**EFISIENSI TEKNOLOGI *FITO-BIOFILM* DALAM PENURUNAN KADAR NITROGEN DAN FOSFAT PADA LIMBAH DOMESTIK DENGAN AGEN *FITOTREATMENT* TERATAI *(nymphaea, sp)* DAN MEDIA *BIOFILTER* *BIO-BALL***

 **(Studi Kasus Perumahan Graha Mukti, Tlogosari, Semarang)**

Erdina Parwaningtyas \*) Sri Sumiyati, ST, MSi \*\*) Ir.Endro Sutrisno, MS\*\*)

*ABSTRAK*

Limbah cair domestik merupakan masalah lingkungan yang perlu ditangani secara serius mengingat semakin menurunnya daya dukung lingkungan untuk melakukan penjernihan kembali (*self purification*) terhadap beban pencemaran. Umumnya air limbah kegiatan rumah tangga (domestik) yang dibuang langsung menuju badan air seperti sungai dan danau, Padahal limbah cair domestik yang berasal dari aktifitas rumah tangga dapat merusak estetika bahkan mengganggu kesehatan masyarakat. Salah satu bahan pencemar yang terdapat di dalam limbah domestik ini adalah nitrogen dan fosfat. Keberadaan nitrogen dan fosfat yang berasal dari dalam konsentrasi tinggi di badan air dapat menyebabkan *eutrofikasi.* satu tindakan pemulihan yang dapat dilakukan yakni melalui teknologi *fito-biofilm* yakni dengan memanfaatkan penggunaan tumbuhan dan media biofilm sebagai filter biologis untuk menghilangkan dan menurunkan konsentrasi polutan. Salah satu agen fitobiofilm yang dapat dimanfaatkan adalah kombinasi antara tanaman teratai (*Nymphaea sp*) dan media *bio-ball*. Pada penelitian ini untuk mengolah limbah digunakan reaktor fito-biofilm yang terdiri dari 3 kompatemen dengan berat tanaman teratai pada kompatemen 1, 2, 3 masing-masing 200 gram dan jumlah media bioball 800, 500 dan 200 buah. Pengolahan dilakukan dengan sistem kontinyu pada variasi waktu tinggal 3,4,5,7,10 dan 24 jam. Hasil penelitian ini didapatkan efisiensi tertinggi penurunan kadar nitrogen ammonia sebesar 60,2% dan fosfat sebesar 52,38% pada waktu tinggal 24 jam.

Keywords: *Fito-biofilm, Teratai (Nymphaea Spp.),* media *bio-ball , Ammonia, fosfat.*

**PENDAHULUAN**

Limbah cair domestik merupakan masalah lingkungan yang perlu ditangani secara serius mengingat semakin menurunnya daya dukung lingkungan untuk melakukan penjernihan kembali (*self purification*) terhadap beban pencemaran. Umumnya air limbah kegiatan rumah tangga (domestik) yang dibuang langsung menuju badan air seperti sungai dan danau. Limbah cair domestik yang berasal dari aktifitas rumah tangga dapat merusak estetika bahkan mengganggu kesehatan masyarakat. Limbah cair domestik dimungkinkan mengandung bahan organik, senyawa kimia maupun mikroorganisme pathogen yang sangat berbahaya.

Salah satu bahan pencemar yang terdapat di dalam limbah domestik ini adalah nitrogen dan fosfat. Keberadaan nitrogen dan fosfat yang berasal dari di badan air dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan *eutrofikasi.* Kondisi *eutrofik* inilah mengakibatkan alga dapat berkembang biak dengan pesat *(blooming).* Semakin banyak alga yang tumbuh maka semakin banyak oksigen dalam badan air yang dimanfaatkan untuk pernafasan alga. Kondisi tersebut bisa menyebabkan oksigen berkurang. Akibatnya spesies makhluk hidup air akan berkurang sehingga mengganggu ekosistem(Yahya,2010).

Oleh Karena itu, perlu dilakukan suatu alternatif pengolahan limbah domestik yang murah, efektif dan efisien. Salah satu tindakan pemulihan yang dapat dilakukan yakni dengan teknologi *fito-biofilm*. Teknologi *fito-biofilm* dengan memanfaatkan penggunaan tumbuhan dan media biofilm sebagai filter biologis untuk menghilangkan dan menurunkan konsentrasi polutan. Salah satu agen fitobiofilm yang dapat dimanfaatkan adalah kombinasi antara tanaman teratai (*Nymphaea sp*) dan media *bio-ball*. Diharapkan fitobiofilm dengan teratai dan media *bio-ball* ini dapat menjadi teknologi alternatif untuk mengurangi kadar bahan pencemar pada limbah domestik.

**PEMBATASAN MASALAH**

Pada penelitian ini karena terdapat banyak keterbatasan seperti materi, tenaga dan waktu, maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Parameter pokok analisis adalah limbah domestik yang mengandung konsentrasi nutrien tinggi berupa nitrogen dan fosfat.
2. Air limbah domestik yang digunakan adalah limbah perumahan Graha Mukti, Tlogosari, Semarang yang dibuang langsung ke badan air (sungai) yang berada disamping perumahan.
3. Konsentrasi nitrogen yang diuji dalam penelitian ini dalam bentuk senyawa ammonia.
4. Variasi yang dilakukan adalah waktu tinggal air limbah dalam reaktor.
5. Analisis yang dilakukan yaitu analisis kemampuan *Fito-biofilm* teratai dan media *bio-ball* dalam menurunkan konsentrasi nitrogen dan fosfat pada limbah domestik. Analisis dilakukan dengan skala laboratorium.
6. Analisis nitrogen dan fosfat menggunakan metode spektrofotometer.

