebas dalam air. Konsentrasi oksigen yang rendah menyebabkan nitrogen akan bergerak menuju ke senyawa amonia, sedangkan konsentrasi oksigen tertinggi menyebabkan nitrogen akan bergerak menuju senyawa nitrat. Adanya proses oksidasi dalam sampel menyebabkan kondisi oksigen terlarut dalam air berkurang, dalam kondisi oksigen terlarut yang rendah dapat terjadi kebalikan stratifikasi yaitu proses denitrifikasi yang dimana Nitrat yang seharusnya menjadi bentuk akhir dari nitrifikasi akan menghasilkan gas nitrogen bebas yang menuju ke atmosfer dan dapat juga Kembali membentuk senyawa ammonium dan amoniak melalui proses amonifikasi nitrat.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa reaktor *Ecological floating Bed* (EFB) mampu menyisihkan Nitrit (NO_2) sebesar 32.45% dan Nitrat (NO_3) sebesar 6.97%. pada tahap pertama. dan pada tahap kedua mampu menyisihkan Nitrit (NO_2) sebesar 48.25% dan Nitrat (NO_3) 39.06%. Dengan adanya Penambahan media *Polyurethane sponge* dapat meningkatkan efisiensi penyisihan Nitrit (NO_2) sebesar 52.18% dan Nitrat (NO_3) sebesar 7.27% pada fase pertama dan pada tahap kedua mampu menyisihkan Nitrit (NO_2) sebesar 66.74% dan Nitrat (NO_3) sebesar 58.2%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan penulis menyarankan Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilaksanakan dengan menggunakan media penyangga pembanding seperti namun untuk sampel yang digunakan sama. Agar dapat diketahui efektivitas kerja dari masing-masing media penyangga.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Aswadi, M. (2006). Pemodelan Fluktuasi Nitrogen (Nitrit) Pada Aliran Sungai Palu. *Jurnal SMARTek*.
- Benvenuti, T., Hamerski, F., Giacobbo, A., Bernardes, A. M., Zoppas-Ferreira, J., & Rodrigues, M. A. S. (2018). Constructed floating wetland for the treatment of domestic sewage: A real-scale study. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(5), 5706–5711. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.08.067>
- Bi, R., Zhou, C., Jia, Y., Wang, S., Li, P., Reichwaldt, E. S., & Liu, W. (2019). Giving waterbodies the treatment they need: A critical review of the application of constructed floating wetlands. *Journal of Environmental Management*, 238(October 2018), 484–498. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.064>
- Brontowiyono, W., Kasam, K., L, R., & A, I. (2013). Strategi Penurunan Pencemaran Limbah Domestik di Sungai Code DIY. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 5(1), 36–47. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol5.iss1.art5>
- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (2005). Small and decentralized wastewater management systems. *Water Resources and Environmental Engineering*, 1. WCB/McGraw-Hill, Boston., 252–272. <https://doi.org/10.17226/11241>
- Deng, Y., & Ni, F. (2013). Review of Ecological Floating Bed Restoration in Polluted Water. *Journal of Water Resource and Protection*, 05(12), 1203–1209. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2013.512128>
- Emilia, I. (2019). Analisa Kandungan Nitrat Dan Nitrit Dalam Air Minum Isi Ulang Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis Ita Emilia. *Jurnal Indobiosains*, 1(1), 38–44.
- Fandya, A. (2011). Efisiensi Penyisihan Organik Air Sodetan Sungai Citarum Menggunakan Constructed Wetland Dengan Tanaman Typha Sp . Dan Scirpus Grossus (Studi Kasus : Desa Daraulin , Kabupaten Bandung Organic Removal Efficiency In Citarum River (Sodetan) Using Construct. 17, 56–67.
- Hord, N. G., Tang, Y., & Bryan, N. S. (2009). Food sources of nitrates and nitrites: The physiologic context for potential health benefits. *American Journal of Clinical Nutrition*, 90(1), 1–10. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27131>
- Jaikumar, M. (2012). A Review On Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) And Phytoremediation To Treat Aqua Pollution In Velachery Lake , Chennai – Tamilnadu M . Jaikumar. *International Journal of Recent Scientific Research*, 3(January 2012), 95–102. <http://www.recentscientific.com>
- Karmila, R., & Andriani, V. (2019). Pengaruh Temperatur Terhadap Kecepatan Pertumbuhan Kacang Tolo (Vigna sp.). *STIGMA: Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa*, 12(01), 49–53. <https://doi.org/10.36456/stigma.vol12.no01.a1861>

