

TA/TL/2021/1295

TUGAS AKHIR

WL-Port (Waste Laundry Portable) Sebagai Sarana Pengelolaan Limbah Laundry Menggunakan Konsep Fitoremediasi dan Filtrasi

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



HAFIDH RAHMATIYAS

16513114

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2021

TUGAS AKHIR

WL-PORT (WASTE LAUNDRY PORTABLE) SEBAGAI SARANA PENGLOLAAN LIMBAH LAUNDRY MENGGUNAKAN KONSEP FITOREMEDIASI DAN FILTRASI

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Hafidh Rahmatiyas

16513114

Disetujui,
Dosen Pembimbing

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

NIK. 025100406

Tanggal:

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



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

NIK. 025100406

Tanggal : 21 Mei 2021

HALAMAN PENGESAHAN**WL-Port (Waste Laundry Portable) Sebagai Sarana Pengelolaan
Limbah Laundry Menggunakan Konsep Fitoremediasi dan Filtrasi**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis

Tanggal : 20 Mei 2021


Disusun Oleh:


Hafidh Rahmatiyas

16513114

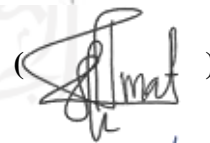
Tim Penguji :

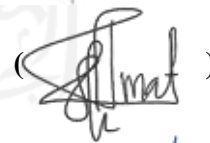
Eko Siswoyo, ST, M.Sc.ES., Ph.D.



()

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.



()

Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc.



()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 14 April 2021

Yang membuat pernyataan,

A yellow postal stamp with a black barcode on the left and a Garuda emblem on the right. The text on the stamp includes 'METERAI TEMBEL' and a handwritten signature in black ink that reads 'Hafidh'.

Hafidh Rahmatiyas

NIM: 16513114

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT serta karunia-Nya penulis untuk menyusun dan menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir. Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan penelitian yang berjudul “WL-Port (Waste Laundry Portable) Sebagai Sarana Pengelolaan Limbah Laundry Menggunakan Konsep Fitoremediasi dan Filtrasi”.

Penulis turut mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kemampuan serta kekuatan sehingga penulis mampu menyelesaikan proposal ini.
2. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang membimbing penulis serta memberikan saran dan masukan guna memperbaiki kekurangan-kekurangan penulis dalam pembuatan laporan tugas akhir ini. penulis terbuka atas kritik dan saran guna menyempurnakan laporan tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua dan saudara yang senantiasa mendoakan serta memberikan dukungan selama masa studi.
4. Teman-teman seperjuangan terdekat Zulian, Algi, Upik, Dodo, Cut Avira dan lainnya yang tidak dapat di sebutkan satu persatu.
5. Seluruh Dosen dan keluarga besar Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini masih ada berbagai kekurangan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya laporan Tugas Akhir ini dapat

memberikan manfaat bagi bidang terkait dan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut.
Amin. *Wassalamualaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 14 April 2021



Hafidh Rahmatiyas



ABSTRACT

Laundry business activity is a business that is very developing in the modern era because it offers convenience for washing clothes activities, supported by the increasing number of students in the city of Yogyakarta which is increasing every year. With the increasing number of laundry businesses, it will be very difficult to control the quality of water resulting from washing residue or laundry waste water. These problems can cause pollution of the water environment which can lead to eutrophication and water turbidity. The content of laundry waste pollutants will interfere with the activity of water biota to develop. The technology used to prevent laundry wastewater pollution is currently rarely used and tends to be expensive. Therefore, this study uses a material that is easily obtained, namely apu wood plants with phytoremediation techniques with the aim of the study to determine the reduction ability of the reactor and the optimum variation in the number of plants to reduce laundry waste pollutants. The variable used was the number of apu wood plants in 3 reactors. Reactor 1 uses 10 plants, reactor 2 uses 15 plants, and reactor 3 uses 20 plants. The apu wood that is used is acclimatized first so that it can adapt to the laundry waste water and the visit is carried out for 14 days. The physical changes in plants were seen to be significant from day 0 to day 14, they were wilted and the roots of the apu fibers were not strong. The results of the study showed that the greatest ability to remove removal was in reactor 3 with a removal rate of 89% COD or or equivalent to 50 mg / L, phosphate of 58% or equivalent to 3.51 mg / L, TSS of 20% or equivalent to 104 mg / L.

Keywords: COD, Phytoremediation, Phosphate, Kayu Apu, Laundry Waste

ABSTRAK

Kegiatan Usaha *laundry* merupakan usaha yang sangat berkembang di-era modern dikarenakan menawarkan kemudahan untuk aktivitas mencuci pakaian, didukung dengan semakin bertambahnya jumlah mahasiswa di Kota Yogyakarta yang semakin meningkat setiap tahunnya. Dengan semakin banyaknya usaha *laundry* maka akan sangat sulit untuk mengontrol kualitas air hasil dari sisa pencucian atau air limbah *laundry*. Permasalahan tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan air yang dapat menyebabkan eutrofikasi dan kekeruhan air. Kandungan dari pencemar limbah *laundry* akan mengganggu aktivitas biota air untuk berkembang. Teknologi yang digunakan untuk mencegah pencemaran air limbah *laundry* saat ini masih jarang digunakan dan cenderung mahal. Oleh karena itu penelitian ini menggunakan bahan yang mudah diperoleh yaitu tanaman kayu apu dengan teknik fitoremediasi dengan tujuan dari penelitian untuk mengetahui kemampuan reduksi dari reaktor dan variasi jumlah tanaman yang optimum untuk mereduksi polutan limbah *laundry*. Variabel yang digunakan berupa jumlah tanaman kayu apu pada 3 reaktor. Reaktor 1 menggunakan 10 tanaman, reaktor 2 menggunakan 15 tanaman, dan reaktor 3 menggunakan 20 tanaman. Kayu apu yang digunakan terlebih dahulu diaklimatisasi agar bisa beradaptasi dengan air limbah *laundry* dan pengujian dilakukan selama 14 hari. Perubahan fisik pada tanaman terlihat signifikan dari hari ke-0 hingga hari ke-14 menjadi layu dan akar serabut kayu apu tidak kokoh. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kemampuan terbesar dalam menyisihkan removal yakni pada reaktor 3 dengan tingkat removal 89% COD atau setara dengan 50 mg/L, fosfat sebesar 58% atau setara dengan 3,51 mg/L, TSS sebesar 20% atau setara dengan 104 mg/L.

Kata Kunci: COD, Fitoremediasi, Fosfat, Kayu Apu, Limbah Laundry

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II	5
2.1. Limbah Laundry Secara Umum	5
2.2. Peraturan Mengenai Limbah Laundry	5
2.3. Karakteristik Limbah Laundry	7
2.3.1. Deterjen	7
2.3.2 Fosfat	8
2.3.3. Kandungan Limbah Laundry Menurut Beberapa Penelitian	8
2.4. Kasus Pencemaran Limbah Laundry	9
2.4.1. Perairan Kanal Banjir Timur Marunda	9
2.4.2. Sungai Citarum, Jawa Barat	10
2.5. Teknologi Pengolahan Limbah Laundry	10
2.6. Konsep Pengolahan WL-Port.....	11
2.3.1. Filtrasi	11
2.3.2. Adsorpsi	11
2.3.3. Sedimentasi	12
2.3.4. Fitoremediasi	12
BAB III.....	14

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	14
3.2. Kerangka Pikir	14
3.3. Variabel dan Parameter Penelitian	15
3.4. Alat dan Bahan	16
3.5. Tahapan Penelitian	17
3.5.1. Tahap Pelaksanaan.....	17
3.5.2. Analisis Data Penelitian	19
3.6. Prototype dan Cara Kerja Alat	20
3.6.1. Reaktor Filtrasi	20
3.6.2. Reaktor Fitoremediasi.....	23
BAB IV	28
4.1. Uji Karakteristik Limbah	28
4.2. Tahapan Persiapan Tumbuhan	28
4.3. Tahap Aklimatisasi Tumbuhan	29
4.4. Tahap Pemilihan Tanaman.....	30
4.5. Pengenceran Kadar Limbah Konsentrasi 50%	31
4.6. Pengamatan Kondisi Tanaman dan Reaktor	31
4.7. Hasil Uji Parameter pH.....	39
4.8. Hasil Uji Parameter COD	41
4.9. Hasil Uji Parameter Fosfat.....	43
4.10. Hasil Uji Parameter TSS	44
4.11. Karakteristik Air Limbah Laundry Setelah Pengujian.....	46
4.12. Uji Statistik	47
4.12.1. Uji Statistik pH	47
4.12.2. Uji Statistik COD.....	48
4.12.3. Uji Statistik Fosfat	48
4.12.4. Uji Statistik TSS	49
BAB V	50
5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Peraturan Baku Mutu Limbah Laundry Menurut Peraturan Gubernur D.I Yogyakarta.....	6
Tabel 2. 2 Peraturan Mengenai Limbah Cair Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup.....	7
Tabel 2. 3 Karakteristik Limbah Laundry Berdasarkan Beberapa Parameter... 	9
Tabel 2. 4 Teknologi Pengolahan Limbah Laundry	10
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	15
Gambar 3. 2 Tahapan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 3 Rumus Removal Polutan.....	19
Gambar 3. 4 Reaktor Pengolah Limbah Laundry	20
Gambar 3. 5 Detail Alat Pengolah Limbah Laundry	21
Gambar 3. 6 Detail Ukuran Alat Pengolah Limbah Laundry	22
Gambar 4. 1 Lokasi Pengambilan Kayu Apu	29
Gambar 4. 2 Reaktor Fitoremediasi.....	30
Gambar 4. 3 Pemilihan Tanaman Kayu Apu	30
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Uji pH.....	40
Gambar 4. 5 Tabel Penurunan COD	41
Gambar 4. 6 Efisiensi Removal COD.....	42
Gambar 4. 7 Hasil Uji Fosfat.....	43
Gambar 4. 8 Efisiensi Removal Fosfat	44
Gambar 4. 9 Hasil Uji TSS	45
Gambar 4. 10 Efisiensi Removal TSS.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tanaman Kayu Apu	13
---	-----------

Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	15
Gambar 3. 3 Rumus Removal Polutan.....	19
Gambar 3. 4 Reaktor Pengolah Limbah Laundry	20
Gambar 3. 5 Detail Alat Pengolah Limbah Laundry	21
Gambar 3. 6 Detail Ukuran Alat Pengolah Limbah Laundry	22
Gambar 4. 1 Lokasi Pengambilan Kayu Apu	29
Gambar 4. 2 Reaktor Fitoremediasi.....	30
Gambar 4. 3 Pemilihan Tanaman Kayu Apu	30
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Uji pH.....	40
Gambar 4. 5 Tabel Penurunan COD	41
Gambar 4. 6 Efisiensi Removal COD.....	42
Gambar 4. 7 Hasil Uji Fosfat.....	43
Gambar 4. 8 Efisiensi Removal Fosfat	44
Gambar 4. 9 Hasil Uji TSS	45
Gambar 4. 10 Efisiensi Removal TSS.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini kebutuhan manusia kian meningkat, terutama kebutuhan mahasiswa yang memanfaatkan jasa *laundry*. Pada umumnya usaha *laundry* menawarkan jasa berupa mencuci dan menyetrika pakaian, sehingga dengan adanya usaha *laundry* mahasiswa dapat menggunakan waktu dan tenaganya lebih efisien. Dengan adanya usaha *laundry* yang kian berkembang dari waktu ke waktu, maka terdapat dampak positif dan negatif. Dampak positif yang ditimbulkan dari adanya usaha *laundry* yakni mendorong roda perekonomian untuk terus berkembang tersebut dan juga mahasiswa tidak perlu mengeluarkan tenaga dan waktu yang banyak untuk mencuci dan menyetrika. Akan tetapi, dampak negatif yang ditimbulkan oleh air limbah *laundry* akan sangat berbahaya bagi lingkungan yang dapat menimbulkan pencemaran air karena masuknya zat kimia berbahaya sehingga mengganggu ekosistem di perairan (Ardiyanto & Yuantari, 2016).

