

TUGAS AKHIR

EFEKTIVITAS BIOREMEDIASI PENCEMARAN LIMBAH LAUNDRY



**UMI QALSUM AZIS
D121 14 007**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2019





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : *Efektivitas Bioremediasi Pencemaran Limbah Laundry*

Disusun Oleh :

Nama : Umi Qalsum Azis

D121 14 007

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 23 Mei 2019

Pembimbing I

Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc.
NIP. 195901161987021001

Pembimbing II

Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.
NIP. 197506232015042001

Menyetujui,

Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
Nip. 197204242000122001



Optimization Software:
www.balesio.com

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahuwata'ala karena atas berkat rahmat dan ridhoNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul **“Efektivitas Bioremediasi Pencemaran Limbah Laundry ”**. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW pimpinan dan sebaik-baik teladan bagi ummat yang membawa manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan, dan kerjasama yang ikhlas dari berbagai pihak, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Pencapaian tugas akhir ini tidak terlepas dari jasa-jasa orang tua penulis. Ungkapan terima kasih yang tulus penulis persembahkan untuk kedua orang tua tercinta Ayahanda Abdul Aziz dan Ibunda Ruknilam Fatmasuri yang tiada hentinya memberikan support, nasehat dan doa – doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah dan yang telah mencurahkan segenap kasih sayang yang tak terbatas serta segala bentuk motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan sampai di tingkat perguruan tinggi.

Dalam proses penyusunan hingga terselesaikannya tugas akhir ini, penulis sangat terbantu oleh banyak pihak, karenanya penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Baharuddin Hamzah, ST.,M.Arch.,Ph.D. selaku Wakil Dekan dan Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Bapak Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Suci Laila Ibrahima, S.P.,M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan, meluangkan waktu di tengah



kesibukannya selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini, dan juga selalu memberikan semangat selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir.

5. Bapak Syarifuddin, S.T, selaku Laboran Lab. Kualitas Air yang selalu memberikan bimbingan maupun saran selama penelitian.
6. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama kurang lebih empat tahun.
7. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terutama kepada staf S1 Teknik Lingkungan Ibu Sumiati dan Kak Olan.
8. Tante tercinta Putri Indra Dewi, Atta Kebo, dan juga kak Asri dan kak Uli yang selalu memberikan semangat dan kasih sayang dan juga meluangkan waktu dalam pembuatan reaktor.
9. Yudhi Kurniadhi Syam yang selalu memberikan semangat dan kasih sayang.
10. Untuk partner TA saya Nita Arina Fahmi, Urshalina Masiara, Reskia R, Waode Siti Wahyuni, Arini Dwi Wahyudin, Andi Tri terima kasih atas kerjasama timnya yang selalu setia menemani, membantu dan mendukung mulai dari pengurusan alat dan pengambilan data hingga penulisan tugas akhir ini selesai.
11. Untuk sahabatku Al Mustawa, Nur Hijrah, Retno, Iqra, dan Hanifah Alya yang selalu memberikan dukungan dan nasihat yang tiada hentinya selama masa perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
12. Untuk Zidakong 09 (Mitra, Kiki, Ode, Lulu, Sela, Ebi, Tanti dan Nita) terima kasih atas support dan bantuan yang telah dilakukan selama masa kuliah hingga penyelesaian tugas akhir ini.
13. Untuk Yayat, Baso, Anjas, Abi, Iyan, Utta, Kak Wahyu, Udi, Tri, Agus, dan masih banyak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu terima kasih telah meluangkan waktu dan dukungan dalam pengambilan data hingga penyelesaian tugas akhir ini.



14. Untuk teman-teman Teknik Lingkungan 2014 atas segala bantuan dan dorongan selama perkuliahan.
15. Untuk Saudara dan saudariku Portal 2015, Terima kasih telah memberikan cerita, telah memberikan warna-warni dalam dunia perkuliahan, dan telah mengajarkan arti persaudaraan, tetap semangat, tetap berikan warna pada 2014.
16. Untuk teman-teman KKN Riri, Yudhi, Adil, Rasti, Fitri, Indri yang selalu memberikan semangat dan juga saran yang sangat membantu dalam penyusunan tugas akhir ini
17. Dan kepada rekan, sahabat, saudara dan berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, penulis ucapkan banyak terimakasih atas setiap bantuan dan doa yang diberikan.

Semoga Allah SWT membalaskan kebaikan kepada kalian semua. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun, penulis berharap tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pembaca. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Gowa 12 Februari 2019
Penulis,

Umi Qalsum Azis
D121 14 007



EFEKTIVITAS BIOREMEDIASI PENCEMARAN LIMBAH LAUNDRY

Achmad Zubair ¹⁾, Roslinda Ibrahim ²⁾, Umi Qalsum Azis³⁾

1 Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Kampus Teknik Gowa, Poros Malino Km. 6 Bontomarannu, Gowa, Sulawesi
Selatan

2 Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

ABSTRAK

Limbah cair laundry dapat menyebabkan terakumulasinya fosfat dalam jumlah besar di dalam badan air yang akan mengakibatkan terjadinya eutrofikasi jika tidak di olah terlebih dahulu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas tanaman enceng gondok dalam menurunkan kandungan Fosfat, BOD, COD, TSS, dan pH. variasi perlakuan bioremediasi menggunakan metode aerasi dan anaerasi dengan waktu tinggal selama 17 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas penurunan rata-rata pada kedua perlakuan: (1) perlakuan Aerasi mampu menyisihkan kadar BOD sebesar 92,39%, COD sebesar 89,01%, TSS sebesar 91,21%, fosfat sebesar 96,12%. (2) perlakuan Anaerasi menyisihkan kadar BOD sebesar 86,88%, COD 85,20%, TSS 89,22%, dan fosfat 96,66%. Dari nilai efektivitas yang diperoleh dapat diketahui bahwa perlakuan yang paling efektif dalam mereduksi fosfat, BOD, COD dan TSS menggunakan perlakuan aerasi namun, tanaman enceng gondok cepat mati Sedangkan untuk perlakuan anaerasi penurunan kadar pencemar lambat tetapi tanaman enceng gondok masih subur hingga hari ke 17.

Kata Kunci : Bioremediasi, Limbah Laundry, Enceng Gondok, Aerasi.



EFFECTIVENESS OF BIOREMEDIATION TO LAUNDRY WASTE

Achmad Zubair ¹⁾, Roslinda Ibrahim ²⁾, Umi Qalsum Azis³⁾

1 Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, Gowa Engineering Campus, Poros Malino Km. 6 Bontomarannu, Gowa, South Sulawesi

2 Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University

ABSTRACT

Laundry wastewater can cause large amounts of phosphate to accumulate in a body of water which will result in eutrophication if it is not treated first. This study aims to analyze the effectiveness of water hyacinth plants in reducing Phosphate content, BOD, COD, TSS, and pH. variations in bioremediation treatment aeration methods with a residence time of 17 days. The results showed that the effectiveness of the average decrease in both treatments: (1) Aeration treatment was able to set aside BOD levels of 92.39%, COD of 89.01%, TSS of 91.21%, phosphate of 96.12%. (2) Anaeration treatment set aside BOD levels of 86.88%, 85.2% COD, 89.22% TSS, and 96.66% phosphate. From the effectiveness value obtained it can be seen that the most effective treatment in reducing phosphate, BOD, COD and TSS using aeration treatment however, water hyacinth plants die quickly While for anaeration treatment decreases pollutant levels but water hyacinth plants are still fertile until the 17th day.

Keywords: *Bioremediation, Laundry Waste, Enceng Gondok, Aeration.*



DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Maksud dan Tujuan	3
D. Batasan Masalah	3
E. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pencemaran Air dan Limbah Cair	5
1. Pencemaran Air	5
2. Sumber Pencemar	6
3. Dampak Pencemar	6
4. Limbah Cair	8
B. Limbah Industri Laundry	11
1. Proses Laundry	11
2. Mekanisme Detergen sebagai pembersih	13
3. Kandungan Detergen	14
4. Dampak Limbah Laundry	15
Bioremediasi dan Aerasi	16
	viii



1. Definisi Bioremediasi	16
2. Kelebihan dan Kekurangan Bioremediasi	16
3. Aerasi	17
D. Media Tanam (Enceng Gondok)	18
E. Baku Mutu Air Limbah	21
1. BOD	21
2. COD	21
3. TSS	22
4. Phospat	22
5. pH	23
F. Efektivitas Penyerapan Zat Pencemar	23
G. Penelitian Terdahulu	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian	31
B. Jenis dan Rancangan Penelitian	31
C. Diagram Alir Penelitian	33
D. Persiapan Penelitian	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Air Limbah Laundry	39.
B. Tingkat Remediasi Kadar Pencemar Limbah Cair Laundry Selama Bioremediasi	40
1. Data Hasil Penelitian Kadar Pencemar Limbah Laundry	40
C. Perbandingan Efektivitas Remediasi Kadar Pencemar Limbah Laundry	51
1. Nilai Efektivitas Remediasi Perlakuan Aerasi dan Anaerasi	51
2. Perbandingan Efektivitas Antara Perlakuan Aerasi dan Anaerasi	60

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan	63
------------	----



B. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Baku Mutu Air limbah Bagi Usaha dan/atau Industri Sabun Detergen dan produk Minyak Nabati	23
2. Penelitian Terdahulu	25
3. Rancangan Penelitian	32
4. Air Limbah Laundry Sebelum Proses Pengolahan	40
5. Konsentrasi BOD Setelah Proses Bioremediasi	41
6. Konsentrasi COD Setelah Proses Bioremediasi	43
7. Konsentrasi TSS Setelah Proses Bioremediasi	45
8. Konsentrasi Phospat Setelah Proses Bioremediasi	47
9. Nilai pH Setelah Proses Bioremediasi	49
10. Efektivitas Remediasi Kadar BOD	55
11. Efektivitas Remediasi Kadar COD	57
12. Efektivitas Remediasi Kadar TSS	59
13. Efektivitas Remediasi Kadar Phospat	61
14. Nilai pH Selama Bioremediasi	63
15. Perbandingan Efektivitas Penyerapan Anaerasi dan Aerasi	64



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Diagram Alir Penelitian	33
2. Desain Reaktor Bioremediasi	35
3. Tingkat Remediasi BOD Pada Perlakuan Aerasi dan Anaerasi	42
4. Tingkat Remediasi COD Pada Perlakuan Aerasi dan Anaerasi	44
5. Tingkat Remediasi TSS Pada Perlakuan Aerasi dan Anaerasi	46
6. Tingkat Remediasi Phospat Pada Perlakuan Aerasi dan Anaerasi	48
7. Nilai pH Selama Bioremediasi dengan Perlakuan Anaerasi dan Aerasi	50
8. Efektivitas Remedisai Kadar BOD	56
9. Efektivitas Remedisai Kadar COD	58
10. Efektivitas Remedisai Kadar TSS	60
11. Efektivitas Remedisai Kadar Phospat	62
12. Perbandingan Efektivitas Penyerapan Kadar Pencemar Antara Perlakuan Aerasi dan Anaerasi	65



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri Laundry merupakan salah satu industri yang berkembang pesat di Indonesia. Industri rumah tangga seperti *laundry* saat ini sangat banyak di kawasan perkotaan Makassar. Industri *laundry* dalam proses pengolahannya menghasilkan limbah cair seperti hasil bilasan pakaian. Kegiatan industri *laundry* di Makassar didominasi oleh usaha-usaha kecil, sehingga sebagian besar industri *laundry* tidak memiliki pengolahan limbah. Tak dapat dipungkiri dengan semakin banyaknya jasa *laundry* maka limbah yang dihasilkan juga semakin banyak dan sebagian besar industri-industri kecil tersebut langsung membuang limbahnya ke saluran drainase atau badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena dalam limbah tersebut mengandung bahan pencemar. Limbah *laundry* merupakan sumber pencemar yang sangat berupa potensial dan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Dampak negatif dari limbah *laundry* yaitu adanya pencemar limbah cair yang dihasilkan dari sisa proses pencucian baju sehingga mengakibatkan kekeruhan dan menghalangi sinar matahari masuk ke dalam air serta mengandung fosfat yang tinggi.

Fosfat ini berasal dari *Sodium Tripolyphosphate* (STPP) yang merupakan salah satu bahan yang kadarnya besar dalam detergen. Dalam detergen, STPP ini berfungsi sebagai *builder* yang merupakan unsur penting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya menonaktifkan mineral kesadahan dalam air sehingga detergen dapat bekerja secara optimal. STPP ini akan terhidrolisa menjadi PO_4 yang berlebih dalam badan air akan mengakibatkan terjadinya eutrofikasi. *Eutrofikasi* adalah masalah lingkungan hidup yang mengakibatkan kerusakan ekosistem perairan

pada air tawar dimana tumbuhan tumbuh dengan sangat cepat dan dengan pertumbuhan yang normal (Hera, 2003).



Ada beberapa proses yang telah digunakan untuk mengolah air limbah laundry agar tidak mencemari lingkungan, antara lain proses menggunakan reaktor aerob anaerob, biofilter aerob, dan bioremediasi . Demikian pula yang dikemukakan oleh Reed (2005) bahwa proses pengolahan limbah cair dalam kolam yang menggunakan tanaman air terjadi proses penyaringan dan penyerapan oleh akar dan batang tanaman air, proses pertukaran dan penyerapan ion, dan tanaman air juga berperan dalam menstabilkan pengaruh iklim, angin, cahaya matahari dan suhu. Berdasarkan berbagai fakta dan penemuan tersebut, maka peluang untuk memanfaatkan tanaman air pada proses bioremediasi limbah rumah tangga sangat memungkinkan, sehingga diperlukan suatu penelitian untuk memperoleh fakta-fakta ilmiah yang lebih detail. Untuk itu maka suatu penelitian dalam bentuk simulasi tanaman air telah dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui, sejauhmana pengaruh bioremediasi yang menggunakan tanaman air, terhadap peningkatan kualitas limbah rumah tangga, bagaimana peranan komposisi tanaman air dan pengenceran limbah terhadap efektivitas pengolahan limbah, bagaimana kemampuan jenis tanaman air, yakni Enceng Gondok (*Eichornie crassipes*) dalam meningkatkan kualitas limbah, serta mengetahui perbandingan kualitas limbah laundry yang telah melalui proses bioremediasi dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

Jenis tanaman yang biasa digunakan untuk mengolah limbah cair juga beragam antara lain, Enceng Gondok, Melati Air, Kangkung Air, Bambu Air, Kayu Apu, kiambang dan masih banyak lagi. Pada penelitian ini dipilih tanaman Enceng Gondok karena berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya tanaman ini memiliki kemampuan untuk mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik. Eceng gondok sangat peka terhadap keadaan di dalam air yang unsur haranya kurang mencukupi, tetapi responnya terhadap kadar unsur hara yang tinggi juga besar, menyebabkan eceng gondok dapat di manfaatkan sebagai pengendali pencemaran lingkungan. Diharapkan dengan pemanfaatan tanaman eceng gondok dapat meningkatkan efisiensi pengolahan dan konsentrasi pencemar di dalam air sehingga dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan, sehingga limbah cair yang dihasilkan dapat di



buang ke perairan. Maka dari itu penulis melakukan penelitian dengan judul **"Efektifitas Bioremediasi Pencemaran Limbah Laundry"**.

B. Rumusan Masalah

Dari uraian di atas maka dapat di rumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik air limbah laundry?
2. Bagaimana tingkat remediasi kadar pencemar air limbah laundry setelah proses Bioremediasi ?
3. Bagaimana perbandingan efektivitas remediasi kadar pencemar air limbah laundry antara perlakuan anaerasi dan perlakuan aerasi ?

C. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian Studi Sarjana S1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Adapun tujuan penelitian ini antara lain:

1. Untuk menganalisis karakteristik limbah cair laundry
2. Untuk menganalisis tingkat remediasi kadar pencemar pada air limbah laundry setelah proses bioremediasi.
3. Untuk menganalisis perbandingan efektivitas bioremediasi kadar pencemar air limbah laundry antara perlakuan anaerasi dengan perlakuan aerasi.

D. Batasan Masalah

Penelitian ini memerlukan batasan masalah untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas dan memberikan arah yang lebih baik serta memudahkan dalam penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, Permasalahn yang dibatasi, yaitu:

1. Parameter (zat pencemar) yang diuji pada penelitian ini adalah parameter BOD, SS, Fosfat yang diperoleh dari pengujian laboratorium sedangkan parameter tambahan yaitu pH diperoleh dari pengujian secara langsung di tempat penelitian.



2. Penelitian ini tidak menganalisis besarnya penyerapan konsentrasi zat pencemar yang ada pada tanaman eceng gondok.
3. Penelitian ini tidak menganalisis bakteri atau mikroorganisme yang ada selama proses Bioremediasi .
4. Baku mutu kualitas air pada penelitian ini mengacu pada Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi usaha atau kegiatan industry sabun, deterjen dan produk-produk minyak nabati.

E. Sistematika Penulisan.

Sistematika laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori yang berkaitan dengan tema penelitian yang di gunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan masalah, serta kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relavan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan jenis penelitian, waktu dan lokasi penelitian serta diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil penelitian yang berupa data pengamatan dan data hasil pengujian serta berisi pembahasan masalah.

BAB V PENUTUP

Bab ini menguraikan kesimpulan dan saran penulis berkaitan dengan hasil penelitian.

R PUSTAKA

RAN





Optimization Software:
www.balesio.com

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Air Dan Limbah cair

1. Pencemaran Air.

Air merupakan komponen lingkungan yang penting bagi kehidupan. Makhluk hidup di muka bumi ini tak dapat terlepas dari kebutuhan akan air. Air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan di bumi, sehingga tidak ada kehidupan seandainya di bumi tidak ada air. Namun demikian, air dapat menjadi malapetaka bilamana tidak tersedia dalam kondisi yang benar, baik kualitas maupun kuantitasnya. Air yang relatif bersih sangat didambakan oleh manusia, baik untuk keperluan hidup sehari-hari, untuk keperluan industri, untuk kebersihan sanitasi kota, maupun untuk keperluan pertanian dan lain sebagainya (Warlina, 2004).

Definisi pencemaran air menurut Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor: KEP-02/MENKLH/1988 adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air dan atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Menurut Warlina (2004), indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati yang dapat digolongkan menjadi :

1. Pengamatan secara fisis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan
at kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, warna dan adanya
bahan warna, bau dan rasa



2. Pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut, perubahan pH
3. Pengamatan secara biologis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada dalam air, terutama ada tidaknya bakteri patogen.