**TUJUAN**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui penurunan konsentrasi nitrogen dan fosfat pada limbah domestik dengan *Fito-biofilm* teratai dan media *bio-ball*.
2. Mengetahui pengaruh waktu tinggal penurunan konsentrasi nitrogen dan fosfat pada air limbah domestik.
3. Mengetahui efisiensi penyerapan *Fito-biofilm* teratai dan *bio-ball* terhadap konsentrasi nitrogen dan fosfat terhadap air limbah domestik.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Tahap persiapan

Tahap pelaksanaan

Tahap penyusunan laporan

Analisa hasil

Konsentrasi nitrogen dan fosfat

Pembahasan

Kesimpulan dan saran

Uji pendahuluan

Kandungan nitrogen (ammonia) dan fosfat

Seeding dan aklimatisasi

14 hari

Penelitian fitobio-film:

* Perlakuan variasi waktu tinggal
* Pengambilan sampel
* Analisa laboraitorium

permasalahan

Ide penelitian

Studi literatur

Persiapan alat dan bahan

* Reaktor fito-biofilm
* Air limbah domestik
* dll

**TAHAPAN PENELITIAN**

1. Persiapan alat dan bahan

Pada tahap ini dilakukan persiapan alat dan bahan yang akan diperlukan di dalam penelitian*.*  Berikut adalah tabel alat dan bahan yang diperlukan :

1)Alat

a. Reaktor fito-biofilm

b. pH meter

c. Kertas saring

d. Neraca analitik

e. Pipet

f. Gelas ukur

g. Gelas Beker

h. Labu ukur 10 ml

i. *Green house*

2) Bahan

a.Limbah

b.Teratai (Nymphaea Spp.)

c. Media bioball

d. Batu andesit

e. Dakron

f. Nutrien hidroponik

g. Aquades

h. NaOH 6N

i. EDTA

j. Garam selgenette

k. Nesler

l. Larutan vanadat

1. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian terhadap literatur yang berkaitan dengan studi analisis penelitian meliputi :

* Teknologi *fitoremediasi* dan biofilter sebagai teknologi pemulihan pada lingkungan perairan.
* Mekanisme penyerapan nitrogen (N) dan fosfat oleh Teratai (Nymphaea Spp.) dan media bioball yang digunakan dalam teknologi *Fito-biofilm* sebagai kontaminan pada air limbah domestik.
* Standart metode yang dilakukan dalam pengukuran nitrogen (N) dan fosfat dengan menggunakan alat spektrofotometer.
1. Kultivasi tanaman

Teratai (Nymphaea Spp.) di kultivasi dalam sebuah sampai tumbuh daun-daun baru yang akan nantinya akan digunakan untuk mengolah air limbah. Selama proses kultivasi, teratai (Nymphaea Spp.) dilakukan pemberian nutrien hidoponik sebanyak 1 gram/minggu agar dapat tumbuh dengan cepat.

**Tabel Komposisi Nutrien Hidroponik**

|  |  |
| --- | --- |
| **Nutrien** | **Komposisi (%)** |
| Nitrogen  | 8 |
| Pospor (P2O5) | 10 |
| Kalium bebas khlor(K2O) | 34 |
| Magnesium(MgO) | 2,5 |
| Unsur mikro: Mangan, boron(B), besi, seng(Zn), kobalt(Co), tembaga, molibnedum(Mo), belerang(S), selenium(Se), dan iodium(I) | 45,5 |

1. Pembuatan Green House

Pembuatan green house dilakukan dibelakang laboratorium teknik lingkungan undip. Green house dibuat dengan palang besi berlapis plastik dan paranet dengan dimensi *200cm x 150cm x 150cm.* Green house ini berfungsi untuk melindungi tumbuhan dari panas dan dingin secara berlebihan, debu dan hama yang dapat mengganggu proses penelitian.

1. *Seeding* dan *Aklimatisasi*

Sebelum digunakan dalam proses pengolahan air limbah domestik, Teratai (Nymphaea Spp.) dan media bioball terlebih dulu dilakukan proses *Seeding* dan *aklimatisasi* selama 2 minggu. *Seeding* dilakukan dengan cara mengambil air limbah domestik, selanjutnya masukkan media bioball dan teratai (Nymphaea Spp.) ke dalam bak selama 14 hari. Aklimatisasi dilakukan bersamaan dengan waktu *Seeding.* Aklimatisasi dilakukan untuk mendapatkan kultur yang bagus dan mikroorganisme yang yang mampu beradaptasi dengan air limbah.

1. Persiapan Reaktor Fito-biofilm

Reaktor Fito-biofilm yang digunakan berupa kotak papan kayu berlapis plastik dengan dimensi 40cmX 30cmX50cm tiap reaktor. Dimana terdapat 3 reaktor dalam 1 rangkaian. Jarak pipa outlet reaktor 1 dengan bagian atas reaktor adalah 8 cm, pada reaktor 2 adalah 16 cm dan pada reaktor 3 adalah 24 cm. Sehingga volume hidrolis reaktor 1= 49,2 liter, reaktor 2= 39,6 liter dan reaktor 3 = 30 liter. Susunan isi reaktor dari bagian dasar hingga atas terdiri dari media bioball, dakron dan batu andesit. Pada reaktor 1 berisi 800 buah media bioball, reaktor 2 berisi 500 buah bioball dan reaktor 3 berisi 200 buah bioball. Dakron berdimensi sama setiap reaktor yaitu 40cmx30cmx2,5cm. Batu andesit setiap reaktor memiliki berat yang sama yaitu 0,5 kg.

1. Pengambilan air limbah domestik di perumahan

Air limbah yang akan digunakan diperoleh dari perumahan Graha Mukti, Tlogosari, Semarang. Pengambilan sampel air dilakukan pagi hari dan langsung digunakan untuk penelitian hari tersebut. Pengambilan sampel dilakukan dengan plastik (polietilen) dengan volume tertentu yang kemudian diangkut menuju lokasi penelitian. Sampel air diperoleh dari ujung saluran *(outlet)* pembuangan perumahan sehingga mewakili kondisi kandungan air limbah perumahan Graha Mukti.