Berdasarkan dari data BPS Yogyakarta, jumlah penduduk pada tahun 2018 berjumlah 1,2 juta jiwa pada wilayah Sleman, 1 juta jiwa pada wilayah Bantul, 736.210 jiwa wilayah Gunungkidul, dan 427.498 jiwa wilayah Yogyakarta (BPS Yogyakarta, 2019). Jumlah penduduk akan terus bertambah seiring dengan berjalannya waktu. Hal tersebut akan beriringan dengan semakin banyaknya usaha *laundry* yang akan terus menjamur mengingat Kota Yogyakarta merupakan daerah yang setiap tahunnya kebanjiran mahasiswa baru. Dengan kata lain, jika semakin banyak usaha *laundry* maka limbah yang dihasilkan juga akan semakin banyak pula tidak hanya dari usaha *laundry* tetapi diakumulasikan dengan limbah yang berasal dari rumah tangga.

Pada tahun 2010 telah tercatat terjadi pencemaran limbah *laundry* di wilayah Kota Yogyakarta dikarenakan diantara 36 usaha *laundry*, hanya 7 usaha *laundry* yang memiliki pengolahan limbah individu. Kebanyakan dari usaha *laundry* hanya

membuang air limbahnya langsung ke saluran air drainase yang dikhawatirkan nantinya akan terjadi pencemaran air dan tanah (Syaifullah, 2010).

Menurut Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, Dan Jasa Pariwisata disebutkan bahwa batas maksimum dari limbah *laundry* harus memenuhi dari segi pH, konduktivitas, BOD, COD, TSS, TDS, dan kandungan detergen.

Untuk memenuhi baku mutu tersebut telah dilakukan sejumlah upaya berupa penerapan teknologi yang banyak digunakan yakni koagulasi, flokulasi, adsorpsi, oksidasi kimia serta penambahan zat lain atau menggabungkan dari beberapa teknologi tersebut yang disesuaikan dengan kebutuhan dan biaya (Janpoor dkk., 2011). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hudori (2009), disebutkan bahwa limbah *laundry* dapat didegradasi dengan menggunakan elektrokoagulasi. Hal tersebut diyakini dapat menurunkan kadar COD dan Deterjen pada air limbah. Di sisi lain, BLH Yogyakarta telah membuat IPAL yang tersusun atas zeolit dengan penambahan koagulan tawas supaya limbah memenuhi baku mutu sebelum dibuang kedalam air (Kurniawan, 2015)

Salah satu penyebab masih sangat minimnya pengolahan air limbah *laundry* adalah kurang adanya sistem pengolahan yang mudah, murah namun mempunyai efisien pengolahan yang baik. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian sistem pengolahan limbah air limbah *laundry* dengan mengkombinasikan sistem fitoremediasi dan filtrasi, sehingga mampu menjadi alternatif solusi dalam mengatasi permasalahan limbah *laundry* di Indonesia. WL-Port yang direncanakan menggunakan sistem filtrasi dengan media yang dipilih yakni zeolit, tidak hanya itu untuk memastikan air limbah *laundry* benar-benar memenuhi baku mutu maka digunakan pula karbon aktif. Untuk proses fitoremediasi, diyakini tanaman berjenis Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) juga dapat mendegradasi kadar COD dan Fosfat pada air limbah *laundry* (Raissa D. G., 2017).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Seberapa besar kemampuan WL-Port (*Waste Laundry Portable*) dalam mereduksi kandungan polutan didalam air limbah *laundry*?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu kontak dan variasi jumlah tanaman dalam mereduksi kandungan polutan didalam air limbah *laundry*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis dan mengetahui kemampuan WL-Port (*Waste Laundry Portable*) untuk mereduksi kadar polutan dalam air limbah *laundry*.
2. Menentukan jumlah tanaman yang optimum dan waktu kontak tumbuhan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) untuk mereduksi kadar polutan dalam air limbah *laundry*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini meliputi:

1. Mahasiswa mampu membuat alat teknologi penjernih air limbah *laundry* yang dapat digunakan dalam skala industri *laundry* rumahan.
2. Memberikan informasi tentang efektivitas dari alat teknologi penjernih air limbah *laundry* berbasis fitoremediasi dan filtrasi.
3. Teknologi ini dapat mudah diterapkan sehingga membantu mengurangi pencemaran air oleh limbah *laundry* dan mendorong penelitian lain untuk melakukan kegiatan meminimalisir limbah *laundry*.

1.5 Ruang Lingkup

Untuk memudahkan pelaksanaan penelitian dan hasil yang diharapkan sesuai dengan *outline*, maka ruang lingkup yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Air limbah *laundry* yang digunakan yakni berasal dari air limbah *laundry* domestik dengan komposisi yang sama dengan industri *laundry* rumahan di Kota Sangatta, Kalimantan Timur.
2. WL-Port (*Waste Laundry Portable*) menggunakan sistem pengolahan *batch* yang berkonsepkan filtrasi dan fitoremediasi, dengan komposisi media yang digunakan yakni ijuk, pasir silika, batu zeolit, dan karbon aktif. Sedangkan untuk proses fitoremediasi menggunakan tanaman berjenis Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*).
3. Penelitian ini memiliki parameter berupa:
 - a. konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS),
 - b. kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD),
 - c. pH
 - d. Fosfat
4. Penelitian ini memiliki variabel berupa yakni waktu kontak dan jumlah tanaman yang digunakan.
5. Pengujian kadar limbah *laundry* pada penelitian ini mengacu pada pedoman sebagai berikut:
 - a. Konsentrasi TSS = SNI 06-6989.3:2004
 - b. Kandungan Fosfat = SNI 06-6989.51:2005
 - c. Kandungan COD = SNI 6989.2:2009
 - d. Kandungan pH = SNI 06-6989.11:2004

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Laundry Secara Umum

Laundry merupakan sebuah aktivitas mencuci pakaian, karpet, dan alat rumah tangga lainnya menggunakan bahan sabun yang mengandung deterjen. Kegiatan laundry membawa dampak positif tentunya bagi kegiatan ekonomi. Akan tetapi, terdapat dampak lain yang ditimbulkan yakni kerusakan lingkungan akibat tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan (Sari & Damayanti, 2014).

Kandungan deterjen tersebut dapat sangat berbahaya bagi makhluk hidup disekitarnya apabila melebihi dari baku mutu, salah satu contohnya yakni dampak negatif deterjen bagi manusia dapat membuat iritasi pada mata dan kulit serta kerusakan pada ginjal dan empedu (Rubiyatadji, 1993). Selain itu kandungan deterjen juga dapat menurunkan kadar oksigen didalam air, sehingga berdampak buruk pada ekosistem air. Pada kadar 0,5 mg/liter deterjen telah mampu membuat busa sehingga menghambat difusi oksigen (Sastrawijaya, 1991).

2.2. Peraturan Mengenai Limbah Laundry

Segala sesuatu usaha yang menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan harus dibatasi dengan cara mengontrol hasil effluen yang dihasilkan, oleh karena itu baku mutu limbah *laundry* telah diatur dalam Peraturan Gubernur DIY Nomor 7 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, dan Jasa Pariwisata. Berikut merupakan baku mutu yang dimaksud:

Tabel 2. 1 Peraturan Baku Mutu Limbah Laundry Menurut Peraturan Gubernur D.I Yogyakarta

PARAMETER	SATUAN	KADAR DAN BEBAN PENCEMAR	
		KADAR MAX	BEBAN PENCEMAR MAX
		(mg/L)	(Kg/Ton)
pH		6.0 – 9.0	
Temperatur		± 3°C terhadap suhu udara	
Konduktivitas	µmhos/cm	1,5625	
BOD	mg/L	50	
COD	mg/L	125	
TSS	mg/L	50	
TDS	mg/L	1000	
Detergen	mg/L	5	

Sumber: *Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 2010*

Selain itu peraturan lain terkait dengan limbah cair pada industri sabun, deterjen, dan produk-produk minyak nabati diatur pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51/MENLH/10/1995 yang ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Peraturan Mengenai Limbah Cair Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup

PARAMETER	KADAR MAKSIMUM (mg/L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg / ton)		
		SABUN	MINYAK NABATI	DITERJEN
BOD ₅	75	0,60	1,88	0,075
COD	180	1,44	4,50	0,180
TSS	60	0,48	1,50	0,06
Minyak dan Lemak	15	0,120	0,375	0,015
Fosfat (PO ₄)	2	0,016	0,05	0,002
MBAS	3	0,024	0,075	0,003
pH	6,0 - 9,0			
Debit Limbah Maksimum		8 m ³ per ton produk sabun	25 m ³ per ton produk minyak nabati	1 m ³ per ton produk deterjen

Catatan :

1. Kadar maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam miligram parameter per Liter air limbah.
2. Beban pencemaran maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam kilogram parameter per ton produk sabun, minyak nabati dan deterjen.

2.3. Karakteristik Limbah Laundry

2.3.1. Deterjen

Air Limbah Laundry pada dasarnya mengandung deterjen yang merupakan sintesis zat padat muka/surfaktan (*surface active agent*) yang memiliki beberapa jenis diantaranya adalah anionik, kationik, dan nonionik. Hal yang umum digunakan yakni deterjen berjenis anionik yang berbentuk sulfat dan sulfonat. Deterjen terususun atas senyawa yang bernama *Dodecyl Benzene Sulfonat* (DBS), senyawa tersebut merupakan senyawa penghasil busa pada air limbah laundry. Selain itu, senyawa lain penyusun deterjen yang sulit akan terurai secara ilmiah yakni *Natrium Dodecyl Benzene Sulfonat* (NaDBS) dan *Sodium Tripolyphosphat* (Arsa dkk, 2019).

Bahaya yang dapat ditimbulkan oleh air limbah laundry yang langsung dibuang ke sungai tanpa melalui pengolahan yakni tingginya tingkat deterjen berlebih jika menggunakan deterjen yang memiliki tingkat konsentrasi tinggi, akan sangat membahayakan biota perairan (ikan dan tumbuhan) dan juga efek toksisitas terhadap manusia sebagai konsumen. Untuk menentukan konsentrasi toksikan dan durasi paparan terhadap makhluk hidup tersebut diperlukan tes berupa *Lethal Concentration* (LC_{50}) (Pratiwi dkk, 2012).

2.3.2 Fosfat

Limbah cair laundry yang dihasilkan oleh deterjen mengandung salah satunya fosfat dengan kadar yang tinggi berasal dari sodium tripolyphosphat (STTP) yang merupakan unsur terpenting kedua setelah surfaktan. Fosfat berfungsi untuk menonaktifkan mineral kesadahan dalam air sehingga deterjen mampu berfungsi dengan optimal (Hermansyah, 2010).

Bila kandungan fosfat pada air limbah sangat tinggi maka hal tersebut akan berdampak buruk bagi ekosistem air, dikarenakan tingginya kadar fosfat berbanding lurus dengan tingginya kadar nutrient didalam air sehingga memicu terjadinya *eutrofikasi*. Dampak buruk yang dihasilkan yakni semakin turunnya kadar oksigen terlarut didalam air karena adanya eutrofikasi dan mengganggu ekosistem perairan tersebut (Kurniati, 2008).