Indikator yang umum diketahui pada pemeriksaan pencemaran air adalah pH atau konsentrasi ion hydrogen, oksigen terlarut (Dissolved Oxygen, DO), kebutuhan oksigen biokimia (Biochemical Oxygen Demand, BOD) serta kebutuhan oksigen kimiawi (Chemical Oxygen Demand, COD). Untuk mendapatkan air yang sesuai standar tertentu tidaklah mudah, karena air sudah banyak tercemar diakibatkan oleh manusianya sendiri serta banyaknya macam-macam limbah dari hasil kegiatan rumah tangga, industri, maupun kegiatan lainnya. Karena kegiatan makhluk hidup akan air sangat berbeda-beda, maka batas pencemar untuk berbagai jenis air juga berbeda-beda.

2. Sumber pencemar

Secara umum pencemaran air terjadi karena beberapa hal yang dapat dikategorikan dalam sumber kontaminan langsung dan tidak langsung. Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) merupakan salah satu sumber langsung effluent yang merupakan keluaran industry. Selain itu sumber tidak langsung berupa kontaminan yang memasuki badan air dari tanah atau atmosfer berupa hujan. Kandungan sisa aktifitas pertanian seperti pupuk dan pestisida terdapat pada tanah dan air tanah. Kemudian pencemaran air dapat juga diklasifikasikan atas kegiatan sehari-hari manusia, seperti limbah industri, rumah tangga dan pertanian.

3. Dampak Pencemaran Air

Pencemaran air dapat berdampak sangat luas, misalnya dapat meracuni air minum, meracuni makanan hewan, menjadi penyebab ketidak seimbangan ekosistem sungai dan danau, pengrusakan hutan akibat hujan asam dsb. Di badan air dan danau, nitrogen dan fosfat dari kegiatan pertanian telah memicu pertumbuhan tanaman air yang di luar kendali yang disebut eutrofikasi (eutrofication). Ledakan pertumbuhan tersebut menyebabkan oksigen



yang seharusnya digunakan bersama oleh seluruh hewan/tumbuhan air, menjadi berkurang. Ketika tanaman air tersebut mati, dekomposisinya menyedot lebih banyak oksigen. Akibatnya ikan akan mati dan aktivitas bakteri akan menurun. Dampak pencemaran air pada umumnya dibagi dalam 4 kategori yaitu :

a) Dampak terhadap kehidupan biota air

Banyaknya zat pencemar pada air limbah akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut dalam air tersebut. Sehingga akan mengakibatkan kehidupan dalam air yang membutuhkan oksigen terganggu serta mengurangi perkembangannya. Selain itu kematian dapat pula disebabkan adanya zat beracun yang juga menyebabkan kerusakan pada tanaman dan tumbuhan air. Akibat matinya bakteri-bakteri, maka proses penjernihan air secara alamiah yang seharusnya terjadi pada air limbah juga terhambat. Dengan air limbah menjadi sulit terurai. Panas dari industri juga akan membawa dampak bagi kematian organisme, apabila air limbah tidak didinginkan dahulu.

b) Dampak terhadap kualitas air tanah

Pencemaran air tanah oleh tinja yang biasa diukur dengan faecal coliform telah terjadi dalam skala yang luas, hal ini telah dibuktikan oleh suatu survey sumur dangkal di Jakarta. Banyak penelitian yang mengindikasikan terjadinya pencemaran tersebut.

c) Dampak terhadap kesehatan

Peran air sebagai pembawa penyakit menular bermacam-macam antara lain :air sebagai media untuk hidup mikroba pathogen, air sebagai sarang insekta penyebar penyakit, jumlah air yang tersedia tak cukup, sehingga manusia bersangkutan tak dapat membersihkan diri, air sebagai media untuk hidup vector penyakit Ada beberapa penyakit yang masuk dalam katagori water-borne diseases, atau penyakit-penyakit yang dibawa oleh air, yang masih banyak terdapat di daerah-daerah. Penyakit-penyakit ini dapat menyebar bila mikroba penyebabnya

masuk ke dalam sumber air yang dipakai masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Sedangkan jenis mikroba yang dapat menyebar lewat air meliputi virus, bakteri, protozoa dan metazoa.



d) Dampak terhadap estetika lingkungan

Dengan semakin banyaknya zat organik yang dibuang ke lingkungan perairan, maka perairan tersebut akan semakin tercemar yang biasanya ditandai dengan bau yang menyengat disamping tumpukan yang dapat mengurangi estetika lingkungan. Masalah limbah minyak atau lemak juga dapat mengurangi estetika. Selain bau, limbah tersebut juga menyebabkan tempat sekitarnya menjadi licin. Sedangkan limbah detergen atau sabun akan menyebabkan penumpukan busa yang sangat banyak. Inipun dapat mengurangi estetika.

4. Limbah Cair

Limbah adalah buangan yang di hasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang lebih dikenal sebagai sampah, yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Limbah cair merupakan gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber pertanian, sumber industri, dan sumber domestik (perumahan, perdagangan, dan perkantoran), dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, atau air hujan.

Limbah cair lebih dikenal sebagai sampah, yang seringkali tidak dikehendaki kehadirannya karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah cair terdiri dari bahan kimia senyawa organik dan senyawa anorganik. Umumnya limbah cair ini dibuang melalui drainase menuju sungai maupun laut, limbah cair ini dapat mencemari sumber air bersih yang dipergunakan oleh manusia.

Limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, dimana karakteristik limbah cair dapat

kan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi sebagai berikut (Metcalf
, 2003) :



a) Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik air limbah yang perlu diketahui adalah total solid, bau, temperatur, densitas, warna, konduktivitas dan turbidity.

-) Total solid adalah semua materi yang tersisa setelah proses evaporasi pada suhu 103 – 105 oC. Karakteristik yang bersumber dari saluran air domestik, industri, erosi tanah, dan infiltrasi/inflow ini dapat menyebabkan bangunan pengolahan penuh dengan sludge dan kondisi anaerob dapat tercipta sehingga mengganggu proses pengolahan.
-) Bau, karakteristik ini bersumber dari gas-gas yang dihasilkan selama dekomposisi bahan organik dari air limbah atau karena penambahan suatu substrat ke air limbah.
-) Temperatur, temperatur air mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Semakin tinggi temperatur air kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.
-) Density adalah perbandingan antara massa dengan volume yang dinyatakan sebagai slug/ft (kg/m³).
-) Warna, air limbah yang berwarna banyak menyerap oksigen dalam air, sehingga dalam waktu lama akan membuat air berwarna hitam dan berbau. Pada kenyataannya pencemaran oleh zat warna juga dapat menyebabkan gangguan estetika lingkungan.
-) Kekeruhan (Turbidity), atau dikenal sebagai kekeruhan ini diukur dengan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipendarkan oleh sampel air limbah dengan cahaya yang dipendarkan oleh suspensi standar pada konsentrasi yang sama.

b) Karakteristik Kimia

Pada air limbah ada tiga karakteristik kimia yang perlu diidentifikasi yaitu, organik, anorganik, dan gas.

organik Pada air limbah bahan organik bersumber dari hewan, tumbuhan, aktivitas manusia. Bahan organik itu sendiri terdiri dari C, H, O, N dan



walaupun banyak sekali jenis bahan organik, yang menjadi karakteristik kimia adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan, *Volatile Organic Compound* (VOC), pestisida dan fenol, dimana sumbernya adalah limbah domestik, komersil, industri kecuali pestisida yang bersumber dari pertanian dan fenol dari industri.

-) Bahan Anorganik Jumlah bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh asal air limbah. Pada umumnya berupa senyawa-senyawa yang mengandung logam berat, senyawa-senyawa anorganik yang bersifat asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat, senyawa-senyawa nitrogen (amonia, nitrit dan nitrat), dan juga senyawa-senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida).
-) Gas, Gas yang umumnya ditemukan dalam limbah cair yang tidak diolah adalah nitrogen (N), oksigen (O₂), metana (CH₄), hidrogen sulfida (H₂S), amonia (NH₃), dan karbon dioksida (CO).

c) Karakteristik Biologi

Pada air limbah, karakteristik biologi menjadi dasar untuk mengontrol timbulnya penyakit yang dikarenakan organisme patogen. Karakteristik biologi tersebut seperti bakteri dan mikroorganisme lainnya yang terdapat dalam dekomposisi dan stabilisasi senyawa organik. Limbah cair merupakan masalah utama dalam pengendalian dampak lingkungan. Limbah cair ini bersumber dari aktivitas manusia dan aktifitas alam. Yang dapat dibedakan menjadi tiga yaitu:

-) Limbah rumah tangga / domestik adalah limbah cair yang berasal dari usaha dan atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, asrama. Air limbah domestik mengandung berbagai bahan antara lain: kotoran, urine dan air bekas cucian yang mengandung detergen, bakteri dan virus.
-) Limbah industry, Air yang dihasilkan oleh industri, baik akibat proses pembuatan atau produksi yang dihasilkan industri tersebut maupun proses

Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, n, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber lain.



J) Infiltrasi adalah masuknya air tanah ke dalam saluran air buangan melalui sambungan pipa, pipa bocor, atau dinding manhole. Sedangkan inflow adalah masuknya aliran air permukaan melalui tutup manhole, atap, area drainase, cross connection saluran air hujan maupun air buangan. Besarnya infiltrasi dan inflow yang masuk ke saluran air buangan tergantung pada panjang saluran, umur saluran, konstruksi material, jarak muka air tanah terhadap saluran, tipe tanah, penutup tanah dan kondisi topografi.

Pada dasarnya air limbah tidak memberi efek pencemaran sepanjang kandungannya tidak membawa senyawa-senyawa yang membahayakan ataupun bahan-bahan endapan. Air adalah salah satu media yang efektif untuk membawa limbah yang pada gilirannya mencemari lingkungan. Apabila limbah cair tidak melalui pengolahan dan dibuang ke lingkungan secara umum, sungai, danau dan laut maka akan berdampak negatif pada lingkungan karena adanya polutan di dalam air menjadi semakin tinggi. Setiap limbah yang keluar harus memenuhi baku mutu limbah yang ditetapkan sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku.

B. Limbah Industri Laundry

1. Proses Laundry

Laundry merupakan proses kompleks yang melibatkan interaksi antara beberapa faktor fisik dan kimiawi. Pada proses ini kotoran yang melekat pada pakaian dibersihkan dengan menggunakan air dan deterjen. Tahapan yang terjadi pada proses ini adalah kotoran yang melekat pada pakaian akan dilepaskan oleh larutan deterjen dan dilanjutkan dengan stabilisasi air yang berisi kotoran supaya kotoran tersebut tidak menempel kembali pada permukaan pakaian. Kemampuan membersihkan pakaian dalam proses laundry sangatlah tergantung pada beberapa

perti jenis bahan pakaian, jenis kotoran, kualitas air, peralatan mencuci dan konsentrasi deterjen (Hudori, 2008).



Air pada proses laundry berfungsi sebagai pelarut bagi deterjen dan kotoran yang menempel di pakaian. Air juga berfungsi sebagai media perpindahan untuk komponen tanah yang terlarut maupun terdispersi. Proses laundry dimulai dengan membasahi dan penetrasi larutan deterjen pada pakaian yang kotor. Air mempunyai tegangan permukaan yang sangat tinggi yaitu 72 mN/m padahal proses pembasahan pakaian dapat berjalan lebih cepat dan efektif jika tegangan permukaannya berkurang sampai 30 mN/m. Pada proses inilah peranan dari surfaktan sebagai bahan baku deterjen untuk menurunkan tegangan permukaan. Kualitas air yang jelek dapat mempengaruhi proses pencucian dan menimbulkan masalah pada mesin cuci. Ion kalsium dan magnesium yang bertanggung jawab terhadap kesadahan air dapat menimbulkan terbentuknya endapan. Endapan ini disebabkan oleh terbentuknya residu pada proses laundry dan dapat membentuk kerak pada mesin cuci sehingga berakibat pada terganggunya fungsi dari elemen pemanas dan komponen mesin cuci yang lain (Halim, 2014)

Kotoran (Dirt) adalah benda yang tidak diharapkan pada textile atau permukaan lainnya. Kotoran ini biasanya terdiri dari gabungan beberapa komponen, tergantung dari jenis dan pemakaian dari kain tersebut. Misalnya :

- a. Kotoran pada pakaian dalam (underwear) dan bed line, umumnya adalah keringat, lemak (skin fat), protein, dan urine.
- b. Kotoran pada rumah sakit laundry umumnya mengandung darah, obat, salep, dan juga kotoran manusia (feses).

Begitu pula pakaian dan textile yang digunakan di dapur, table linen termasuk napkin mempunyai ketahanan tertentu. Klasifikasi kotoran dapat dibagi sebagai berikut :

- a. Kotoran yang larut dalam air merupakan kotoran yang dapat dibilas dengan air saja atau air dengan deterjen

Kotoran yang larut dalam solvent (solvent soluble dirt) merupakan kotoran sulit untuk dihilangkan dan sering kali tidak dapat diangkat seluruhnya



- c. Kotoran yang dapat di bleach (bleachable dirt) merupakan kotoran yang tidak dapat diangkat dengan proses pencucian maupun dry cleaning. Memerlukan bleaching pada proses pencucian khusus. Bleaching adalah proses oksidasi untuk menghancurkan pigment dari zat warna (Halim, 2014).

2. Mekanisme Detergen sebagai Pembersih

Sebagai bahan aktif detergen, surfaktan yang juga disebut zat aktif permukaan (*surface active agent*) memiliki kemampuan menurunkan tegangan permukaan cairan khususnya air dari sekitar 73 dyne/cm menjadi 30 dyne/cm. Selain itu kemampuan surfaktan membentuk gelembung serta pengaruh permukaan lainnya membuat surfaktan bertindak sebagai zat pembersih dan pengemulsi dalam industri dan rumah tangga. Secara struktur, surfaktan memiliki polaritas lipofilik dan hidrofilik. Kutub lipofilik terletak pada rantai alkil yang bersifat larut dalam minyak atau lemak, sedangkan kutub hidrofilik terletak pada gugus aril (mengandung garam) yang larut dalam air. Kutub lipofilik cenderung muncul keluar dari fase air menghadap ke udara, sedangkan kutub hidrofilik menghadap ke fase air, yaitu tempat ion-ion bermigrasi menuju batas antara air-udara yang bekerja mengurangi energi bebas permukaan sehingga tegangan permukaan berkurang (Smulders, 2002).

Pada konsentrasi surfaktan yang cukup tinggi di air, gugus lipofilik saling tarik menarik dan membentuk agregat atau micelle, sedangkan gugus hidrofilik terdapat disebelah luar micelle. Dengan demikian zat yang lipofil dapat tertimbun dalam inti lipofilik dari micelle dan dengan cara inilah kotoran dilarutkan (disolubilisasi). Mekanisme tersebut di atas memungkinkan surfaktan bertindak sebagai pembersih kotoran. Proses pembersihan oleh surfaktan terdiri atas tiga tahap, yaitu :

a. Pembasahan (*wetting*) kotoran oleh larutan deterjen

...ya kotoran dari permukaan bahan

...ntukan suspensi kotoran yang stabil.



3. Kandungan Deterjen

Deterjen dalam arti luas adalah bahan yang digunakan sebagai pembersih, termasuk sabun cuci piring alkali dan cairan pembersih. Definisi yang lebih spesifik dari deterjen adalah bahan pembersih yang mengandung senyawa petrokimia atau surfaktan sintetik lainnya. Surfaktan merupakan bahan pembersih utama yang terdapat di dalam deterjen. Penggunaan deterjen sebagai bahan pembersih terus berkembang dalam 20 tahun terakhir. Hal ini disebabkan deterjen mempunyai efisiensi pembersihan yang baik, terutama jika digunakan dalam air sadah atau pada kondisi lainnya yang tidak menguntungkan bagi sabun biasa (Fardiaz, 1992).

Kemampuan deterjen tersebut tergantung kepada komposisi dari formulanya, persyaratan penggunaan, sifat alami dari permukaan yang akan dibersihkan, sifat dari bahan yang akan dipisahkan. Oleh karena itu, penentuan formula deterjen merupakan proses yang rumit karena harus memperhitungkan beberapa hal, seperti kebutuhan pengguna, nilai ekonomi, pertimbangan lingkungan dan kemampuan spesifik yang dibutuhkan supaya fungsi deterjen menjadi efektif.

Deterjen yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan industri menggunakan formula yang sangat kompleks yaitu lebih dari 25 bahan. Namun secara umum penyusun deterjen dikelompokkan menjadi empat, yaitu surfaktan, builders, bleaching agent dan bahan aditif (Smulders, 2002).

Surfaktan berfungsi untuk mengangkat kotoran pada pakaian baik yang larut dalam air maupun yang tak larut dalam air. Setelah surfaktan, kandungan lain yang penting adalah penguat (*builders*) yang meningkatkan efisiensi surfaktan. Builders digunakan untuk melunakkan air sadah dengan cara mengikat mineral-mineral yang terlarut, sehingga surfaktan dapat berfungsi dengan lebih

lain itu, *builders* juga membantu menciptakan kondisi keasaman yang baik agar proses pembersihan dapat berlangsung dengan lebih baik serta membantu mendispersikan dan mensuspensikan kotoran yang telah lepas.



Senyawa kompleks fosfat, natrium sitrat, natrium karbonat, natrium silikat atau zeolit dan fluorescent sering digunakan dalam builders.

Senyawa fosfat dapat mencegah menempelnya kembali kotoran pada bahan yang sedang dicuci. Senyawa fosfat yang digunakan oleh semua merk deterjen memberikan andil yang cukup besar terhadap terjadinya proses eutrofikasi yang menyebabkan alga blooming (meledaknya populasi tanaman air). Formulasi yang tepat antara kompleks fosfat dengan surfaktan menjadi kunci utama kehebatan daya cuci deterjen. (Smulders, 2002).

4. Dampak Limbah Laundry

Standar Nasional Indonesia (SNI) mengatakan bahwa air limbah adalah sisa dari hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud air. Air buangan / air limbah adalah air yang tersisa dari kegiatan manusia, baik kegiatan rumah tangga maupun kegiatan lain seperti industri, perhotelan dan sebagainya. Meskipun merupakan air sisa, namun volumenya besar, karena lebih kurang 80% dan air yang digunakan bagi kegiatan – kegiatan manusia sehari – hari tersebut dibuang lagi dalam bentuk kotor (tercemar).