- Karya, direktorat jenderal cipta. (2016). Laporan kinerja direktorat jenderal cipta karya. *Program*, 3, 1–50. <https://doi.org/10.3406/arch.1977.1322>
- Khaer, A., & Budirman, B. (2019). Kemampuan Media Filter Ion Exchange Dalam Menurunkan Kadar Nitrat Air Sumur Gali Di Daerah Kawasan Pesisir. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat*, 19(1), 102. <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v19i1.972>
- 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 (*Ipomoea aquatica* Forsk.) with ion implantation. *Water Research*, 41(14), 3152–3158. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.04.010>
- Maulana, M. F. (2016). PADA SISTEM AKUAPONIK UNTUK MENGOLAH LIMBAH GREYWATER ” Abstrak. *Jurnal Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta*.
- Morel, A., & Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries*.
- Mowe, M. A. D., Song, Y., Sim, D. Z. H., Lu, J., Mitrovic, S. M., Tan, H. T. W., & Yeo, D. C. J. (2019). Comparative study of six emergent macrophyte species for controlling cyanobacterial blooms in a tropical reservoir. *Ecological Engineering*, 129(November 2018), 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.026>
- Neswati, Novizar, Arief, S., & Yusniawati. (2019). Sintesis, Karakterisasi Dan Modifikasi Busa Poliuretan Fleksibel Berbahan Baku Biopoliol Berbasiskan Minyak Kelapa Sawit Dan Minyak Nabati Lainnya: Sebuah Review. *Jurnal Agroindustri*, 9(2), 66–82.
- Oktafiadi, R. (2016). *Sistem Pemantau Kekeruhan Air Dan Pemberi*. 2(1), 7–16.
- Paerl, H. W., Xu, H., McCarthy, M. J., Zhu, G., Qin, B., Li, Y., & Gardner, W. S. (2011). Controlling harmful cyanobacterial blooms in a hyper-eutrophic lake (Lake Taihu, China): The need for a dual nutrient (N & P) management strategy. *Water Research*, 45(5), 1973–1983. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.09.018>
- Peebles, J. A. (2006). Overview of greywater management Health considerations. *Wastewater Use in Agriculture, II*, 119–131.
- Petrosia, J., Antibakteri, P., National, W., & As, P. (2018). *Screening Bakteri Yang Bersimbiosis Dengan Spons (Screening of Bacterial Symbionts Sponge Petrosia Sp . From*. 5(C), 708–715.
- Prahutama, A. (2013). Estimasi Kandungan Do (Dissolved Oxygen) Di Kali Surabaya Dengan Metode Kriging. *Jurusan Statistika*, 1(2), 1–6.
- Rahardjo, P. N. (2011). Unit-Unit Pemroses Pengolahan Limbah Cair Domestik Skala Rumah Tangga. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 9(1), 17–24.