2.3.3. Kandungan Limbah Laundry Menurut Beberapa Penelitian

Berikut merupakan data dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terhadap kandungan awal limbah laundry:

Tabel 2. 3 Karakteristik Limbah Laundry Berdasarkan Beberapa Parameter

Parameter	Kandungan Limbah Laundry Menurut Beberapa Sumber			
	Eriksson dkk (2002)	Hoinkis (2008)	Ge dkk (2004)	Savitri (2007)
Temperatur (Celcius)	28-32	15-30	-	27
pH	9,3-10	9-11	7,83-9,5	8,2-8,8
Kekeruhan (NTU)	50-210	-	471-583	-
Surfaktan (mg/L)	-	-	72,3-64,5	210,6
COD (mg/L)	725	1050	785-1090	1815
BOD (mg/L)	150-380	-	-	1087
TSS (mg/L)	120-280	-	-	-
Fosfat (mg/L)	4-15	5	-	7,64
Total Nitrogen (mg/L)	6-21	40	-	-

Sumber data: (Hudori & Soewondo, 2009)

2.4. Kasus Pencemaran Limbah Laundry

2.4.1. Perairan Kanal Banjir Timur Marunda

Perairan Kanal Banjir Timur (KBT) Marunda berlokasi di daerah Jakarta Utara, selama 5 bulan terakhir telah terjadi pencemaran air di daerah tersebut. Kendati demikian, pencemaran air yang terjadi ternyata berasal dari limbah domestik rumah tangga. Limbah tersebut mengandung detergen sehingga menyebabkan perairan KBT Marunda dipenuhi oleh busa-busa, menurut Pemprov DKI Anis Baswedan menyatakan bahwa hal tersebut terjadi karena belum adanya saluran *sewerage* yang terpisah dan juga pengolahan terhadap air limbah domestik tersebut (Purba, 2018).

2.4.2. Sungai Citarum, Jawa Barat

Sungai Citarum merupakan salah satu sungai yang berada di daerah Jawa Barat, sungai tersebut diyakini telah banyak tercemar oleh limbah dari industri disekitar dan juga limbah domestik rumah tangga yang bermukim disekitar sungai tersebut. Kasus yang terjadi yakni, ditangkanya 3 pengusaha *laundry* dikarenakan telah melakukan pencemaran terhadap air sungai yang mana tidak melakukan pengolahan air limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai. Ketiga pengusaha *Xpress Laundry* tersebut tidak memiliki pengolahan limbah *laundry* sehingga dijerat dengan pasal 103, 104, dan 109 Undang-undang nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Warsudi, 2018).

2.5. Teknologi Pengolahan Limbah Laundry

Berikut merupakan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya untuk mengolah limbah laundry:

Tabel 2. 4 Teknologi Pengolahan Limbah Laundry

Peneliti dan Tahun	Metode	Tujuan
(Budiawan, Fatisa, & Khairani, 2009)	Biodegradabilitas	Degradasi Surfaktan Linear Alkilbenzena Sulfonat
(Hudori & Soewondo, 2009)	Elektrokoagulasi Dengan Elektroda Alumunium	Pengolahan Deterjen
(Rochman, 2009)	Elektroflotasi	Pembuatan IPAL Mini Untuk Limbah Deterjen Domestik

(Kumalasari & Damayanti, 2016)	Membran Nanofiltrasi Zeolit	Pengolahan Limbah Laundry Untuk Filtrasi dan Kekeruhan
--------------------------------	-----------------------------------	---

2.6. Konsep Pengolahan WL-Port

2.3.1. Filtrasi

Filtrasi merupakan sebuah proses pemisahan antara partikel padat dengan fluida (dapat berupa gas atau cair) dengan menggunakan media, dengan demikian partikel padatan tersebut dapat tersuspensi pada media. Media yang digunakan dapat berupa padatan berpori atau memiliki celah yang kecil. Semakin kecil pori atau celah tersebut, maka semakin bagus filter dan kualitas air yang dihasilkan akan semakin bagus (Saputra & Saputro, 2016). Disamping pengaruh dari ukuran pori-pori media filter, proses filtrasi juga dipengaruhi oleh ketinggian. Semakin tinggi media filtrasi tingkat penyisihan turbiditas atau kekeruhan semakin baik, akan tetapi headloss yang dihasilkan juga semakin tinggi (Pamularsih dkk, 2013).

2.3.2. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses terjebakanya adsorbat terhadap partikel yang memiliki pori-pori dengan ukuran tertentu, semakin kecil pori-pori yang dimiliki oleh adsorben tersebut maka kemampuannya semakin baik. Selain itu, proses adsorpsi juga dipengaruhi oleh waktu kontak, setiap jenis adsorben memiliki waktu kontak efektif yang berbeda-beda. Pada penelitian ini digunakan adsorben berjenis karbon aktif dari tempurung kelapa, pasir silika dan pasir zeolit (Saputra & Saputro, 2016).

2.3.3. Sedimentasi

Secara umum sedimentasi diartikan sebagai proses pengendapan, dimana akibat gaya gravitasi, partikel yang mempunyai berat jenis lebih besar dari berat jenis air akan mengendap ke bawah dan yang lebih kecil akan mengapung/melayang. Proses ini terjadi karena ada waktu detention yang mana air limbah laundry akan didiamkan selama selang waktu tertentu agar partikel tersuspensi dapat mengendap dengan sempurna (Saputra & Saputro, 2016).

2.3.4. Fitoremediasi

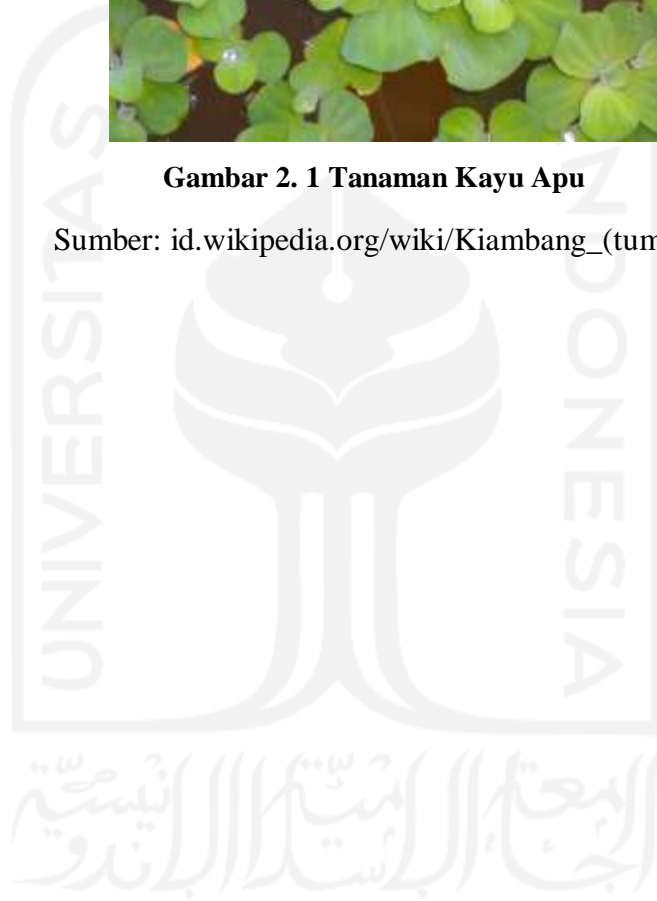
Tumbuhan dapat digunakan dalam proses remediasi yang dinamakan fitoremediasi, hal tersebut dapat terjadi karena tumbuhan tersebut berasosiasi dengan mikroorganisme yang terdapat pada tumbuhan. Sehingga tumbuhan memperoleh nitrogen dari senyawa-senyawa nitrogen dari nitrat, nitrit dan amonia. Pada dasarnya tumbuhan tidak dapat memilih apa yang akan diserap karena akar akan menyerap segala zat cairan (Mangkoediharjo & Samudro, 2010).

Pada penelitian ini tanaman yang akan digunakan sebagai fitoremediasi adalah tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*). Menurut (Mamonto, 2013) tumbuhan kayu apu dapat menurunkan konsentrasi air limbah dengan proses fitoremediasi. Pada banyak penelitian, tumbuhan kayu apu dan eceng gondok dapat digunakan sebagai media untuk fitoremediasi pada daerah yang memiliki iklim tropis dan subtropis karena pertumbuhannya yang cepat. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa kayu apu dapat menurunkan kadar pencemar pada limbah laundry dengan perolehan reduksi fosfat 39,77% dan penyisihan COD dan BOD sebesar 78,87% (Wandana & Laksmono, 2012).



Gambar 2. 1 Tanaman Kayu Apu

Sumber: [id.wikipedia.org/wiki/Kiambang_\(tumbuhan\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Kiambang_(tumbuhan))



BAB III

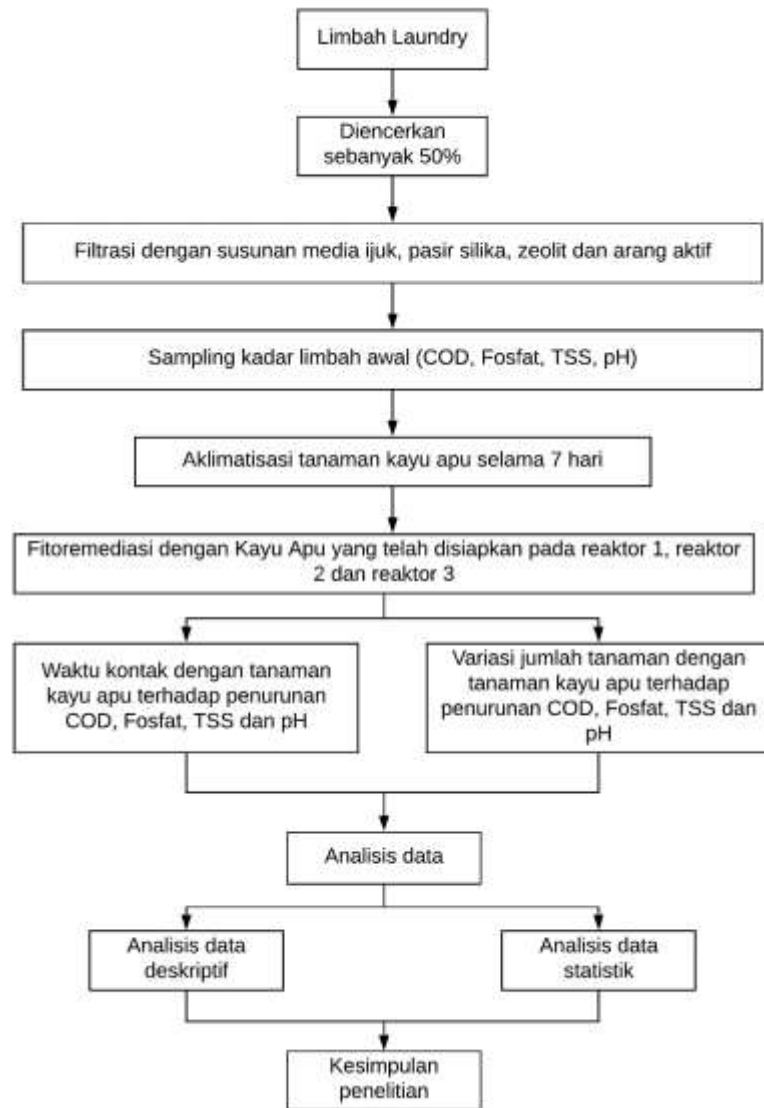
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 5 bulan dari bulan Agustus 2020 hingga bulan Januari 2021. Sampel limbah *laundry* diambil di Kota Sangatta, Kalimantan Timur. Sedangkan untuk kayu apu diambil di salah satu rawa di Jalan Dayung, Kota Sangatta, Kalimantan Timur. Pengujian sampel dilakukan di dua tempat yakni di Laboratorium Sucofindo dan Laboratorium PT. Thiess Indonesia, Kalimantan Timur.