Umumnya deterjen yang digunakan sebagai pencuci pakaian/laundry merupakan deterjen anionik karena memiliki daya bersih yang tinggi. Beberapa dampak yang ditimbulkan oleh limbah laundry terhadap lingkungan adalah :

a) Mengganggu ekosistem ikan

Limbah deterjen dari “Laundry” yang tidak memiliki tempat pembuangan limbah yang jelas akan bermuara ke selokan, bahkan akan bermuara ke sungai dan dapat mengganggu ekosistem ikan. Karena deterjen dapat menghancurkan lapisan eksternal lendir yang melindungi ikan, bakteri dan parasit. Selain itu juga dapat menyebabkan kerusakan pada insang.



burkan enceng gondok dan tanaman air lainnya

Bahan kimia detergen yang menggunakan fosfat dari nitrogen dapat abkan alga dan tumbuhan air menjadi lebih subur. Dampaknya dapat

menyebabkan terjadinya eutrofikasi(perairan menjadi subur). Busa yang dihasilkan dari sabun dan detergen dipermukaan air menjadi penyebab udara dan air terbatas sehingga menurunkan oksigen. Dengan demikian dapat menyebabkan organisme air kekurangan oksigen dan dapat menyebabkan kematian.

c) Berbahaya bagi kesehatan manusia

Jika air minum yang telah terkontaminasi limbah deterjen dapat menyebabkan penyakit kanker. Saat ini instalasi pengolahan air limbah industri belum mempunyai teknologi yang mampu mengolah limbah deterjen secara sempurna (Bagas, 2014).

C. Bioremediasi Dan Aerasi

1. Definisi Bioremediasi

Bioremediasi berasal dari dua kata yaitu bio dan remediasi yang dapat diartikan sebagai proses dalam menyelesaikan masalah. “Bio” yang dimaksud adalah organisme hidup, terutama mikroorganisme yang digunakan dalam pemanfaatan pemecahan atau degradasi bahan pencemar lingkungan menjadi bentuk yang lebih sederhana dan aman bagi lingkungan tersebut. Bioremediasi merupakan pengembangan dari bidang bioteknologi lingkungan dengan memanfaatkan proses biologi dalam mengendalikan pencemaran atau polutan. Yang termasuk dalam polutan antara lain logam-logam berat, petroleum hidrokarbon, dan senyawa-senyawa organik terhalogenasi seperti pestisida, herbisida, dan lain-lain. Bioremediasi mempunyai potensi menjadi salah satu teknologi lingkungan yang bersih, alami, dan paling murah untuk mengantisipasi masalah-masalah lingkungan.

2. Kelebihan dan Kekurangan Bioremediasi

Kelebihan Bioremediasi :

Bioremediasi sangat aman digunakan karena menggunakan mikroba yang cara alamiah sudah ada di



-) Bioremediasi tidak menggunakan atau menambahkan bahan kimia berbahaya (ramah lingkungan).
-) Tidak melakukan proses pengangkutan
-) Teknik pengolahannya mudah diterapkan dan murah
-) Dapat dilaksanakan di lokasi atau di luar
-) Menghapus resiko jangka panjang

Kelemahan Bioremediasi :

-) Tidak semua bahan kimia dapat diolah secara
-) Membutuhkan pemantauan yang intensif
-) Berpotensi menghasilkan produk yang tidak dikenal
-) Membutuhkan lokasi tertentu.

3. Aerasi

Salah satu fungsi dari fitoremediasi adalah menurunkan kadar kontaminan atau zat-zat berbahaya yang ada di dalam cairan limbah melalui penyerapan, pendegradasian, transformasi logam berat dan senyawa organik oleh tanaman serta penguraian oleh mikroorganisme. Dalam proses tersebut mikroorganisme aerob juga mengkonsumsi oksigen terlarut untuk menguraikan senyawa-senyawa organik yang ada di dalam limbah. Penambahan kadar oksigen dengan proses aerasi pada proses fitoremediasi perlu dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan oksigen terlarut yang ada di dalam cairan limbah sehingga kebutuhan oksigen terlarut oleh mikroorganisme bisa tercukupi dalam proses reaksi biokimia. Ketersediaan oksigen ini berguna untuk membantu mikroorganisme dalam menguraikan logam berat dan bahan-bahan organik.

Aerasi merupakan istilah lain dari proses pengolahan air dengan cara memasukkan air ke udara. Aerasi digunakan untuk pengolahan air yang



mempunyai kandungan organik atau senyawa berbahaya lainnya dengan kadar yang cukup tinggi. Adanya proses aerasi ini sanggup untuk menyuplai oksigen secara kontinyu sehingga mampu untuk menangani kondisi air limbah yang beban pencemarannya berlebihan. Berikut ada dua macam cara melakukan aerasi ini, yaitu sebagai berikut:

1. Memasukkan udara ke dalam air Limbah, dalam cara ini menggunakan sebuah benda yaitu Porous atau nozzle yang digunakan untuk mememasukan udara atau oksigen murni ke dalam air limbah.
2. Memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen, Dalam cara ini air limbah dikontakkan dengan oksigen melalui pemutaran baling-baling yang kemudian diletakkan pada permukaan air limbah.

D. Media Tanam (Enceng Gondok)

Enceng gondok atau enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah salah satu tanaman yang hidup mengapung di air dan kadang-kadang berakar dalam tanah. Enceng gondok merupakan gulma yang berpotensi untuk dijadikan pakan ternak, baik untuk ternak ruminansia (sapi, domba dan kambing) maupun nonruminansia (unggas) dan kelinci. Disamping memiliki manfaat sebagai pakan ternak, batang enceng gondok biasa dimanfaatkan sebagai bahan dasar anyaman.

Tanaman ini memiliki daya adaptasi yang besar dan dapat berkembang biak dengan cepat. Kecepatan pertumbuhan enceng gondok tergantung pada faktor lingkungan seperti kandungan zat hara perairan, kedalaman air, salinitas, pH dan intensitas cahaya. Di Indonesia, terdapat tiga jenis enceng gondok, yakni enceng gondok sungai, enceng gondok rawa, dan enceng gondok kolam.

Secara fisiologis enceng gondok secara tidak langsung memiliki peranan mengatasi bahan pencemar perairan karena dapat bertahan hidup dengan membentuk rumpun. Selain itu, enceng gondok dapat menyerap logam berat sehingga mengurangi kadar logam berat di perairan waduk dan perairan danau.



Tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang berkembang di Indonesia berasal dari Amerika Selatan (Brazil) yang sering menjadi permasalahan di lingkungan perairan karena dianggap sebagai tumbuhan pengganggu (gulma) ternyata memiliki sifat hiperkumulator terhadap beberapa bahan pencemar seperti logam berat (Eddy, 2008). Perkembangbiakan vegetatif eceng gondok begitu pesat yaitu hanya membutuhkan waktu 2-4 hari.

Adapun bagian-bagian tanaman yang berperan dalam penguraian air limbah adalah sebagai berikut :

a) Akar

Bagian akar eceng gondok ditumbuhi dengan bulu-bulu akar yang berserabut, berfungsi sebagai pegangan atau jangkar tanaman. Peranan akar sebagian besar untuk menyerap zat-zat yang diperlukan tanaman dari dalam air. Pada ujung akar terdapat kantung akar yang mana di bawah sinar matahari kantung akar ini berwarna merah. Susunan akarnya dapat mengumpulkan lumpur atau partikel-partikel yang terlarut dalam air.

b) Daun

Daun tergolong dalam mikrofitita yang terletak di atas permukaan air, yang di dalamnya terdapat lapisan rongga udara yang berfungsi sebagai alat pengapung tanaman. Zat hijau daun (klorofil) eceng gondok terdapat dalam sel epidermis, di permukaan atas daun dipenuhi oleh mulut daun (stomata) dan bulu daun. Rongga udara yang terdapat dalam akar, batang, dan daun selain sebagai alat penampungan juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan O₂ dari proses fotosintesis. Oksigen hasil dari fotosintesis ini digunakan untuk respirasi tumbuhan di malam hari dengan menghasilkan CO₂ yang akan terlepas ke dalam air.

→ **F** **ai**



angkai eceng gondok berbentuk bulat menggelembung yang di dalamnya rongga udara yang berperan untuk mengapungkan tanaman di permukaan

air. Lapisan terluar petiole adalah lapisan epidermis, kemudian di bagian bawahnya terdapat jaringan pengangkat (xylem dan floem). Rongga-rongga udara dibatasi oleh dinding penyekat berupa selaput tipis berwarna putih.

d) Bunga

Eceng gondok berbunga dengan warna mahkota lembayung muda, berbunga majemuk dengan jumlah 6 – 35 berbentuk karangan bunga bulir dengan putik tunggal.

Tumbuhan eceng gondok mempunyai daya regenerasi yang cepat karena potongan potongan vegetatifnya yang terbawa akan terus berkembang menjadi eceng gondok dewasa. Eceng gondok sangat peka terhadap keadaan di dalam air yang unsur haranya kurang mencukupi, tetapi responnya terhadap kadar unsur hara yang tinggi juga besar, menyebabkan eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai pengendali pencemaran lingkungan.

Sel-sel akar tanaman umumnya mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi daripada medium sekitarnya yang biasanya bermuatan negatif. Penyerapan ini melibatkan energi, sebagai konsekuensi dan keberadaanya, kation memperlihatkan adanya kemampuan masuk ke dalam sel secara pasif ke dalam gradient elektrokimia, sedangkan anion harus diangkut secara aktif ke dalam sel akar tanaman sesuai dengan keadaan gradient konsentrasi melawan gradient elektrokimia.

Bagian akar, tanaman biasa melakukan perubahan pH kemudian membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor. Zat inilah yang kemudian mengikat logam kemudian dibawa ke dalam sel akar. Agar penyerapan logam meningkat, maka tumbuhan ini membentuk molekul rediktase di membran akar. Sedangkan model transportasi di dalam tubuh tumbuhan adalah logam yang dibawa masuk ke sel akar kemudian ke jaringan pengangkut yaitu xylem dan

ke bagian tumbuhan lain, sedangkan lokalisasi logam pada jaringan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, maka tanaman akan



melakukan detoksifikasi, misalnya menimbun logam ke dalam organ tertentu seperti akar (Eddy, 2008).

E. Baku Mutu Air Limbah.

1. BOD (Biological Oxygen Demand)

Biochemical Oxygen Demand merupakan ukuran jumlah zat organik yang dapat dioksidasi oleh bakteri aerob/jumlah oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi sejumlah tertentu zat organik dalam keadaan aerob. BOD5 merupakan salah satu indikator pencemaran organik pada suatu perairan. Perairan dengan nilai BOD5 tinggi mengindikasikan bahwa air tersebut tercemar oleh bahan organik. Bahan organik akan distabilkan secara biologik dengan melibatkan mikroba melalui sistem oksidasi aerobik dan anaerobik. Oksidasi aerobik dapat menyebabkan penurunan kandungan oksigen terlarut di perairan sampai pada tingkat terendah, sehingga kondisi perairan menjadi anaerobik yang dapat mengakibatkan kematian organisme akuatik.

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat buangan penduduk atau industry, dan mendesain system-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Pengurangan zat organik adalah peristiwa alamiah, kalau sesuatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri data menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses tersebut (Setya Aji dkk, 2007).

(Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam sampel air, dimana



pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Secara sederhana, COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk menguraikan seluruh bahan organik dalam air (Setya Aji dkk, 2007).

Effendi (2003) menggambarkan COD sebagai jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologi maupun yang sukar didegradasi menjadi CO_2 dan H_2O . Berdasarkan kemampuan oksidasi, penentuan nilai COD dianggap paling baik dalam menggambarkan keberadaan bahan organik, baik yang dapat didekomposisi secara biologis maupun yang tidak. Uji ini disebut dengan uji COD, yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan misalnya kalium dikromat, untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air.

3. TSS (Total Suspended Solid)

Menurut Fardiaz (1992), padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi cahaya ke dalam air. Penentuan padatan tersuspensi sangat berguna dalam analisis perairan tercemar dan buangan serta dapat digunakan untuk mengevaluasi kekuatan air, buangan domestik, maupun menentukan efisiensi unit pengolahan. Padatan tersuspensi mempengaruhi kekeruhan dan kecerahan air. Oleh karena itu pengendapan dan pembusukan bahan-bahan organik dapat mengurangi nilai guna perairan.

Dalam metode Analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organik dan inorganik (Setya Aji dkk, 2007).



enyawa fosfat dapat mencegah menempelnya kembali kotoran pada
ng sedang dicuci. Senyawa fosfat yang digunakan oleh semua merk

deterjen memberikan andil yang cukup besar terhadap terjadinya proses eutrofikasi yang menyebabkan alga blooming (meledaknya populasi tanaman air). Formulasi yang tepat antara kompleks fosfat dengan surfaktan menjadi kunci utama keberhasilan daya cuci deterjen.

5. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman merupakan gambaran jumlah atau aktivitas ion hydrogen dalam perairan. Secara umum nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Perairan dengan nilai pH = 7 adalah netral, pH < 7 dikatakan kondisi perairan bersifat asam, sedangkan pH > 7 dikatakan kondisi perairan bersifat basa (Effendi, 2003). Adanya karbonat, bikarbonat dan hidroksida akan menaikkan kebasaan air, sementara adanya asam-asam mineral bebas dan asam karbonat menaikkan keasaman suatu perairan.

Tabel 1. Baku mutu air limbah untuk industry sabun diterjen dan produk minyak Nabati.

NO	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	BOD ₅	mg/L	50
2	COD	mg/L	160
3	TSS	mg/L	60
4	Fosfat (PO ₄)	mg/L	1
5	pH	-	0,6-0,9

F. Efektivitas Penyerapan Zat Pencemar

Efektivitas penyerapan menggambarkan kemampuan Bioremediasi dalam menyerap zat pencemar yang ada pada air limbah yang dinyatakan dalam satuan persen. Perhitungan efektivitas penyerapan dapat dihitung berdasarkan hasil

yang diperoleh menggunakan rumus:

$$\text{Efektivitas Penyerapan (\%)} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$



G. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai Bioremediasi air limbah tahu sudah banyak dilakukan dan penelitian ini merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari penelitian penelitian sebelumnya. Penulis mengangkat beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian ini. Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian penulis dapat dilihat pada tabel 2.





Tabel 2. Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	2007	Nurandani Hardyanti dan Suparni Setyowati	Fitoremediasi Phospat Dengan Pemanfaatan Eceng Gondok (<i>Eichornia Crassipes</i>) (Studi Kasus Pada Limbah Cair Industri Kecil Laundry)	Fitoremediasi phospat dengan menggunakan tanaman eceng gondok dapat menyerap phospat (sebagai P total) dalam limbah laundry dalam jumlah yang cukup banyak dalam waktu 5 hari. Pada konsentrasi awal P dalam limbah 200 mg/l, 250 mg/l dan 300 mg/l, tanaman eceng gondok dapat menyerap P secara berturut-turut sebesar 144,1603 mg, dengan efisiensi 24.03%, 172,1209 mg, dengan efisiensi 22,95% dan 187,860 mg, dengan efisiensi 20,87%.
2	2005	Ervina Hermawati, dkk	Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L.</i>) dan Genjer (<i>Limnocharis flava L.</i>)	Tanaman kayu apu menurunkan parameter suhu sebesar 16,9%, sulfat sebesar 43, 1% dan fosfat sebesar 41,9% sedangkan tanaman genjer hanya menurunkan parameter pH air limbah detergen sebesar 9,24%, tetapi kedua tanaman meningkatkan alkalinitas air limbah detergen
3	2015	Fitri Dewi,dan M. Faisal, Mariana	Efisiensi Penyerapan Phospat Limbah Laundry Menggunakan Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatic forsk</i>) Dan Jeringau (<i>Acorus calamus</i>)	Fitoremediasi dengan tanaman kangkung air dan jeringau pada limbah pencucian pakaian dapat menurunkan pH menjadi netral (6-9). Penggunaan kangkung air dan jeringau dapat menurunkan kekeruhan sebesar 86, 2 % dan 84,7 %. Efisiensi penurunan phospat oleh kangkung air dan jeringau sebesar 53,75 %.
		Aufiyah dan Alia	Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Membran Nanofiltrasi Aliran Cross Flow untuk	Koefisien rejeksi terbaik dengan nilai 91,33% untuk kekeruhan dan 56,07% untuk fosfat terdapat pada



		Damayanti	Menurunkan Kekeruhan dan Fosfat	membran 5 gram 106,5 NTU untuk kekeruhan dan 4,94 mg/l untuk fosfa
5	2009	Irawan Wisnu Wardhana, dkk	Penurunan Kandungan Phospat Pada Limbah Cair Industri Pencucia Pakaian (Laundry) Menggunakan Karbon Aktif Dari Sampah Plastik Dengan Metode Batch Dan Kontinyu	Efisiensi penyisihan phosphat terbaik pada eksperimen batch diperoleh pada karbon aktif dari sampah plastik dengan berat 3 gram dan ukuran 100-200 mesh yaitu sebesar 45,45%. Sedangkan efisiensi penyisihan phosphat pada eksperimen kontinyu diperoleh pada debit umpan limbah 50 ml/menit, yaitu sebesar 54,75%
6	2017	Nurfadillah, dkk	Fitoremediasi Limbah Domestik (Detergent) Menggunakan Eceng Gondok (Eichorniacrassipes) Untuk Mengatasi Pencemaran Lingkungan	Penurunan BOD pada limbah cair domestik selama tujuh hari tidak terlihat stabil selama 7 hari, sedangkan Tingkat penurunan pH pada limbah cair domestik selama tujuh hari memperlihatkan hasil yang stabil. Pengukuran pH menunjukkan bahwa semakin besar massa Eceng gondok yang diberikan untuk limbah cair domestik maka penurunan pH akan semakin besar pula, sedangkan pada kontrol tidak terjadi penurunan pesat dikarenakan tidak diberikan perlakuan Eceng gondok.
7	2016	Ayu Mharani,dkk	Fitoremediasi Phospat Limbah Cair Laundry Menggunakan Tanaman Melati Air (Echinodorus Paleafolius) Dan Bambu Air (Equisetumhyemale) Sebagai Sumber belajar biologi	Setelah penerapan Fitoremediasi selama sembilan hari, terjadi penurunan kadar phosoaat dan pH secara signifikan. Tanaman melati air dapat digunakan untuk menurunkan kadar phospat dalam limbah cair laundry sebesar 3,451 mg dan sebesar 2,271 mg pada limbah cair laundry yang telah diberi pengenceran. Sedadangkan,tanaman bambu air tidak dapat digunakan untuk menurunkan kadar



				phospat limbah cair laundry, namun dapat menurunkan keasaman (pH) sebesar 3,7 satuan pada limbah cair laundry secara Bioremediasi .
8	2017	RD Muhammad Lutfi	Pengaruh waktu kontak terhadap efektivitas Fitoremediasi Fosfat dan COD dengan eceng Gondok dan Kiambang pada limbah cair pencucian pakaian.	Waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan senyawa fosfat dan COD pada Fitoremediasi limbah laundry menggunakan tanaman eceng gondok. Waktu kontak yang memiliki penurunan paling signifikan yaitu pada rentang waktu 2 sampai 4 hari, di atas rentang waktu tersebut senyawa pencemar dalam hal ini fosfat yang terserap oleh system perakaran eceng gondok dapat terlarut kembali.
9	2017	A. Fahdina Fitrianti Alam	Fitoremediasi Air Limbah Tahu Dengan Media Eceng Gondok (<i>Eichornia crassipes</i>) Pada Reaktor Paralel	Tingkat remediasi pada perlakuan anaerasi dapat menurunkan kadar BOD, COD, TSS dan Amoniak sebesar 70,88%, 71,67%, 90,14% 44,54%, sedangkan pada perlakuan aerasi dapat mereduksi BOD, COD, TSS, dan Amoniak secara berturut-turut sebesar 96,92%, 96,77%, 97,80% dan 78,90%. Perlakuan yang paling efektif untuk menurunkan kadar BOD,COD dan Amoniak yaitu dengan perlakuan aerasi sedangkan untuk menurunkan kadar TSS lebih efektif dengan menggunakan perlakuan anaerasi.
		Dennys sandi sihite, dkk	Penurunan kadar BOD dan Total Phospat pada limbah laundry denga teknologi Biofilm Yang Menggunakan Media Filter Serat Plastik Dan Tembikar Yang Tersusun Secara Random	Teknologi biofilm menggunakan media filter tembikar dan serat plastik yang tersusun secara random mampu menurunkan konsentrasi BOD dan Total Phospat yang terdapat pada limbah pencucian pakaian (laundry) yang



sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Perda Jateng No.5 Tahun 2012. Besar efisiensi terbaik yaitu 61.52% untuk parameter BOD dengan besar konsentrasi 73.52 mg/L dan 73.61% untuk parameter Total Phospat dengan besar konsentrasi 1.9 mg/L. Penurunan Konsentrasi BOD dan Total dipengaruhi oleh waktu Pengambilan.Konsentrasi BOD dan Total Phospat terendah terjadi pada waktu Pengambilan jam ke-25 jam yaitu sebesar 74.8 mg/L untuk BOD dan waktu pengambilan jam ke-10 untuk Total Phospat dengan konsentrasi sebesar 1.9 mg/L. Konsentrasi BOD dan Total Phospat tertinggi terjadi pada waktu pengambilan jam ke-5 yaitu masing-masing sebesar 81.6 mg/L dan 2.1 mg/L.