1. Uji *Fito-biofilm*

Uji Fito-biofilm ini meliputi teratai pada reaktor, analisa laboratorium, dan penentuan konsentrasi nitrogen dan fosfat dengan menggunakan spektrofotometer.

1. Uji Konsentrasi Nitrogen dan fosfat

Uji konsentrasi nitrogen dilakukan dengan uji kandungan nitrogen (ammonia) dan fosfat. Analisis terhadap variasi waktu dilakukan sebanyak 3 kali. Pengujian sampel yaitu pada influen, reaktor 1, 2 dan 3. Analisa konsentrasi nitrogen dalam bentuk ammonia dan fosfat dilakukan menggunakan metode spektrofotometer.. Keseluruhan uji dilakukan sesuai dengan Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition.

* Analisis konsentrasi Ammonia

Langkah kerja:

2 ml sampel(jernih) ditambahkan aquades sampai volume 10 ml. tambahkan NaOH 6N 5 tetes dan EDTA 5 tetes. Lalu air diambil tanpa endapan yang terikat. Perlakuan selanjutnya 5 ml air sampel tadi ditambahkan 1-2 tetes pereaksi selgenette, kemudian tambahkan 0,5 ml pereaksi nessler dan dikocok dan dibiarkan 10 menit hingga warna kuning lalu di spektro dengan panjang gelombang 420 nm.

* Analisis konsentrasi Fosfat

Langkah Kerja:

7 ml sampel dimasukkan kedalam labu ukur 10 ml. Kemudian ditambahkan 2 ml larutan vanadat dan aquades sampai tanda tera ukur pada labu. Spektrofotometer dengan panjang gelombang 490 nm.

1. Analisa hasil

Analisis hasil yang dilakukan yakni mengetahui seberapa besar konsentrasi yang dapat diturunkan Teratai (Nymphaea Spp.) dan media bioball dengan melihat seberapa besar penurunan konsentrasi dari nitrogen (ammonia) dan fosfat atas hasil pengujian sampel media fito-biofilm menggunakan spektofotometer.

Bak penampung air limbah

Bak penampung air olahan

Reaktor 3

Reaktor 2

Reaktor 1

**Gambar Bagan Rangkaian Reaktor**

Rangkaian Reaktor:

* Bak penampung air limbah berbahan drum plastik
* Reaktor Bahan Kayu berlapis plastik (40x30x50) cm
* Bak penampung air olahan berupa akuarium

Tumbuhan:

* Reaktor 1, 2 dan 3: 200 gram berat basah Tumbuhan Teratai

Media bioball:

* Reaktor 1 : 800 buah media bioball
* Reaktor 2 : 500 buah media bioball
* Reaktor 3 : 200 buah media bioball

Media Fitoremediasi:

* Air limbah uji, volume 118,8 liter air limbah perumahan Graha Mukti, Tlogosari, Semarang.

**ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**1. Uji Pendahuluan**

Uji pendahuluan dilakukan sebelum melakukan penelitian pada air limbah yang akan digunakan pada penelitian. Uji pendahuluan ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi awal nitrogen dalam bentuk ammonia dan fosfat yang akan digunakan pada proses penelitian. Dengan adanya uji pendahuluan ini maka akan diketahui konsentrasi ammonia dan fosfat dalam air limbah tersebut memenuhi baku mutu atau tidak sehingga layak dilakukan pengolahan.

Uji pendahuluan dilakukan pada air limbah *outlet* selokan perumahan Graha Mukti, Tlogosari, Semarang. Berikut ini tabel kandungan nutrien menurut hasil uji pendahuluan yang dilakukan :

**Tabel Hasil Uji Pendahuluan Limbah**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Komposisi** | **Konsentrasi(mg/l)** | **Baku Mutu****PP.82/2001 gol III** |
| Ammonia  | 3,5 | (-) |
| Fosfat | 9,17 | 1 |

Keterangan :

(-) = tidak diperkenankan

Menurut hasil uji pendahuluan yang dilakukan pada air limbah domestik tersebut konsentrasi ammonia dan fosfat melebihi baku mutu air kelas III PP No.82 th 2001 sehingga memerlukan suatu pengolahan.

**2. Kultivasi**

Kultivasi dilakukan pada Teratai (Nymphaea Sp.) yang akan digunakan dalam penelitian. Teratai berasal dari Rawa Pening dikultivasi kurang lebih selama 2 minggu sampai tumbuh daun-daun baru sehingga di dapat teratai yang bebas kontaminan. Selama proses kultivasi, teratai (Nymphaea Sp.) dilakukan pemberian nutrien hidoponik sebanyak 1 gram/minggu agar dapat tumbuh dengan cepat.

***3. Seeding* dan *Aklimatisasi***

Sebelum digunakan untuk penelitian, pada media bioball terlebih dahulu dilakukan proses *Seeding dan aklimatisasi Teratai* (Nymphaea Sp.). Menurut Yahya (2010), tujuan dilakukan *Seeding* selain untuk membenihkan mikroorganisme supaya media mampu melakukan oksidasi pada zat pencemar organik pada air limbah tersebut agar dikondisikan beradaptasinya dengan lingkungan awal tempat berkembangbiaknya mikroorganisme yang akan di ujikan di reaktor.

Proses pembentukan biofilm melalui waktu-waktu tertentu. Pada hitungan detik awal, bakteri mengalami pengendapan yang berubah-ubah. Terdapat bakteri yang mengendap dan ada pula yang terbawa arus. Dalam hitungan detik hingga menit, bakteri yang terbawa arus selanjutnya melekat pada substrat dan tidak dapat berpindah karena terdapat ikatan yang kuat dengan substrat. Dalam hitungan jam hingga hari terjadi pertumbuhan dan pembelahan sel bakteri. Dalam hitungan jam hingga hari selanjutnya terjadi produksi eksopolimer dan mulai terbentuknya biofilm. Dalam hitungan hari hingga bulan, terjadi pelekatan organisme lain pada biofilm (*Center of Biofilm Engineering*, 2012). Seeding dilakukan untuk membentuk biofilm pada media bioball*. Seeding* dilakukan dengan cara mengambil air limbah domestik, selanjutnya masukkan bersama dengan media bioball dan teratai (Nymphaea Spp.) ke dalam bak selama 14 hari. Pengambilan waktu seeding dalam waktu 14 hari itu dimaksudkan agar tepat dengan waktu proses pematangan biofilm tahap akhir, mikroba siap untuk menyebar dan berkolonisasi di tempat lain. Sehingga diperoleh biofilm dalam kondisi *steady state* pada limbah.