3.2. Kerangka Pikir

Kerangka pikir merupakan skema penelitian yang dilakukan dari awal proses hingga akhir proses penelitian hingga memperoleh data akhir, dengan tujuan dari kerangka pikir yakni untuk mengetahui tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian dan memudahkan dalam hal mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan penelitian untuk mencapai tujuan penelitian. Kerangka pikir penelitian ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.3. Variabel dan Parameter Penelitian

- a. Penelitian ini menggunakan 2 variabel yang mana besaran tersebut dapat berubah atau diubah serta dapat mempengaruhi dari nilai akhir hasil penelitian. Berikut merupakan variabel yang digunakan pada penelitian:

- Variasi jumlah tanaman

Variasi jumlah tanaman dimaksudkan untuk mencari jumlah tanaman paling optimum dari tanaman untuk mendegradasi atau menurunkan konsentrasi dari kandungan limbah *laundry*.

- Waktu kontak

Pada penelitian ini menggunakan waktu kontak antara tanaman dan limbah laundry selama kurang lebih 14 hari, yang dimaksudkan untuk mencari waktu kontak optimum tanaman untuk menurunkan konsentrasi air limbah *laundry*.

Parameter yang digunakan pada penelitian sebagai berikut:

- Chemical Oxygen Demand (COD) dengan metode uji SNI 6989.2:2009 mengenai Cara uji kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri.
- Fosfat dengan metode uji Metode penelitian berdasarkan SNI 06-6989.51-2005 dengan spektrofotometer secara biru metilen.
- Total Suspended Solid (TSS) dengan metode uji SNI 06-6989.3-2004 mengenai Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri.
- pH metode uji SNI 06-6989.11:2004
- Kondisi Tanaman

3.4. Alat dan Bahan

A. Alat

Alat yang digunakan untuk membuat reaktor fitoremediasi pada penelitian ini yaitu ember dengan ukuran diameter 16 cm dan tinggi 17,5 cm dan volume tampungan 40 Liter sebanyak 3 buah, sedangkan untuk reaktor filtrasi

menggunakan tampungan air berbentuk balok dengan panjang dan lebar 30 x 30 cm serta tinggi 30,6 cm. Pengukuran pH dengan menggunakan pH meter.

B. Bahan

Bahan yang digunakan adalah air limbah *laundry* sebanyak 60 Liter, Aquades untuk pengenceran 30 Liter, dan tanaman kayu apu sebanyak kurang lebih 35 buah. Untuk membuat reaktor filtrasi dibutuhkan 1 karung ijuk, 8 kg zeolit, 2,5 kg pasir silika dan 10 kg arang aktif.

3.5. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian berisikan tentang langkah-langkah yang dilakukan selama awal penelitian hingga akhir penelitian. Tahapan penelitian meliputi sampling kadar limbah awal hingga analisis data penelitian.

3.5.1. Tahap Pelaksanaan

Berikut merupakan data yang akan diperoleh selama penelitian:

A. Data Primer

1. Sampling Kadar Awal Air Limbah

Pada penelitian ini menggunakan metode *grab sampling* (sampling sesaat) yang mengacu pada SNI 6989:59:2008 tentang pengambilan sampel sesaat. *Grab sampling* merupakan metode yang tepat dikarenakan pengambilan sample pada waktu tertentu. Pengambilan sampel dilakukan pada saat siang hari diharapkan tanaman kayu apu telah berfotosintesis karena cahaya langsung matahari.

2. Variasi Jumlah Tanaman Pada Reaktor

Jumlah tanaman yang digunakan pada reaktor 1 sebanyak 10 tanaman, reaktor 2 sebanyak 15 tanaman dan reaktor 3 sebanyak 20

tanaman. Sedangkan pada reaktor kontrol diberikan 5 tanaman sebagai kontrol perkembangan tanaman.

3. Proses Aklimatisasi

Pada penelitian ini aklimatisasi dilakukan 2 tahap, dengan tahap pertama yakni tanaman kayu apu diberi waktu kontak dengan air PDAM selama 7 hari untuk beradaptasi dengan lingkungan. Kemudian setelah 7 hari maka tanaman kayu apu dipindahkan ke reaktor yang berisi air limbah *laundry* yang telah diencerkan. Pada tahap aklimatisasi juga harus melihat perkembangan kondisi tanaman, akar yang kotor harus dibersihkan agar tidak mengganggu proses rhizodegradasi.

4. Perlakuan

Limbah yang dipakai untuk uji bukan limbah *laundry* yang memiliki konsentrasi 100% melainkan yang sudah diencerkan dengan aquades. Sehingga konsentrasi akhir limbah *laundry* yang dipakai yakni 50% untuk masing-masing reaktor. Volume limbah yang dipakai untuk masing-masing reaktor yakni 20 Liter dengan jumlah tanaman 10 pada reaktor 1, 15 tanaman pada reaktor 2, dan 20 tanaman pada reaktor 3. Sedangkan untuk reaktor kontrol merupakan reaktor yang tidak diberi air limbah *laundry* sehingga menjadi kontrol untuk perkembangan tanaman.

5. Pengambilan Data

Data pengamatan sampel diambil selama kurang lebih 14 hari untuk masing-masing setiap reaktor. Parameter COD, Fosfat, TSS dilakukan pengambilan sampel setiap 3 hari sekali, dan pH setiap hari. Sampel selanjutnya akan dikirimkan ke Laboratorium Sucofindo, Sangatta dan Laboratorium PT. Thiess Indonesia, Sangatta, Kalimantan Timur.

B. Data Sekunder

Data sekunder berasal dari studi literatur yang dilakukan terkait tema penelitian.

3.5.2. Analisis Data Penelitian

Untuk menyusun data laporan penelitian maka dibutuhkan analisis untuk mengetahui hasil dari pengujian sampel air limbah *laundry*. Analisis tersebut menggunakan dua metode yakni analisis deskriptif dan analisis statistik. Berikut merupakan kedua metode analisis yang digunakan:

1. Analisis Deskriptif

Hasil dari analisa deskriptif berupa penjelasan mengenai kemampuan dari tanaman kayu apu untuk melakukan removal COD, Fosfat, TSS, pH terhadap variasi jumlah tanaman dan waktu kontak. Analisa deskriptif disajikan dalam bentuk grafik removal yang mempermudah untuk pembahasan. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk mengetahui presentasi penurunan konsentrasi COD, Fosfat, TSS, pH:

$$\text{Efisiensi} = \frac{P_{\text{awal}} - P_{\text{akhir}}}{P_{\text{awal}}} \times 100\%$$

Ketrangan :

- P awal = Konsentrasi awal sampel
- P akhir = Konsentrasi akhir sampel

Gambar 3. 2 Rumus Removal Polutan

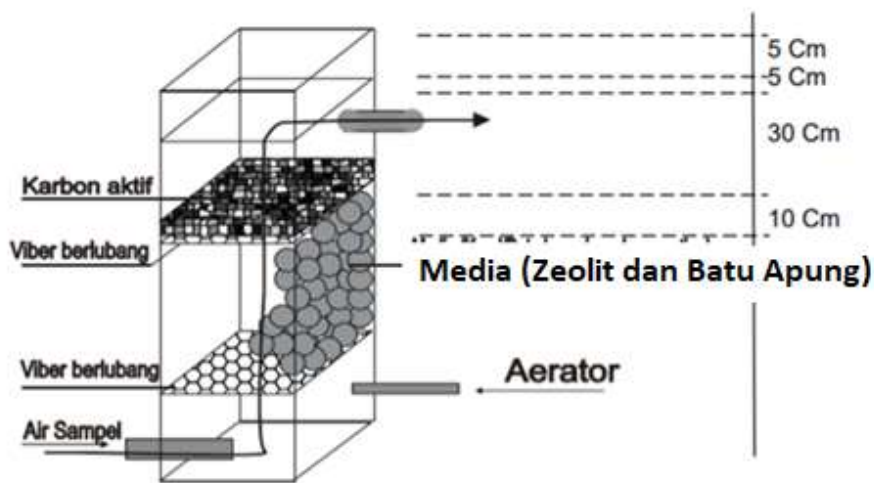
2. Analisa Statistik

Data yang diperoleh dari pengujian berupa removal konsentrasi COD, Fosfat, TSS, pH dapat dianalisis menggunakan SPSS (*Software Statistical Product and Service Solution*) dengan menggunakan metode Anova (*Analysis of Varians*) one way.

3.6. Prototype dan Cara Kerja Alat

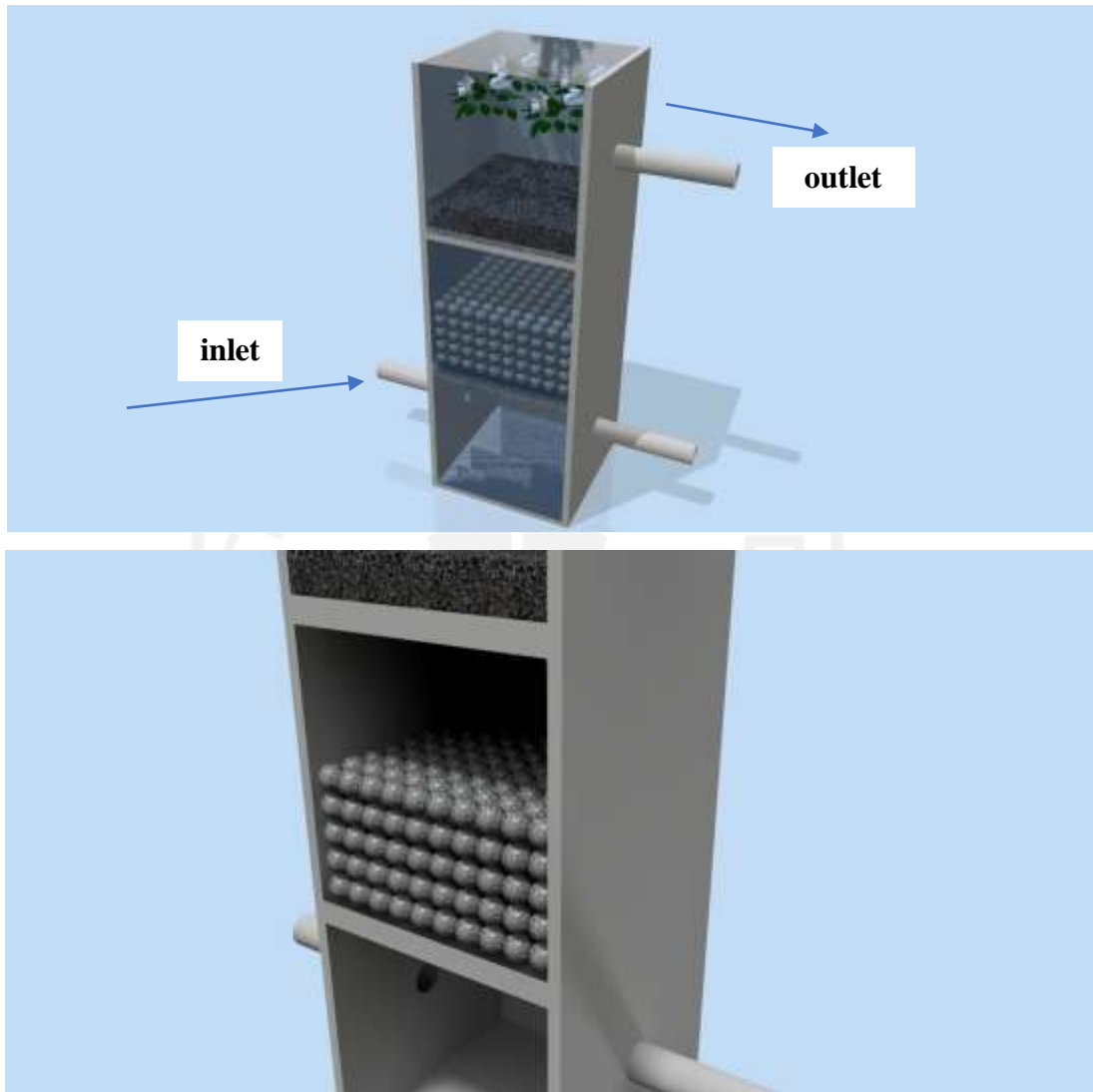
3.6.1. Reaktor Filtrasi

Penelitian ini menggunakan konsep reaktor filtrasi dengan sistem batch dengan variasi media batu zeolit dan batu apung yang masing-masing dikombinasikan dengan karbon aktif untuk mengolah limbah *laundry*. Reaktor ini terbuat dari bahan akrilik atau sejenisnya dengan ukuran (15 x 15 x 50) cm. Untuk menahan media dalam reaktor digunakan plat perforated. Porositas media penyangga berturut turut adalah Zeolit = 0,505 mm dan Batu apung = 0,510 mm. Penambahan media karbon aktif di atas media utama dilakukan dengan tujuan untuk mereduksi bau dan sebagai media filtrasi sehingga menghasilkan efluen sesuai dengan baku mutu. Selain itu akan digunakan penambahan tumbuhan air seperti kayu apu untuk meningkatkan kemampuan reaktor. Terlihat pada gambar 3.1 yang merupakan desain konsep alat reaktor filtrasi WL-Port:

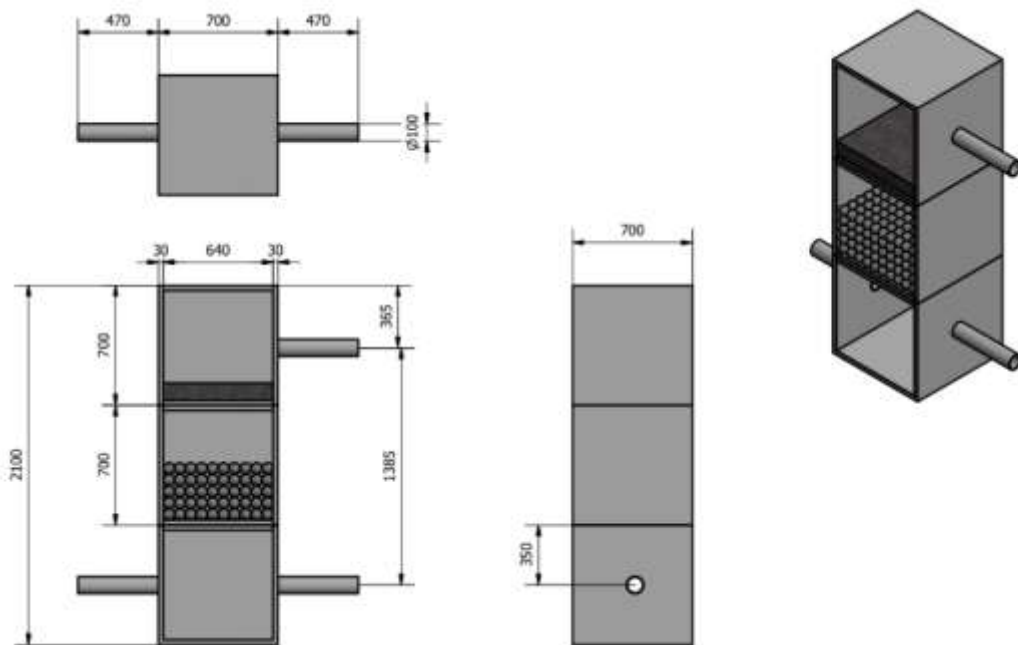


Gambar 3. 3 Reaktor Pengolah Limbah Laundry

Berikut merupakan detail dari konsep reaktor pengolah limbah laundry:



Gambar 3. 4 Detail Alat Pengolah Limbah Laundry



Gambar 3. 5 Detail Ukuran Alat Pengolah Limbah Laundry

Alat dan bahan yang digunakan sebagai penunjang konsep reaktor adalah sebagai berikut:

- a. Bak penampung air dengan volume \pm 40 liter
- b. Pipa PVC berukuran 17 mm
- c. Selang air
- d. Kran air atau valve

Reaktor filtrasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan bahan ember penampung air dengan bentuk kubus yang memiliki ukuran 30 cm x 30 cm x 30cm. Sementara susunan media yang digunakan yakni ijuk dari sabut kelapa, batu zeolit, pasir silika dan arang aktif. Gambar 3.6 dibawah menunjukkan reaktor filtrasi yang digunakan selama penelitian.



Gambar 3. 6 Reaktor Filtrasi

3.6.2. Reaktor Fitoremediasi

Reaktor fitoremediasi menggunakan sistem batch dengan jumlah reaktor sebanyak 3 reaktor. Masing-masing reaktor memiliki ukuran yang sama yaitu dengan volume penampungan 40 Liter dengan dimensi diameter 16 cm dan tinggi 17,5 cm. Masing-masing reaktor telah dilengkapi keran dibawahnya sehingga memudahkan untuk melakukan sampling. Komposisi tanaman kayu apu yang digunakan disetiap reaktor berbeda-beda, reaktor 1 menggunakan 10 tanaman kayu apu, reaktor 2 menggunakan 15 tanaman kayu apu, dan reaktor 3 menggunakan 20 tanaman kayu apu. Terlihat pada gambar 3.7 merupakan contoh dari reaktor filtrasi yang digunakan.



Gambar 3. 7 Reaktor Filtrasi



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji Karakteristik Limbah

Penelitian ini menggunakan air limbah *laundry* yang berasal dari air limbah *laundry* domestik di Kecamatan Sangatta Utara, Kalimantan Timur. Air limbah tersebut diambil dari bilasan pertama pada proses pencucian pakaian sehingga konsentrasi air limbah *laundry* masih sangat tinggi kadar COD, Fosfat, pH, dan TSS. Karena situasi dan kondisi tidak memungkinkan untuk tempat tumbuhnya tanaman kayu apu maka air limbah tersebut telah di-encerkan untuk memaksimalkan fitoremediasi dari kayu apu sebanyak 50%. Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, Dan Jasa Pariwisata bahwa air limbah *laundry* yang akan dibuang melalui outlet ke badan air harus sesuai dengan nilai baku mutu. Perbandingan uji sample yang telah diencerkan 50% dengan baku mutu dapat dilihat pada Tabel 4.1:

Tabel 4. 1 Perbandingan Baku Mutu dan Kadar Awal Air Limbah Laundry

No.	Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Kadar Limbah Awal (mg/L)
1.	COD	125	462
2.	Fosfat	5	8,3
3.	TSS	50	130
4.	pH	9	6,69

4.2. Tahapan Persiapan Tumbuhan

Pada tahap ini, penting untuk memilih kayu apu yang tepat. Kayu apu yang dipilih untuk penelitian adalah kayu apu yang masih berukuran sedang dan muncul tunas sehingga jika nantinya ditempatkan pada media yang baru mudah untuk beradaptasi dan masih bisa berkembang. Lokasi pengambilan kayu apu terletak pada

Jalan Dayung Sangatta Utara, disekitar jalan tersebut terdapat rawa yang mana menjadi habitat awal kayu apu ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Lokasi Pengambilan Kayu Apu

4.3. Tahap Aklimatisasi Tumbuhan

Pada tahap aklimatisasi, kayu apu yang akan digunakan untuk fitoremediasi ditempatkan pada wadah tanpa air limbah laundry. Wadah yang digunakan telah berisi air bersih yang berasal dari air PDAM kota Sangatta. Pada tahapan ini, kayu apu diberikan kontak dengan air bersih hingga 7 hari untuk mengetahui perkembangan generatif kayu apu (Puspita, 2011). Kayu apu yang dapat dipilih sebagai fitoremediator adalah kayu apu yang memiliki karakteristik fisik bertambahnya tinggi tanaman, terdapat pertumbuhan tunas baru tanaman, dan akarnya semakin kokoh (Kurnia, 2014).

4.4. Tahap Pemilihan Tanaman

Pada tahapan pemilihan tanaman, kayu apu yang telah melewati tahap aklimatisasi dipilih untuk selanjutnya melalui proses fitoremediasi pada reaktor yang telah disiapkan. Reaktor yang digunakan terdiri dari 3 reaktor dimana masing-masing reaktor diberikan jumlah tanaman kayu apu yang berbeda-beda tujuannya yakni untuk mengetahui kemampuan fitoremediasi dari kayu apu. Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 menunjukkan 3 reaktor yang digunakan dalam proses fitoremediasi.



Gambar 4. 2 Reaktor Fitoremediasi



Gambar 4. 3 Pemilihan Tanaman Kayu Apu

4.5. Pengenceran Kadar Limbah Konsentrasi 50%

Penelitian yang dilakukan menggunakan konsentrasi limbah laundry 50%, dikarenakan dengan harapan tumbuhan kayu apu dapat melakukan fitoremediasi maksimal pada kadar air limbah dengan konsentrasi 50%. Pengenceran dilakukan menggunakan aquades murni, berikut merupakan rumus yang digunakan untuk pengenceran :

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100\% \times M1 = 50\% \times 60 L$$

$$V1 = 30 L$$

$$V_{total} = 30 L + 60 L$$

$$V_{total} = 90 L$$

Jadi volume yang dibutuhkan untuk melakukan pengenceran yaitu sebanyak 30 Liter untuk membuat konsentrasi 50% pada air limbah 60 Liter. Sehingga volume total yang digunakan pada penelitian ini yakni sebanyak 90 Liter.

4.6. Pengamatan Kondisi Tanaman dan Reaktor

Pengamatan kondisi tanaman dan reaktor dilakukan selama masa pengujian yakni selama 14 hari. Pengamatan dilakukan setelah melalui proses aklimatisasi dan pemilihan tanaman, pengujian dilakukan dengan menggunakan air sampel limbah *laundry* yang telah diencerkan 50%. Tanaman yang digunakan sebagai fitoremediator yakni tanaman kayu apu yang memiliki karakteristik panjang akar 5-30 cm dan jumlah daun sebanyak 5-11 helai. Tabel 4.2 menunjukkan hasil dari pengamatan selama 14 hari terhadap kondisi tanaman dan reaktor.