<https://doi.org/10.29122/jtl.v9i1.439>

- Rahmaningsih, H. (2006). Kajian penggunaan eceng gondok (. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 7(1).
- Ramadhanie. (2017). Unjuk Kerja Tray Bioreactor Dengan Media Polyurethane Sponge Penyangga Dalam Meningkatkan Kualitas Air Olahan Parameter Work Method Of Tray Bioreactor With Polyurethane Sponge Buffer Media To Increase Water Quality Processed For Bod And Amonia Parameters. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 68. [https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/11050/08 Naskah Publikasi.pdf?sequence=18&isAllowed=y](https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/11050/08_Naskah_Publikasi.pdf?sequence=18&isAllowed=y)
- Ratnani, R., Hartati, I., & Kurniasari, L. (2011). Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Untuk Menurunkan Kandungan Cod(Cheical Oxygen Demond), Ph, Bau, Dan Warna Pada Limbah Cair Tahu. *Jurnal Momentum UNWAHAS*, 7(1), 113323.
- Romsiah, R., & Meidalena, T. (2017). Validasi Metode dan Penetapan Kadar Nitrit (NO₂) pada Hasil Rebusan Sayuran Hijau (Kangkung, Brokoli, Seledri) Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Penelitian Sains*, 19(1), 168410.
- Rukminasari, N., Nadiarti, & Awaluddin, K. (2014). Pengaruh derajat keasaman (pH) air laut terhadap konsentrasi kalsium dan laju pertumbuhan Halimeda sp. *Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan*, 24(1), 28–34. <https://www.scribd.com/document/363166182/ph-derajat-air-laut-pdf>
- Rustadi, R. (2009). Eutrofikasi Nitrogen dan Fosfor serta Pengendaliannya dengan Perikanan di Waduk Sermo. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 16(3), 176–186.
- Said, N. I., & Tresnawaty, R. (2001). Penghilangan Amoniak Di Dalam Air Baku Air Minum Dengan Proses Biofilter Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), 11–27.
- Samal, K., Dash, R. R., & Bhunia, P. (2018). Design and development of a hybrid macrophyte assisted vermifilter for the treatment of dairy wastewater: A statistical and kinetic modelling approach. *Science of the Total Environment*, 645, 156–169. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.118>
- Samal, K., Kar, S., & Trivedi, S. (2019). Ecological floating bed (EFB) for decontamination of polluted water bodies: Design, mechanism and performance. *Journal of Environmental Management*, 251(April), 109550. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109550>
- Satya, A., Chrismadha, T., Sulawesty, F., Yoga, G. P., & Mardiyati, Y. (2014). *Penyisihan Nutrien Dengan Kultur Eichornia Crassipes Dalam Air Limbah Kolam Ikan Resirkulasi Semi Tertutup Pendahuluan*. 2014(2), 157–167.
- Setiowati, Roto, & Wahyuni, E. T. (2016). Monitoring Kadar Nitrit Dan Nitrat Pada Air Sumur Di Daerah Catur Tunggal Yogyakarta Dengan Metode

- Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(2), 143–148. <https://doi.org/10.22146/jml.18784>
- Sheng, Y., Qu, Y., Ding, C., Sun, Q., & Mortimer, R. J. G. (2013). A combined application of different engineering and biological techniques to remediate a heavily polluted river. *Ecological Engineering*, 57, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.04.004>
- Siswoyo, E., Faisal, F., Kumalasari, N., & Kasam, K. (2020). Constructed Wetlands Dengan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 12(1), 59–67. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol12.iss1.art5>
- South, A. E., & Nazir, E. (2016). Karakteristik air limbah rumah tangga (grey water) pada salah satu perumahan menengah keatas yang berada di kelurahan Kademangan kota tangerang. *Jurnal Ecolab*, 10(2), 80–88.
- Suswati, A. C. S. P., & Wibisono, G. (2013). Pengolahan Limbah Domestik dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands). *Indonesian Green Technology Journal*, 2(2), 70–77.
- Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, D. (1991). Wastewater Engineering Treatment and Reuse (Fourth Edition). In *Metcalf & Eddy, Inc.* [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(91\)90038-K](https://doi.org/10.1016/0191-2615(91)90038-K)
- Truijen, G., & van der Heijden, P. G. M. (2013). *Constructed wetland and aquatic treatment systems for fish farms in Egypt. January 2018.*
- Vidyawati, D., & Fitrihidajati, H. (2019). Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Melalui Pengenceran Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 8(2).
- Wang, W. H., Wang, Y., Wei, H. S., Wang, L. P., & Peng, J. (2020). Stability and purification efficiency of composite ecological floating bed with suspended inorganic functional filler in a field study. *Journal of Water Process Engineering*, 37(May). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101482>
- Widayat, W., & Herlambang, A. (2010). *Penyisihan Amoniak Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Baku Pdam-Ipa Bojong Renged Dengan Proses Biofiltrasi*. 6(1).
- Xie, Y., & Yu, D. (2003). The significance of lateral roots in phosphorus (P) acquisition of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Aquatic Botany*, 75(4), 311–321. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(03\)00003-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(03)00003-2)
- Yu, C., Li, Z., Xu, Z., & Yang, Z. (2020). Lake recovery from eutrophication: Quantitative response of trophic states to anthropogenic influences. *Ecological Engineering*, 143(July 2019). <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105697>
- Zhao, F., Xi, S., Yang, X., Yang, W., Li, J., Gu, B., & He, Z. (2012). Purifying eutrophic river waters with integrated floating island systems. *Ecological*