Aklimatisasi dilakukan untuk mendapatkan suatu kultur yang bagus dan mikroorganisme yang mampu beradaptasi dengan air limbah(Yahya,2010). Aklimatisasi dilakukan pada Teratai (Nymphaea Sp.) dalam reaktor sama seperti waktu seeding yaitu selama 14 hari. Berat awal teratai sebelum aklimatisasi sama pada setiap reaktor yaitu 200 gram. Saat proses aklimatisasi nya teratai mengalami pembusukan pada bagian batang dan daun yang tidak mampu beradaptasi dengan air limbah, namun kemudian tumbuh daun-daun baru yang telah mampu beradaptasi dengan air limbahnya.

**4. Uji Penurunan Konsentrasi Nitrogen dan Fosfat**

Pada penelitian ini, uji penurunan konsentrasi nitrogen dan fosfat dilakukan dengan kombinasi metode fitoremediasi dan biofilter (*fito-biofilm*). Uji penurunan konsentrasi nitrogen ammonia dan fosfat dilakukan dengan metode spektrofotometer.

**a) Uji Penurunan konsentrasi *ammonia***

Ammonia merupakan salah satu bentuk senyawa nitrogen dalam air. Ammonia yang terukur di perairan berupa ammonia total (NH3 dan NH4 +). Ammonia bebas tidak dapat terionisasi, sedangkan ammonium dapat terionisasi. Ammonia bebas yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik, sedangkan ammonium merupakan salah satu sumber nitrogen yang dapat dimanfaatkan langsung oleh tumbuhan air(Wissanti,2011). Karena perannya sebagai nutrien perairan inilah jika dalam konsentrasi tinggi dapat memicu *eutrofikasi.* Selain memicu *eutrofikasi* di perairan ammonia juga mengakibatkan bau yang menyengat. Konsentrasi ammonia yang tinggi inilah diharapkan dapat diturunkan dengan adanya *fito-biofilm*.

Berikur merupakan hasil uji penurunan konsentrasi ammonia dengan *fito-biofilm* :

**Hasil uji penurunan Ammonia dengan Fito-biofilm teratai dan media bioball**

****

Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi ammonia pada reaktor. Menurut PP no 82 th 2001 untuk baku mutu air golongan III, standar kandungan ammonia 0 atau tidak diperkenankan. Penurunan konsentrasi ammonia ini penting untuk mengendalikan keberadaan nutrien dan bau dalam suatu perairan. Pada penelitian, kandungan ammonia pada influen untuk masing-masing waktu tinggal 24, 10, 7, 5, 4, dan 3 jam adalah 5,24; 4,78; 2,46; 2,26;2,40 dan 2,52 mg/l sehingga melebihi baku mutu yang ditetapkan. Sesuai dengan hasil uji yang dilakukan bahwa dengan variasi waktu tinggal yang berbeda-beda konsentrasi ammonia mengalami penurunan. Pada setiap reaktor terlihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi ammonia. Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada waktu tinggal 24 jam konsentrasi ammonia turun dari 5,235 mg/l menjadi 2,083 mg/l. Namun pada waktu tinggal 3 jam konsentrasi ammonia mengalami kenaikan pada *outlet* reaktor 1 sebelum akhirnya turun di reaktor 2 dan reaktor 3(efluen) menjadi 2,44 mg/l. Pada influen konsentrasi ammonia tidak stabil, hal ini disebabkan sifat ammonia yang tidak stabil dalam air.

Pelepasan oksigen oleh akar oleh tumbuhan air menyebabkan air disekitar rambut akar memiliki kadar oksigen yang tinggi. Sehingga memungkinkan mikroorganisme pengurai seperti bakteri aerob dapat hidup. (Reed et al, 1988 dalam ipb.ac.id, 2007). Pada reaktor ini senyawa ammonia akan diserap oleh akar teratai (Nymphaea Sp.), dengan bantuan mikroba yang tumbuh di akar teratai maka senyawa ammonia yang berupa ion ammonium akan mengalami nitrifikasi menjadi senyawa nitrit dan nitrat. Senyawa nitrit dan nitrat ini nantinya akan di absorbsi oleh akar kemudian nantinya akan dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk nurien nya. Sisa nitrit yang tidak terpakai oleh tumbuhan akan mengalami proses denitrifikasi menjadi nitrogen dengan bantuan bakteri yang tumbuh pada akar.

Menurut Said(2000), Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah misalnya senyawa organik (BOD, COD), ammonia, phospor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilhan akan diubah menjadi biomasa. Pada penelitian ini konsentrasi senyawa polutan berupa ammonia menjadi turun karena diuraikan oleh mikroorganisme yang ada dalam lapisan biofilm.

Pada zona aerobik nitrogen–ammonium akan diubah menjadi nitrit dan nitrat dan selanjutnya pada zona anaerobik nitrat yang terbentuk mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen. Oleh karena di dalam sistem bioflim terjadi kondisi anaerobik dan aerobik pada saat yang bersamaan maka dengan sistem tersebut maka proses penghilangan senyawa nitrogen menjadi lebih mudah(Said,2000). Pada siang hari, zona aerobik biofilm terjadi proses nitrifikasi yang mengubah ammonia menjadi nitrit dan nitrat sehingga saat seperti ini mulai terjadi penurunan konsentrasi ammonia dan peningkatan konsentrasi nitrit dan nitrat. Selanjutnya nitrit dan nitrat ini mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen pada zona anaerobik. Sehingga di dalam sistem biofilm kondisi aebobik dan anaerobik pada saat yang bersamaan terjadi proses penghilangan senyawa nitrogen.