11	2013	Rizqa Mikaviany	Pemanfaatan Aerasi Untuk Mengurangi Kadar COD Dan Fosfat Dalam Air Limbah Car Wash	Kadar COD pada air sampel setelah dilakukan analisis menggunakan aerasi kadar COD turun sebesar 95%, sedangkan pada kadar fosfat turun sebesar 20%.
----	------	-----------------	--	---



Wima Umaya dan Nieke	Aerasi dan Biorack Wetland sebagai Pengolah Limbah Laundry	Proses aerasi yang digabungkan dengan biorack wetland yang menggunakan tanaman kangkung tidak efektif untuk mengolah limbah laundry, dikarenakan ketahanan
----------------------	--	--

		Karnaningroem		tanaman kangkung yang kurang (cepat membusuk) justru menyebabkan bertambahnya konsentrasi fosfat, BOD520 dan COD pada outlet wetland, yang sebelumnya dapat diturunkan pada unit aerasi
13	2013	Oktavia Surya Indra, dkk	Fitoremediasi Fosfat Dalam Larutan Simulasi Menggunakan Tanaman Genjer (<i>Limnocharis flava</i>), Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) Dan Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Penggunaan ketiga jenis tanaman air pada proses Fitoremediasi mampu menurunkan konsentrasi fosfat dalam larutan simulasi, penurunan tertinggi terjadi pada hari ke 2 hingga 6 pada tanaman eceng gondok sebesar 4,3246-1,5363 mg/L, genjer 4,8937 - 1,6691 mg/L dan kangkung air sebesar 4,6281 - 4,0212 mg/L dan proses Bioremediasi menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok lebih berpotensi dalam menurunkan konsentrasi fosfat dibandingkan tanaman genjer dan kangkung air yaitu sebesar 94,77%, genjer 73,88% dan kangkung air 28,02%
14	2015	Zainul Ikhwan1	Efektifitas Bio Sorben Keladi, Eceng Gondok Dan Batang Pisang Pada Kandungan Fosfat Limbah Laundry	Penurunan kadar fosfat sesudah di bioasorben 5 gr, 10 gr dan 15 gr masing-masing dengan eceng gondok penurunan 3,33, mg/L; 8,44 mg/L dan 8,21 mg/L, dengan batang pisang 4,37 mg/L; 7,97 mg/L dan 8,91 mg/L sedangkan dengan bioabsorben batang keladi terjadi penurunan 2,15 mg/L; 2,10 mg/L dan 5,43 mg/L.
		Rifqi Affandi dan Ani Cahyani	Bioremediasi Menggunakan Eceng Gondok Untuk Menurunkan Kadar Surfaktan Dan Fosfat Pada Limbah	Pada penelitian ini presentase penyisihan LAS tertinggi yaitu 88,88% pada waktu 120 jam dengan jumlah 30 eceng gondok, sedangkan untuk presentase penyisihan



Laundry

fosfat tertinggi yaitu 92,25% pada waktu 132 jam dengan jumlah 30 eceng gondok. Sedangkan untuk penurunan kadar LAS pada limbah laundry dari konsentrasi awal 2 mg/L dapat diturunkan menjadi 0,222 mg/L, untuk penurunan kadar fosfat dari konsentrasi 2 mg/L menjadi 0,155 mg/L. Hasil tersebut sudah memenuhi standar air baku berdasarkan PP NO: 82 Tahun 2001 MBAS yaitu maksimal 0,2 mg/L dan untuk fosfat maksimal 0,2 mg/L.



Optimization Software:
www.balesio.com

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember-Januari 2018 di rooftop Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Lokasi pengambilan limbah cair *laundry* terletak di Jalan Durian (kompleks x PKG) shanty laundry. Sedangkan tanaman eceng gondok diambil di sekitar Perumahan Teknik Kabupaten Gowa. Untuk pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Kabupaten Gowa.

B. Jenis Dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan metode eksperimental, yaitu mengadakan percobaan secara langsung untuk melihat dan memperoleh data empiris melalui variabel yang diteliti. Adapun variabel-variabel dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Variabel Dependen (variabel Terikat) adalah variabel yang dipengaruhi akibat dari adanya variabel bebas, dikatakan sebagai variabel terikat karena variabel terikat dipengaruhi oleh variabel independen (variabel bebas). Pada penelitian ini, variabel dependen adalah efektivitas remediasi air limbah laundry.
2. Variabel Independen (Variabel Bebas) adalah variabel yang mempengaruhi atau sebab perubahan timbulnya variabel terikat (dependen). Ada 2 variabel independen dalam penelitian ini yaitu:
 - a. Variasi media Bioremediasi (A)



akuan Aerasi
akuan Anaerasi

b. Waktu Bioremediasi (T)

T1 : 1 Hari T2 : 2 Hari T3 : 3 Hari T4: 4 Hari T5: 5 Hari T6 : 6 Hari
T7 : 7 Hari T8: 8 Hari T9 : 9 Hari T10 : 10 Hari T11: 11 Hari T12
:12Hari T13: 13 Hari T14: 14 Hari T15: 15Hari T16: 16 Hari T17: 17 Hari

Dari variable tersebut dapat dibuat rancangan penelitian seperti pada table dibawah ini :

Tabel 3. Rancangan Penelitian

	P1	P2
1	1 P1	1 P2
2	2 P1	2 P2
3	3 P1	3 P2
4	4 P1	4 P2
5	5 P1	5 P2
6	6 P1	6 P2
7	7 P1	7 P2
8	8 P1	8 P2
9	9 P1	9 P2
10	10 P1	10 P2
11	11 P1	11 P2
12	12 P1	12 P2
13	13P1	13 P2
14	14 P1	14 P2
15	15 P1	15 P2
16	16 P1	16 P2
17	17 P1	17 P2

Keterangan:

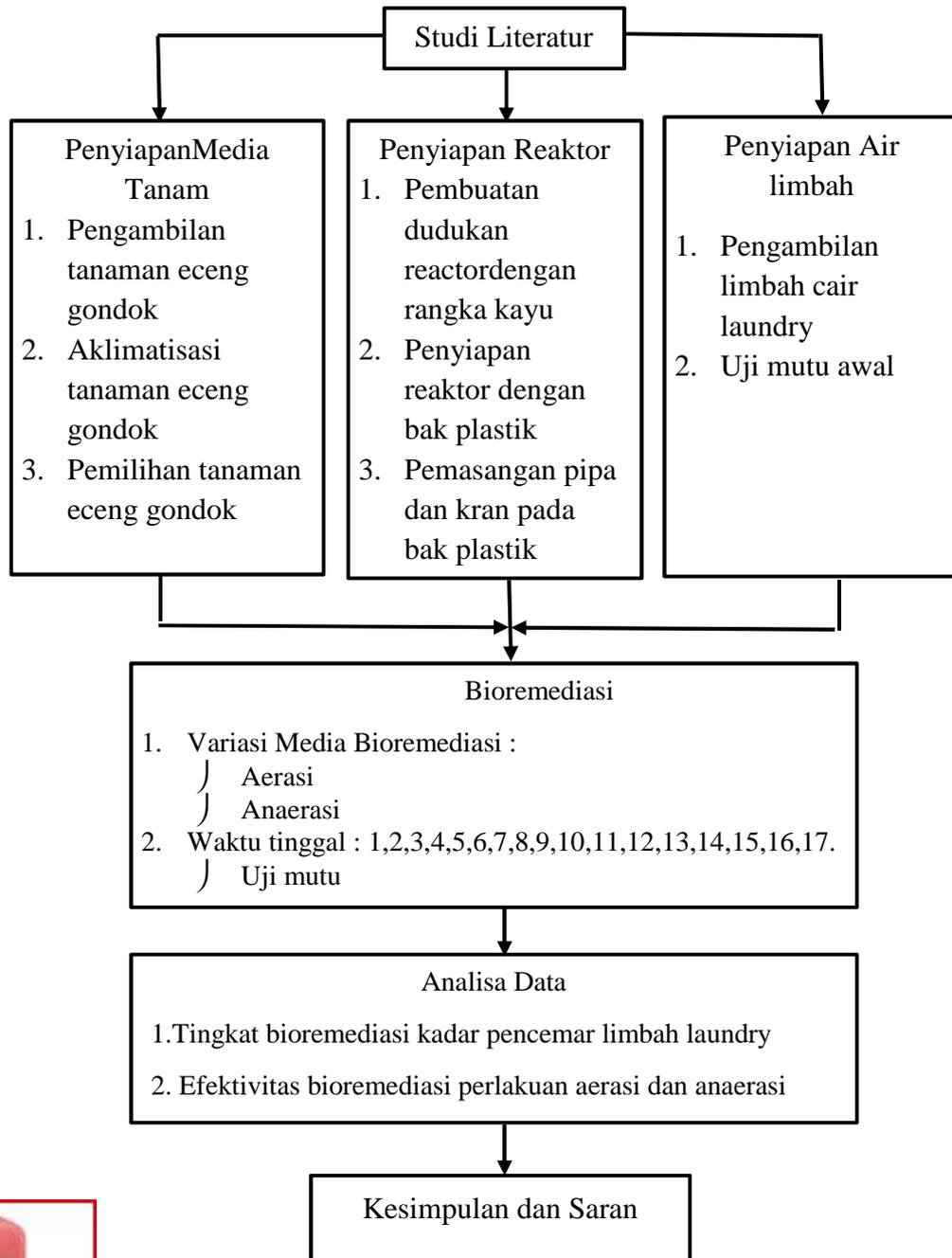
P1 : Perlakuan Aerasi

P2 : Perlakuan Anaerasi



C. Diagram Alir Penelitian.

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada diagram alir yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



D. Persiapan Penelitian

1. Penyiapan reaktor

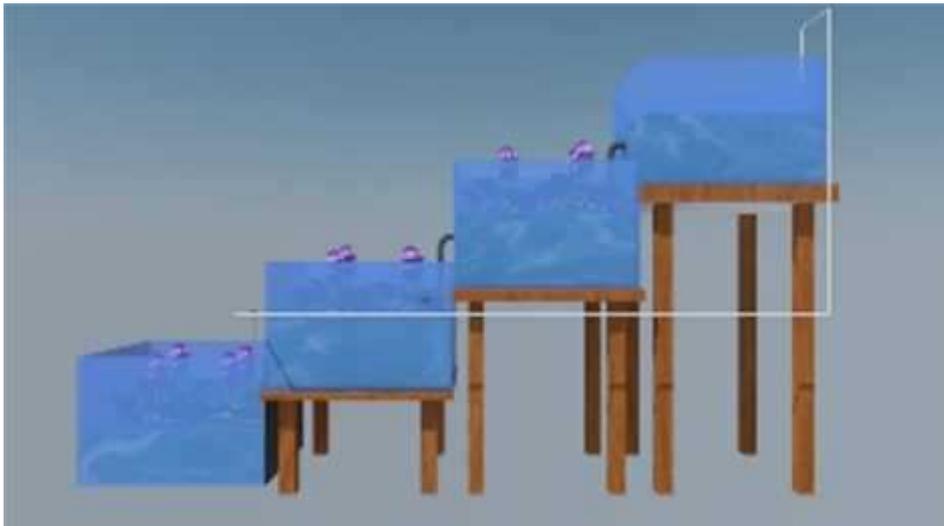
Sebelum pembuatan reaktor terlebih dahulu disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan reaktor antara lain:

- a) 8 buah bak plastik dengan ukuran 39cm x 40cm x 60cm dengan kapasitas volume yang dapat ditampung ± 94 liter.
- b) 8 buah keran air untuk mempermudah mengambil sampel.
- c) Kayu untuk membuat dudukan reactor
- d) Pipa pvc $\frac{1}{2}$ " untuk mengalirkan air dari bak pertama hingga terakhir

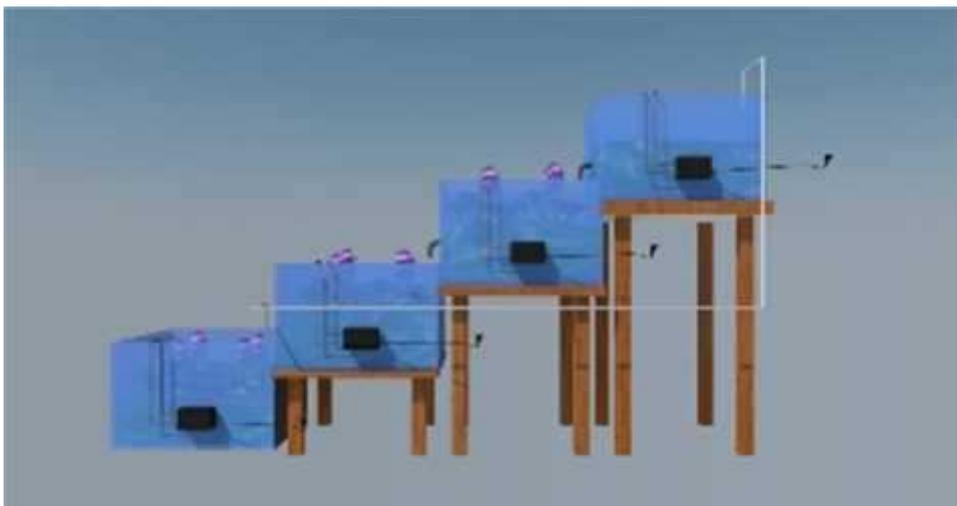
Reaktor ini terdiri dari 8 kompartemen/bak yang diisi air limbah *laundry* ± 94 liter setiap kompartemennya. Kompartemen pertama sebagai bak kontrol dan kompartemen 2-4 untuk Bioremediasi . Pada masing-masing bak dipasangkan keran agar mempermudah mengambil sampel dan di samping reactor dipasangkan pompa dan pipa pvc untuk aliran air dari bak paling bawah terus ke bak paling atas sehingga alirannya sirkular.

Sebelum diisi dengan air limbah, reaktor harus dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi debit ini dilakukan agar volume air limbah seragam pada setiap kompartemen selama proses Bioremediasi berlangsung. Tahap kalibrasi ini dilakukan dengan menentukan debit aliran pada masing-masing kompartemen dengan cara membuka keran air pada bukaan tertentu dan menampung air pada gelas ukur selama waktu tertentu, hingga diperoleh debit aliran yang diinginkan. Pada reaktor ini juga dipasangkan aerator sebagai faktor variasi penelitian, Desain reaktor dapat dilihat pada gambar 2 sampai 3.





Gambar 2. Desain Reaktor Bioremedias Anaerasi



Gambar 3. Desain Reaktor Bioremedias Aerasi



2. Penyiapan Media Tanaman

Pada penelitian ini media tanaman yang digunakan adalah tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dengan pertimbangan dari beberapa penelitian terdahulu. Selain itu, pemilihan tanaman eceng gondok didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan berikut ini:

- a) Tanaman eceng gondok jenis tanaman yang banyak di jumpai di Indonesia. Tanaman ini tumbuh di rawa-rawa, danau maupun sungai.
- b) Dari segi ekonomi tanaman ini bahkan tumbuh liar di alam.
- c) Tidak memerlukan perawatan khusus dan pemeliharaannya sangat mudah
- d) Tanaman ini juga memiliki kemampuan dalam mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik.

Pengambilan tanaman eceng gondok diperoleh di sekitar perumahan Teknik Universitas Hasanuddin Kabupaten Gowa. Sebelum digunakan untuk Bioremediasi, tanaman eceng gondok harus terlebih dahulu melewati proses aklimatisasi untuk mengetahui waktu lamanya eceng gondok mampu bertahan dilingkungan baru dan hidup di dalam air limbah.

Aklimatisasi tanaman eceng gondok, didahului dengan mencuci bersih tanaman sampai bersih dari lumpur dan tanah. Selanjutnya dilakukan aklimatisasi selama 7 hari dengan air limbah *laundry* yang sudah diencerkan. Aklimatisasi selama 7 hari mengacu pada penelitian (Aslam 2017).