Engineering, 40, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.12.012>

Zhao, J., Gao, Q., Liu, Q., & Fu, G. (2020). Lake eutrophication recovery trajectories: Some recent findings and challenges ahead. *Ecological Indicators*, 110(January 2019). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105878>



LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat dan Bahan

- Alat

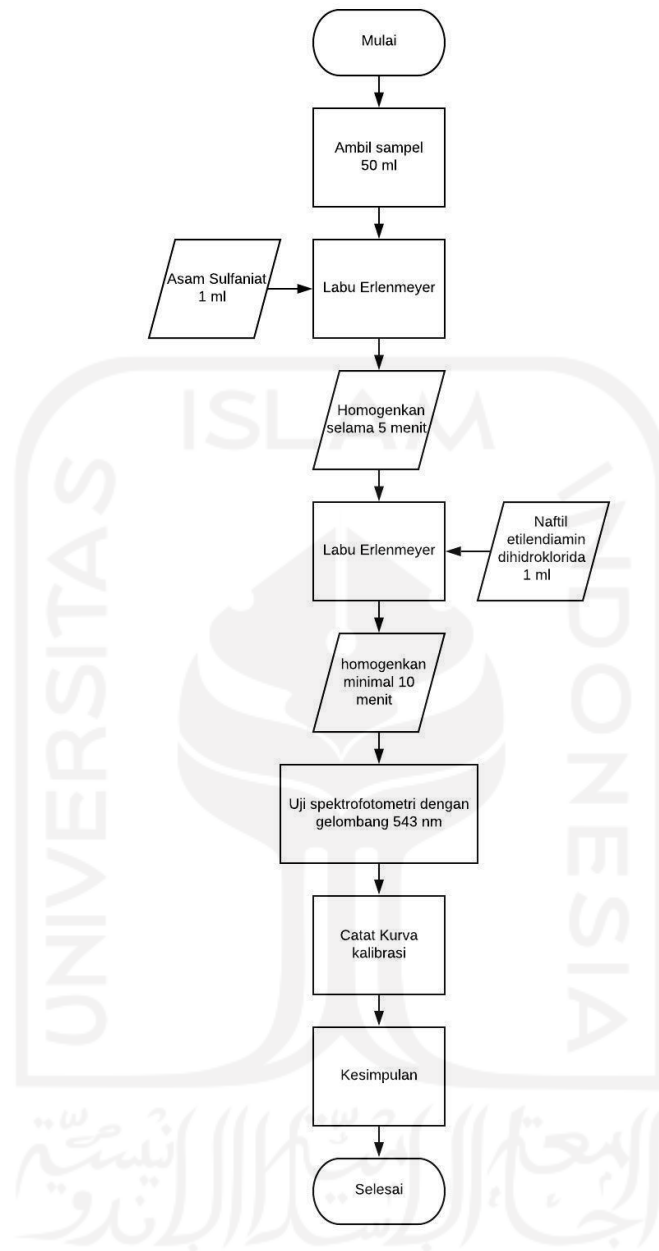
- Reaktor kaca, digunakan untuk menampung air limbah. Reaktor kaca yang digunakan berukuran 100 cm x 40 cm x 40 cm sebanyak 3 buah.
- *Floating bed*, digunakan sebagai media tanam Eceng Gondok yang dibuat dari pipa pvc ½ inch, tali, *polyurethane*, dan pot.
- *Polyurethane Sponge*, digunakan sebagai media penyangga. Media penyangga yang digunakan berukuran 3 cm x 3 cm.
- Spektrofotometer, digunakan untuk mengukur nilai absorbansi dari sampel dengan menggunakan panjang gelombang cahaya 543 nm dan 410 nm
- pH meter, digunakan untuk mengukur parameter pendukung berupa derajat keasaman (pH)
- Turbidi meter, digunakan untuk mengukur parameter pendukung berupa turbiditas
- DO meter, digunakan untuk mengukur parameter pendukung berupa *Dissolved Oxygen (DO)*
- Tabung reaksi, digunakan untuk mencampur dan menampung senyawa kimia.
- Pipetukur, digunakan untuk memindahkan larutan dengan volume yang diinginkan.
- Erlenmeyer, digunakan untuk menghomogenkan bahan-bahan komposisi media
- Labu ukur, digunakan untuk mengencerkan larutan kimia hingga mencapai volume tertentu.
- Karet hisap, digunakan untuk menghisap larutan yang dipasang pada pangkal pipet ukur