Proses penurunan kadar zat pencemar dalam air limbah dengan menggunakan tumbuhan air merupakan kerjasama antara tumbuhan dengan mikroba yang berasosiasi dengan tumbuhan tersebut. Tumbuhan memperoleh nitrogen dari senyawa-senyawa nitrogen dalam nitrit , nitrat dan ammonia Wolverton (1987 dalam Rosa,1995). Pada reaktor tidak menggunakan aerator sebagai sumber asupan oksigen sebagai sumber proses aerobik biofilm tapi hanya mengandalkan oksigen yang terlarut dalam air limbah saja. Dengan oksigen mikroorganisme mengubah nitrogen ammonium menjadi nitrit dan nitrat pada zona aerobik. Selanjutnya pada zona anaerobik nitrat yang terbentuk akan mengalami denitrifikasi menjadi gas nitrogen. Nitrat dan nitrit yang tidak terdekomposisi oleh mikroorganisme akan diserap oleh tumbuhan sebagai sumber nutrien nya. Sedangkan CO2 yang dihasilkan pada proses anaerobik akan dimanfaatkan oleh tumbuhan teratai untuk fotosintesisnya.

Efektifnya reaktor *fito-biofilm* ini dalam mereduksi ammonia dibuktikan dengan penurunkan konsentrasi ammonia sebesar 60,2 % pada waktu tinggal terlama. Efisiensi penurunan tersebut lebih baik dari penelitian sebelumnya tentang studi pengolahan air limbah domestik dengan biofilter aerasi menggunakan media bioball dan enceng gondok oleh Fahrul Yahya hanya mampu menurunkan konsentrasi ammonia sebesar 38,4%.

b) **Uji Penurunan Konsentrasi *fosfat***

Fosfat berasal dari bahan sodium tripolyphospate yang merupakan salah satu bahan yang kadarnya besar dalam detergen. Sodium tripolyphospate ini akan terhidrolisa menjadi PO4 dan P2O7 yang selanjutnya juga akan terhidrolisa menjadi PO4(Hardyani, 2007)

$$ P\_{3 } O\_{10}^{-5 }+ H\_{2}O \rightarrow PO\_{4}^{3-}+ P\_{2 }O\_{7}^{4-}+ 2H^{+}$$

$$P\_{2 }O\_{7}^{4-}+ H\_{2}O \rightarrow PO\_{4}^{3-}+2H^{+}$$

Fosfat merupakan unsur yang penting dalam daur organik suatu perairan karena bersama-sama dengan karbon melalui proses fotosintesis membentuk jaringan tumbuh-tumbuhan. Namun,di dalam badan air fosfatyang berlebih akan mengakibatkan terjadinya *eutrofikasi*. Oleh karena itu fosfatdiharapkan dapat diturunkan dengan adanya *fito-biofilm*.

Berikur merupakan hasil uji penurunan konsentrasi fosfat dengan fito-biofilm :

**Tabel**

**Hasil uji penurunan Fosfat dengan Fito-biofilm teratai dan media bioball**



Berdasarkan tabel terlihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi fosfat pada reaktor. Menurut PP no 82 th 2001 untuk baku mutu air golongan III, standar kandungan fosfat 1mg/l. Pada penelitian, rata-rata kandungan fosfat pada influen pada waktu tinggal 24, 10, 7, 5, 4, dan 3 jam adalah 12,23; 10,48; 10,26; 9,39; 10,04; dan 10,99 mg/l sehingga melebihi baku mutu yang ditetapkan. Sesuai dengan hasil uji yang dilakukan bahwa dengan variasi waktu tinggal yang berbeda-beda konsentrasi fosfat mengalami penurunan. Pada setiap reaktor terlihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi fosfat. Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada waktu tinggal 24 jam konsentrasi fosfat turun dari 12,23 mg/l menjadi 5,82 mg/l. Penurunan konsentrasi fosfat ini penting untuk mengendalikan keberadaan nutrien dalam suatu perairan.

Proses penyerapan zat-zat yang terdapat di dalam air limbah dilakukan oleh ujung-ujung akar. Zat-zat yang diserap oleh akar akan masuk ke batang melalui pembuluh pengangkut (anonim, 1996). Fosfat yang terkandung dalam limbah pada penelitian ini merupakan nutrien bagi tumbuhan teratai *(nymphaea sp),* penyerapan nya dilakukan oleh ujung akar kemudian akan masuk ke batang untuk dijadikan nutrisi bagi tanaman tersebut. Fosfor bagi tumbuhan berfungsi membentuk asam nukleat (DNA dan RNA), menyimpan serta memindahkan energi *Adenusin Tri Phosphate* (ATP) dan *Adenosin Di Phosphate* (ADP) merangsang pembelahan sel, dan membantu proses Asimilasi serta respirasi (USU.ac.id, 2012).

Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah misalnya senyawa organik (BOD, COD), ammonia, phospor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilhan akan diubah menjadi biomasa (Said,2000). Pada penelitian ini konsentrasi senyawa polutan berupa fosfat menjadi turun karena diuraikan oleh mikroorganisme yang ada dalam lapisan biofilm.