Tabel 4. 2 Pengamatan Kondisi Tanaman dan Reaktor

Hari	Kondisi Tanaman dan Reaktor			
Ke-	Kontrol	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3

0	Kondisi tanaman normal dengan daun berwarna hijau, kondisi akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih dengan pH 6,27.	Sama halnya dengan reaktor kontrol, kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.	Pada Reaktor 2, kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.	Sama dengan reaktor 1 dan reaktor 2, kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.
1	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Sama halnya dengan reaktor kontrol, kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.
2	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan	Sama halnya dengan reaktor kontrol, kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi akar	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi

	kondisi air terlihat jernih.	serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.	akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.	akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.
3	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Sama halnya dengan reaktor kontrol, kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air tampak jernih.
4	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak mulai menguning.	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak

			mulai menguning.	mulai menguning.
5	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi daun dari tanaman masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak mulai menguning.	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak mulai menguning.	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak mulai menguning.
6	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi daun dari tanaman masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak mulai menguning.	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak

			mulai menguning.	mulai menguning.
7	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi daun dari tanaman masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak mulai menguning.	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak mulai menguning.	Kondisi tanaman sudah mulai layu tetapi masih berwarna hijau, kondisi akar serabut pada tanaman masih kuat dan kondisi air tampak mulai menguning.
8	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Kondisi tanaman sudah layu dengan ujung daun tanaman berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman kuat, dan kondisi air tampak berwarna kuning pekat.	Kondisi tanaman sudah layu dengan ujung daun tanaman berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman kuat, dan kondisi air tampak	Kondisi tanaman sudah layu dengan ujung daun tanaman berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman kuat, dan kondisi air tampak

			berwarna kuning pekat.	berwarna kuning pekat.
9	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Kondisi tanaman sudah layu dengan ujung daun tanaman berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman kuat, dan kondisi air tampak berwarna kuning pekat.	Kondisi tanaman sudah layu dengan ujung daun tanaman berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman kuat, dan kondisi air tampak berwarna kuning pekat.	Kondisi tanaman sudah layu dengan ujung daun tanaman berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman kuat, dan kondisi air tampak berwarna kuning pekat.
10	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Kondisi tanaman sudah layu dengan ujung daun tanaman berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman kuat, dan kondisi air tampak berwarna kuning pekat.	Kondisi tanaman sudah layu dengan ujung daun tanaman berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman kuat, dan kondisi air tampak	Kondisi tanaman sudah layu dengan ujung daun tanaman berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman kuat, dan kondisi air tampak

			berwarna kuning pekat.	berwarna kuning pekat.
11	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman lemah, dan kondisi air sudah terlihat berwarna kuning pekat.	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman lemah, dan kondisi air sudah terlihat berwarna kuning pekat.	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman lemah, dan kondisi air sudah terlihat berwarna kuning pekat.
12	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari

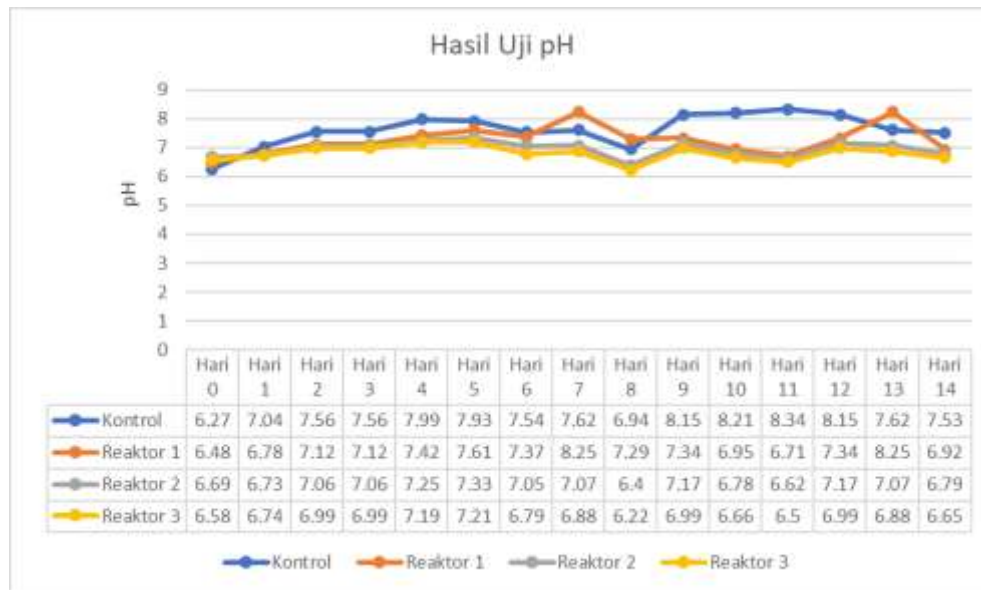
		tanaman lemah, dan kondisi air sudah terlihat berwarna kuning pekat.	tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman lemah, dan kondisi air sudah terlihat berwarna kuning pekat.	tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman lemah, dan kondisi air sudah terlihat berwarna kuning pekat.
13	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman lemah, dan kondisi air sudah terlihat berwarna kuning pekat.	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman lemah, dan kondisi air	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman lemah, dan kondisi air

			sudah terlihat berwarna kuning pekat.	sudah terlihat berwarna kuning pekat.
14	Kondisi tanaman normal berwarna hijau, kondisi pada akar serabut tanaman kuat, dan kondisi air terlihat jernih.	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman lemah, dan kondisi air sudah terlihat berwarna kuning pekat.	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman lemah, dan kondisi air sudah terlihat berwarna kuning pekat.	Kondisi tanaman sudah layu dengan hampir keseluruhan daun dari tanaman sudah berwarna kuning, kondisi akar serabut pada tanaman lemah, dan kondisi air sudah terlihat berwarna kuning pekat.

4.7. Hasil Uji Parameter pH

Salah satu parameter pada pengujian fitoremediasi adalah pH. Hal tersebut bertujuan untuk mengontrol tingkat keasaman pada sample uji yang berpengaruh bagi tanaman kayu apu. Uji pH dilakukan selama 14 hari dan pengambilan sample uji

dilakukan setiap hari. Gambar 4.4 menunjukkan hasil uji pH yang dilakukan selama 14 hari.



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Uji pH

Parameter pH merupakan salah satu parameter pendukung pada pengujian fitoremediasi. Berdasarkan dari hasil uji pH yang diperoleh nilai pH pada reaktor kontrol yakni 6,27, jika dibandingkan dengan reaktor 1, reaktor 2 dan reaktor 3 nilai pH cenderung mendekati netral. Hasil analisa yang diperoleh nilai pH fluktuatif bernilai 6,27 – 8,34. Naik dan turunnya nilai pH dipengaruhi oleh berapa lama waktu kontak antara air limbah dengan tanaman kayu apu. Dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh dari waktu kontak tanaman kayu apu dengan nilai pH yang diperoleh sehingga pH dapat mendekati pH netral atau dengan kata lain tanaman kayu apu dapat menurunkan nilai pH.

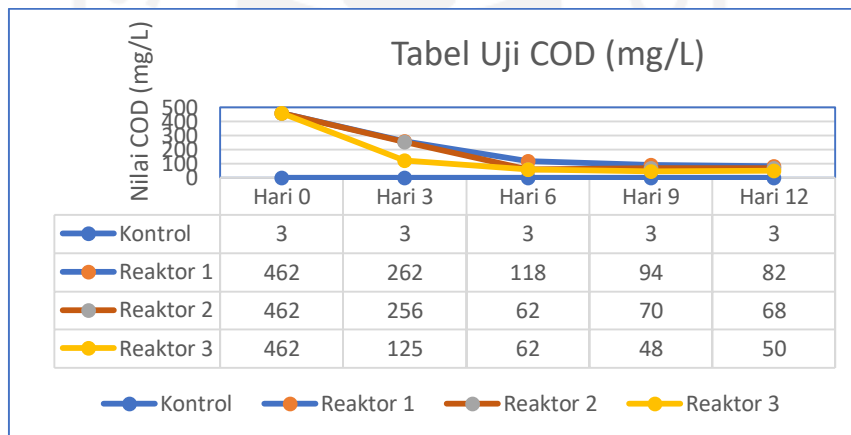
Nilai pH pada pengujian fitoremediasi salah satunya dipengaruhi oleh nutrisi yang diserap oleh tumbuhan. Tumbuhan membutuhkan nutrisi untuk perkembangannya, ketika akar tumbuhan menyerap banyak nutrisi yang mengandung ion positif (H^+) maka respon tumbuhan tersebut akan mengeluarkan ekskret ke lingkungan berupa ion positif juga (H^+). Begitu juga sebaliknya apabila tumbuhan lebih

banyak menyerap ion negatif (OH^-) maka tumbuhan akan mengeluarkan esekret ke lingkungan berupa ion negatif (OH^-) (Raissa D. G., 2017).

4.8. Hasil Uji Parameter COD

Chemical Oxygen Demand atau yang disebut COD merupakan total oksigen yang diperlukan untuk mengurai kandungan organik pada air, nilai COD yang tinggi merupakan kadar senyawa organik yang telah teroksidasi di air (Nurmitha, Samang, & Zubair, 2013).

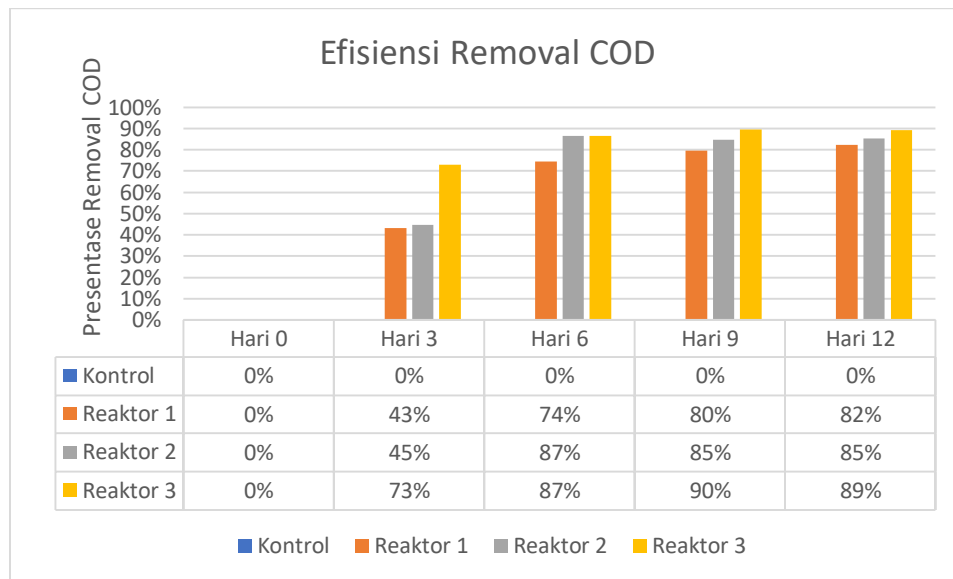
Pengujian COD yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan selama 12 hari dengan kadar limbah laundry yang telah diencerkan sebanyak 50%. Gambar 4.5 menunjukkan hasil uji COD yang telah dilakukan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.



Gambar 4. 5 Tabel Penurunan COD

Berdasarkan hasil pengujian COD, diperoleh kadar COD awal pada air limbah yang telah diencerkan 50% yakni 462 mg/L. Penurunan kadar COD hari ke-0 hingga hari ke-12 terlihat signifikan dengan perlakuan reaktor 1, reaktor 2 dan reaktor 3. Pada perlakuan kelompok dengan variasi tanaman yakni reaktor 1, reaktor 2 dan reaktor 3 menunjukkan penurunan COD menjadi 82 mg/L, 68 mg/L, dan 50 mg/L. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh (Sari, Narwati, & Hermiyanti, 2020) yang hasil penelitiannya menggunakan limbah cair dengan konsentrasi COD awal 59,4 mg/L

hingga turun menjadi 13,05 mg/L, penelitian tersebut dilakukan selama 6 hari dengan menggunakan fitoremediator tanaman sebanyak 20 tanaman. Dari hasil pengamatan, maka dapat dihitung nilai removal COD pada reaktor 1, reaktor 2 dan reaktor 3 yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Efisiensi Removal COD

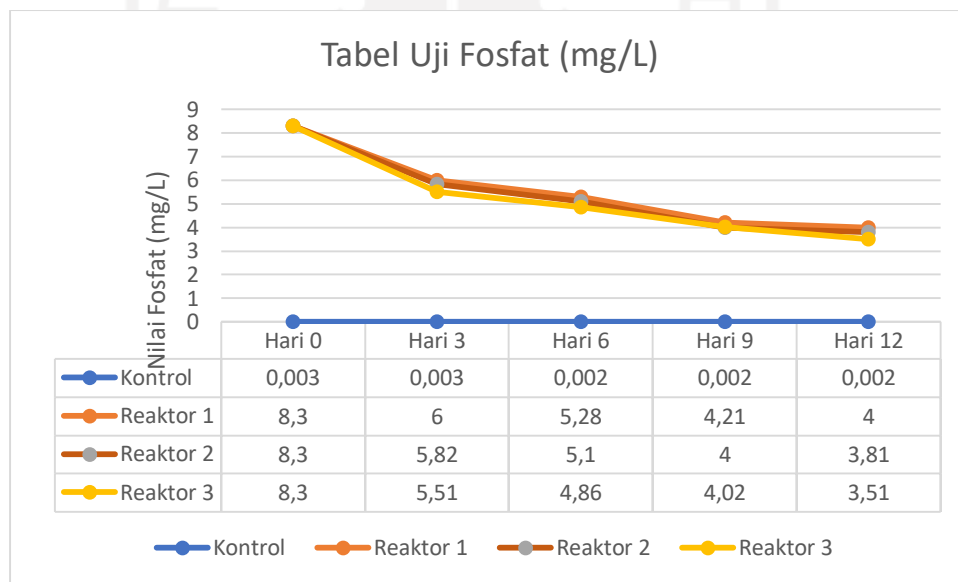
Pada Gambar 4.3 diperoleh nilai removal untuk masing-masing reaktor. Reaktor 1 pada hari ke-12 mampu mendegradasi 82%, reaktor 2 mampu mendegradasi 85%, dan reaktor 3 89%. Kadar COD dapat didegradasi akibat adanya proses rhizofiltrasi selama fitoremediasi dengan kata lain akar menyerap dan mengakumulasi polutan pada air limbah. Pada bagian akar juga terdapat proses fitodegradasi, dalam hal ini akar mengurai polutan pada air limbah dengan melalui proses metabolisme. Kadar COD juga dapat turun akibat adanya fitovolatilisasi, yang merupakan proses penguapan kadar polutan ke udara setelah terserap oleh tanaman (Mangkoedihardjo & Samudro, 2010).