- Bahan
 - Air limbah sintesis dengan karakteristik yang disesuaikan dengan Greywater sebagai bahan utama yang akan diteliti kadar Nitrit (NO₂) dan Nitrat (NO₃) didalamnya
 - Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*), digunakan sebagai komponen penting dalam proses transformasi nutrien yang berlangsung secara fisik dan kimia mendukung proses pengendapan terhadap partikel tersuspensi.
 - Aquades, digunakan untuk mengencerkan larutan.
 - Asam Sulfaniat, digunakan sebagai pereaksi untuk membentuk senyawa azo yang berwarna merah keunguan.
 - Asam sulfat pekat digunakan sebagai perekasi untuk membuat larutan sulfanilamida H₂NC₆H₄ SO₂NH₂.
 - Naftil etilendiamin dihidroklorida, digunakan sebagai pereaksi untuk membentuk senyawa azo yang berwarna merah keunguan.



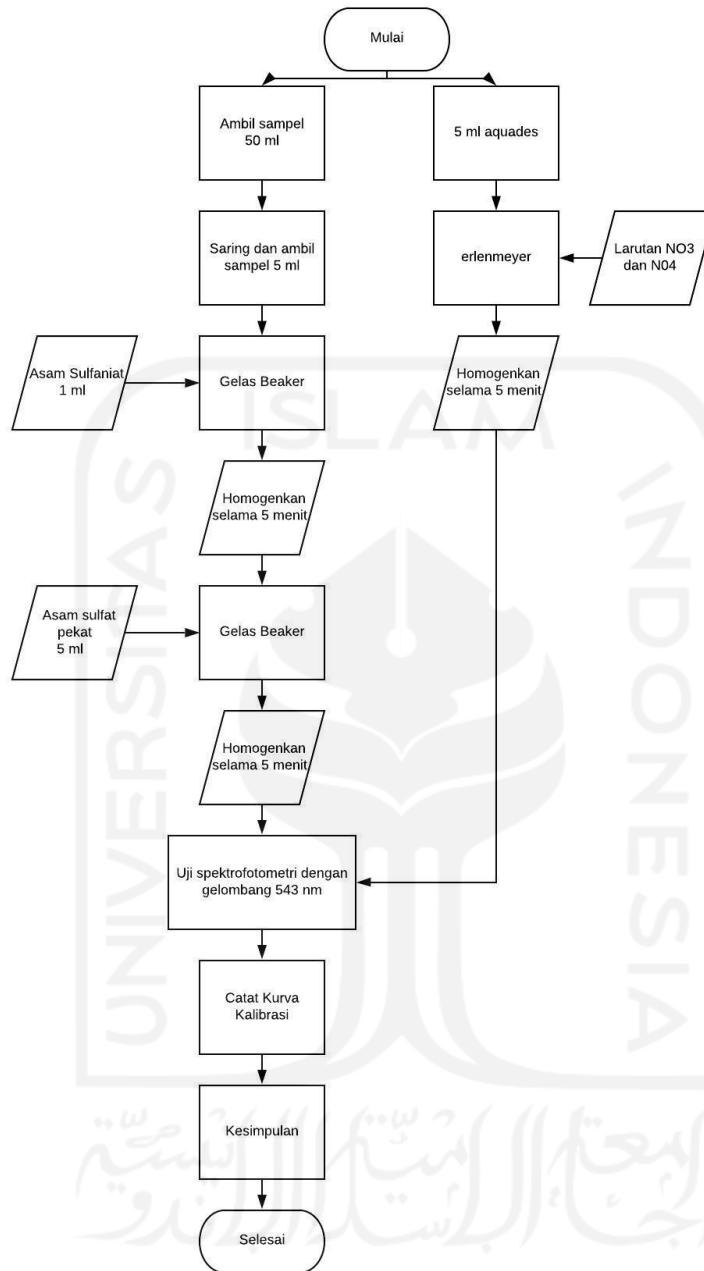
Sumber : (Dokumentasi,2020)