Bakteri membutuhkan suatu nutrien yang berupa nitrogen dan fosfat yang terdapat pada air limbah. Bakteri dapat mendekomposisi nutrien tersebut dengan melihat jumlah kadar oksigen dan lingkungan yang tercukupi. Selain itu, bakteri akan mengeluarkan karbondioksida (CO2) dari proses metabolisme dan mendekomposisi nutrien tersebut hingga membantu tanaman dalam proses fotosintesisnya(Yahya,2010). Mikroorganisme dan tanaman teratai (Nymphaea Spp.) dalam reaktor membutuhkan suatu nutrien yang salah satunya berupa fosfat yang terdapat dalam air limbah. Mikroorganisme dapat mendekomposisi nutrien tersebut dan tanaman dapat menyerap nutrien tersebut sebagai sumber nutrisi pertumbuhannya. Dalam mendekomposisi nutrien fosfat dalam keadaan aerob mikroorganisme akan melepaskan CO2 yang nantinya akan digunakan oleh tumbuhan teratai (Nymphaea Spp.) dalam fotosintesisnya. Bila dalam keadaan anaerob maka mikroorganisme akan melepaskan H2S. Hal itu mungkin salah satu penyebab terjadinya bau pada reaktor saat malam hari.

Efektifnya reaktor *fito-biofilm* ini dalam mereduksi fosfat dibuktikan dengan penurunkan konsentrasi fosfat sebesar 52,38 % pada waktu tinggal terlama. Efisiensi penurunan tersebut lebih baik dari penelitian sebelumnya tentang studi pengolahan air limbah domestik dengan biofilter aerasi menggunakan media bioball dan enceng gondok oleh Fahrul Yahya hanya mampu menurunkan konsentrasi fosfat sebesar 49,1%.

**5. Pengaruh Waktu Tinggal**

**a) Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Konsentrasi Ammonia**

Pada penelitian ini digunakan 6 variasi waktu tinggal yang berbeda untuk mengetahui pengaruh nya terhadap konsentrasi ammonia. Pengaruh waktu tinggal terhadap konsentrasi ammonia ini dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut ini:

**Tabel Pengaruh Waktu tinggal terhadap Konsentrasi Ammonia**

|  |  |
| --- | --- |
| **Konsentrasi (mg/l)** | **Td(jam)** |
| **3** | **4** | **5** | **7** | **10** | **24** |
| titik sampling | infuen  | 2,52  | 2,40  | 2,26 | 2,46 | 4,78 | 5,24 |
| R1 | 2,63 | 2,36  | 2,16  | 2,27 | 3,89 | 3,70 |
| R2 | 2,58  | 2,34  | 1,96  | 2,16 | 3,74 | 2,44 |
| R3(Efluen) | 2,44  | 2,27  | 1,84 | 1,94 | 3,50 | 2,08 |
|  | Efisiensi penurunan konsentrasi ammonia (%) | 3,39 | 5,28 | 18,34 | 20,92 | 26,8 | 60,2 |

**Gambar Grafik Pengaruh Waktu Tinggal terhadap Konsentrasi Ammonia**

Berdasarkan tabel 4.3 diketahui bahwa pada waktu tinggal 3 jam merupakan efisiensi terkecil penurunan konsentrasi ammonia yaitu hanya sebesar 3,39%, dimana konsentrasi ammonia hanya turun dari 2,52 mg/l menjadi 2,44 mg/l. Pada waktu tinggal 4,5,6,7,10 dan konsentrasi ammonia mengalami juga penurunan dari 2,40; 2,26; 2,46; 4,78 dan 5,24 mg/l menjadi 2,27; 1,84; 1,94; 3,50; dan 2,08 mg/l. Efisiensi penurunan konsentrasi terus menerus mengalami kenaikan sebanding dengan waktu tinggal nya. Dengan efisiensi tertinggi yaitu 60,2%, pada waktu tinggal 24 jam. Efisiensi penurunan tersebut lebih rendah dari penelitian sebelumnya tentang studi pengolahan air limbah domestik dengan biofilter aerasi menggunakan media bioball dan enceng gondok oleh Fahrul Yahya dengan waktu tinggal 3 jam aerasi 14l/menit mampu merununkan konsentrasi ammonia sebesar 54,8%. Namun bila dibandingkan dengan penelitian terdahulu yaitu fitoremediasi ammonia dengan pemanfaatan teratai pada air polder tawang, maka penelitian fito-biofilm ini jauh lebih efektif. Pada penelitian fitoremediasi dengan teratai efisiensi penurunan ammonia tertinggi hanya mencapai 28,02% dalam waktu 3 hari.

Melalui Tabel 4.3 dan Gambar 4.4 terlihat bahwa nilai konsentrasi limbah berbeda pada tiap pengukuran. Hal ini menunjukan bahwa kemampuan *fito-biofilm* dalam mengolah air limbah berkaitan dengan lamanya perlakuan. Semakin lama waktu tinggal limbah dalam reaktor, maka semakin besar pula penurunan konsentrasi ammonia nya.

Penurunan konsentrasi ammonia di dalam reaktor ini disebabkan karena adanya aktivitas mikroorganisme dalam biofilm dan adanya penyerapan zat organik oleh tanaman teratai yang membantu menurunkan konsentrasi ammonia dalam limbah.

**b) Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Konsentrasi Fosfat**

Pada penelitian ini digunakan 6 variasi waktu tinggal yang berbeda untuk mengetahui pengaruh nya terhadap konsentrasi ammonia. Pengaruh waktu tinggal terhadap konsentrasi ammonia ini dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut ini:

**Tabel Pengaruh Waktu tinggal terhadap Konsentrasi Fosfat**

|  |  |
| --- | --- |
| **Konsentrasi (mg/l)** | **Td(jam)** |
| 3  | 4 | 5 | 7 | 10 | 24 |
| titik sampling | infuen  | 10,99  | 10,04  | 9,39 | 10,26 | 10,48 | 12,23 |
| R1 | 10,55  | 9,97 | 9,32 | 8,73 | 9,39 | 7,79 |
| R2 | 10,19  | 9,97 | 8,59 | 8,01 | 8,37 | 6,77 |
| R3(Efluen) | 9,90  | 9,02 | 7,93 | 7,86 | 6,62 | 5,82 |
|  | Efisiensi penurunan konsentrasi fosfat (%) | 9,86 | 10,07 | 15,45 | 23,4 | 36,8 | 52,38 |