Menurut (Adnand, 2019), semakin banyak tanaman kayu apu yang digunakan untuk proses fitoremediasi akan berpengaruh pada penurunan kadar polutan, dikarenakan akar tanaman kayu apu mampu menyerap ion-ion. Dibuktikan dengan

penelitian ini yang mana terjadi penurunan pada reaktor 3 dengan jumlah 20 tanaman.

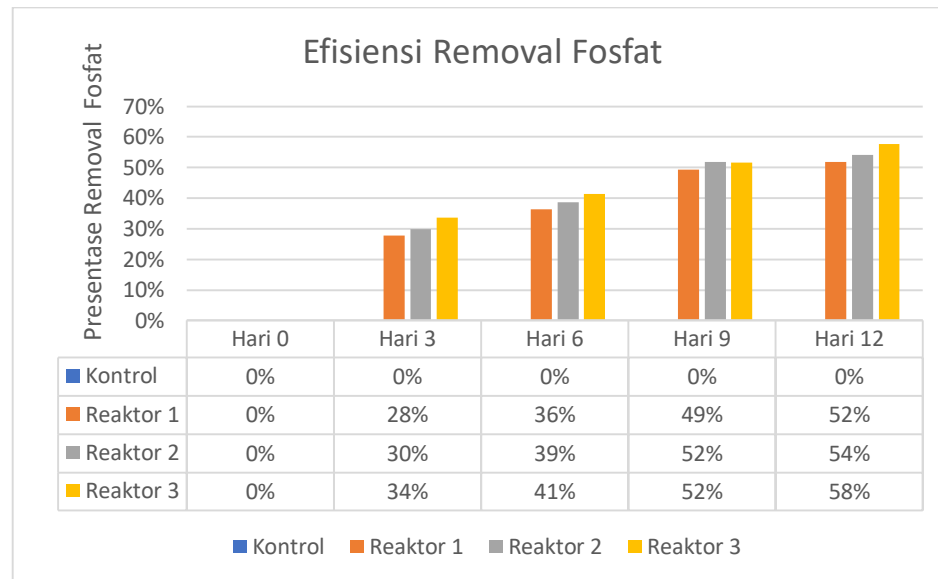
4.9. Hasil Uji Parameter Fosfat

Pengujian Fosfat dilakukan selama 12 hari dengan rentang waktu pengambilan sampel yakni setiap 3 hari sekali. Pengambilan sampel pada waktu siang hari ketika sinar matahari cukup tinggi sehingga tanaman kayu apu berfotosintesis dengan maksimal. Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian yang telah dilakukan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.



Gambar 4. 7 Hasil Uji Fosfat

Berdasarkan hasil pengujian fosfat, diperoleh kadar fosfat awal pada air limbah laundry yakni sebesar 8,3 mg/L dan kadar reaktor kontrol sebesar 0,003 mg/L. Terjadi penurunan yang signifikan pada reaktor 3 dengan hasil akhir 3,51 mg/L. Hal tersebut dipengaruhi salah satunya oleh banyaknya tanaman yang membutuhkan kadar fosfat pada reaktor 3. Oleh karena itu, dapat diperoleh nilai efisiensi removal pada keseluruhan reaktor ditunjukkan pada Gambar 4.8.



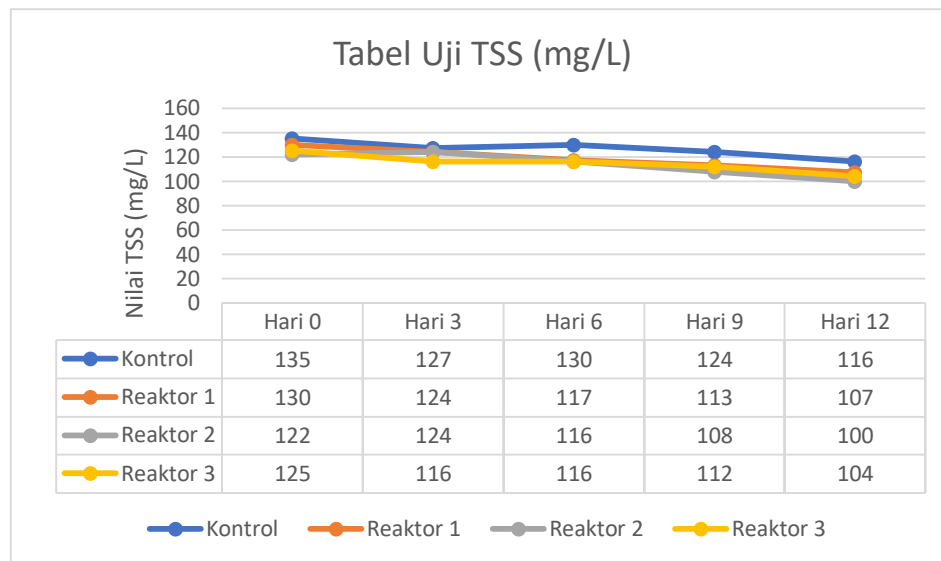
Gambar 4. 8 Efisiensi Removal Fosfat

Dapat dilihat pada Gambar 4.5 bahwa efisiensi paling tinggi oleh reaktor 3 dengan efisiensi removal sebesar 58%. Reaktor 2 dan 3 memiliki nilai efisiensi hanya 52% dan 54%. Peran dari akar tanaman kayu apu sangat penting dalam proses degradasi fosfat, dikarenakan kandungan fosfat dalam air akan terakumulasi pada akar dari tanaman. Tanaman kayu apu memerlukan nutrisi P untuk hidupnya sehingga fosfat merupakan salah satu ion yang berperan untuk perkembangan tanaman. Semakin lama waktu kontak antara tanaman kayu apu dengan air limbah maka akan semakin kecil pula kandungan fosfat pada air limbah laundry (Padmaningrum & dkk, 2014).

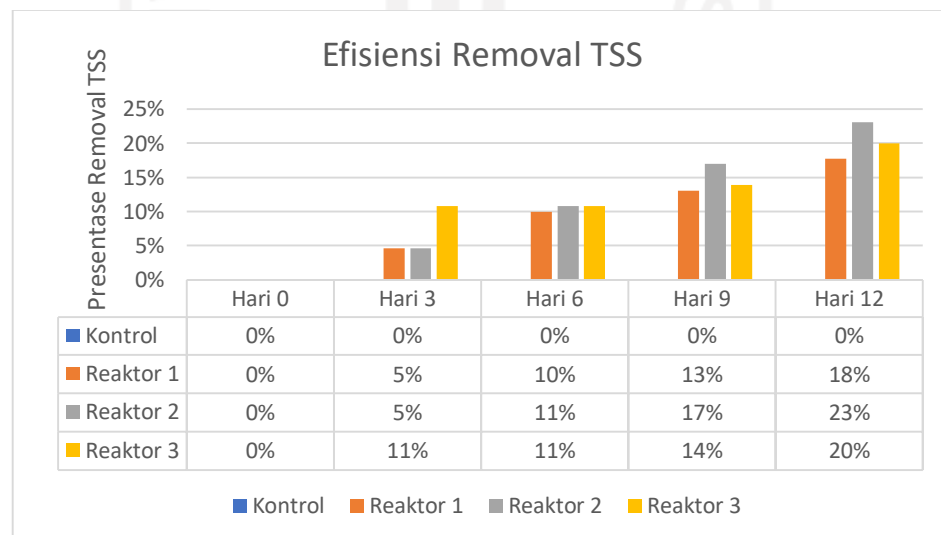
4.10. Hasil Uji Parameter TSS

TSS merupakan *Total Suspended Solid* yang memiliki artian zat padat yang terdapat pada air, TSS memiliki sifat tidak dapat larut dalam air berbeda halnya dengan TDS. Menurut (Purnamawati & Mahardika, 2015), kekeruhan pada air dipengaruhi oleh kandungan TSS karena TSS merupakan partikel koloid yang tidak bisa langsung mengendap dan hanya mampu dilakukan oleh gravitasi.

Pengamatan TSS dilakukan selama 12 hari dan dilakukan pengujian setiap 3 hari sekali. Gambar 4.9 menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.



Gambar 4. 9 Hasil Uji TSS



Gambar 4. 10 Efisiensi Removal TSS

Berdasarkan hasil pengujian selama 12 hari diperoleh kadar awal TSS yakni 135 mg/L dan kadar akhir TSS 100 mg/L oleh reaktor 2, sedangkan pada reaktor 1 dan

reaktor 3 memiliki nilai removal TSS sebesar 107 mg/L dan 104 mg/L. Dari nilai removal TSS dapat dihitung efisiensi removal yang terjadi pada masing-masing reaktor, nilai tertinggi untuk efisiensi removal TSS adalah pada reaktor 2 sebesar 23%, sedangkan pada reaktor 1 dan reaktor 3 yakni 18% dan 20%. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh gaya gravitasi dan pergerakan air yang berbeda saat pengambilan sampel air meskipun akar dari tanaman kayu apu memiliki kemampuan untuk mengikat padatan tersuspensi pada air limbah. Hal lain yang dapat mempengaruhi hasil penurunan TSS adalah berat massa partikel. Partikel yang memiliki massa cukup berat akan mengendap pada bagian reaktor sedangkan massa partikel yang ringan akan melayang di air sehingga partikel dengan massa yang kecil akan menempel pada akar serabut yang dimiliki tanaman kayu apu, pada akhirnya bahan organik yang telah dekomposit akan mengendap di bagian bawah reaktor (Fachrurozi & Suryani, 2010)

4.11. Karakteristik Air Limbah Laundry Setelah Pengujian

Berikut merupakan karakteristik akhir limbah laundry setelah dilakukannya filtrasi dan fitoremediasi dengan menggunakan reaktor 1, reaktor 2 dan reaktor 3 dibandingkan dengan baku mutu Menurut Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, Dan Jasa Pariwisata ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Karakteristik Limbah Laundry Setelah Pengujian

No.	Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Kontrol	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
1.	COD	125	3	82	68	50
2.	Fosfat	5	0,002	4	3,81	3,51
3.	TSS	50	116	107	100	104
4.	pH	9	7,53	6,92	6,79	6,65

Dari hasil pengujian yang dilakukan dan air limbah laundry telah diberi kontak selama 12 hari dengan tanaman kayu apu yang bervariasi tampak 1 parameter yang masih melebihi baku mutu yakni parameter TSS. Faktor yang mempengaruhi TSS masih melebihi baku mutu adalah partikel dari TSS yang memiliki massa berbeda-beda sehingga ketika massa yang lebih berat berada didasar reaktor dan partikel bermassa kecil melayang mempengaruhi nilai TSS ketika pengambilan sampel. Partikel kecil juga dapat menempel pada akar serabut tanaman kayu apu sehingga mampu mempengaruhi rhizodegradasi.