Setelah aklimatisasi selama 7 hari selanjutnya dilakukan pemilihan tanaman eceng gondok untuk digunakan sebagai media pengolahan limbah. Setelah itu, maka tanaman akan dipindahkan ke bak yang berisi air limbah *laundry* untuk setiap perlakuan.

Pada setiap bak yang digunakan diberikan tanaman dengan berat basah yang seragam yang memiliki ketinggian yang hampir sama. Penggunaan tanaman .



Perbedaan banyaknya jumlah daun pada tanaman tidak diperhitungkan dalam penelitian ini tapi lebih disesuaikan dengan berat basah tanaman yang digunakan pada masing-masing bak pada tanaman.

3. Penyiapan air limbah *laundry*

Dalam pelaksanaan pengambilan sampel didasarkan pada SNI Air dan air limbah – Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah (SNI 6989.59:2008). Adapun prosedur pengambilan air limbah laundry adalah sebagai berikut:

- a) Menyiapkan peralatan yang dibutuhkan antara lain: bak, ember corong, botol plastik, termometer, pH meter, alat tulis.
- b) Pengambilan air limbah dilakukan dengan mengambil air limbah *laundry* yang keluar dari saluran setiap mesin cuci yang sudah membilas.
- c) Selanjutnya air limbah dimasukkan ke bak dengan menggunakan gayung. Setelah itu, diambil ± 500 ml air limbah *laundry* dan dimasukkan ke dalam botol plastik yang telah diberi label, kemudian dilakukan pengujian pH dan suhu. Adapun untuk parameter BOD₅, COD, TSS, Fosfat, pH dilakukan di Laboratorium.

4. Perlakuan Bioremediasi

Tanaman yang telah dipilih kemudian dimasukkan ke dalam reaktor penelitian yang berisi air limbah *laundry* sebanyak 75 liter untuk setiap kompartemennya. Proses Bioremediasi ini menggunakan dua macam perlakuan yaitu aerasi dan anaerasi dan juga bak kontrol tanpa tanaman dengan posisi kompartemen paling di atas dengan berat tanaman yang seragam setiap kompartemen. Proses Bioremediasi dilakukan hingga tanaman jenuh.

5. Teknik Analisis.

Data-data yang dianalisis meliputi pengamatan morfologi tanaman, pH, konsentrasi BOD, COD, TSS dan Phospat dalam air limbah Laundry, pengaruh penggal dan perlakuan Bioremediasi terhadap efektivitas reduksi zat dalam air limbah laundry. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini



adalah analisis deskriptif dan analisis analitik. Analisis deskriptif yaitu untuk menggambarkan efektivitas penyerapan pada kedua perlakuan. Sedangkan analisis analitik yaitu data hasil pengukuran yang diperoleh dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik menggunakan perangkat lunak (software) Excel untuk mencari nilai koefisien korelasi sehingga dapat diketahui hubungan dan seberapa besar pengaruh variabel waktu dan perlakuan Bioremediasi terhadap efektivitas penyerapan kadar pencemar pada air limbah laundry.

Koefesien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefesien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefesien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefesien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefesien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya). Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut (Aslam,2017):

-) 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
-) $>0 - 0,25$: Korelasi sangat lemah
-) $>0,25 - 0,5$: Korelasi cukup
-) $>0,5 - 0,75$: Korelasi kuat
-) $>0,75 - 0,99$: Korelasi sangat kuat
-) 1: Korelasi sempurna



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Air Limbah Laundry

1. Air Limbah Sebelum Pengolahan

Laundry merupakan suatu proses kompleks yang melibatkan interaksi antara beberapa faktor fisik dan kimiawi. Pada proses ini kotoran yang melekat pada pakaian dibersihkan dengan menggunakan air dan deterjen. Tahapan yang terjadi pada proses ini adalah kotoran yang melekat pada pakaian akan dilepaskan oleh larutan deterjen dan dilanjutkan dengan stabilisasi air yang berisi kotoran supaya kotoran tersebut tidak menempel kembali pada permukaan pakaian. Kemampuan membersihkan pakaian dalam proses laundry sangatlah tergantung pada beberapa faktor seperti jenis bahan pakaian, jenis kotoran, kualitas air, peralatan mencuci dan komposisi deterjen (Hudori, 2008).

Kondisi awal air limbah laundry untuk kadar BOD sebesar 373,58 mg/l dan baku mutu 50mg/l dan terdeteksi melampaui baku mutu yang dipersyaratkan berdasarkan Keputusan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010. Kadar COD, TSS, dan Fosfat yang terdeteksi juga melampaui baku mutu, kadar COD 563 dan baku mutu 160 mg/l, Kadar TSS 141,37 dan baku mutu 60 mg/l, dan kadar Phospat 19.32 mg/l dan baku mutu 1 mg/l). konsentrasi dari semua parameter yang tinggi tersebut merupakan gambaran bahwa telah mencemari lingkungan. Hasil analisis air limbah laundry sebelum pengolahan dapat dilihat pada Tabel.4



Tabel.4 Air limbah laundry sebelum proses pengolahan

No	Parameter	Hasil Uji Awal(mg/l)	Baku Mutu (mg/l)
1	BOD	373.59	50
2	COD	564	160
3	TSS	141.37	60
4	Phospat	19.32	2
5	pH	9.3	0.6-0.9

Tabel 4 menunjukkan karakteristik air limbah yang digunakan dalam penelitian belum memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan, yaitu Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No.69 Tahun 2010 sehingga dapat memberikan gambaran bahwa air limbah laundry memiliki kadar pencemar tinggi yang dapat mencemari lingkungan apabila tidak diolah terlebih dahulu. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan pengolahan air limbah laundry dengan metode Bioremediasi untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar yang terkandung pada air limbah tersebut.

B. Tingkat Remediasi Kadar Pencemar Air Limbah Laundry Selama Bioremediasi

1. Data Hasil Penelitian Kadar Pencemar Limbah Cair Industri Limbah Laundry

Penelitian Bioremediasi air limbah laundry dengan media tanam eceng gondok dilakukan untuk menganalisis berapa besar penurunan kadar pencemar (BOD, COD, TSS, Phospat, dan nilai pH) air limbah laundry setelah melalui proses bioremediasi pada masing-masing kompartemen. Setelah proses bioremediasi selama 17 hari diperoleh hasil pengujian untuk masing-masing kompartemen bioremediasi sebagai berikut:



a. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

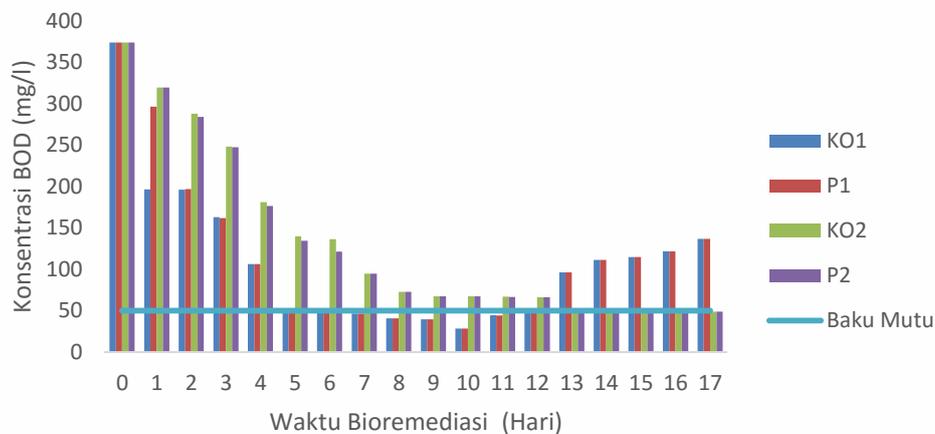
Berdasarkan data hasil pengujian laboratorium diperoleh data konsentrasi BOD pada sampel air limbah laundry setelah melalui metode bioremediasi dengan perlakuan aerasi dan anaerasi. Konsentrasi BOD dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Konsentrasi BOD Setelah Proses Bioremediasi.

Waktu Bioremediasi (Hari)	Konsentrasi BOD (mg/l)				Baku Mutu (mg/l)
	KO1	P1	KO2	P2	
0	373.59	373.59	373.59	373.59	50
1	196.47	296.36	319.37	319.34	50
2	196.27	196.78	287.67	283.89	50
3	162.93	161.84	248.08	247.20	50
4	106.38	106.32	180.95	176.41	50
5	52.94	52.86	139.65	134.61	50
6	49.85	49.83	136.19	121.19	50
7	46.75	46.72	94.95	94.62	50
8	40.73	40.72	72.90	72.86	50
9	39.68	39.64	67.48	67.38	50
10	28.46	28.43	67.26	67.23	50
11	44.57	44.48	66.85	66.79	50
12	46.93	46.89	66.17	66.18	50
13	96.38	96.42	49.75	49.73	50
14	111.31	111.34	49.55	49.48	50
15	114.74	114.78	49.25	49.23	50
16	121.76	121.82	49.07	49.06	50
17	136.61	136.68	49.02	49.02	50

limbah laundry setelah melalui metode Bioremediasi dengan perlakuan aerasi dan anaerasi dari tabel tersebut, dapat diketahui bahwa pada perlakuan aerasi hari ke-1 hingga hari ke-10 mengalami penurunan kadar BOD, dan terjadi peningkatan pada hari ke-11 hingga hari ke-17. Hal ini disebabkan karena penambahan tanaman mengalami kejenuhan dan hari ke-17 sudah banyak yang mati. Pada perlakuan anaerasi kadar BOD terus menurun hingga hari ke-17 dan tanaman masih banyak yang subur. Penurunan kadar BOD untuk setiap hari tersaji pada Gambar 4





Gambar 3. Tingkat Remediasi BOD pada Perlakuan Aerasi dan Anaerasi

Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 4, diketahui bahwa penurunan kadar BOD yang optimal pada perlakuan aerasi, dimana pada hari ke-6 kadar BOD sudah dibawah baku mutu dengan nilai kompartemen KO1 sebesar 49,85 mg/l dan P1 sebesar 49,83 mg/l. Hal ini sejalan dengan (Aslam, 2017 ; dan Arsawan, 2007) menyatakan bahwa adanya penambahan oksigen kedalam air limbah yang mendukung penurunan kadar BOD sehingga, mikroba bisa mengurai bahan organik dengan cepat. Selain itu enceng gondok juga menarik zat kontaminan yang terakumulasi disekitar akar kemudian zat-zat kontaminan tersebut menempel pada akar. Adapun peningkatan kadar BOD pada perlakuan aerasi terjadi pada hari ke-13 hingga hari ke-17 dengan nilai KO1 sebesar 96,38 mg/l, 111,31 mg/l, 114,74 mg/l, 121,76 mg/l, 136,61 mg/l. Dan P1 sebesar 96,42 mg/l, 111,34 mg/l, 114,78 mg/l, 121,82 mg/l, 136,68 mg/l. Hal ini disebabkan karena sebagian besar tanaman telah mati dan membusuk mengakibatkan bahan organik dalam air limbah meningkat sehingga kadar BOD juga mengalami peningkatan. Sedangkan pada perlakuan anaerasi baru memenuhi baku mutu pada hari ke-13 dengan nilai BOD untuk KO2 sebesar 49,75 mg/l dan P2 sebesar 49,73

untuk kadar BOD yang paling optimal pada hari ke-17 sebesar 49,02 mg/l. Hal ini juga membuktikan bahwa enceng gondok merupakan tanaman yang efektif untuk mereduksi zat pencemar pada air limbah.



b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Konsentrasi COD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik dalam air limbah secara kimia. Konsentrasi COD dalam air limbah *laundry* setelah diolah dengan metode Bioremediasi menggunakan tanaman eceng gondok mengalami penurunan, hal ini menunjukkan sudah terjadi perbaikan kualitas pada air limbah laundry dengan kadar COD pada perlakuan aerasi dan anaerasi. Hasil pengujian konsentrasi COD dapat dilihat pada Tabel 6.

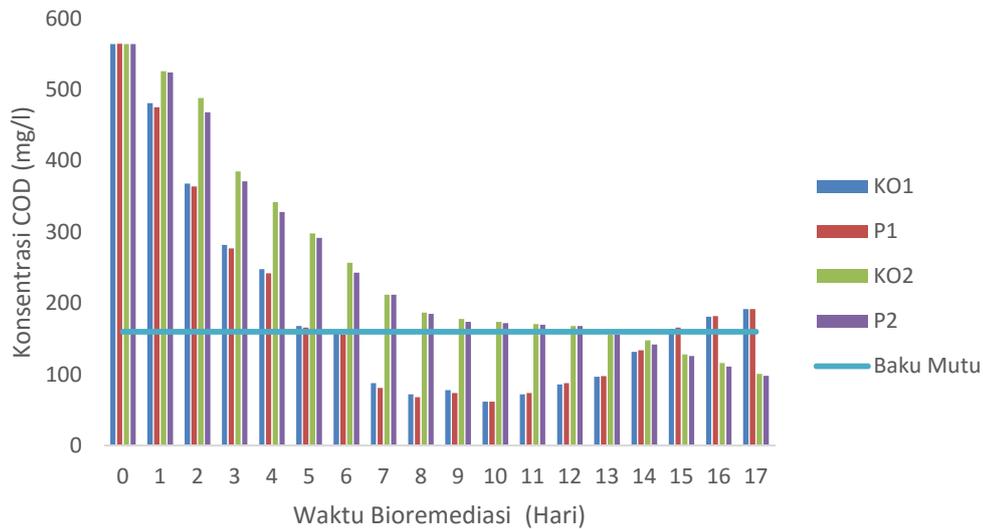
Tabel.6 Konsentrasi COD setelah proses Bioremediasi

Waktu Bioremediasi (Hari)	Konsentrasi COD (mg/l)				Baku Mutu (mg/l)
	KO1	P1	KO2	P2	
0	564	564	564	564	160
1	481	475	526	524	160
2	368	364	488	468	160
3	282	277	385	371	160
4	248	242	342	328	160
5	168	166	298	292	160
6	158	156	257	243	160
7	88	81	212	212	160
8	72	68	187	185	160
9	78	74	178	174	160
10	62	62	174	172	160
11	72	74	171	170	160
12	86	88	168	168	160
13	97	98	156	156	160
14	132	134	148	142	160
15	164	166	128	126	160
16	181	182	116	111	160
17	192	192	101	98	160

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui bahwa dari kedua perlakuan tersebut, dapat menurunkan kadar COD hingga dibawah baku mutu sama halnya dengan COD lebih cepat penyerapan pada perlakuan aerasi itu terjadi karena mendapat suplai oksigen yang cukup untuk mengurai bahan organik serta yang netral dan alkalis bakteri akan tumbuh dengan baik sehingga proses



dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat dan kandungan COD, BOD cenderung lebih rendah pada pH netral dan alkalis, dapat dilihat dari Gambar 5 dibawah.



Gambar 4. Tingkat Remediasi COD pada Perlakuan Aerasi dan Anaerasi

Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 5 diketahui bahwa penyisihan kadar COD yang paling optimal pada perlakuan aerasi dimana pada hari ke- 6 hingga hari ke-10 sudah dibawah baku mutu dengan nilai KO1 sebesar 158 mg/l, 88 mg/l, 72 mg/l, 86 mg/l, 97 mg/l dan P1 sebesar 156 mg/l, 81 mg/l, 68 mg/l, 74 mg/l, 88 mg/l, dan 98 mg/l tetapi, pada hari ke-11 hingga hari ke-17 juga mengalami peningkatan kadar COD seperti yang terjadi pada kadar BOD. Peningkatan terbesar terjadi pada hari ke-17 dimana kadar COD melewati batas baku mutu untuk KO1 dan P1 pada hari ke 17 sebesar 192 mg/l dan. Hal ini disebabkan karena tanaman mengalami kejenuhan dan sebagian besar tanaman sudah banyak yang mati dan mengalami pembusukan sehingga kadar COD juga meningkat. Sedangkan pada perlakuan anaerasi baru memenuhi memenuhi baku mutu pada hari ke- 13 dengan kadar COD sebesar 156 mg/l dan kadar COD

pada hari ke-17 ialah 98 mg/l diduga akan terus mengalami penurunan menceng gondok masih subur . Hal ini sejalan dengan (Arsawan 2007 ; 2017) menyatakan bahwa penambahan oksigen yang mendukung



penurunan nilai COD dan BOD sehingga mikroba bisa mengurai bahan organik dengan cepat. Selain penambahan oksigen enceng gondok juga memiliki akar yang banyak dan dapat mengabsorpsi senyawa organik dan memfiltrasi senyawa anorganik (Luthfi, 2017).

c. TSS (*Total Suspended Solid*)

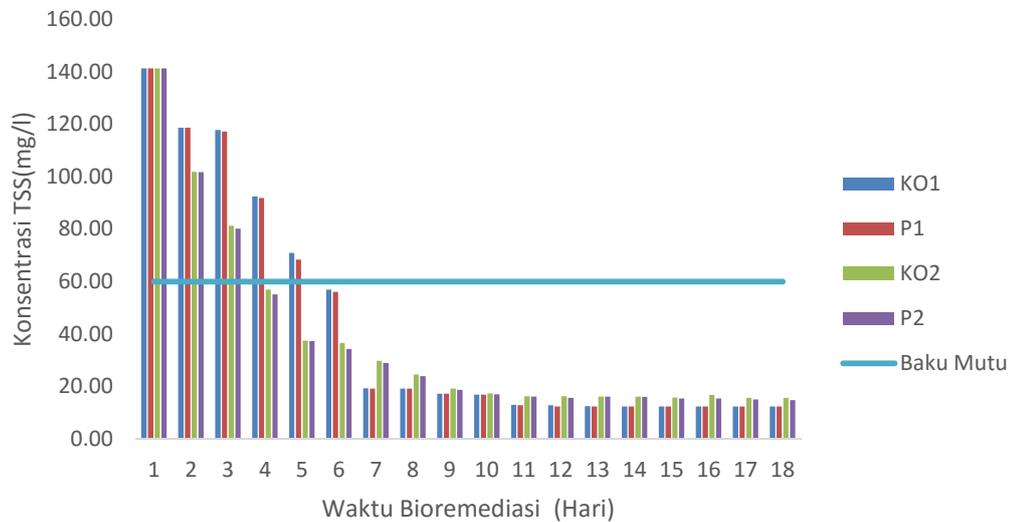
Hasil yang didapatkan dari konsentrasi TSS setelah Bioremediasi menunjukkan untuk konsentrasi TSS semuanya dibawah baku mutu. Hal ini disebabkan karena tanaman eceng gondok mempunyai akar serabut yang menjadi tempat menempelnya partikel atau koloid yang melayang pada air limbah, berikut adalah hasil TSS setelah proses Bioremediasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Konsentrasi TSS Setelah Proses Bioremediasi

Waktu Bioremediasi (Hari)	Konsentrasi TSS (mg/l)				Baku Mutu (mg/l)
	KO1	P1	KO2	P2	
0	141.36	141.36	141.36	141.36	60
1	118.66	118.63	101.85	101.76	60
2	117.79	117.26	81.27	80.19	60
3	92.57	91.93	56.90	55.08	60
4	70.96	68.35	37.44	37.33	60
5	56.99	56.14	36.64	34.26	60
6	19.36	19.21	29.85	28.92	60
7	19.23	19.25	24.61	23.90	60
8	17.22	17.27	19.25	18.75	60
9	16.95	16.90	17.44	17.08	60
10	12.97	12.86	16.24	16.21	60
11	12.94	12.37	16.24	15.70	60
12	12.46	12.42	16.15	16.15	60
13	12.42	12.42	16.13	16.05	60
14	12.42	12.42	15.80	15.48	60
15	12.42	12.42	16.79	15.45	60
16	12.42	12.42	15.72	15.06	60
17	12.42	12.42	15.67	14.82	60

Pada gambar dibawah ini bisa kita lihat untuk perlakuan aerasi dan dalam menyisihkan TSS sangat baik namun untuk perlakuan anaerasi at karena terjadi pengendapan didasar kompartemen. Hasil lebih jelasnya nbar 6.