**Gambar Grafik pengaruh Waktu Tinggal Terhadap konsentrasi fosfat**

Berdasarkan tabel diketahui bahwa pada waktu tinggal 3 jam merupakan efisiensi terkecil penurunan konsentrasi fosfat yaitu hanya sebesar 9,86%, dimana konsentrasi fosfat hanya turun dari 10,99 mg/l menjadi 9,90 mg/l. Pada waktu tinggal 4,5,6,7,10 dan konsentrasi fosfat mengalami juga penurunan dari 10,04; 9,39; 10,26; 10,48 dan 12,23 mg/l menjadi 9,02; 7,93; 7,86; 6,62; dan 5,82 mg/l. Efisiensi penurunan konsentrasi terus menerus mengalami kenaikan sebanding dengan waktu tinggal nya. Dengan efisiensi tertinggi yaitu 52,38%, pada waktu tinggal 24 jam. Efisiensi penurunan tersebut lebih rendah dari penelitian sebelumnya tentang studi pengolahan air limbah domestik dengan biofilter aerasi menggunakan media bioball dan enceng gondok oleh Fahrul Yahya yang mampu merununkan konsentrasi fosfat maksimal sebesar 54,8%. Namun bila dibandingkan dengan penelitian terdahulu yaitu fitoremediasi fosfat dengan pemanfaatan enceng gondok pada limbah cair industry kecil laundri maka penelitian fito-biofilm ini jauh lebih efektif. Pada penelitian fitoremediasi dengan enceng gondok efisiensi penurunan fosfat tertinggi hanya mencapai 24,03% dalam waktu 5 hari.

Melalui Tabel dan Gambar tersebut terlihat bahwa nilai konsentrasi limbah berbeda pada tiap pengukuran. Hal ini menunjukan bahwa kemampuan *fito-biofilm* dalam mengolah air limbah berkaitan dengan lamanya perlakuan. Semakin waktu tinggal limbah dalam reaktor, maka semakin besar pula penurunan konsentrasi fosfat nya.

 Penurunan konsentrasi fosfat di dalam reaktor ini disebabkan karena adanya aktivitas mikroorganisme dalam biofilm dan adanya penyerapan zat organik oleh tanaman teratai yang membantu menurunkan konsentrasi fosfat dalam limbah.

**6. Efisiensi Reaktor Fito-biofilm**

**a) Efisiensi Penurunan Konsentrasi Ammonia**

Nilai efisiensi penurunan konsentrasi Ammonia mengalami peningkatan dari waktu tinggal terpendek hingga waktu tinggal terlama. Hai ini terjadi akibat di dalam reaktor air limbah mengalami suatu proses penguraian kontaminan yang dilakukan oleh mikroorganisme dan tanaman teratai. Dengan rentan efisiensi pada reaktor *fito-biofilm* yang mencapai 3,39%-60,2% . Untuk mengetahui optimalnya efisiensi penurunan terjadi pada waktu tinggal berapa, dapat dilihat pada tabel pembahasan pengaruh waktu tinggal grafik dibwah ini:

**Gambar Grafik efisiensi penurunan konsentrasi ammonia**

Untuk mengetahui optimalnya efisiensi penurunan terjadi pada waktu tinggal berapa, maka dibuatlah grafik persamaan aritmatik. Dimana persamaan untuk efisiensi penurunan konsentrasi ammonia adalah sebagai berikut : y = 2,300x2– 6,069+8,841, dimana x = waktu tinggal di dalam reaktor (jam) dan y = konsentrasi ammonia (mg/l). Persamaan tersebut memiliki nilai r sebesar 0,923 sehingga derajat keyakinanya 92,3%.

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa semakin semakin lama waktu tinggalnya di dalam reaktor maka semakin efektif penurunan konsentrasi ammonianya. Dan efektifitas tertinggi dicapai saat waktu tinggal 24 jam dengan efisiensi 60,2%

**b) Efisiensi Penurunan Konsentrasi Fosfat**

Nilai efisiensi penurunan konsentrasi fosfat mengalami peningkatan dari waktu tinggal terpendek hingga waktu tinggal terlama. Hai ini terjadi akibat di dalam reaktor air limbah mengalami suatu proses penguraian kontaminan yang dilakukan oleh mikroorganisme dan tanaman teratai. Dengan rentan efisiensi pada reaktor *fito-biofilm* yang mencapai 9,86%-52,38% . Untuk mengetahui optimalnya efisiensi penurunan terjadi pada tabel pembahasan pengaruh waktu tinggal grafik dibwah ini:

**Gambar Grafik efisiensi penurunan konsentrasi fosfat**

Untuk mengetahui optimalnya efisiensi penurunan terjadi pada waktu tinggal berapa, maka dibuatlah grafik persamaan aritmatik. Dimana persamaan untuk efisiensi penurunan konsentrasi fosfat adalah sebagai berikut : y = 1,944x2– 5,017+12,73, dimana x = waktu tinggal di dalam reaktor (jam) dan y = konsentrasi fosfat (mg/l). Persamaan tersebut memiliki nilai r sebesar 0,999, sehingga derajat keyakinanya 99,9%.