4.12. Uji Statistik

Dari data yang telah diperoleh pada pengujian maka dapat dianalisis secara statistik untuk 4 parameter utama yakni COD, Fosfat, TSS dan pH apakah berpengaruh signifikan untuk efisiensi removal. Metode yang digunakan yakni *Anova One Way* dengan menggunakan *Software SPSS*.

Uji statistik yang digunakan menggunakan tingkat kepercayaan 95% dengan nilai alpha 0,5. Pengaruh signifikan ditunjukkan oleh nilai P-value yang diperoleh pada uji statistik. Jika nilai P-value < 0,05 maka berpengaruh untuk removal, sedangkan jika P-value > 0,05 maka tidak berpengaruh untuk removal. Sama halnya dengan nilai *sig*. menggunakan *software SPSS* Jika nilai *sig* < 0,05 maka berpengaruh untuk removal, sedangkan jika *sig* > 0,05 maka tidak berpengaruh untuk removal.

4.12.1. Uji Statistik pH

Dari hasil pengujian pH yang diperoleh dapat dianalisis data tersebut untuk menentukan pengaruh tanaman kayu apu terhadap nilai pH. Tabel 4.4 menunjukkan analisis dari *anova one way*.

Tabel 4. 4 Anova Uji pH

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	5.89918	3	1.966393	11.23823	7.08E-06	2.769431
Within Groups	9.79852	56	0.174974			
Total	15.6977	59				

Nilai dari P-value yang diperoleh yakni lebih kecil dari 0,5 yang berarti banyaknya tanaman kayu apu sangat berpengaruh untuk removal pH.

4.12.2. Uji Statistik COD

Dari hasil pengujian COD yang diperoleh dapat dianalisis data tersebut untuk menentukan pengaruh tanaman kayu apu terhadap nilai COD. Tabel 4.5 menunjukkan analisis dari *anova one way*.

Tabel 4. 5 Anova Uji COD

ANOVA

Nilai COD

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7512.133	2	3756.067	.127	.882
Within Groups	354225.600	12	29518.800		
Total	361737.733	14			

Nilai dari signifikansi yang diperoleh dari analisis data yakni 0,882 yang berarti jika signifikansi lebih besar dari 0,05 maka dapat disimpulkan tumbuhan kayu berpengaruh untuk removal kadar COD pada air limbah *laundry*.

4.12.3. Uji Statistik Fosfat

Dari hasil pengujian Fosfat yang diperoleh dapat dianalisis data tersebut untuk menentukan pengaruh tanaman kayu apu terhadap nilai Fosfat. Tabel 4.6 menunjukkan analisis dari *anova one way*.

Tabel 4. 6 Anova Uji Fosfat

ANOVA

Nilai Fosfat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	767.671	2	383.835	.938	.418
Within Groups	4912.989	12	409.416		
Total	5680.660	14			

Nilai dari signifikansi yang diperoleh dari analisis data yakni 0,418 yang berarti jika signifikansi lebih besar dari 0,05 maka dapat disimpulkan tumbuhan kayu berpengaruh untuk removal kadar fosfat pada air limbah *laundry*.

4.12.4. Uji Statistik TSS

Dari hasil pengujian pH yang diperoleh dapat dianalisis data tersebut untuk menentukan pengaruh tanaman kayu apu terhadap nilai pH. Tabel 4.7 menunjukkan analisis dari *anova one way*.

Tabel 4. 7 Anova Uji TSS

ANOVA

Nilai TSS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	51.600	2	25.800	.323	.730
Within Groups	958.000	12	79.833		
Total	1009.600	14			

Nilai dari signifikansi yang diperoleh dari analisis data yakni 0,730 yang berarti jika signifikansi lebih besar dari 0,05 maka dapat disimpulkan tumbuhan kayu berpengaruh untuk removal kadar TSS pada air limbah *laundry*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Kemampuan *WL-Port* pada reaktor 3 mampu menyisihkan COD sebesar 89% atau setara dengan 50 mg/L, fosfat sebesar 58% atau setara dengan 3,51 mg/L, TSS sebesar 20% atau setara dengan 104 mg/L.
2. Jumlah tanaman yang optimum untuk mereduksi kadar polutan limbah laundry adalah 20 tanaman kayu apu, dengan lama kontak antara tanaman kayu apu dan limbah laundry adalah 14 hari. Reaktor yang paling signifikan untuk mereduksi limbah laundry adalah reaktor 3.

5.2. Saran

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi tanaman fitoremediasi
2. Dilakukannya pengujian bakteri pada air limbah *laundry*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnand, M. (2019). *Fitoremediasi Limbah Cair Industri Pengolahan Tempe Dengan Menggunakan Tanaman Apu-Apu Untuk Menurunkan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand)*.
- Ardiyanto, P., & Yuantari, M. G. (2016). Analisis Limbah Laundry Informal dengan Tingkat Pencemaran Lingkungan Di Kelurahan Mukhtiharjo Kidul Kecamatan Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 1 Hal. 1-12.
- Arsa, A. K., Rianto, C., & Hidayat, M. N. (2019). Efisiensi Penyerapan Phospat Limbah Laundry Menggunakan Kangkung (*Ipomea Aquatic Forsk*) dan Jeringau (*Acorus Calamus*). *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, 1-7.
- BPS Yogyakarta. (2019). *Demografi Penduduk Wilayah Yogyakarta*. Yogyakarta: Badan Pusat Statistik.
- Budiawan, Fatisa, Y., & Khairani, N. (2009). Optimasi Biodegradabilitas dan Uji Toksisitas Hasil Degradasi Surfaktan Linear Alkilbenzena Sulfonat (LAS) sebagai Bahan Deterjen Pembersih. *Makara Sains*, Vol.13 No. 2 Hal. 125-133.
- Fachrurozi, M. U., & Suryani, D. (2010). Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia Stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat UAS*, 1-16.
- Hermansyah. (2010). Teknologi Ultrafiltrasi dalam Pengolahan Limbah Laundry. *Tugas Akhir Teknik Lingkungan*, Vol. 27 No. 2.
- Hudori, & Soewondo, P. (2009). Pengolahan Deterjen Menggunakan Teknologi Elektrokoagulasi dengan Elektroda Alumunium. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, Vol.1 No.2 Hal.117-125.
- Ifdah, S. M., & Sugito. (2012). *Kinerja IPAL Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah Domestikdi UPT Puskesmas Janti Kota Malang*. Malang.
- Janpoor, F., Torabian, A., & Khatibikamal, V. (2011). Treatment of Laundry Waste-Water by Electrocoagulation. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 86 Hal. 1113-1120.

- Kumalasari, T., & Damayanti, A. (2016). Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Membran Nanofiltrasi Zeolit Variasi Massa Untuk Filtrasi Kekeruhan dan Fosfat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 2 No. 2 Hal. 98-103.
- Kurnia, R. (2014). *Pengaruh Jumlah Koloni Rumput Teki (Cyperus Rotundus L.) Pada Media Pasir terhadap Penurunan Konsentrasi BOD dan COD (Studi Kasus TPA Jatibarang-Semarang)*. Semarang: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Kurniati, E. (2008). Penurunan Konsentrasi Deterjen Pada Limbah Industri Laundry Dengan Metode Pengendapan Menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 1 No. 1 Hal. 41-47.
- Kurniawan, R. F. (2015). *Beginilah IPAL buatan BLH Yogya untuk Menyaring Limbah Laundry*. Yogyakarta: Tribun Jogja.com.
- Mamonto, H. (2013). *Uji Potensi Kayu Apu (Pistia stratiotes L) Dalam Penurunan Kadar Sianida (CN) Pada Limbah Cair Penambangan Emas*. Gorontalo: Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Gorontalo.
- Mangkoedihardjo, S., & Samudro, G. (2010). *Fitoteknologi Terapan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mangkoediharjo, S., & Samudro, G. (2010). *Fitoteknologi Terapan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nurmitha, A., Samang, L., & Zubair, A. (2013). *Fitoremediasi Pengolahan Air Limbah Cair Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Eceng Gondok*.
- Padmaningrum, T. R., & dkk. (2014). *Pengaruh Biomassa Melati Air (Echinodorus paleaefolius) dan Teratai (Nymphaea firecrest) terhadap Kadar Fosfat, BOD, COD, TSS, dan derajat keasaman Limbah Cair Laundry*. Surabaya.
- Pamularsih, C., Choanji, D., & Widiassa, I. N. (2013). Penyisihan Kekeruhan Pada Sistem Pengolahan Air Sungai Tembalang Dengan Teknologi Rapid Sand Filter. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 2 No. 2 Hal. 48-54.
- Pratiwi, Y., Sunarsih, S., & Windi, W. F. (2012). Uji Toksisitas Limbah Cair Laundry Sebelum dan Sesudah Diolah Dengan Tawas dan Karbon Aktif Terhadap

- Bioindikator (*Cyprinus carpio* L). *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi (SNAST) Periode III*, 298-306.
- Purba, D. O. (2018). *Detergen Rumah Tangga Membuat Perairan Marunda Tercemar*. Jakarta: Kompas.com.
- Purnamawati, Y. S., & Mahardika. (2015). Penurunan Kadar Rhodamin B Dalam Air Limbah dengan Biofiltrasi Sistem Tanaman. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 1-7.
- Puspita, d. (2011). Kemampuan Tumbuhan Air sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) yang terdapat pada Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*, Vol. 39. No. 1. ISSN 0126-4265.
- Raissa, D. G. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Eceng Gondok dan Kayu Apu. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 6 No. 2 Hal. 232-236.
- Raissa, D. G. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 6 No. 2.
- Raissa, D. G. (2017). *Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry Menggunakan Eceng Gondok dan Kayu Apu*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rochman, F. (2009). Pembuatan IPAL Mini Untuk Limbah Deterjen Domestik. *Jurnal Penelitian Media Eksata*, Vol. 8 No. 2 Hal. 134-142.
- Rubiyatadji, R. (1993). *Penurunan Kadar Deterjen Dalam Air Dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November.
- Saputra, A. R., & Saputro. (2016). Teknik Penyaringan Limbah Cair Laundry Dengan Menggunakan Sistem FAS (Filtrasi, Absorpsi, dan Sedimentasi). *Jurnal Fisika*, Vol. 5 No. 4 Hal. 213-215.
- Sari, S. V., Narwati, & Hermiyanti, P. (2020). Pengaplikasian Kayu Apu Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD, dan TSS Pada Limbah Cair Laboratorium di RSUD Besuki Kabupaten Situbondo. *Jurnal Keperawatan Profesional*, 1-14.

- Sari, T. K., & Damayanti, A. (2014). Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Membran Nanofiltrasi Zeolit Variasi Massa untuk Filtrasi Kekeruhan dan Fosfat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1-5.
- Sastrawijaya, A. (1991). *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rhineka Cipta.
- Syaifullah, M. (2010). *Pembuangan Limbah Laundry di Yogyakarta Ditertibkan*. Yogyakarta: Tempo.co.
- Wandana, R., & Laksmono, R. (2012). Penggunaan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) untuk Pengolahan Limbah Laundry. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 5 No. 2 Hal. 60-64.
- Warsudi, A. (2018). *Diduga Buang Limbah ke Sungai, Tiga Pemilik Laundry Diperiksa*. Jawa Barat: Sindonews.com.