Gambar 5. Tingkat Remediasi TSS pada Perlakuan Aerasi dan Anaerasi

Dari gambar diatas perlakuan anaerasi lebih cepat dibandingkan aerasi, tetapi hasil yang lebih efektif pada perlakuan aerasi dalam menyisihkan TSS, menurut (arsawan, 2007) Hal ini disebabkan karena pemberian tambahan oksigen kedalam air limbah akan menghancurkan endapan-endapan yang tergumpal sehingga akan mempermudah penyerapan O_2 dan bakteri-bakteri aerob yang berfungsi sebagai pengurai dapat tumbuh dengan baik dan akan semakin banyak bakteri pengurai yang dapat menguraikan endapan-endapan pada air limbah dan penyebab cepatnya perlakuan anaerasi dalam menyisihkan TSS karena terjadi pengendapan di dasar bak dan sebagian menempel pada akar eceng gondok, kemudian untuk aerasi penurunannya lambat karena limbah akan terus teraduk. sedangkan perlakuan anaerasi nilainya akan terus menurun hingga hari ke-17, untuk nilai TSS dari perlakuan aerasi dan anaerasi ialah 12, 42 mg/l dan 14, 82 mg/l.



at

ampel sebelum proses pengolahan nilai phospat mencapai 19.,32 mg/l hal gambarkan tercemarnya air akibat limbah cair laundry. Peningkatan

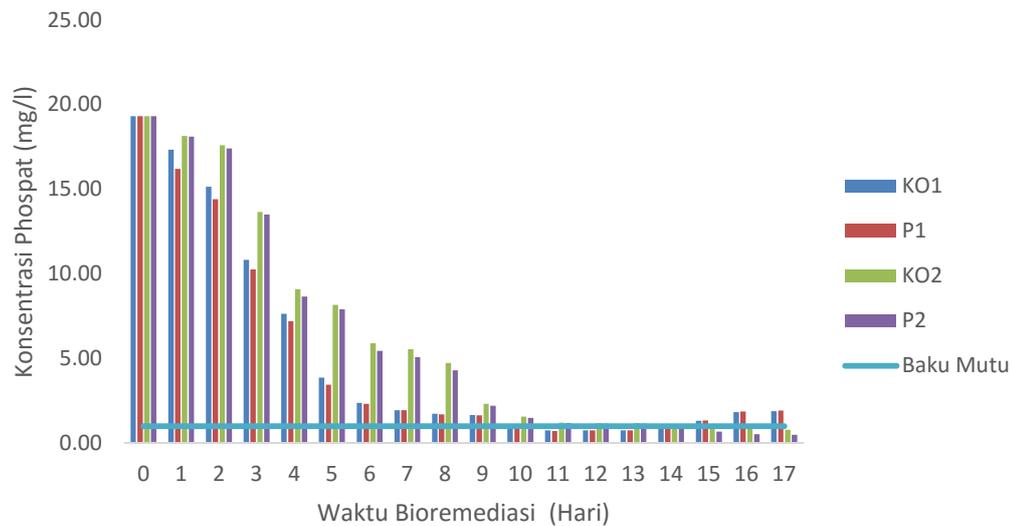
konsentrasi tersebut juga menimbulkan terjadinya proses eutrofikasi, eutrofikasi yang merupakan pengayaan air dengan nutrien/unsure hara yang berupa bahan organik yang dibutuhkan tumbuhan. Berikut adalah hasil dari pengolahan limbah laundry untuk perlakuan aerasi dan anaerasi pada Tabel 8

Tabel 8. Konsentrasi phospat setelah proses Bioremediasi

Waktu Bioremediasi (Hari)	Konsentrasi Phospat (mg/l)				Baku Mutu (mg/l)
	KO1	P1	KO2	P2	
0	19.32	19.32	19.32	19.32	1
1	17.33	16.20	18.15	18.12	1
2	15.15	14.41	17.61	17.42	1
3	10.83	10.27	13.65	13.51	1
4	7.64	7.21	9.10	8.67	1
5	3.86	3.46	8.16	7.91	1
6	2.38	2.31	5.90	5.45	1
7	1.95	1.95	5.54	5.07	1
8	1.73	1.70	4.73	4.29	1
9	1.67	1.64	2.32	2.22	1
10	0.88	0.86	1.56	1.50	1
11	0.75	0.72	1.21	1.20	1
12	0.76	0.75	1.20	1.16	1
13	0.75	0.75	1.19	1.16	1
14	0.98	0.98	1.11	1.09	1
15	1.32	1.34	0.92	0.68	1
16	1.83	1.86	0.94	0.53	1
17	1.88	1.92	0.79	0.50	1

Menurut Hermawati 2005 mengemukakan bahwa kondisi pH yang baik untuk penyerapan fosphat oleh tanaman berkisar antara 6-8, dibawah dari itu penyerapan unsur fosphat akan terganggu begitupun dengan konsentrasi COD, BOD juga terjadi penyerapan yang optimal jika nila pH netral dan alkalis, selanjutnya. Nilai pH selama Bioremediasi disajikan pada Gambar 7.





Gambar 6. Tingkat remediasi Phospat Pada perlakuan anaerasi dan aerasi

Selain karena nilai pH netral dan alkalis dapat membantu tanaman menurunkan kadar phospat, menurut (arsawan, 2007) menyatakan bahwa penambahan oksigen kedalam air limbah adalah salah satu usaha pengambilan zat pencemar yang tergantung di dalam air sehingga konsentrasi zat pencemar akan hilang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Dilihat dari gambar 7 terjadi peningkatan pada perlakuan aerasi karena kondisi tanaman sudah mengalami kejenuhan pada hari 13-17 sehingga phospat dapat terlarut kembali hal ini sejalan dengan (Lutfi, 2017 ; Stephany 2013) yang menyatakan bahwa phospat yang telah diserap dapat terlarut kembali oleh system perakaran enceng gondok yang sudah mati. Dan pada perlakuan anaerasi tidak terjadi peningkatan hal ini disebabkan karena enceng gondok masih banyak yang subur sehingga penyerapan kadar phospat akan terus menurun hingga hari ke-17.

e. pH

Berdasarkan hasil pengujian mendapatkan nilai pH pada air limbah sebelum diolah dengan pH 9.3, namun pada saat limbah laundry sudah diolah oleh media tanam enceng gondok terjadi penurunan pH di hari ke-1 8,8 untuk perlakuan aerasi dan anaerasi untuk kontrol 7.9 dan anaerasi



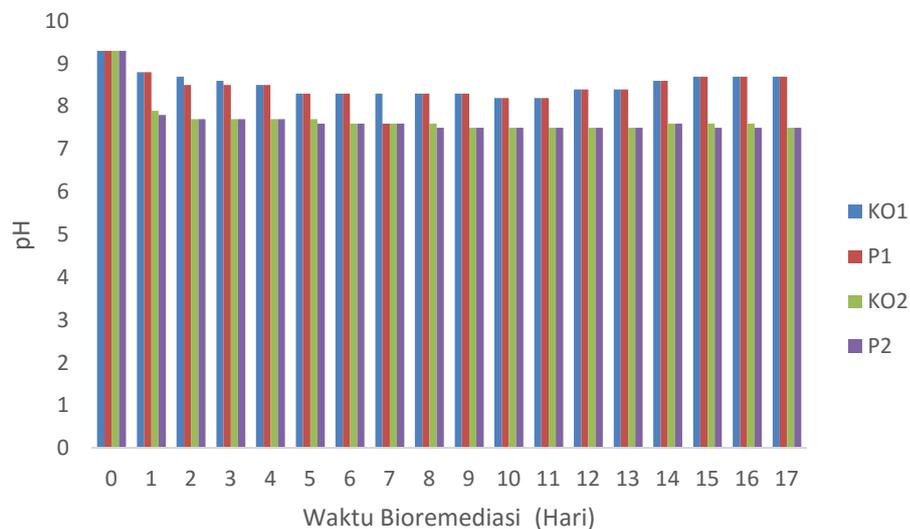
7.8 dan itu sudah dibawah baku mutu hingga hari ke-17 bisa dilihat dari table dibawah ini.

Tabel 9. Nilai pH setelah proses Bioremediasi

Waktu Bioremediasi (Hari)	Nilai pH (mg/l)				Baku Mutu (mg/l)
	KO1	P1	KO2	P2	
0	9.3	9.3	9.3	9.3	0.6-0.9
1	8.8	8.8	7.9	7.8	0.6-0.9
2	8.7	8.5	7.7	7.7	0.6-0.9
3	8.6	8.5	7.7	7.7	0.6-0.9
4	8.5	8.5	7.7	7.7	0.6-0.9
5	8.3	8.3	7.7	7.6	0.6-0.9
6	8.3	8.3	7.6	7.6	0.6-0.9
7	8.3	7.6	7.6	7.6	0.6-0.9
8	8.3	8.3	7.6	7.5	0.6-0.9
9	8.3	8.3	7.5	7.5	0.6-0.9
10	8.2	8.2	7.5	7.5	0.6-0.9
11	8.2	8.2	7.5	7.5	0.6-0.9
12	8.4	8.4	7.5	7.5	0.6-0.9
13	8.4	8.4	7.5	7.5	0.6-0.9
14	8.6	8.6	7.6	7.6	0.6-0.9
15	8.7	8.7	7.6	7.5	0.6-0.9
16	8.7	8.7	7.5	7.5	0.6-0.9
17	8.7	8.7	7.5	7.5	0.6-0.9

Pada Gambar 8 menunjukkan nilai pH yang netral dan alkalis sehingga selama proses Bioremediasi tanaman dapat menyerap kontaminan dengan baik seperti pada gambar yang tersaji dibawah ini





Gambar 7. Nilai pH selama Bioremediasi dengan perlakuan Aerasi dan Anaerasi

Dilihat dari pH tersebut, menunjukkan bahwa hasil penyerapan pada parameter yang diteliti sangat optimal dikarenakan pH pada semua perlakuan itu sudah dibawah baku mutu. Faktor pH berperan penting dalam Bioremediasi karena berpengaruh pada kelarutan unsur hara yang menyebabkan adanya pertumbuhan bagi tanaman. pH yang tinggi akan menghambat kelarutan unsur hara dan pertumbuhan tanaman (Nurfadilla dkk, 2017). Menurut (aslam, 2017 ; Hermawati, 2005) menyatakan bahwa pada pH netral dan alkalis bakteri akan tumbuh dengan baik sehingga proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat. Selanjutnya menurut (kalsum, 2014) menyatakan bahwa enceng gondok yang merupakan tumbuhan air dapat menghasilkan eksudat yang berguna untuk menurunkan pH yang basa pada air limbah dan menimbulkan reaksi remediasi yang dilakukan tanaman terhadap kontaminan menjadi optimal serta tanaman eceng gondok dapat menyerap zat pencemar dalam air limbah laundry dengan sangat baik.



C. Perbandingan Efektivitas Bioremediasi Kadar Pencemar Air Limbah

Laundry

1. Nilai Efektivitas Bioremediasi Perlakuan Aerasi dan Anaerasi

a. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

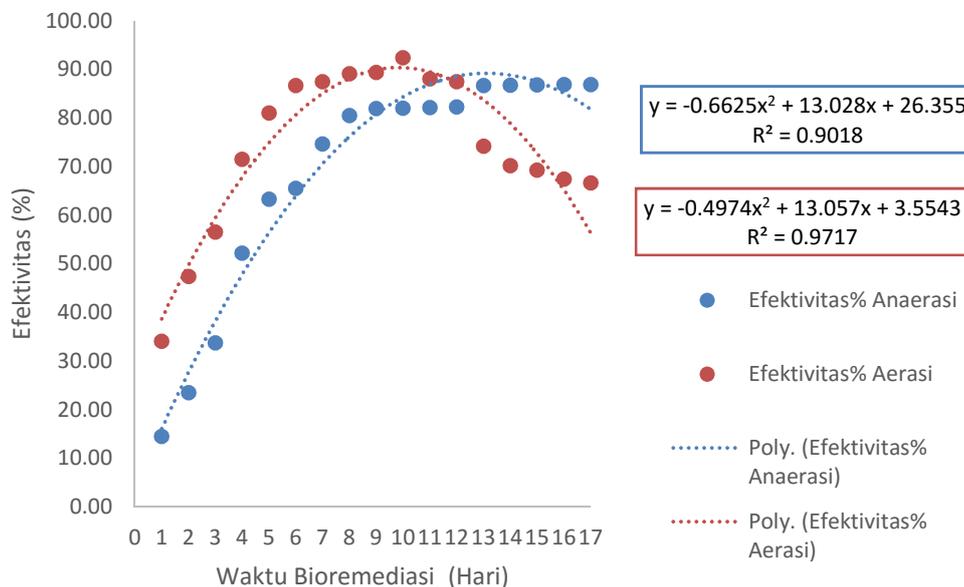
Setelah melalui proses Bioremediasi kadar BOD menurun pada perlakuan aerasi dan anaerasi dan sudah dibawa baku mutu bisa dilihat dari Tabel efektivitas remediasi kadar BOD, dimana untuk perlakuan aerasi yang paling efektif pada hari ke-10 yaitu 92,39% namun pada saat kondisi tanaman semakin layu maka pada hari ke 17 efektivitasnya menurun menjadi 66,64%. Sedangkan pada perlakuan anaerasi yang paling efektif pada hari ke-17 yaitu sebesar 86.88%. Hasil efektivitas tersaji pada Tabel 11.

Tabel 11. Efektivitas bioremediasi Kadar BOD

Waktu Bioremediasi (Hari)	Efektivitas%	
	Anaerasi	Aerasi
1	14.52	34.04
2	23.51	47.40
3	33.71	56.53
4	52.17	71.53
5	63.29	81.02
6	65.55	86.66
7	74.63	87.49
8	80.49	89.10
9	81.95	89.39
10	82.00	92.39
11	82.11	88.08
12	82.29	87.44
13	86.69	74.20
14	86.75	70.20
15	86.82	69.28
16	86.87	67.40
17	86.88	66.64



Gambar dibawah menunjukkan efektivitas penyerapan BOD pada perlakuan aerasi dan anaerasi. Berdasarkan grafik dibawah ini dapat diketahui bahwa persentase penyerapan kadar BOD pada perlakuan anaerasi semakin meningkat seiring bertambah lamanya waktu kontak antara tanaman enceng gondok dengan air limbah laundry dengan tingkat efektivitas sebesar 86,88%. Sedangkan pada perlakuan aerasi terus mengalami peningkatan hingga hari ke 10 dengan tingkat efektivitas sebesar 92,39%, namun mengalami penurunan pada hari ke 11 hingga hari ke17.



Gambar 8. Efektivitas Remediasi Kadar BOD

Tabel diatas menunjukkan efektivitas penyerapan BOD pada masing masing perlakuan. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa persentase penyerapan kadar BOD pada perlakuan aerasi terus mengalami peningkatan, dan penyerapan tertinggi pada hari ke-10 dengan tingkat efektivitas sebesar 92,39%, Sedangkan pada perlakuan anaerasi efektivitas penyerapan BOD juga semakin meningkat seiring bertambah lamanya waktu kontak antara tanaman eceng gondok dengan air limbah, dimana penyerapan tertinggi terjadi pada hari ke-17 dengan persentase penyerapan sebesar 86.88%



Dari hasil analisis diketahui bahwa waktu kontak eceng gondok dengan air limbah pada perlakuan aerasi, memiliki korelasi atau hubungan yang sangat kuat ($R > 0,75$) terhadap efektivitas penyisihan BOD dengan proporsi pengaruh sebesar 97.17% sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain. Adapun untuk perlakuan anaerasi, juga didapatkan hubungan yang sangat kuat antara waktu Bioremediasi terhadap efektivitas penyerapan BOD dengan pengaruh sebesar 90.18%. Dari grafik juga dapat diketahui bahwa waktu Bioremediasi yang paling optimal pada perlakuan aerasi diperkirakan terjadi pada hari ke-1 hingga hari ke-10 dan hari selanjutnya akan mengalami penurunan. Sedangkan pada perlakuan anaerasi, proses Bioremediasi diperkirakan akan efektif hingga hari ke-17, kemudian pada hari selanjutnya diperkirakan akan mengalami penurunan.