Pada gambar di atas menunjukkan semakin lama waktu tinggalnya di dalam reaktor maka semakin efektif penurunan konsentrasi fosfatnya. Dan efektifitas tertinggi dicapai saat waktu tinggal 24 jam dengan efisiensi 52,38%

**KESIMPULAN**

Kesimpulan dari Tugas Akhir Penelitian ini

yaitu:

1. Reaktor *fito-biofilm* dapat menurunkan konsentrasi ammonia dan fosfat. Pada parameter ammonia dengan waktu tinggal 3,4,5,7,10 dan 24 jam konsentrasi turun dari 2,52; 2,40; 2,26; 2,46; 4,78 dan 5,24 mg/l menjadi 2,44; 2,27; 1,84; 1,94; 3,50 dan 2,08 mg/l. Untuk parameter fosfat dengan waktu tinggal 3,4,5,7,10 dan 24 jam konsentrasi turun dari 10,99; 10,04; 9,39; 10,26; 10,48; dan 12,23 mg/l menjadi 9,90; 9,02; 7,93; 7,86; 6,62; dan 5,82 mg/l.
2. Waktu tinggal air limbah mempengaruhi nilai konsentrasi ammonia dan fosfat. Waktu tinggal yang paling efektif dalam penurunan ammonia dan fosfat terjadi pada waktu tinggal 24 jam. Penurunan konsentrasi ammonia adalah 5,23 mg/L menjadi 2,08 mg/L dimana besarnya penurunan sebesar 60,2%. Sama halnya dengan Konsentrasi fosfat dari 12,23mg/l menjadi 5,82 mg/L atau terjadi penurunan 52,38 %.
3. Reaktor *fito-biofilm* dapat menurunkan konsentrasi ammonia dan fosfat. Efisiensi tertinggi penurunan ammonia terdapat pada waktu tinggal 24 jam yaitu sebesar 60,2 % dan fosfat sebesar 52,38%.

**SARAN**

Saran dari Tugas Akhir ini*.* yaitu :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap performa *fito-biofilm* untuk memperoleh efisiensi tinggi dengan waktu sesingkat mungkin.
2. Perlu dilakukan penggantian tanaman yang lebih optimal menyerap nitrogen dan fosfat dibandingkan dengan teratai *(nymphaea, sp).*

**DAFTAR PUSTAKA**

Alaerts, G and Santika. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.

Anonim.2012. <http://id.wikipedia.org/wiki/Biofilm>. Diakses tanggal 10 Mei 2012

Anonim.2012. <http://id.wikipedia.org/wiki/>Limbah. Diakses tanggal 21 Mei 2012

Anonim.2012.

[http://](http:// Center of Biofilm Engineering.com diakses tanggal 28 Juli 2010) *[Center of Biofilm Engineering.com](http:// Center of Biofilm Engineering.com diakses tanggal 28 Juli 2010)* [diakses tanggal 28 Juli 2010](http:// Center of Biofilm Engineering.com diakses tanggal 28 Juli 2010)

Darmasetiawan, Martin. 1997. *Sarana Sanitasi Perkotaan*. Jakarta : Ekamitra *Engineering*

Donlan, R. 2002. *Biofilm: Microbial Life* *on Surfaces.* <http://www.medscape.com/viewartticle/441355> diakses tgl 24 juli 2012

EPA, 2000. *Introduction to Phytoremediation*. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development Cincinnati, Ohio. U.S.A

Goldsworthy, Peter. 1992. *Fisiologi Tanaman Tropik Budidaya Tropik*. Gajahmada University Press: Yogyakarta.

Hardyani, N. 2006. Jurnal *Fitoremediasi phospat dengan pemanfaatan enceng gondok (Eichornia crassipes) (Studi kasus pada limbah industry kecil laundry)*

IPB.ac.id diakses tanggal 28 Juli 2012

Kaiser, J. 2001*. Bioindicator and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assesment*. Science publisher, inc

Kelair, 2010. *Pengolahan Air Limbah Domestik DKI*. Bppt press: Jakarta

Mangkoedihardjo, S. 2008. Jurnal *Fitoteknologi dan Ektoksikologi dalam Desain Operasi Pengomposan Sampah*

Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*. 3th edition. Singapura : Metcalf and Eddy, Inc Mc Graw Hill

Muqorobin, A. 2011. *Sistem Taman Rawa sebagai Alternatif Pengelolaan Limbah Rumah Tangga.* IPB.

Nurdiansyah.2010. *Pengaruh tanaman rumput bebek(lemna minor) terhadap penurunan bod dan cod limbah cair domestic.* Semarang: Jurusan Teknik Lingkungan Undip

Repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/16428/.../Chapter%20II.pdf diakses tanggal 28 Juli 2012

Rida, S. 2008. [*Anatomi dan Morfologi Teratai (Nymphaea sp.)*](file:///C%3A%5CDocuments%20and%20Settings%5CErdina%5CMy%20Documents%5CDownloads%5CRid4%27s%20Site%20-%20anatomi%20dan%20morfologi%20Teratai%20%28Nymphaea%20sp.%29_files%5CRid4%27s%20Site%20-%20anatomi%20dan%20morfologi%20Teratai%20%28Nymphaea%20sp.%29.htm)*.*( www.plantamor.com). Diakses tanggal 14 Mei 2012

Rossiana, Nia dkk, 2007 *Fitoremediasi Limbah Cair Dengan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes (Mart) Solms) dan Limbah Padat Industri Minyak Bumi Dengan Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen) Bermikroriza*. FMIPA Universitas Padjadjaran.

Said, NI. 2000. Jurnal *Teknologi Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilm Tercelup*

Said, NI. 2005. Jurnal *Aplikasi Bioball untuk Media Biofilter Studi kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean*

Sawyer, Clair; Mc Carty, Perry; Parkin, Gene. 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science Fifth Edition*. New York : Metcalf and Eddy, Inc. Mc Graww-Hill Companies.

Sukman, Y., dan Yakup. 1991. *Gulma dan Teknik Pengendaliannya*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta

Sunanisari, dkk. 2009. Jurnal *Kemampuan Teratai (Nymphaea Sp) dan Ganggeng (Hydrilla Verticillata) dalam menurunkan Kadar Nitrogen Dan Phosphor Air Limbah Pencucian Laboratorium Analisis Kimia*

Upi.edu.com diakses 28 Juli 2012

Wissanti, FP. 2011. *Studi analisis fitoremediasi Efisiensi penurunan konsentrasi nitrogen dengan Kiapu (pistia stratiotes) dan teratai (nymphaea spp.)* Semarang: Jurusan Teknik Lingkungan Undip

Yahya, F. 2010. Jurnal *Studi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Biofilter Aerasi menggunakan Media Bioball dan Enceng Gondok (Eichornia crassipes)*