Lampiran 2 Diagram Alir pengukuran Nitrit (NO_2^-)



Sumber : SNI 06-6989.9-2004

Lampiran 3 Diagram Alir pengukuran Nitrat (NO_3^-)



Sumber : SNI 06-2480-1991

Lampiran 4 Hasil pengujian Nitrit (NO₂-)

Tanggal	Hari Ke-	Kontrol	EFB	EFB+SPONS
Konsentrasi Rendah				
12/10/2020	0	3.49	3.21	2.98
13/10/2020	1	3.50	3.23	3.00
14/10/2020	2	3.49	3.22	2.99
15/10/2020	3	3.29	2.87	2.49
16/10/2020	4	3.13	2.82	2.31
19/10/2020	7	2.71	2.41	1.82
22/10/2020	10	2.65	2.32	1.56
26/10/2020	14	2.55	2.22	1.45
2/11/2020	20	2.50	2.17	1.42
Efisiensi Removal (%)		28.38	32.45	52.18
Konsentrasi Tinggi				
9/11/2020	27	12.53	11.37	10.05
10/11/2020	28	12.50	11.32	10.01
11/11/2020	29	12.49	11.26	9.94
24/11/2020	42	10.90	8.18	6.49
25/11/2020	43	10.85	8.10	6.45
26/11/2020	44	10.78	8.00	6.40
30/11/2020	48	10.57	7.23	5.22
3/12/2020	51	10.37	6.56	4.28
7/12/2020	55	10.18	5.88	3.34
Efisiensi Removal (%)		18.70	48.25	66.74

Lampiran 5 Hasil pengujian Nitrat (NO₃-)

No	Hari Ke-	Kontrol	EFB	EFB+SPONS
Konsentrasi Rendah				
12/10/2020	0	4.97	4.96	4.77
13/10/2020	1	4.98	4.97	4.78
14/10/2020	2	4.97	4.96	4.77
15/10/2020	3	4.94	4.84	4.73
16/10/2020	4	4.92	4.76	4.69
19/10/2020	7	4.72	4.66	4.63
22/10/2020	10	4.68	4.64	4.62
26/10/2020	14	4.68	4.62	4.61
2/11/2020	20	4.64	4.61	4.42
Efisiensi Removal (%)		6.58	6.97	7.27
Konsentrasi Tinggi				
9/11/2020	27	16.59	16.27	15.38
10/11/2020	28	16.50	16.10	15.09
11/11/2020	29	16.41	16.08	15.02
24/11/2020	42	15.36	11.92	7.82
25/11/2020	43	15.32	11.77	7.61
26/11/2020	44	15.15	11.51	7.52
30/11/2020	48	14.84	10.63	7.19
3/12/2020	51	14.63	9.99	6.84
24	55	14.59	9.91	6.43
Efisiensi Removal (%)		12.03	39.06	58.20

Lampiran 6 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 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	-

Lampiran 7 Data Pengukuran pH

Tanggal	Hari ke-	Ph		
		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
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
9/11/2020	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
25/12/2020	43	7.24	7.1	6.5
26/12/2020	44	7.21	6.8	6.5
30/12/2020	48	7.15	6.5	6.23
3/12/2020	51	7.18	6.6	6.25
7/12/2020	55	7.11	6.32	6.06