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Hasil pengujian COD diperoleh nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil pengujian BOD karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroba dapat ikut teroksidasi pada pengujian kandungan COD. Untuk hasil perhitungan persentase penyerapan kadar COD dapat dilihat pada tabel berikut

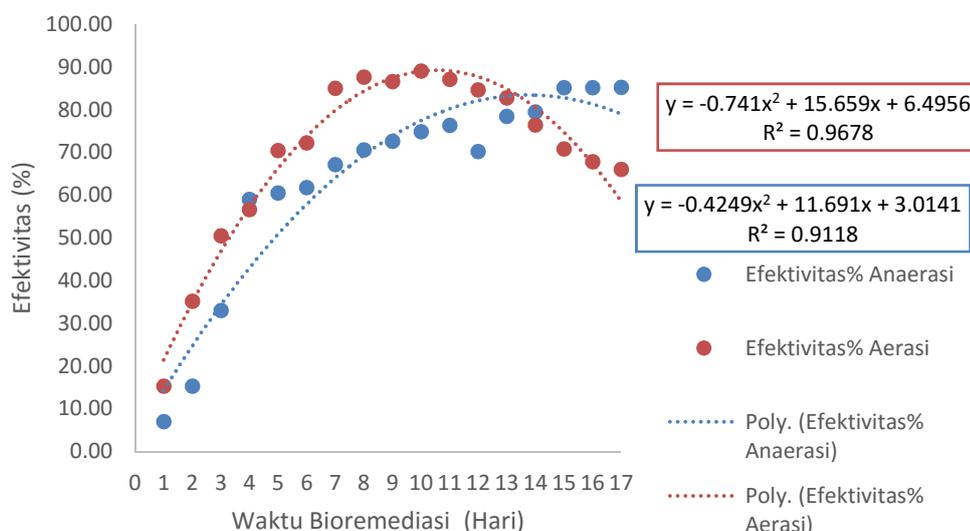
Tabel 12. Efektivitas Bioremediasi Kadar COD

Waktu Bioremediasi (Hari)	Efektivitas%	
	Anaerasi	Aerasi
1	15.39	15.30
2	36.98	35.14
3	50.74	50.47
4	58.98	56.59
5	60.48	70.41
6	61.72	72.18
7	67.13	85.03
8	70.58	87.60
9	72.62	86.53
10	74.84	89.01
11	76.34	87.06
12	82.90	84.58
13	83.99	82.75



14	85.03	76.43
15	85.12	70.76
16	85.12	67.84
17	85.20	65.98

Gambar dibawah menunjukkan efektivitas penyerapan COD pada masing masing perlakuan. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa persentase penyerapan kadar COD pada perlakuan aerasi terus mengalami peningkatan hingga hari ke-10 dengan tingkat efektivitas sebesar 90,79%, namun mengalami penurunan pada hari ke-17. Sedangkan pada perlakuan anaerasi efektivitas penyerapan COD semakin meningkat seiring bertambah lamanya waktu kontak antara tanaman eceng gondok dengan air limbah, dimana penyerapan tertinggi terjadi pada hari ke-17 dengan persentase penyerapan sebesar 85,20%.



Gambar 9. Efektivitas Remediasi Kadar COD

Dari gambar diatas menunjukkan hasil uji korelasi diketahui bahwa pada perlakuan aerasi hubungan antara waktu Bioremediasi dengan efektivitas penyerapan COD mempunyai tingkat korelasi yang sangat kuat dengan koefisien korelasi $R > 0,75$ dan proporsi pengaruh waktu Bioremediasi sebesar 96,78%. Sedangkan korelasi waktu Bioremediasi terhadap efektivitas penyerapan COD



pada perlakuan anaerasi diperoleh hubungan yang sangat kuat dengan proporsi pengaruh waktu terhadap efektivitas sebesar 91,18%.

c. TSS (*Total Suspended Solid*)

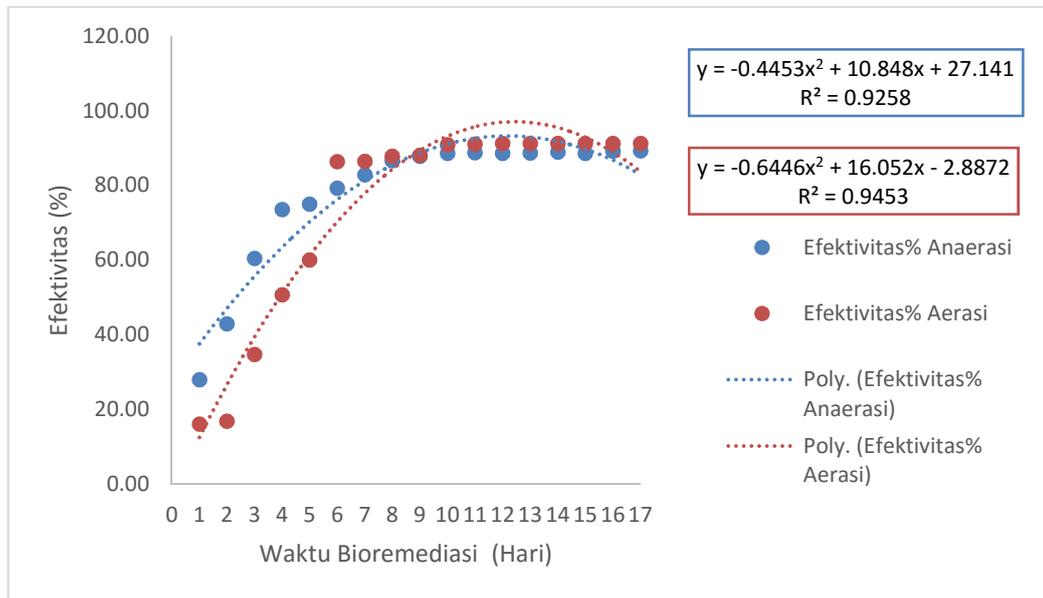
TSS adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan ini terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, seperti bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Semakin banyak bahan organik yang terurai oleh aktivitas bakteri maka kualitas limbah semakin baik. Berikut hasil perhitungan persentase penyerapan TSS pada air limbah laundry ditunjukkan pada Tabel 13

Tabel 13. Efektivitas Bioremediasi TSS

Waktu Bioremediasi (Hari)	Efektivitas%	
	Anaerasi	Aerasi
1	27.98	16.06
2	42.89	16.86
3	60.39	34.74
4	73.55	50.72
5	74.92	59.98
6	79.21	86.36
7	82.84	86.39
8	86.56	87.80
9	87.79	88.02
10	88.52	90.86
11	88.70	91.05
12	88.57	91.20
13	88.62	91.21
14	88.94	91.21
15	88.60	91.21
16	89.11	91.21
17	89.22	91.21

Berdasarkan gambar dibawah dapat diketahui bahwa dari kedua perlakuan memiliki korelasi yang kuat namun perlakuan yang paling efektif adalah anaerasi pada hari ke 5 tingkat efektivitasnya sebesar 74,92% dan aerasi pada hari ke 17 sebesar 91,21%. Grafik efektivitas dari perlakuan aerasi dan anaerasi tersaji pada gambar 1.





Gambar 10. Efektivitas Remediasi Kadar TSS.

Hal ini sejalan dengan koefisien korelasi yang didapatkan dimana nilai R untuk kedua perlakuan >0,75 yang menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara waktu kontak tanaman eceng gondok dengan air limbah terhadap efektivitas penyerapan TSS. Selain itu berdasarkan nilai R^2 menunjukkan bahwa waktu Bioremediasi memiliki pengaruh sebesar 94,53% pada perlakuan aerasi sedangkan pada perlakuan anaerasi proporsi pengaruh waktu terhadap efektivitas yaitu sebesar 92,58%.

Pada perlakuan aerasi diperkirakan waktu Bioremediasi yang paling efektif untuk mereduksi kadar TSS dapat berlangsung hingga hari ke-17. Sedangkan perlakuan anaerasi waktu Bioremediasi akan aefektif pada hari ke-17 namun penyisihan kadar TSS yang besar ialah perlakuan aerasi.

d. Phospat (PO_4)

Limbah cair laundry mengandung bahan kimia dengan konsentrasi tinggi antara lain ialah fosfat, karena fosfat merupakan bahan pembentuk utama dalam dan juga dapat menimbulkan terjadinya proses eutrofikasi, pada tabel s untuk perlakuan aerasi yang paling efektif hari ke-11 sebesar 96,20% a hari selanjutnya akan menurun hal ini disebabkan karena media tanam mengalami kejenuhan, begitupun pada konsentrasi COD dan BOD dimana



pada saat tanaman mengalami kejenuhan kadar COD dan BOD akan meningkat dan efektivitas penyerapan akan menurun yang disebabkan oleh tanaman yang membusuk . Sedangkan pada perlakuan anaerasi kadar phospat sebesar 96.66% pada hari ke-17 karena tanaman masih mampu menyerap kadar phospat. Menurut (Hardyanti, 2007) tanaman enceng gondok pada perlakuan anaerasi lebih lama bertahan karena adanya kandungan phospat sebagai sumber nutrisi yang dibutuhkan tanama serta nilai pH pada limbah juga sudah berada dibawa baku mutu sehingga enceng gondok masih menyerap kontaminan hingga hari ke-17. Efektivitas dari kedua perlakuan tersebut dapat dilihat pada Tabel 14.

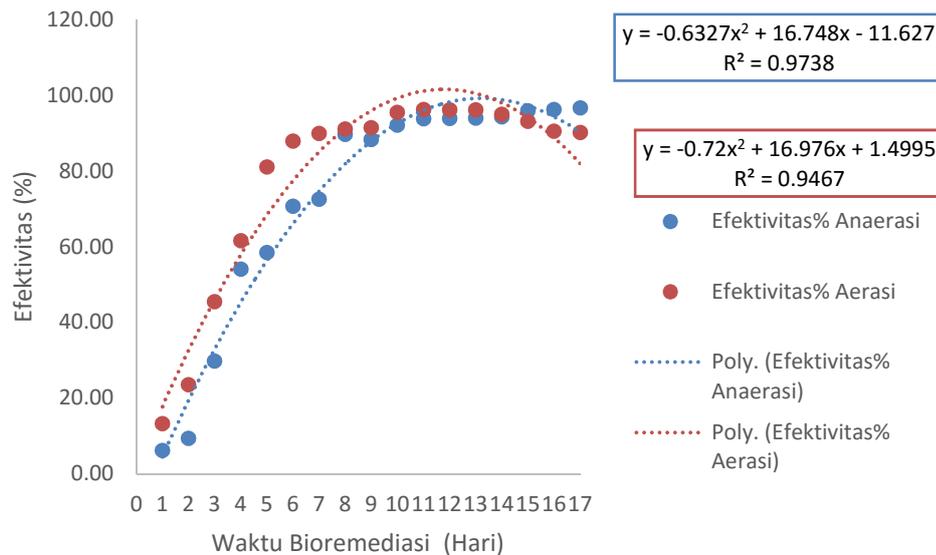
Tabel 14. Efektivitas Bioremediasi Kadar Phospat

Waktu Bioremediasi (Hari)	Efektivitas%	
	Anaerasi	Aerasi
1	6.15	13.25
2	9.37	23.50
3	29.71	45.41
4	54.03	61.59
5	58.43	81.05
6	70.63	87.86
7	72.55	89.92
8	89.65	91.12
9	88.26	91.44
10	92.08	95.50
11	93.76	96.20
12	93.90	96.10
13	93.93	96.12
14	94.32	94.93
15	95.86	93.12
16	96.20	90.45
17	96.66	90.17

Gambar dibawah menunjukkan efektivitas penyerapan phospat pada masing-masing perlakuan. Berdasarkan kedua perlakuan tersebut dapat diketahui persentase penyerapan kadar phospat pada perlakuan aerasi terus meningkat hingga hari ke 13 dengan tingkat efektivitas sebesar 96,12% dan mengalami penurunan pada hari ke 17. Sedangkan pada perlakuan



anaerasi efektivitas penyerapan phospat semakin meningkat seiring bertambah lamanya waktu kontak antara tanaman eceng gondok dengan air limbah, dimana penyerapan tertinggi terjadi pada hari ke 17 dengan persentase penyerapan sebesar 96,66%.



Gambar 11. Efektivitas Remediasi Kadar Phospat.

koefisien korelasi yang didapatkan dimana nilai R untuk kedua perlakuan >0,75 yang menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara waktu kontak tanaman eceng gondok dengan air limbah terhadap efektivitas penyerapan PO₄. Selain itu berdasarkan nilai R² menunjukkan bahwa waktu Bioremediasi memiliki pengaruh sebesar 94,67% pada perlakuan aerasi sedangkan pada perlakuan anaerasi proporsi pengaruh waktu terhadap efektivitas yaitu sebesar 97,38%. (Hermawati, 2005) mengemukakan bahwa kondisi pH yang baik untuk penyerapan phospat oleh tanaman berkisar antara 6-8, dibawah angka tersebut maka penyerapan unsur phospat akan terganggu. Hal ini sejalan dengan hermawati, 2005 dimana pada saat pengolahan limbah laundry menggunakan tanaman eceng gondok, nilai Ph pada perlakuan aerasi alkalis dan anaerasi netral penyisihan kadar phospat sangat baik .



e.pH

Hasil dari efektivitas nilai pH selama Bioremediasi tersaji pada Tabel 15.

Tabel 15. Nilai pH selama Bioremediasi

waktu Bioremediasi (Hari)	Efektivitas%	
	Anaerasi	Aerasi
1	15.59	5.38
2	17.20	7.53
3	17.20	8.06
4	17.20	8.60
5	17.74	10.75
6	18.28	10.75
7	18.28	14.52
8	18.82	10.75
9	19.35	10.75
10	19.35	11.83
11	19.35	11.83
12	19.35	9.68
13	19.35	9.68
14	18.28	7.53
15	18.82	6.45
16	19.35	6.45
17	19.35	6.45

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai pH pada air limbah sebelum diolah bersifat basa yaitu 9,3. Tebel di atas menunjukkan nilai pH yang diperoleh setelah air limbah melalui proses Bioremediasi dengan perlakuan aerasi dan anaerasi. Menurut Hermawati, 2005) pada pH sekitar 6-8 eceng gondok mempunyai pertumbuhan yang lebih. Tumbuhan akuatik memnfaatkan bikarbonat sebagai sumber karbon menyebabkan reaksi bergeser ke kanan sehingga terjadi akumulasi hidroksida yang menyebabkan naiknya nilai pH. Nilai pH dapat mempengaruhi nilai BOD dan COD, dimana pada pH netral dan alkalis bakteri akan tumbuh dengan baik sehingga proses dekomposisi bahan organik yang lebih cepat sehingga kandungan BOD dan COD cenderung lebih rendah pada pH netral dan alkalis.



2. Perbandingan Efektivitas Antara Perlakuan Anaerasi dan Perlakuan Aerasi.

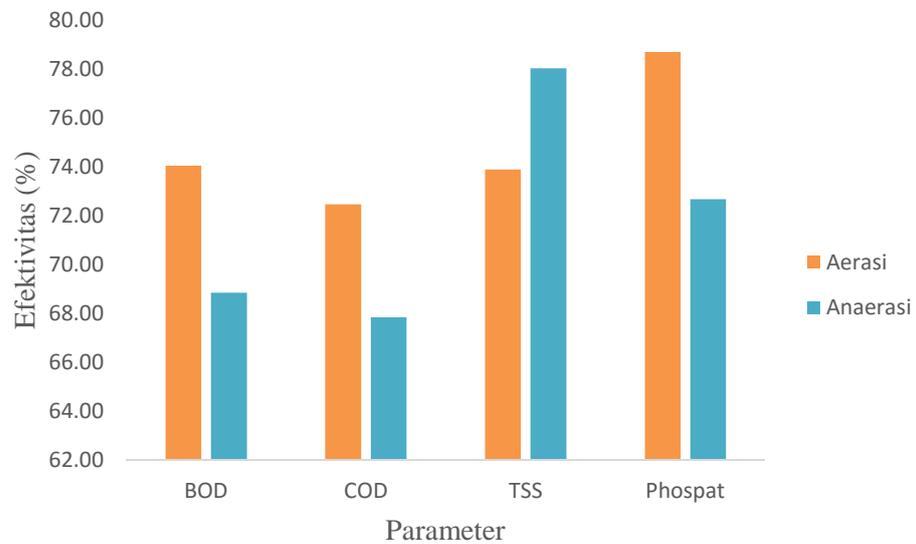
Berikut perbandingan antara perlakuan anaerasi dan perlakuan aerasi terhadap efektivitas penyerapan kadar pencemar pada air limbah laundry yang disajikan pada Tabel 16 dan Gambar 11.

Tabel 16. Perbandingan Efektivitas Penyerapan Aerasi dan Anaerasi

Parameter	Efektivitas (%)	
	Aerasi	Anaerasi
BOD	74.05	68.84
COD	72.46	67.83
TSS	73.89	78.02
Phospat	78.69	72.68

Berdasarkan Tabel 16 dapat diketahui bahwa perlakuan aerasi dapat menurunkan kadar BOD sebesar 74,05% sedangkan perlakuan anaerasi mampu menurunkan kadar BOD sebesar 68,84%. Maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang paling efektif dalam menyisihkan kandungan BOD dalam air limbah laundry adalah metode Bioremediasi dengan penambahan oksigen atau aerasi. Hal ini dikarenakan aerasi menyebabkan makin banyak suplai oksigen terlarut dalam air. Oksigen terlarut dibutuhkan mikroorganisme untuk respirasi dan mendegradasi bahan organik. Dari degradasi bahan organik tersebut dihasilkan CO₂ yang dibutuhkan tanaman untuk proses fotosintesisnya.





Gambar 12 . Perbandingan Efektivitas Penyerapan Kadar Pencemar Antara Perlakuan Anaerasi dengan Perlakuan Aerasi

Efektivitas penyerapan COD yang paling maksimal terjadi pada perlakuan aerasi sebesar 72,46% dan perlakuan anaerasi sebesar 67,83%. Sama halnya dengan parameter BOD, tersedianya oksigen yang memadai pada air limbah laundry dapat memberikan kesempatan lebih lama bagi mikroorganisme aerob untuk menguraikan bahan organik sehingga konsentrasi COD menurun. Bahwa pemberian aerasi mampu meningkatkan kinerja eceng gondok dan bakteri serta menurunkan konsentrasi COD sampai 90%.

Untuk efektivitas penyisihan TSS yang paling efektif adalah dengan perlakuan anaerasi, karena padatan-padatan tersuspensi lebih mudah mengendap dalam keadaan air yang tenang. Penurunan nilai TSS dapat terjadi karena bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah telah diuraikan oleh bakteri pendegradasi limbah dan menghasilkan senyawa yang dapat digunakan untuk pertumbuhan bakteri. Selain itu penurunan TSS juga disebabkan karena tanaman eceng gondok mempunyai akar serabut yang dapat menjadi tempat menempelnya

atau koloid yang melayang pada air limbah tahu menempel pada akar-
 ebut.