Lampiran 8 Data Pengukuran Suhu

Tanggal	Hari ke-	Suhu		
		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
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
9/11/2020	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
25/12/2020	43	26,5	26	26
26/12/2020	44	27,2	26,8	27,1
30/12/2020	48	26,8	26,4	26,6
3/12/2020	51	26,9	26,6	26,6
7/12/2020	55	27,1	26,9	26,7

Lampiran 9 Data Pengukuran DO

Tanggal	Hari ke-	DO		
		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
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
9/11/2020	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
25/12/2020	43	0,9	1,4	1,7
26/12/2020	44	1,2	1,8	2,3
30/12/2020	48	1,3	1,8	2,5
3/12/2020	51	1,1	1,5	1,8

7/12/2020	55	1.4	1.6	1.9
-----------	----	-----	-----	-----

Lampiran 10 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
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
9/11/2020	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
25/12/2020	43	51	1.51	1.01
26/12/2020	44	38.51	1.33	0.94
30/12/2020	48	19.44	1.07	0.53
3/12/2020	51	17.21	0.83	0.41
7/12/2020	55	14.57	1.12	1.03

Lampiran 11 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
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
9/11/2020	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
25/12/2020	43	1.56	1.71	1.68
26/12/2020	44	1.78	1.81	1.72
30/12/2020	48	1.97	2.03	1.93
3/12/2020	51	1.77	1.54	1.31
7/12/2020	55	1.42	1.33	1.07

Lampiran 12 Gambar Perakitan Floating pada Reaktor



Lampiran 13 Gambar Floating pada reaktor



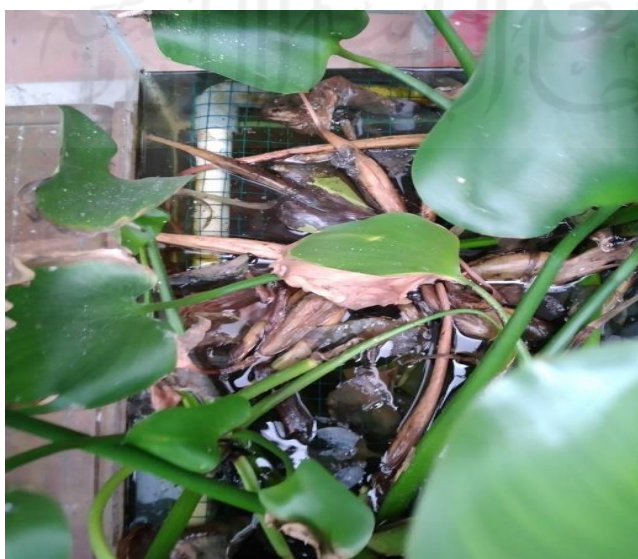
Lampiran 14 Kondisi awan tumbuhan Eceng Gondok