Pada perlakuan aerasi penyisihan kadar Phospat sebesar 78,69% sedangkan perlakuan anaerasi hanya mampu menyerap Phospat sebesar 72,68%. Maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan aerasi lebih efektif dalam menyisihkan kandungan Phospat dalam air limbah laundry. Tingginya efektivitas penyerapan phospat pada perlakuan aerasi karena pemberian aerasi menyebabkan kadar oksigen dalam air limbah laundry menjadi tercukupi bagi mikroorganisme seperti bakteri aerob untuk dapat hidup. Pada perlakuan ini kandungan phospat akan diserap oleh akar eceng gondok dengan bantuan mikroba yang tumbuh di sekitar akar serta pH netral dan alkalis juga dapat membuat eceng gondok menyerap kadar phospat dengan baik.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik sampel limbah cair laundry setelah di uji pada laboratorium kualitas air didapatkan hasil kadar BOD sebesar 373,59 mg/l, COD sebesar 564 mg/l, TSS sebesar 141,36 mg/l, Phospat sebesar 19.32 mg/l, dan Ph 9,3.
2. Tingkat bioremediasi pada perlakuan aerasi dapat menurunkan kadar BOD, COD, TSS dan Phospat secara berturut-turut sebesar 92,39%, 89,01%, 91,21% 96,12%, sedangkan pada perlakuan anaerasi dapat mereduksi BOD, COD, TSS, dan Phospat sebesar 86.88%, 85,20%, 89,22% dan 96,66%.
3. Perlakuan yang paling efektif untuk menurunkan kadar BOD,COD dan Phospat yaitu perlakuan aerasi karena dapat menyerap kontaminan tidak memerlukan waktu yang lama dibandingkan dengan perlakuan anaerasi.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kandungan zat pencemar yang ada pada eceng gondok (*Eichornia crassipes*) melalui analisis jaringan untuk mengetahui mekanisme penyerapan dan akumulasi zat pencemar yang ada di dalam jaringan tanaman
2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan lebih dari satu tanaman
1. Permasalahan yang ditemukan selama penelitian ini adalah penanganan terhadap tanaman eceng gondok setelah perlakuan Bioremediasi , sehingga dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan tanaman eceng gondok agar tidak menimbulkan masalah lanjutan.



DAFTAR PUSTAKA

- Arsawan, Made., I Wayan Budiarsa Suyasa., & Wayan Suarna 2007. *Pemanfaatan Metode Aerasi dalam Pengolahan Limbah Berminyak*. Jurnal ECOTROPHIC, Volume 2 No. 2.
- Aslam, Fahdina. 2017. *Fitoremediasi Air Limbah Tahu Dengan Media Enceng Gondok Pada Reaktor Paralel*. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Bagas. 2014. Dampak Pencemaran Limbah Laundry. <http://bagasardi7.blogspot.com/2014/04/dampak-pencemaran-limbah-laundry.html>, diakses pada Februari 2019)
- Effendi. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius
- Fardiaz. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor: KEP 02/MENKLH/I/1988 Tentang Pedoman Baku Mutu Lingkungan.
- Handayanto Eko, dkk. 2017. *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Hardyanti, Nurandani dan Suparni Setyowati. 2007. *Fitoremediasi Phospat dengan pemanfaatan Enceng Gondok (Eichorniacrassipes) Studi Kasus pada limbah cair laundry*. Jurnal PRESIPITASI, Volume 2 No. 1.
- Hera (Human and Enviromental Risk Assessment). 2003. Sodium Tripolyphospat. Human and Enviromental Risk Assessment ingredients of European household cleaning products.



Hudori, 2008. *Pengolahan Air Limbah Laundry dengan Menggunakan Elektrokoagulan*. Tesis Program Studi Teknologi Pengolahan Air dan Limbah. ITB. Bandung.

Kalsum U , A. Napoleon, dan B. Yudoyono. 2015. *Efektivitas Eceng Gondok (Eichhornia crassipes), hydrilla (Hydrilla verticillata), dan rumput payung (Cyperus alternifolius) dalam pengolahan limbah grey water*. Jurnal Penelitian Sains, Volume 17 No. 1.

Luthfi, Muhammad RD. 2017. *Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efektivitas Fitoremediasi Fosfat dan COD dengan Enceng Gondok dan kiambang pada Limbah Cair Pencucian Pakaian*. Skripsi. Universitas Satya Negara Indonesia.

Megumi, Sarah. 2018. *Eceng Gondok, Gulma Penghasil Pakan Ternak*. (<https://www.greeners.co/flora-fauna/eceng-gondok-gulma-penghasil-pakan-ternak/>, diakses pada Februari 2019)

Metcalf & Eddy. 2003. *Waste Water Engineering : Treatment and Reuse 4th ed*. New York: McGraw Hill Book Co.

Nurfadilla, dkk. 2017. *Fitoremediasi Limbah Domestik (Detergent) Menggunakan Enceng Gondok (Eichhorniacrassipes) untuk mengatasi Pencemaran Lingkungan* . Jurnal PENA, Volume 3 No. 2

Oppelt, T. 2000. *Introduction to Phytoremediation*. National Risk Management Research Laboratory. United States Environmental Protection Agency

Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Industri Sabun dan Detergent dan Produk Minyak Nabati

Setya Aji, dkk. 2007. *Studi Karakteristik dan Sistem Pengolahan Air Limbah domestik di Kabupaten Magelang*. Magelang: UNIMMA Press



Smulders, E. 2002. *Laundry Detergents*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.

Warlina, Lina. 2004. *Pencemaran Air: Sumber, Dampak, dan Penanggulangannya*. Sekolah Pasca Sarjana (S3). Institut Pertanian Bogor



Optimization Software:
www.balesio.com

I



DOKUMENTASI TUGAS AKHIR

1. Uji COD



2. Uji Phospat



3. Uji BOD



4. Uji Phospat



5. Uji TSS



6. Proses Fitoremedisi





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

DATA HASIL UJI LABORATORIUM KUALITAS AIR

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi BOD Bak Kontrol Aerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	373.58	373.56	373.64	373.59
1	195.34	196.12	197.95	196.47
2	196.22	196.28	196.3	196.27
3	162.94	162.96	162.88	162.93
4	106.34	106.41	106.38	106.38
5	52.94	52.93	52.94	52.94
6	49.88	49.82	49.84	49.85
7	46.78	46.75	46.72	46.75
8	40.74	40.74	40.71	40.73
9	39.76	39.64	39.63	39.68
10	28.48	28.46	28.43	28.46
11	44.64	44.56	44.52	44.57
12	46.92	46.97	46.89	46.93
13	96.38	96.38	96.38	96.38
14	111.32	111.26	111.34	111.31
15	114.7	114.74	114.78	114.74
16	121.79	121.75	121.74	121.76
17	136.62	136.61	136.6	136.61





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi BOD Bak Perlakuan Aerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	373.58	373.56	373.64	373.59
1	296.34	296.34	296.39	296.36
2	196.81	196.76	196.78	196.78
3	161.83	161.85	161.84	161.84
4	106.34	106.36	106.27	106.32
5	52.85	52.84	52.88	52.86
6	49.84	49.82	49.84	49.83
7	46.72	46.71	46.73	46.72
8	40.73	40.7	40.72	40.72
9	39.63	39.6	39.68	39.64
10	28.42	28.42	28.44	28.43
11	44.47	44.51	44.46	44.48
12	46.91	46.94	46.83	46.89
13	96.43	96.42	96.42	96.42
14	111.34	111.34	111.35	111.34
15	114.76	114.75	114.82	114.78
16	121.84	121.82	121.8	121.82
17	136.66	136.64	136.73	136.68





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi BOD Bak Kontrol Anaerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	373.58	373.56	373.64	373.59
1	319.36	319.37	319.39	319.37
2	287.68	287.78	287.54	287.67
3	248.04	248.13	248.06	248.08
4	180.98	180.92	180.94	180.95
5	139.62	139.58	139.75	139.65
6	136.19	136.23	136.16	136.19
7	94.97	94.99	94.88	94.95
8	72.92	72.97	72.8	72.9
9	67.45	67.43	67.57	67.48
10	67.28	67.23	67.26	67.26
11	66.84	66.84	66.88	66.85
12	66.17	66.14	66.21	66.17
13	49.99	49.93	49.34	49.75
14	49.84	49.56	49.25	49.55
15	49.22	49.26	49.28	49.25
16	49.09	49.07	49.06	49.07
17	49.01	49.01	49.03	49.02





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi BOD Bak Perlakuan Anaerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	373.58	373.56	373.64	373.59
1	319.34	319.35	319.32	319.34
2	283.91	283.96	283.81	283.89
3	247.19	247.23	247.17	247.2
4	176.42	176.34	176.47	176.41
5	134.61	134.58	134.63	134.61
6	121.17	121.18	121.21	121.19
7	94.64	94.55	94.66	94.62
8	72.86	72.88	72.83	72.86
9	67.42	67.39	67.32	67.38
10	67.23	67.19	67.26	67.23
11	66.81	66.71	66.85	66.79
12	66.13	66.17	66.24	66.18
13	49.92	49.93	49.34	49.73
14	49.84	49.36	49.25	49.48
15	49.22	49.26	49.21	49.23
16	49.09	49.03	49.06	49.06
17	49.03	49.01	49.03	49.02





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi COD Bak Kontrol Aerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	563	568	562	564
1	482	478	484	481
2	369	368	368	368
3	282	283	282	282
4	248	250	246	248
5	168	170	166	168
6	156	164	155	158
7	78	94	92	88
8	72	72	73	72
9	80	76	78	78
10	64	62	60	62
11	76	70	70	72
12	86	87	86	86
13	96	97	97	97
14	132	133	132	132
15	162	168	163	164
16	182	182	178	181
17	194	189	193	192





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi COD Bak Perlakuan Aerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	563	568	562	564
1	474	476	474	475
2	368	361	364	364
3	279	276	276	277
4	246	238	242	242
5	168	164	166	166
6	154	158	156	156
7	84	82	78	81
8	70	66	68	68
9	76	66	80	74
10	64	66	56	62
11	66	74	82	74
12	88	84	92	88
13	96	99	98	98
14	134	133	134	134
15	168	168	162	166
16	184	182	180	182
17	194	188	194	192





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi COD Bak Kontrol Anaerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	563	568	562	564
1	524	526	528	526
2	486	488	490	488
3	382	388	384	385
4	344	338	344	342
5	300	296	298	298
6	254	259	258	257
7	212	214	211	212
8	185	188	188	187
9	174	175	184	178
10	176	178	168	174
11	180	168	164	171
12	178	164	162	168
13	152	158	158	156
14	148	154	142	148
13	130	126	128	128
16	112	117	118	116
17	104	98	100	101





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi COD Bak Perlakuan Anaerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	563	568	562	564
1	524	526	522	524
2	464	462	478	468
3	380	372	362	371
4	334	326	324	328
5	294	284	298	292
6	243	242	243	243
7	216	214	206	212
8	182	192	182	185
9	172	178	172	174
10	182	168	166	172
11	172	166	172	170
12	164	168	172	168
13	152	154	162	156
14	142	142	142	142
15	124	128	126	126
16	112	110	111	111
17	98	100	96	98





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi TSS Bak Kontrol Aerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	141.37	141.34	141.36	141.36
1	118.68	118.64	118.67	118.66
2	117.65	118.09	117.64	117.79
3	92.57	92.55	92.58	92.57
4	70.97	70.95	70.97	70.96
5	57.45	56.09	57.44	56.99
6	19.38	19.36	19.34	19.36
7	19.27	19.22	19.21	19.23
8	17.22	17.22	17.21	17.22
9	16.96	16.94	16.96	16.95
10	12.96	12.98	12.97	12.97
11	12.94	12.94	12.95	12.94
12	12.46	12.47	12.46	12.46
13	12.42	12.42	12.42	12.42
14	12.42	12.42	12.43	12.42
15	12.42	12.41	12.43	12.42
16	12.42	12.42	12.42	12.42
17	12.43	12.42	12.42	12.42





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi TSS Bak Perlakuan Aerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	141.37	141.34	141.36	141.36
1	118.64	118.62	118.64	118.63
2	117.27	117.24	117.26	117.26
3	91.94	91.91	91.95	91.93
4	68.37	68.33	68.35	68.35
5	56.13	56.17	56.11	56.14
6	19.31	19.34	18.99	19.21
7	19.25	19.27	19.22	19.25
8	17.22	17.39	17.2	17.27
9	16.92	16.88	16.91	16.9
10	12.87	12.84	12.86	12.86
11	13.36	13.39	13.34	13.36
12	12.43	12.42	12.42	12.42
13	12.43	12.41	12.42	12.42
14	12.42	12.42	12.42	12.42
15	12.43	12.41	12.41	12.42
16	12.42	12.4	12.44	12.42
17	12.42	12.42	12.42	12.42





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi TSS Bak Kontrol Anaerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	141.37	141.34	141.36	141.36
1	101.87	101.84	101.85	101.85
2	81.26	81.29	81.25	81.27
3	56.92	56.89	56.9	56.9
4	37.42	37.45	37.46	37.44
5	36.64	36.6	36.67	36.64
6	29.87	29.86	29.82	29.85
7	24.63	24.58	24.61	24.61
8	19.25	19.27	19.22	19.25
9	17.47	17.4	17.44	17.44
10	16.24	16.26	16.23	16.24
11	16.15	16.29	16.27	16.24
12	16.19	16.12	16.15	16.15
13	16.18	16.11	16.1	16.13
14	15.86	15.72	15.82	15.8
15	15.84	18.68	15.85	16.79
16	15.74	15.73	15.69	15.72
17	15.73	15.67	15.62	15.67





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi TSS Bak Perlakuan Anaerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	141.37	141.34	141.36	141.36
1	101.77	101.76	101.74	101.76
2	80.2	80.19	80.17	80.19
3	55.14	55.11	54.99	55.08
4	37.37	37.3	37.33	37.33
5	34.28	34.27	34.22	34.26
6	28.96	28.92	28.88	28.92
7	23.92	23.86	23.93	23.9
8	18.75	18.77	18.72	18.75
9	17.23	17.26	16.75	17.08
10	16.24	17.02	15.37	16.21
11	16.21	15.74	15.15	15.7
12	16.18	16.11	16.15	16.15
13	16.18	15.75	16.21	16.05
14	15.84	14.69	15.91	15.48
15	15.81	15.72	14.81	15.45
16	15.73	15.46	13.99	15.06
17	15.6	14.23	14.62	14.82





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi Phospat Bak Kontrol Aerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Prcobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	19.32	19.29	19.36	19.32
1	17.34	17.36	17.28	17.33
2	15.17	15.11	15.17	15.15
3	10.81	10.85	10.83	10.83
4	7.63	7.6	7.68	7.64
5	3.87	3.85	3.87	3.86
6	2.39	2.36	2.39	2.38
7	1.98	1.93	1.94	1.95
8	1.73	1.76	1.7	1.73
9	1.68	1.65	1.67	1.67
10	0.89	0.89	0.87	0.88
11	0.76	0.71	0.79	0.75
12	0.75	0.74	0.78	0.76
13	0.73	0.75	0.76	0.75
14	0.97	0.99	0.97	0.98
15	1.36	1.2	1.41	1.32
16	1.85	1.78	1.86	1.83
17	1.92	1.85	1.87	1.88





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi Phospat Bak Perlakuan Aerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Prcobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	19.32	19.29	19.36	19.32
1	16.31	16.37	15.92	16.2
2	14.4	14.43	14.41	14.41
3	10.27	10.22	10.31	10.27
4	7.18	7.29	7.15	7.21
5	3.54	3.46	3.38	3.46
6	2.31	2.29	2.34	2.31
7	1.94	1.97	1.93	1.95
8	1.73	1.76	1.62	1.7
9	1.68	1.57	1.68	1.64
10	0.87	0.84	0.86	0.86
11	0.74	0.69	0.72	0.72
12	0.74	0.74	0.77	0.75
13	0.75	0.75	0.76	0.75
14	0.98	0.98	0.98	0.98
15	1.28	1.32	1.42	1.34
16	1.84	1.86	1.88	1.86
17	1.96	1.88	1.92	1.92





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi Phospat Bak Kontrol Anaerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	19.32	19.29	19.36	19.32
1	18.13	18.18	18.15	18.15
2	17.63	17.57	17.62	17.61
3	13.67	13.67	13.61	13.65
4	9.01	9.16	9.13	9.1
5	8.11	8.2	8.17	8.16
6	5.83	5.86	6.01	5.9
7	5.63	5.68	5.32	5.54
8	4.62	4.7	4.86	4.73
9	2.31	2.36	2.29	2.32
10	1.58	1.52	1.58	1.56
11	1.24	1.18	1.22	1.21
12	1.22	1.17	1.2	1.2
13	1.21	1.14	1.22	1.19
14	1.18	1.09	1.05	1.11
15	0.97	0.86	0.92	0.92
16	0.92	0.97	0.94	0.94
17	0.92	0.73	0.73	0.79





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Konsentrasi Phospat Bak Perlakuan Anaerasi (mg/l)			
	Percobaan 1	Prcobaan 2	Percobaan 3	Rata-Rata
0	19.32	19.29	19.36	19.32
1	18.11	18.09	18.15	18.12
2	17.42	17.38	17.46	17.42
3	13.48	13.51	13.55	13.51
4	8.68	8.68	8.64	8.67
5	7.91	7.87	7.94	7.91
6	5.45	5.48	5.42	5.45
7	5.06	5.11	5.03	5.07
8	4.21	4.36	4.31	4.29
9	2.29	2.19	2.17	2.22
10	1.54	1.54	1.42	1.5
11	1.24	1.16	1.19	1.2
12	1.21	1.21	1.06	1.16
13	1.21	1.09	1.17	1.16
14	1.17	1.02	1.08	1.09
15	0.79	0.84	0.42	0.68
16	0.58	0.36	0.64	0.53
17	0.67	0.34	0.48	0.5





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Waktu Tinggal (hari)	Nilai pH Pada Perlakuan Aerasi		Nilai pH Pada Perlakuan Anaerasi	
	Bak Kontrol	Bak Perlakuan	Bak Kontrol	Bak Perlakuan
0	9.3	9.3	9.3	9.3
1	8.8	8.8	7.9	7.8
2	8.7	8.5	7.7	7.7
3	8.6	8.5	7.7	7.7
4	8.5	8.5	7.7	7.7
5	8.3	8.3	7.7	7.6
6	8.3	8.3	7.6	7.6
7	8.3	7.6	7.6	7.6
8	8.3	8.3	7.6	7.5
9	8.3	8.3	7.5	7.5
10	8.2	8.2	7.5	7.5
11	8.2	8.2	7.5	7.5
12	8.4	8.4	7.5	7.5
13	8.4	8.4	7.5	7.5
14	8.6	8.6	7.6	7.6
15	8.7	8.7	7.6	7.5
16	8.7	8.7	7.6	7.5
17	8.7	8.7	7.5	7.5

Makassar, Januari 2019

Mengetahui, Laboran Laboratorium

Kualitas Air FT-UH



Optimization Software:
www.balesio.com

Syarifuddin, S.T

NIP : 196607301989031003



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006



Optimization Software:
www.balesio.com