Lampiran 15 Aklimatisasi tumbuhan Eceng gondok



Lampiran 16 Kondisi akhirtumbuhan Eceng Gondok dalam reaktor



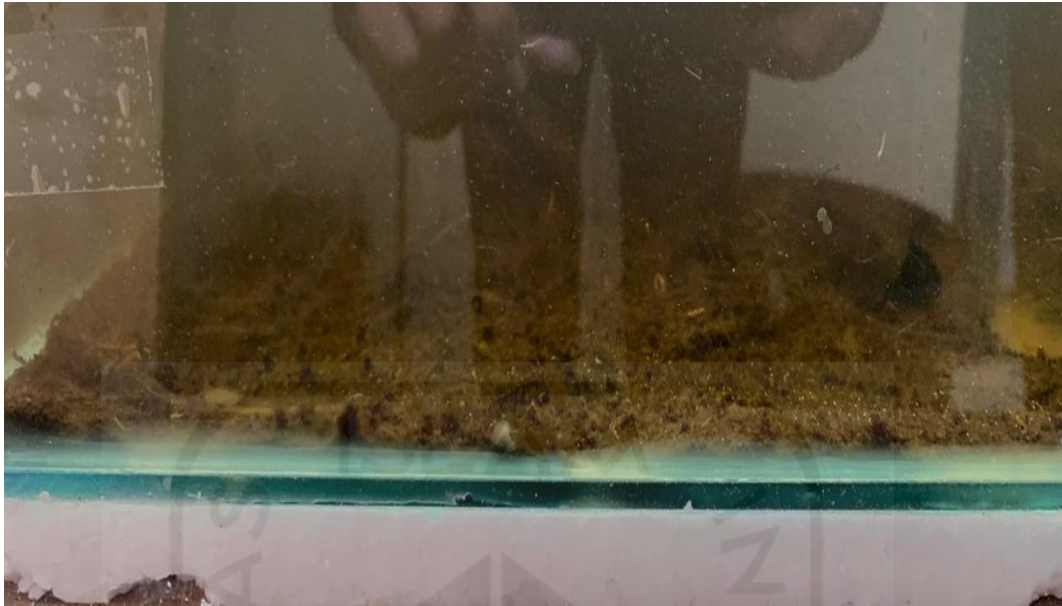
Lampiran 17 Mofdikasi *Sponge*



Lampiran 18 Modifikasi *sponge* terhadap eceng gondok



Lampiran 19 Kondisi Sedimen pada reaktor



Lampiran 20 Kondisi Sedimen pada reaktor



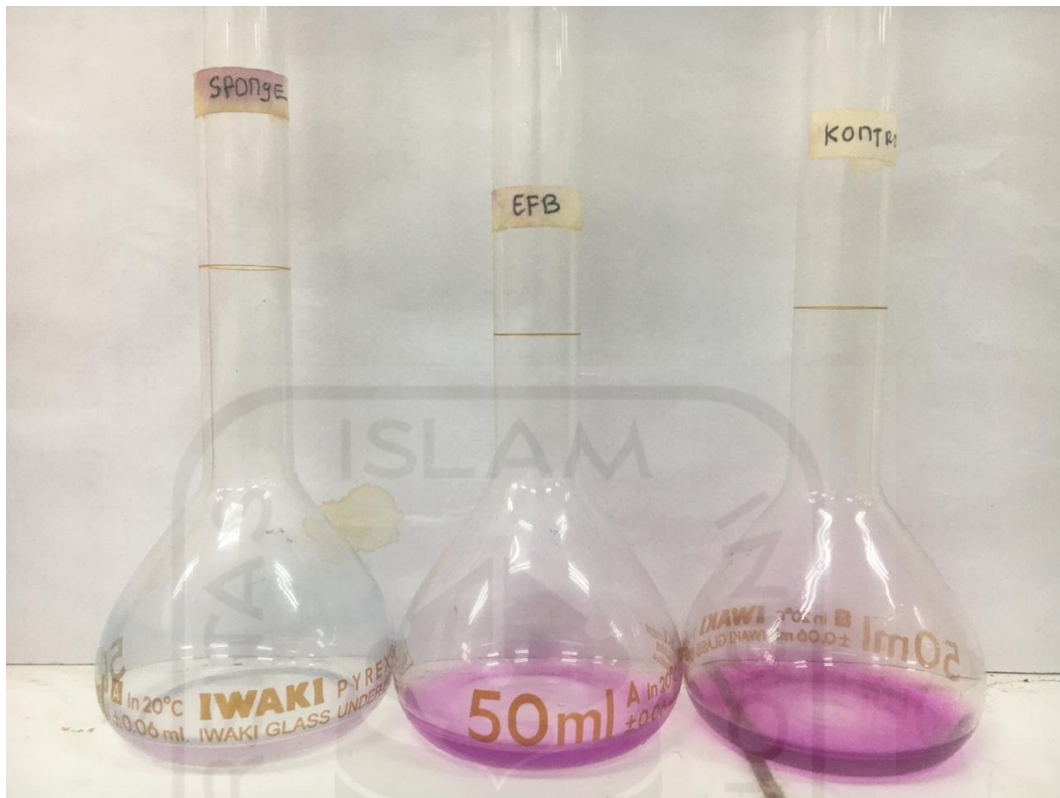
Lampiran 21 Kondisi Laboratorium Pengujian



Lampiran 22 Pengukuran Sampel Nitrit dengan spektrofotometer



Lampiran 23 Gambar Contoh sampel Nitrit



Lampiran 24 Gambar Contoh sampel Nitrat

